

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

## **ВІСНИК**

**НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
«ХПІ»**

*Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*

№ 9 (983) 2013

Збірник наукових праць

Видання засновано у 1961 році

Харків  
НТУ «ХПІ», 2013

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ».** Збірник наукових праць.  
Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». –  
2013. – № 9 (983). – 189 с.

**Державне видання**

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України**

**КВ №5256 від 2 липня 2001 року**

Збірник виходить українською та російською мовами

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

**Координаційна рада:**

Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (голова);  
К.О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (секретар);  
А.П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є.І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;  
Є.Є. ОЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А.В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;  
Ф.Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М.Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;  
А.І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В.Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;  
В.Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І.Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;  
В.В. ЕПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю.І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;  
П.О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В.Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;  
С.І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В.М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф.;  
В.І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Г.В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.;  
О.К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; В.І. НИКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.;  
В.А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.; В.Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.;  
Г.М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.; Ю.В. ТИМОФЕЄВ, д-р техн. наук, проф.;  
М.А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.;

**Редакційна колегія серії:**

**Відповідальний редактор:** Л.М. Ульєв, д-р техн. наук, проф.

**Відповідальний секретар:** С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

**Члени редколегії:** Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.; О.В. Горелий, канд. техн. наук, проф.; О.В. Григоров, д-р техн. наук, проф.; А.Г. Гурін, д-р техн. наук, проф.; І.Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; О.В. Єфімов, д-р техн. наук, проф.; П.О. Капустенко, канд. техн. наук, проф.; С.І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; О.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; В.І. Міліх, д-р техн. наук, проф.; М.І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; М.А. Ткачук, д-р техн. наук.

З номеру 42'2012 Вісник НТУ «ХПІ» має власну подвійну нумерацію: № 42 (948).

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ «ХПІ»,  
протокол № 4 від 16. 04. 2013 р.

**Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»;  
**С. І. БУХКАЛО**, канд техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»;  
**М. К. КОШЕЛЕВА**, канд техн. наук, проф. державного університету  
дизайну й технологій, Москва, Росія

## **УДОСКОНАЛЮВАННЯ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ Й ОЦІНКИ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

У статті проведений аналіз методичного комплексу навчання й оцінки знань випускників ВНЗів різного рівня навчання з метою вибору способів компетентісного підходу до активізації технічної творчості студентів. Описані методики тестування й комплексного проектування для всіх видів робіт студентів. Наведені в статті методи дозволяють максимально повно використовувати здатності студентів, що сприяє кращому засвоєнню ними матеріалу для вивчення.

**Ключові слова:** компетентістний підхід, тестовий контроль, методичний комплекс навчання й оцінки знань.

**Вступ.** Необхідність введення науково-обґрунтованої системи компетенцій у навчальний процес вищих навчальних закладів передбачає підвищення якості підготовки фахівців за рахунок розробки й впровадження нових методик у вигляді систем тестування, які позитивно змінюють якість навчання, ефективність усього навчально-виховного процесу, характеризують творчі досягнення педагогічних колективів в інноваційній модернізації навчання, а також методи, форми, засоби формування у майбутніх фахівців здатності до інноваційної діяльності в професії.

Поняття метод навчання визначає спосіб досягнення мети, певним чином упорядковану взаємозалежну діяльність викладача й студентів, спрямовану на розв'язок завдань навчання, виховання й розвиток у процесі навчання, а також технічної творчості. При цьому потрібно підкреслити, що проводить навчання завжди викладач, який використовує різні засоби й методи навчання, найчастіше інноваційні.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.** Теорія навчання й освіти, на думку ряду авторів, розкриває закономірності засвоєння знань, умінь і навичок, формування переконань, визначає обсяг і структуру

змісту навчання [1–8]. Впровадження інтерактивних форм навчання – один з найважливіших напрямків удосконалювання підготовки студентів у сучасному вищому навчальному закладі, але це також спеціальна форма організації пізнавальної діяльності, яка має на увазі конкретні й прогнозовані цілі. Одна з таких цілей полягає в створенні комфортних умов навчання, при яких студент відчуває свою успішність, свою інтелектуальну здатність, що робить продуктивним сам процес навчання. З об'єкта впливу студент стає суб'єктом взаємодії, він сам бере активну участь у процесі навчання по своєму індивідуальному маршруту.

Методи навчання є одним з найважливіших компонентів навчального процесу, без яких неможливо реалізувати мету й завдання навчання, а також досягти засвоєння студентами певного змісту навчального матеріалу.

Можливо виділити три основні групи методів навчання:

1. методи організації й здійснення учбово-пізнавальної діяльності;
2. методи стимулювання й мотивації навчальної діяльності;
3. методи контролю й самоконтролю за ефективністю учбово-пізнавальної діяльності.

Інтерактивні методи навчання пов'язані з нестандартними завданнями, а це досить широке поняття – включає цілий ряд ознак, які дозволяють відрізнити завдання цього типу від традиційних стандартних. Головна відмінна ознака нестандартних завдань – їх зв'язок з діяльністю, насамперед, творчою, а також є й інші ознаки:

- самостійний пошук студентами шляхів і варіантів розв'язку поставленого навчального або наукового завдання;
- вибір одного із запропонованих варіантів або знаходження власного варіанта;
- обґрунтування ухваленого рішення;
- незвичайні умови роботи, які стимулюють творчий підхід до здійснення поставлених завдань;
- активне відтворення суми раніше отриманих знань у нових умовах і ін.

**Мета досліджень, постановка проблеми.** Багаторічний досвід реалізації рейтингової системи в МДТУ імені Косигіна й НТУ «ХП» показує, що її продуктивне використання можливе тільки в умовах

чіткого й правильно організованого контролю над усіма видами роботи студентів, у тому числі за самостійною роботою студентів (СРС), обсяг якої становить близько 60% від загального обсягу годин, а також обов'язковим є наявність спеціального методичного забезпечення.

**Матеріали та результати досліджень.** Аналіз учбово-методичного комплексу за курсом ЗХТ (загальна хімічна технологія), проведений з урахуванням цієї структури, показав, які розділи курсу необхідно додатково забезпечити методичною літературою, які форми контролю й критерії оцінки потребують зміни, доповнення або корегування.

Розроблені методичні вказівки [9–12] до виконання ІДЗ (індивідуальних домашніх завдань). При виконанні ІДЗ група підрозділяється на три підгрупи, кожна з яких виконує певний вид завдання з різними варіантами вихідних даних. Тому, крім учбово-пізнавальної й інформаційної компетенції, робота над індивідуальними домашніми завданнями сприяє формуванню у студентів комунікативної компетенції, тому що при виконанні ІДЗ їм доводиться обмінюватися інформацією, консультиватися в більш сильних студентів і консультивати тих, кому потрібна допомога у виконанні ІДЗ.

Звичайно група студентів, що правильно діє, дозволяє реалізувати розумові здатності кожного в більш короткий термін, ніж при індивідуальній роботі, але захист повинен проходити в тій формі, яка дозволить перевірити вміння кожного студента діяти самостійно в аналогічних ситуаціях. Тому попередньо захист проходить із використанням завдань у тестовій формі, а остаточний – в усній бесіді з викладачем.

В учбово-методичний комплекс дисципліни (УМКД) включені комп'ютерні версії його елементів, які дозволяють удосконалити організацію навчального процесу, тому що студент, використовуючи електронні носії, може вивчати представлений на них матеріал у будь-який час, вертатися до матеріалу, який важко засвоюється, стільки раз, скільки це йому необхідно. Крім того, комп'ютерні версії елементів УМКД можуть скласти зміст інформаційної бази для дистанційного навчання.

При компетентностній моделі вищої професійної освіти всі форми контролю повинні бути спрямовані на комплексне виявлення компетенцій. З нових методів оцінки результатів навчання – це стандартизовані тести з додатковим творчим завданням, активно-ігрові методи оцінок.

Оскільки ділові ігри є сучасним методом навчання й оцінки компетенцій, то розроблена основа ділової гри за курсом ЗХТ з виробництва сірчаної кислоти. У ході ділової гри здійснюється освоєння учасниками хіміко-технологічного процесу одержання сірчаної кислоти. Імітаційна модель гри представляє процес створення фізико-хімічної й технологічної схеми виробництва сірчаної кислоти ефективним, екологічно безпечним методом.

Ігрова модель імітує реальні умови функціонування технологічної схеми виробництва сірчаної кислоти на основі різної сировини, при використанні різного встаткування і т.д.

Етапи гри дозволяють найбільше повно реалізувати функції інженера-технолога й опанувати практичними навичками в даній сфері. У грі можуть виникати ситуації, що мають прикладну спрямованість, можна включати завдання, що мають несподівані й оригінальні результати, незвичайна поведінка параметрів у хімічних реакторах і ін.

Результати гри обговорюються учасниками, глядачами й оцінюються викладачем або комісією з декількох викладачів. Переможцем визнається та група, яка одержала менше зауважень по ходу гри. Учасники, що особливо вирізнялися у ході гри, заохочуються додатковими балами в рейтинг, пільгами на заліку або іспиті. Те, що в діловій грі беруть участь дві групи студентів, дозволяє реалізувати розумові здатності учасників швидше, чим при індивідуальній роботі, але при цьому гра повинна демонструвати вміння кожного студента діяти самостійно.

Звичайно, об'єктивна оцінка компетентностей можлива тільки при використанні сучасного комплексу засобів оцінювання. При цьому ніхто не скасовує такі перевірені письмові форми як завдання в тестовій формі й контрольні роботи.

Оскільки кількість аудиторних годин за курсом ЗХТ, на жаль, невелика, то використання завдань у тестовій формі допомагає провести

якісний контроль по всіх видах занять, включаючи СРС. Кожний з видів СРС контролюється групою тестових завдань. Розроблено більш ніж 200 завдань у тестовій формі за курсом ЗХТ. Структура тестового матеріалу представлена нижче:

1. Хімічна технологія й хімічне виробництво
  - 1.1. Хімічна технологія.
  - 1.2. Хімічне виробництво й хіміко-технологічний процес.
  - 1.3. Показники хімічного виробництва й хіміко-технологічного процесу.
2. Хімічні процеси й реактори
  - 2.1. Хімічний реактор (загальне уявлення).
  - 2.2. Фізико-хімічні основи хімічних процесів.
  - 2.3. Каталітичний хімічний процес.
  - 2.4. Процеси в хімічному реакторі.
  - 2.5. Промислові хімічні реактори.
3. Хімічне виробництво – хіміко-технологічна система.
  - 3.1. Хіміко-технологічна система (ХТС).
  - 3.2. Стан ХТС.
  - 3.3. Аналіз і синтез ХТС. Сировина й енергія в хімічному виробництві.
  - 3.4. Однорідні ХТС.
  - 3.5. Експлуатація ХТС.
4. Промислові хімічні виробництва
  - 4.1. Виробництво сірчаної кислоти.
  - 4.2. Виробництво аміаку.
  - 4.3. Виробництво азотної кислоти.
  - 4.4. Електрохімічне виробництво.
  - 4.5. Органічний синтез.

Результати тестування широко використовуються в якості складової частини контролю знань студентів при підведенні підсумків поточної успішності, роботи студентів протягом семестру.

Накопичений великий досвід використання комплекту з 60 завдань у тестовій формі на іспитах і заліках (табл. 1 і табл. 2). У таблиці 1 представлена кількість і форма завдань різного виду в сформованих тестах.

Таблиця 1 – Зміст і форма тестових завдань

№	Форма завдання	Кількість завдань у комплекті	
		1	2
1	Закрита	21	12
2	Відкрита	26	16
3	На встановлення відповідності	2 (7)	2 (7)
4	На встановлення правильної послідовності	–	–
5	Як називається	6	6

У таблиці 2 представлена залежність правильних відповідей від форми тестового завдання і їх порівняння для різних груп студентів (1 – інженери, іспит; 2 – інженери, залік; 3 – бакалаври, іспит; 4 – бакалаври вечірнє відділення, іспит). У комплект включені завдання задачного типу, «сліпі» технологічні схеми.

Таблиця 2 – Залежність кількості правильних відповідей від форми тестового завдання

Група, ступінь навчання	Кількість правильних відповідей					
	Завдання у відкритій формі			Завдання в закритій формі		
	Відмінники	Середні студенти	Слабкі студенти	Відмінники	Середні студенти	Слабкі студенти
1	67	37,04	22,2	82,1	64,3	46,4
2	81,5	51,8	25,9	96,4	78,6	42,9
3	85,2	70,04	51,8	92,9	85,7	64,3
4	81,5	51,9	25,9	96,3	78,6	42,9

При оцінці завдань у тестовій формі при поточному й підсумковому контролі використовується диференційований метод, при якому максимальну кількість балів у загальну оцінку вносять завдання, що потребують компетентнісного підходу, а не тільки з погляду запасу знань. Це повинні бути завдання, виконання яких вимагає аналізу ситуації й ухвалення рішення з урахуванням альтернативних варіантів. Одна з форм контролю, застосована при вивченні курсу ЗХТ – це тестування на лекціях, що дозволяє підсилити роботу студентів, замінити



формальну перевірку відвідуваності на регулярну перевірку за відповідями на завдання в тестовій формі.

Систематичні перевірки знань студентів роблять зворотний зв'язок оперативним, достовірним, з'являється можливість прогнозу й вживання профілактичних заходів на ранньому етапі задовго до рубіжного контролю. Аналіз результатів поточного тестування, результатів БМПК і ІДЗ дозволяє оцінити якість засвоєння навчального матеріалу по розділах і приділяти підвищену увагу розділам, які важко засвоюються більшою кількістю студентів.

Письмова форма контролю з використанням завдань у тестовій формі на заліку або іспиті, як правило, завершується усною бесідою зі студентом, що дозволяє підвищити об'єктивність оцінки його знань.

В інтерактивних методах навчання в рамках навчальної програми існує складність надання зворотного зв'язку й одержання його. Навчання не може бути ефективним, коли щось просто виконується. Необхідно обмірковувати, що зроблено на кожному етапі проекту, підвести проміжні підсумки, зрозуміти, що можна брати в арсенал професіоналізму для всього проекту в цілому. Відправним моментом у цьому обмірковуванні є конкретний досвід, він утворює фундамент для спостереження й міркування, для використання його в певних ситуаціях і складання плану дій.

На цьому етапі для студентів важливим є одержання консультації викладача в будь-який необхідний момент часу, наприклад, по електронній пошті або по скайпу, а не за розкладом.

Принципи роботи на інтерактивному занятті:

- заняття – не лекція, а загальна робота;
- сумарний досвід групи може бути більше досвіду викладача;
- усі учасники проекту рівні незалежно від віку, соціального статусу, досвіду й місця навчання;
- кожний учасник має право на власну думку з будь-яких питань;
- не має місця прямій критиці особистості – зазнати критики може тільки ідея, яку можна перевірити при виконанні проекту;
- усе сказане на занятті – не керівництво до дії, а інформація до міркування.

Алгоритм проведення інтерактивного заняття досить складний: вимагає спеціальної професійної підготовки заняття й проекту в цілому; уведення в проект треба проводити з урахуванням останніх досягнень у вибраному інноваційному проекті; повідомлення теми й мети проекту повинно бути коротким, але ємним з викладом доступних прикладів для всіх груп студентів, які беруть участь на різних стадіях виконання проекту; основна частина повинна відображати всі позиції каледарного плану проекту.

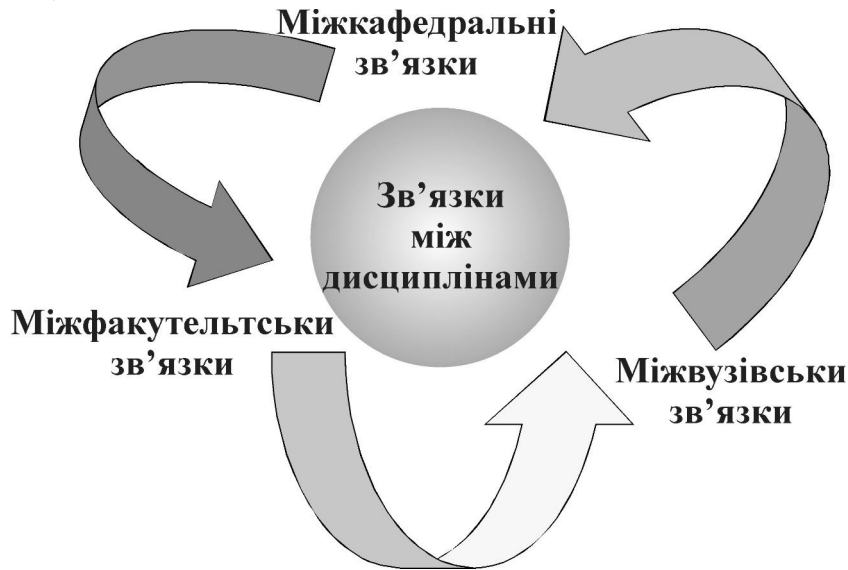


Рис. 1– Схема організації комплексного інноваційного проекту

Формування цільових груп проекту можливо тільки по спільності позицій кожної із груп, тобто це об'єднання подібних думок різних учасників навколо деякої позиції й створення з аудиторії набору груп (від трьох до п'яти, можливо й більше) з різними позиціями. Далі виконується дуже складний етап проекту – організація комунікації між сегментами. Цей крок є особливо ефективним, якщо ми маємо справу з величезною аудиторією (рис. 1) у вигляді різних факультетів ВНЗ або коли має місце співробітництво декількох навчальних закладів: у цьому випадку сегментування являє собою інструмент підвищення інтенсивності й ефективності комунікації.

Частота контролю знань, наприклад, при виконанні комплексного інноваційного проектування зростає, відомі тенденції [13] кількості росту оцінок «відмінно» і «добре» (табл. 3) зберігаються й навіть

зростають при проведенні звичайного контролю знань на кожній консультації викладача.

Таблиця 3 – Показники росту оцінок знань студентів у семестрі

Кількість перевірок	Зміна оцінки, %			
	п'ять	чотири	три	два
одна	0	27	52	21
три	6	31	46	17
п'ять	10	35	44	11
сім	12	37	35	6
дванадцять	17	53	20	0

Інтерактивне позиціонування – набір позицій аудиторії, осмислення й створення нового набору позицій – є обов'язковим елементом представлених інноваційних проектів (рис. 2).

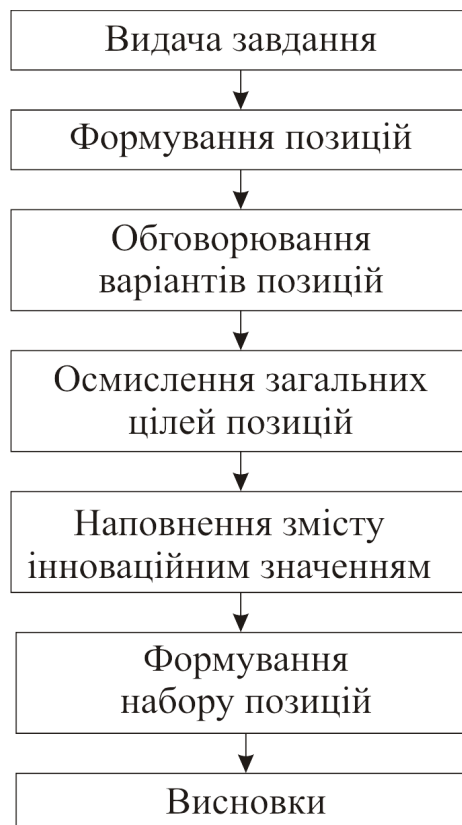


Рис. 2. Функціональна схема підготовки до виконання комплексного інноваційного проекту

Викладач інформує учасників про рамкові умови, правила роботи в групі, дає чіткі інструкції про те, у яких границях учасники можуть діяти на занятті: поважати думки учасників; бути доброзичливим, пунктуальним, відповідальним, активним, відкритим для взаємодії, зацікавленим, не перебивати; мати прагнення знайти істину, дотримуватися регламенту, мати креативність; а також поважати правила роботи в групі і т.д. При цьому необхідно враховувати, що дискусія як колективне обговорення може носити різний характер залежно від досліджуваного процесу, рівня його проблемності й, як наслідок цього, – висловлених суджень. Навчальна дискусія відрізняється від інших видів дискусій тим, що новизна її проблематики, найчастіше, відноситься лише до групи осіб, яка бере участь у дискусії, тобто той розв'язок проблеми, який уже знайдено в науці, треба бути знайти в навчальному процесі в даній аудиторії.

Викладачу, який організує навчальну дискусію, результат, як правило, вже заздалегідь відомий. Метою в цьому випадку є процес пошуку, який повинен привести об'єктивно до відомого, але суб'єктивно, з погляду студентів, які вчаться, – до нового знання. Причому цей пошук повинен закономірно привести до розв'язку запланованого педагогом завдання. Це може бути, на наш погляд, тільки в тому випадку, якщо пошук розв'язку проблеми (групова дискусія) повністю управляється з боку викладача. Керування тут носить двоякий характер.

По-перше, для проведення дискусії викладач створює й підтримує певний рівень взаємин студентів, які вчаться – відносини доброзичливості й відвертості, тобто керування дискусією з боку викладача носить комунікативний характер.

По-друге, викладач управляє процесом пошуку істини. Загальноприйняте поняття в цьому випадку полягає в тому, що навчальна дискусія припустима «за умови, якщо викладач зуміє забезпечити правильність виводів».

Узагальнюючи сказане вище, можна виділити наступні специфічні риси навчальної дискусії організованої й оптимально проведеної:

1) високий ступінь компетентності в розглянутій проблемі викладача-організатора й, як правило, наявний достатній практичний досвід вирішення подібних проблем у студентів;

2) високий рівень прогнозування розв'язку типових проблемних ситуацій завдяки серйозній методичній підготовці викладача-організатора, тобто відносно низький рівень імпровізації з боку викладача. Одночасно досить високий рівень імпровізації з боку студентів, які вчаться, звідси виникає необхідність керування процесом проведення дискусії викладачем;

3) метою й результатом навчальної дискусії є високий рівень засвоєння дійсного знання студентами, які вчаться, подолання емоційних перешкод, розвиток у них діалектичного мислення;

4) джерело дійсного знання має варіативний характер – залежно від конкретної проблемної ситуації це або викладач-організатор, або студенти, які вчаться, або останні виводять дійсне знання за допомогою викладача.

### **Висновки.**

Підводячи підсумки проведеної роботи необхідно відзначити, що наведені в статті методи навчання дозволяють максимально повно використовувати досвід студентів, а це, в свою чергу, сприяє кращому засвоєнню досліджуваного ними матеріалу. Це також обумовлене тим, що в груповій дискусії не викладач говорить слухачам про правильний варіант рішення, а самі студенти, які вчаться, виробляють доводи, обґрунтування принципів і підходів, запропонованих викладачем, максимально використовують свій особистий інноваційний досвід.

За результатами розробки викладеної концепції комплексного інноваційного проектування в збірнику наукових праць «Вісник НТУ «ХП» серія «Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів» опубліковано 9 статей спільно зі студентами [14–23], які відбивають різні аспекти навчання у ВНЗ, опубліковані з метою вдосконалення системи навчання в цілому.

Необхідно відмітити, що рейтингова оцінка знайшла широке практичне застосування при комплексній оцінці знань студентів ВНЗ у ході поетапної й підсумкової атестації. Така об'єктивна оцінка компетентностей можлива тільки при використанні сучасного комплексу

засобів оцінювання. Використання завдань у тестовій формі допомагає провести якісний контроль по всіх видах занять, включаючи СРС. Кожний з видів СРС контролюється групою тестових завдань.

**Список літератури:** 1. Вендровская Р.Б. Очерки истории советской дидактики / Р.Б. Вендровская. – М.: Педагогика, 1982. – 128 с. 2. Вильман О. Дидактика как теория образования. / О. Вильман. Пер. с нем. Т. 1–2. – М.: 1904 – 1908. Т. 1. – 470 с.; Т. 2. – 678 с. 3. Гребенев И.В. Дидактика предмета и методика обучения / И.В. Гребенев // Педагогика, 2003. – № 1, С.14–21. 4. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с. 5. Данилов М.А., Есипов Б.П. Дидактика / Под общ. ред. Б.П. Есипова; – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1957. – 518 с. 6. Дидактика / Пер. с нем. под ред. И. Н. Казанцева. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. – 287 с. 7. Загвязинский В.И. Теория обучения: Современная интерпретация: Учебное пособие для вузов. – М.: Академия, 2006. – 192 с. 8. Краевский В.В., Хуторской А.В. Основы обучения: Дидактика и методика. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. / В.В. Краевский, А.В. Хуторской.– М.: Академия, 2007. – 352 с. 9. Кошелева М.К., Богачёва Т.И. Индивидуальные домашние задания как средство совершенствования самостоятельной работы студентов. Тезисы докладов международной научно-методической конференции «Пути совершенствования подготовки специалистов для текстильной промышленности». М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2002. 10. Кошелева М.К., Богачёва Т.И., Булеков А.П. Компьютерные тесты для аттестации студентов по дисциплинам инженерной химии. Материалы IX международной конференции «Современные технологии обучения СТО-2003». С-Петербург.: 2003. 11. Корнюхина Т.А., Максимов Н.И. Управление качеством подготовки студентов на основе компетентного подхода. Сборник научных трудов «Разработка системы непрерывного образования в условиях многоступенчатой подготовки специалистов. М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, выпуск 4, 2008. 12. Сажин Б.С., Кошелева М.К., Богачёва Т.И. Разработка и внедрение тестовых средств оценки знаний для итоговой и поэтапной аттестации по циклу дисциплин инженерной химии. Сборник научных трудов «Разработка системы непрерывного образования в условиях многоступенчатой подготовки специалистов. М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, выпуск 4, 2008. 13. Современные средства обучения в техническом ВУЗЕ / [Денисов А.Е., Михайленко В.Е., Николаевский Г.К. и др.]; – Львов. Издательство львовского университета. 1969, – 160 с. 14. Товажняньський Л.Л., Бухкало С.І. Діяльність вищого навчального закладу по підвищенню якості підготовки фахівців / Л.Л. Товажняньський, С.І. Бухкало // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – С. 3 – 12. 15. Бухкало С.І. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.І. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – С. 73 – 78. 16. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – С. 160 – 166. 17. Товажняньський Л.Л., Бухкало С.І. Можливості упровадження системи компетенцій у сучасних навчальних закладах // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – С. 3 – 12. 18. Бухкало С.І., Зипунников Н.Н., Бындыч О.А.. Возможности водородной энергетики в инновационных комплексных предприятиях // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – С. 46 – 53. 19. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо-

энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – С. 72 – 80. **20.** Бухкало С.И. Анализ эколого-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / С.И. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.И. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – С. 140 – 145. **21.** Бухкало С.И. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, А.А. Борхович и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32. – С. 52 – 57. **22.** Бухкало С.И. Оценка направленной модификации полимерных отходов с помощью математической модели / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, А.А. Борхович и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32. – С. 63 – 67. **23.** Бухкало С.И. Оценка качества модификации полиэтиленовых отходов с помощью математической модели / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, К.А. Бындич и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32. – С. 74 – 78.

*Надійшла до редколегії 30.01.2013*

УДК 378:65.011.56

**Удосконалювання методів навчання й оцінки знань студентів вищих навчальних закладів / Л. Л. Товажнянський, С. І. Бухкало, М. К. Кошелева // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 3–15. Бібліогр.: 23 назв.**

В статье проведен анализ методического комплекса обучения и оценки знаний выпускников ВУЗов разного уровня обучения с целью выбора способов компетентностного подхода к активизации технического творчества студентов. Описаны новые разработанные методики тестирования и комплексного проектирования для всех видов работ студентов. Приведенные в статье методы позволяют максимально полно использовать опыт студентов, что содействует лучшему усвоению исследуемого ими материала.

**Ключевые слова:** компетентностный подход, новый методический комплекс обучения и оценки знаний.

The complex of training methods and estimation of different level graduates knowledges is discussed. The complex is aimed to select the competence for enhancement of methodics and complex creativity work in technics. New testing methodics and complex designing for all kinds of students work were discribed. Methods mentioned in paper let to use fully the experience of students and usefullness of their researches.

**Keywords:** competence approach, new methodical complex of training methods and estimation of knowledges.

*Л. М. УЛЬЕВ*, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
*М. В. ИЛЬЧЕНКО*, студент НТУ «ХПИ»

## **ПИНЧ-АНАЛИЗ БЛОКА АТМОСФЕРНОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ НА УСТАНОВКЕ ТИПА АВТ**

Цель данной работы заключается в уменьшении энергозатрат блока атмосферной перегонки нефти на установке типа АВТ. В результате исследования были определены недостатки существующей системы теплообмена, энергосберегающий потенциал процесса и минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми.

**Ключевые слова:** блок атмосферной перегонки нефти, установка, теплообмен, пинч-анализ, интеграция, составные кривые, энергозатраты, утилиты.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научно-практическими заданиями.** Одной из самых актуальных проблем украинской экономики является проблема обеспечения промышленности энергоносителями. Запасов нефти и газа не достаточно, а увеличение объемов добычи и развития инфраструктуры требуют значительных инвестиций. Ежегодный вклад в развитие украинской экономики – порядка 1 млрд. долл., в том числе не менее 200 млн. долл. – в повышение энергоэффективности предприятий. Страна ежегодно потребляет приблизительно 210 млн. т (у.т.) топливно-энергетических ресурсов и относится к энергодефицитным странам [1].

Обеспечение государства собственными ресурсами составляет около 37% [2]. На сегодняшний день государство покрывает свои потребности в энергопотреблении приблизительно на 53% и импортирует 75% необходимого объема естественного газа и 85% сырой нефти и нефтепродуктов. Такая структура топливно-энергетических ресурсов экономически несостоятельна. Она порождает зависимость экономики Украины от стран-экспортеров нефти и газа и являет собой угрозу для ее энергетической безопасности.

### **Анализ последних исследований и публикаций.**

На современном этапе развития цивилизации экономический рост в любой стране связан с функционированием топливно-энергетического



комплекса. При этом наиболее конкурентоспособными являются те страны, где энергетические ресурсы используются в максимальном объеме и с высокой степенью эффективности.

В промышленно развитых странах уже более 20 лет, развиваются и используются энергосберегающие методы интеграции процессов. Значительный прогресс в этом вопросе достигнут благодаря разработке теории интеграции тепловых процессов и методов пинч-анализа [3].

Пинч-анализ используется для определения целевых значений стоимости энергии, которая потребляется химико-технологической системой (ХТС) и необходимых инвестиций в создание теплообменной системы, которая и выполняет энергосберегающие функции.

Срок окупаемости проектов по реконструкции, разработанных с использованием метода пинч-анализа, не превышает 2-х лет. Применение пинч-метода позволяет добиться существенной финансовой экономии за счет минимизации использования внешних энергоносителей, как подводящих энергию, так и отводящих, путем максимального применения рекуперации теплоты в рамках рассматриваемой энерготехнологической системы. В случае модернизации существующих производств, пинч-технологии позволяют максимально использовать уже установленное оборудование, но в новых рабочих сетях, что снижает инвестиции в реконструкцию [4].

#### **Цель исследований, постановка задачи.**

Повышение эффективности использования теплообменного оборудования на действующих нефтеперерабатывающих заводах является важным энергосберегающим мероприятием. Поэтому в данной работе определяется энергосберегающий потенциал блока атмосферного разделения нефти на установке типа АВТ.

#### **Определение энергосберегающего потенциала.**

Рассмотрев блок атмосферного разделения нефти на установке типа АВТ (рис.1) были обнаружены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению потребления энергии [5].

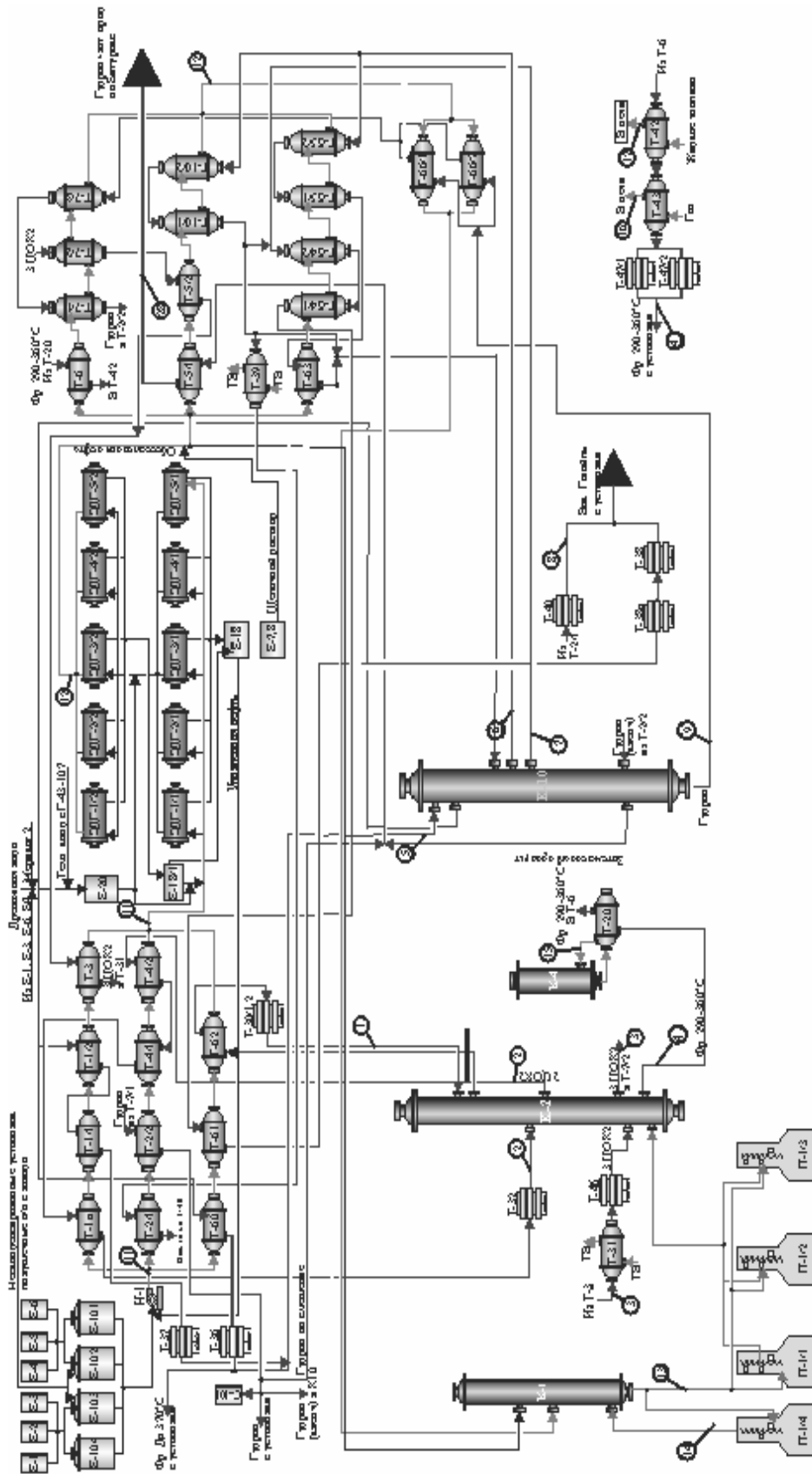


Рис. 1 – Технологическая схема блока атмосферного разделения нефти на установке типа АВТ:  
 К-1 – предварительный эвапоратор; К-2 – ректификационная колонна; Н – насос;  
 П-1/1, П-1/2, П-1/3, П-1/4 – блок подогрева нефти и нефтепродуктов; Е – ёмкости.

Используя полученные ранее данные [5], построим на энтальпийно-температурной диаграмме горячую и холодные составные кривые выбранной системы технологических потоков (рис. 2).

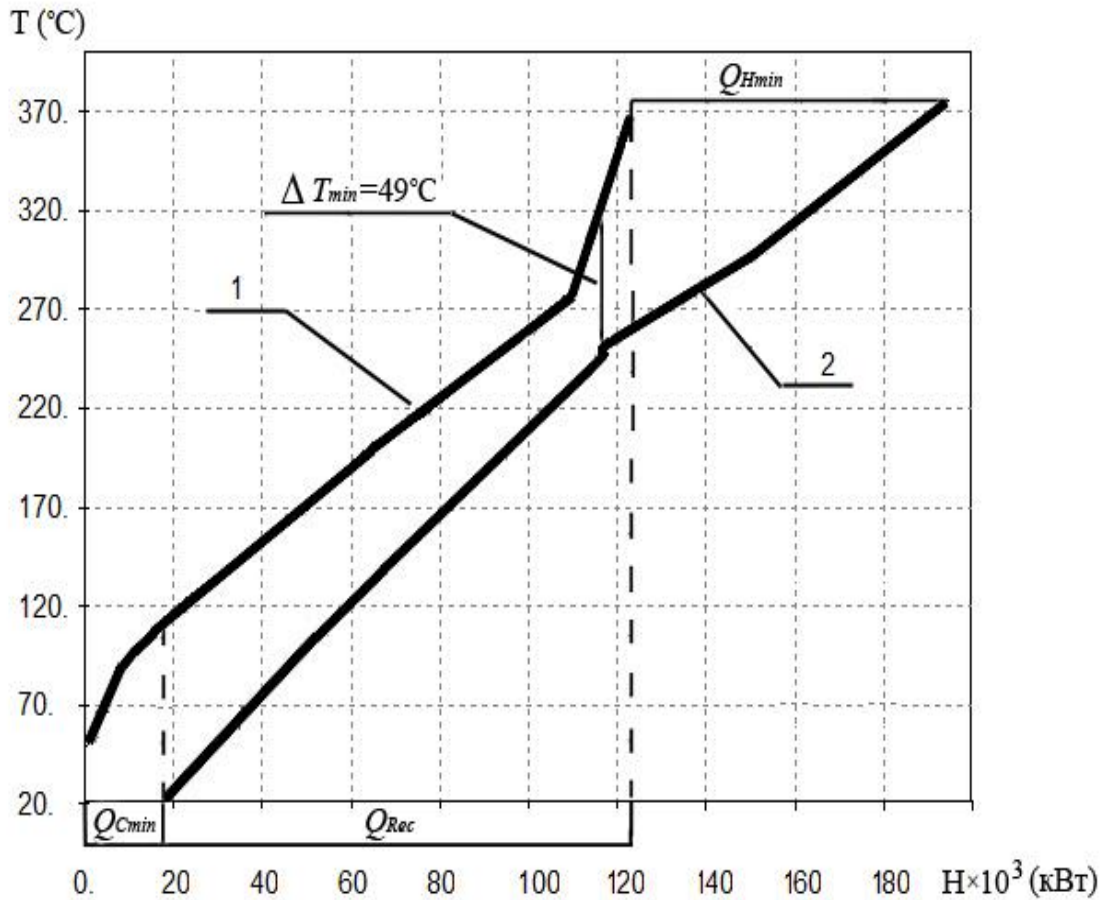


Рис. 2 – Составные кривые процесса переработки нефти: 1– составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;  $Q_{Hmin}$  и  $Q_{Cmin}$  – потребление мощности горячих и холодных утилит;  $\Delta T_{min}$  – минимальная разница температур

В существующем процессе значение горячих утилит составляет 71 660,40 кВт, а холодных утилит 18517,5 кВт, значение мощности рекуперации составляет 104282,9 кВт. Минимальная разница температур в существующем процессе  $\Delta T_{min} = 49$  °C.

Для снижения энергопотребления в ХТС необходимо уменьшение минимальной разницы температур между теплоносителями в теплообменных аппаратах.

Для того чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные эконо-

мически значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта.

Стоимость горячих утилит, использованных в процессе, примем равной 350 долл. США за 1 кВт-год, с учетом того, что в году 8000 рабочих часов.

Стоимость холодных утилит принимаем на порядок меньшей, то есть 0,1 стоимости горячих утилит, что дает значения 35 долл. США за 1 кВт-год.

Используя цены на теплообменное оборудование, полученные от его производителей, можно еще до выполнения проекта реконструкции оценить необходимые капиталовложения и срок их окупаемости [6]. Итак, капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением:

$$\text{Кап. стоимость} = A_T + B_T (S)^c$$

где  $A_T = 5000$  долл. США – стоимость установки одного теплообменного аппарата, для пластинчатых теплообменных аппаратов  $A_T = 5000$  долл. США;

$B_T$  – коэффициент, эквивалентный стоимости 1 м<sup>2</sup> площади поверхности теплообмена, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов  $B_T = 500$ , для пластинчатых  $B_T = 800$ ;

$S$  – площадь поверхности теплообмена теплообменного аппарата;  $c$  – коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности теплообмена. Для кожухотрубчатых теплообменников, как правило,  $c = 0,87$ .

Будем считать, что для выполнения проекта предприятие берет в банке кредит сроком на 3 года с 10%-ной кредитной ставкой.

Оптимальное значение  $\Delta T_{\min}$  было получено с помощью программы «Hint» [7], кривые зависимости приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$  представлены на рис. 3.

Анализ зависимости приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$  показывает, что процесс первичной переработки нефти будет протекать в экономически оптимальном режиме в интервале температур  $\Delta T_{\min} \in [8 \text{ }^\circ\text{C}; 15 \text{ }^\circ\text{C}]$ ,

поэтому для минимизации площади поверхности теплообмена выберем значение  $\Delta T_{\min}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

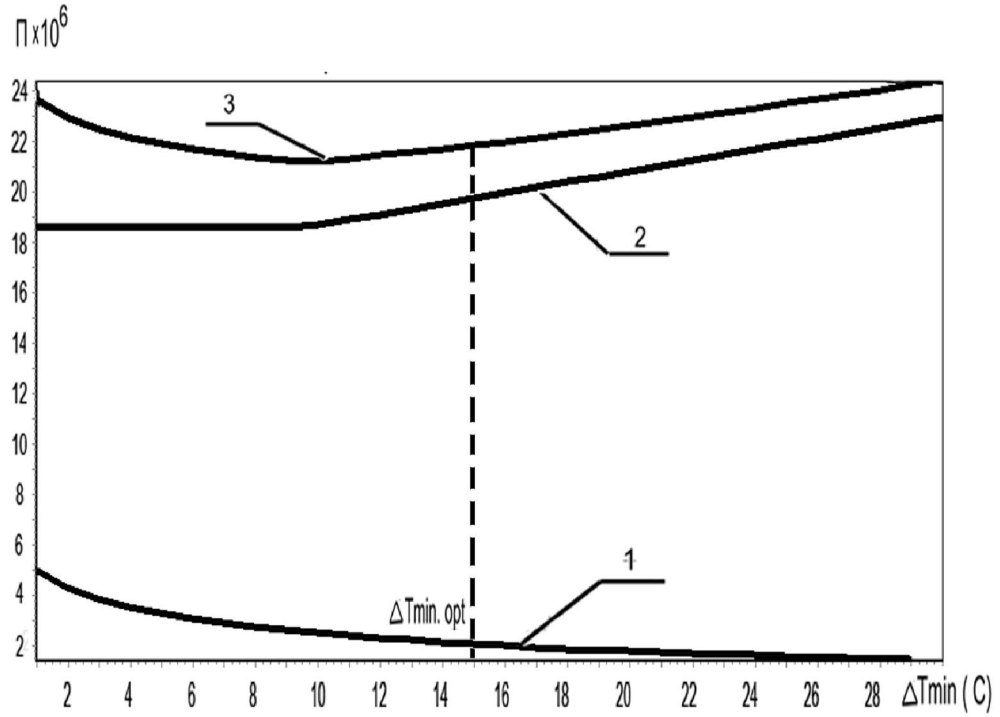


Рис. 3 – Зависимость приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$ : 1 – инвестиции в оборудование; 2 – энергия; 3 – общая стоимость;  $\Delta T_{\min, opt} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Построим составные кривые для  $\Delta T_{\min} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 4).

Пинч локализуется на температуре для горячих потоков равной  $265\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  для холодных потоков. Сдвинув холодную составную кривую к горячей, и обеспечив разность температур в  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  видим, что мощность рекуперации равна  $119796,47\text{ кВт}$ , значения горячих и холодных утилит составляют  $56148,94\text{ кВт}$  и  $3003,93\text{ кВт}$  соответственно.

Так расход горячих утилит сократился примерно на  $15511,46\text{ кВт}$ , а холодных – на  $15513,57\text{ кВт}$ .

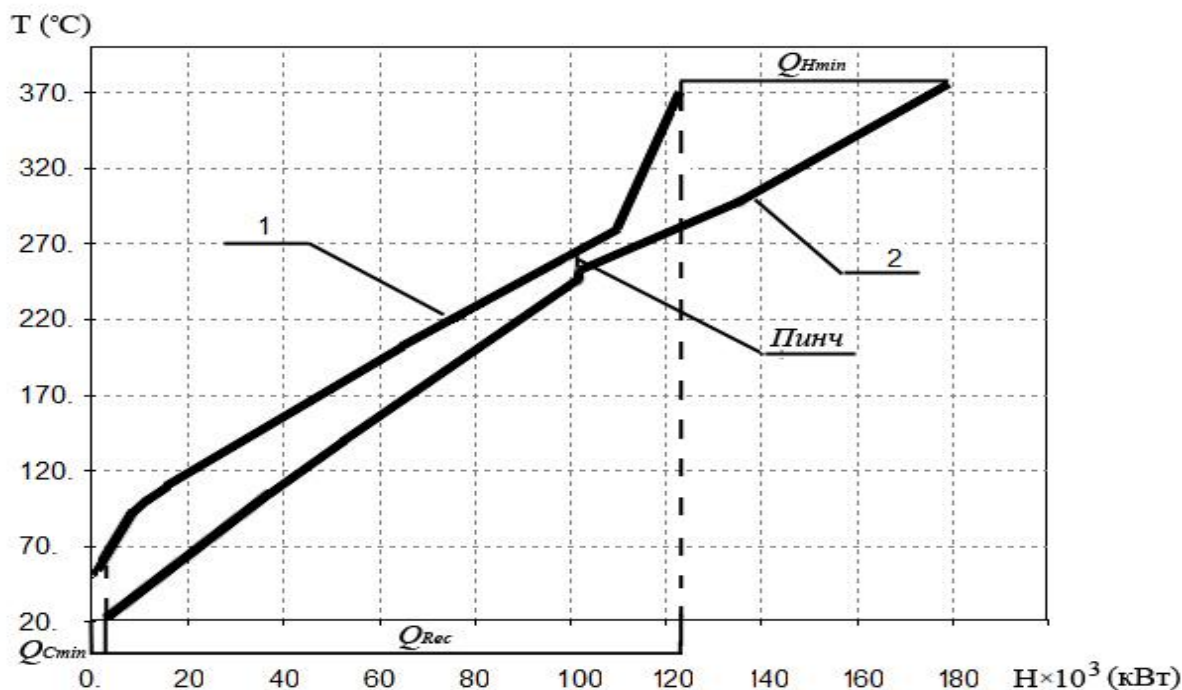


Рис. 4 – Составные кривые процесса первичной переработки нефти для  $\Delta\Phi_{min}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  
 1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;  $Q_{Hmin}$ ,  
 $Q_{Cmin}$ ,  $Q_{Rec}$  – потребление мощности горячих, холодных утилит и мощность рекупера-  
 ции;  $\Delta\Phi_{min}$  – минимальная разность температур

Наглядно энергосберегающий потенциал процесса первичной переработки нефти приведен в таблице.

Таблица – Сравнение энергопотребления в существующем и проектируемом процессах

	Существующий процесс, кВт	Интегрированный процесс, кВт
Горячие утилиты	71 660,40	56 148,94
Холодные утилиты	18 517,5	3 003,93
Рекуперация	104 282,9	119 796,47

**Выводы.** В результате обследования блока атмосферной перегонки нефти на установке типа АВТ были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления. Достигнутая минимальная разность температур между холодной и

горячей составными кривыми, позволяет уменьшить энергопотребление на установке на 15,5 МВт.

**Список литературы:** 1. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» – Режим доступа: <http://esco-ecosys.narod.ru/> 2. Методичні вказівки для вивчення учбових матеріалів по розділу «Пінч-аналіз» за курсом «Вступ до спеціальності» для студентів хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Товажнянський Л.Л., Ульєв Л.М. – Х.: НТУ «ХПИ», 2010. – 40 с. 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульєв – Х.: ХГПУ, 2000. – 457с. 4. Сайт аудиторско-консалтинговой группы «СВ-Аудит» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sv-audit.ru/services/energy/3> 5. Л.М. Ульєв. Екстракція даних для теплоенергетичної інтеграції процесу атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ / Л.М. Ульєв, М.В. Ильченко // Вестник НТУ «ХПИ». 2012. – № 39. – с. 83–90 6. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77 p. 7. Ульєв Л.М. Программное обеспечение для проектирования теплообменных сетей – НИНТ/ Ульєв Л.М., Яценко О.А. // Вестник НТУ «ХПИ». 2012. – №10. – с. 61–72.

*Поступила в редколлегию 21.03.2013*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Пінч-аналіз блока атмосферної перегонки нафти на установці типу АВТ / Л. М. Ульєв, М. В. Ильченко** // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПИ». 2013. – № 9 (983). – С. 16–23. – Бібліогр.: 7 назв.

Мета даної роботи полягає в зменшенні енерговитрат блоку атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ. В результаті дослідження були виявлені недоліки існуючої системи теплообміну, визначений енергозберігаючий потенціал процесу та мінімальна різниця температур між холодною і гарячою складовими кривими.

**Ключові слова:** блок атмосферної перегонки нафти, установка, теплообмін, пінч-аналіз, інтеграція, складові криві, енерговитрати, утиліти.

The aim of this work is to reduce the energy consumption of atmospheric block oil separation plant type AVDU. The study was identifying the shortcomings of the existing system of heat transfer defined energy saving potential of the process and the minimum temperature difference between the cold and hot components of curves.

**Keywords:** atmospheric distillation unit, installation, heat transfer, pinch analysis, integration, composite curves, power, utilities.

**В. Б. ТРОШЕНЬКИН**, канд. техн. наук, с.н.с. ИПМаша НАНУ, Харьков;

**Н. Н. ЗИПУННИКОВ**, канд. техн. наук, ст. преп. НТУ «ХПИ»;

**Б. А. ТРОШЕНЬКИН**, д-р техн. наук, с.н.с. ИПМаша НАНУ, Харьков

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ СПЛАВОВ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ**

Рассмотрены основные принципы производства водорода из воды с использованием сплавов ферросиликоалюминия и ферросилиция. Выполнено технико-экономическое обоснование производства и применения ферросиликоалюминия. Даны рекомендации по использованию алюмокремниевых сплавов для получения водорода на автономных объектах. Приведен расчет прибыли металлургического производства с использованием сплавов ФС75 и ФСА25.

**Ключевые слова:** водород, сплавы ферросиликоалюминия, ферросилиций, автономные объекты, металлургическое производство.

### **Введение**

Наиболее целесообразным способом производства водорода на отдаленных автономных объектах (метеостанции и аэростатные организации) является получение его из воды с использованием сплавов [1]. Перевозка водорода в баллонах на дальние расстояния включает в себя и негативные факторы, которые снижают надежность процесса производства: высокая стоимость перевозки, транспортировка баллонов с водородом через населенные пункты, что не всегда безопасно, поломка транспорта (человеческий фактор), неритмичность работы всего цикла.

**Цель исследований.** В данной работе приводятся экономические расчеты, показывающие возможную прибыль для металлургических и ферросплавных предприятий, которые должны заинтересовать металлургию в необходимости изготовления ферросиликоалюминия (ФСА).

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.** Большой спрос, в частности на ферросиликоалюминий объясняется тем, что он полностью превосходит



по эффективности традиционные сплавы – ферросилиций и алюмокремниевые сплавы – при производстве рядовых марок стали на металлургических комбинатах. Универсальный раскислитель в процессе выплавки легированной стали заменяет все остальные ингредиенты. При выплавке комплексного сплава ФСА опробованы различные виды шихтовых материалов [2–5]. В последние годы чаще используются угольные породы, так как они содержат все компоненты, необходимые для выплавки ФСА (оксиды кремния, алюминия, железа и углерод), что позволяет решить стоимостные и экологические проблемы. Основные требования к углеотходам, применяемые для выплавки ферросиликоалюминия рассмотрены в работах [6, 7]. Главное преимущество ФСА заключается в том, что при электротермическом получении этого сплава единица массы алюминия обходится дешевле, чем при производстве электролитического алюминия. Кроме того, раскислительная способность кремния и алюминия значительно повышается при их совместном действии.

Наиболее подходящими для выплавки ФСА являются углеотходы четырех углеобогащительных фабрик Красноармейского района Донецкой области, которые характеризуются наличием в зольном остатке 24...28 %  $Al_2O_3$  и 50...60 %  $SiO_2$ . Содержание оксида железа не должно превышать 3...6 %. В ходе восстановительного процесса в электропечи железо восстанавливается практически полностью и увеличение его доли в шихте более 6 % сопровождается значительным снижением содержания кремния и алюминия в сплаве.

**Материалы исследований.** Исследовательскую кампанию по выплавке ФСА проводили в рудотермической печи мощностью 2,5 МВт цеха № 9 ОАО «Никопольский ферросплавный завод». Время проведения кампании составило трое суток. Процесс выплавки протекал практически без зашлаковки. Согласно проведенным балансовым плавкам среднесуточные затраты электроэнергии составили 12320 кВт·ч/т. Степень использования кремния – 86,6 %, алюминия – 71,5 %. Усредненный состав полученного металла, %: 44,698 Fe; 44,01 Si; 11,25

Al; 0,04 P; 0,002 S [7].

Определены равновесные температуры восстановления углеродом оксидов металлов, входящих в состав ферросиликоалюминия при равновесных условиях, соответствующих нулевому значению энергии Гиббса ( $\Delta G^\circ = 0$ ), °C: 1544 – SiO<sub>2</sub>, 2095 – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 950 – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Расчет прибыли ферросплавного производства.** На первом этапе работ выполнен сравнительный анализ стоимостных показателей выплавки ферросилиция (ФС75) и ферросиликоалюминия (ФСА25) в плавильном цехе Стахановского завода ферросплавов (СЗФ).

В расчетах приняты удельные расходы сырья и электроэнергии по переделу на выплавке ферросиликоалюминия в электропечи мощностью 1,2 МВт бывш. Ермаковского завода ферросплавов и 2,5 МВт Никопольского завода ферросплавов.

Состав сплавов, масс. %: ФС75 – Fe – 25, Si – 75; ФСА 25 – Fe – 10, Si – 65, Al – 25. Сырьем для производства ФСА являются углеотходы.

Показатели промышленного производства ФС и ФСА определены для печи № 8 СЗФ мощностью 27 МВт. Себестоимость и стоимость сплавов рассчитана по ценам 2009 г. Результаты расчетов приведены в таблице 1 (корректировка расчета может быть выполнена после стабилизации цен на газ).

При переводе печи с выплавки ФС75 на выплавку ФСА25 стоимость расходуемого сырья в общей стоимости сплава снижается с 20 до 8 %, а цена затрачиваемой электроэнергии увеличивается с 53 до 61 %. Стоимость электроэнергии для ферросплавных заводов равна 29,4 долл. США за 1000 кВт/час, что соответствует международной практике [8]. При этом прибыль от продажи 1 т сплава возрастает с 12 % (ФС 75) до 21,5 % (ФСА 25). Повышение прибыли обусловлено тем, что в цену ФСА 25 включена стоимость алюминия по 1,2 доллара за килограмм. При использовании углеотходов стоимость выплавляемого ФСА составит 700–770 долл/т., в зависимости от марки сплава. В результате перехода с

выплавки ФС 75 на выплавку ФСА 25 СЗФ получит ежегодную прибыль в размере 2,4 млн. долл.

В случае строительства завода по производству ФСА необходимо закупить в России три руднотермических печи. Стоимость каждой печи мощностью 27 МВт составляет 12 млн. долларов США.

С учетом величины амортизации основных средств 6,9 % (табл. 1) срок окупаемости вложенного капитала составит 14 лет. При выпуске 50 тыс. т сплава ФСА в год ежегодная прибыль ферросплавных предприятий составит 8,2 млн. долларов. Кроме того, на каждую тонну ФСА может быть произведено 0,6 т метанола, т. е. 30 тыс. т/год. Прибыль от реализации метанола составит 1,2 млн. долл. в год.

По результатам опытно–промышленных плавов можно приступать к проектированию и строительству цехов по производству ФСА в Донбассе. Наиболее рационально строительство цехов с размещением их на поверхностных комплексах закрывающихся шахт с максимальным использованием высвобождающихся площадей и оборудования.

**Расчет прибыли металлургического производства.** Сравнительный анализ стоимостных показателей применения сплава ФСА 25 вместо сплава ФС 75 и чушкового алюминия выполнен ДонНИИЧермет (г. Донецк) и ОАО «Испат–Кармет» (Казахстан). В расчетах приняты удельные расходы сплавов, достигнутые при раскислении и модификации различных марок сталей на предприятиях ЗАО «Истил–ДМЗ» (г. Донецк) и ОАО «Испат–Кармет».

Таблица 1 – Оценка рыночной стоимости производства 19 тыс. т ФС75 или 14,5 тыс. т ФСА25 в условиях Стахановского завода ферросплавов (СЗФ)

Наименование статей	Расход		Цена, долл. США	Стоимость ФС75		Стоимость ФСА25		Годовой экономический эффект, тыс. долл. США		
	на 1 т ФС 75	на все пр-во 19 тыс. т		1 т сплава, долл. США	Всего пр-ва, тыс. долл. США	1 т сплава, долл. США	Всего пр-ва, тыс. долл. США			
									на 1 т ФСА 25	на все пр-во 14,5 тыс. т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Сырье и материалы:										
- кварцит	2,35	44650	0,74	10730	6,0	14,1	267,9	4,44	64,38	203,52
- уголь высококозольный	0,0	0,0	2,8	40600	16,0	0,0	0,0	44,8	649,6	-649,6
- кокс	0,86	16340	0,0	0,0	90,0	77,4	1470,6	0,0	0,0	1470,6
- стружка стальная	0,21	3990	0,0	0,0	75,0	15,75	299,25	0,0	0,0	299,25
Итого	3,42	64980	3,54	51330	187,0	107,25	2037,75	49,24	713,98	1323,77
2. Расходы по переделу, электроэнергия, тыс. кВт/ч	9,65	183350	12,5	181250	29,4	283,71	5390,49	367,5	5328,75	61,25
- электродная масса, т	0,06	1140	0,08	1160	449,8	27	513	36	522	-9
- электроды	0,01	190	0,01	145	350	3,5	66,5	3,5	50,75	15,75
3. Заработная плата						30	570	39,3	570,0	0,0
4. Амортизация основных средств (6,9 %)						43,7	830,0	57,25	830,0	0,0
5. Общезаводские расходы						21,6	410,0	28,3	410,0	0,0
6. Прочие расходы						17,9	340,0	23,5	340,0	0,0
Итого технологическая себестоимость						534,6	10157,7	604,6	8766,5	1391
Товарная продукция						600	11400	770	11165	
Прибыль (+), убыток (-)						65,4	1242,6	165,4	2398,3	

В настоящее время на одну тонну раскисленной стали расходуется 6,4 кг сплава ФС 5 и 1,5 кг чушкового алюминия. Опытным путем установлено, что лучшее качество стали достигается при использовании в качестве раскислителя сплава ФСА в количестве 3 кг на одну тонну стали. Расчет экономического эффекта основан на том факте, что за счет лучшей усваиваемости сплава ФСА расход кремния в сравнении со сплавом ФС75 сокращается на 20–25 %, а расход алюминия на 50–70 %.

В результате на каждой тонне раскисляемой стали получают экономический эффект в размере 0,7 доллара США. Принимая минимальное значение 0,7 долл. США при использовании 5 кг ФСА на одну тонну стали получаем общий экономический эффект от применения одной тонны ФСА не менее 140 долл./т. При производстве 50 тыс. тонн сплава ФСА в год металлурги получают экономический эффект в размере не менее 7 млн. долл/год. С учетом потребности металлургических заводов СНГ (300 тыс. т год) экономический эффект составит почти 42 млн. долларов в год.

**Исследование процесса получения водорода из воды с использованием сплавов ФСА и ФС.** В настоящее время для производства водорода в автономных условиях применяют силиколевый способ с использованием стандартного сплава ФС75 (Fe–20...25, Si–74...80, Al–0.6, Cr–0.5, P–0.05, S–0.03 (ГОСТ 1415–70). В качестве реагентов используют воду и едкий натр (NaOH) [1].

Для производства 1 м<sup>3</sup> водорода используют 1 кг сплава ферросилиция (ФС75) и 0,5 кг NaOH. Вместо ФС75 целесообразно использовать сплав ФСА, который выплавляют из неорганических компонентов угля. Ориентация на угольные месторождения при получении химических реагентов для производства водорода является экономически наиболее обоснованным.

Нами проведены исследования химической активности сплавов ФСА, как полученных восстановлением оксидов неорганической части украинских углей (ФСА11 и ФСА16), так и синтетических, производимых промышленностью сплавлением чистых компонентов (ФСА17, ФСА18 и ФСА34) [9–12]. Скорость вытеснения водорода из водных растворов щелочи сплавами ФСА 11 и ФСА 16 в 1,8–2 раза, и полнота реакции на 15–20 % выше, чем у синтетических сплавов. Макси-

мальная скорость выделения водорода зафиксирована –  $7,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$  у ФСА11 и  $13,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$  у ФСА16, при этом температура в реакторе достигает  $350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Высокая активность сплавов из неорганической части угля обусловлена наличием широкого ряда микропримесей металлов (основные – титан, магний, марганец, кальций), изначально содержащихся в угле. Применение сплавов, выплавленных из неорганической части угля (ФСА11 и ФСА16), позволяет примерно вдвое сократить расход щелочи и воды. При этом продукты реакции свободно удаляются из газогенератора.

Рассмотренный силиколевый метод применяют для получения водорода в автономных условиях. Перевод реакторных установок на предлагаемую технологию с применением вместо стандартного сплава ФС 75 высокоэффективных аморфно–кристаллических сплавов ФСА, получаемых из неорганической части угля, а также сплавов с добавками бария позволяет сократить материальные затраты на получение водорода на 15...20 %.

Стоимость водорода, полученного электролизом воды, составляет 6000 долл/т. [13]. Около 10000 тонн ФСА необходимо для производства водорода автономными потребителями. Количество полученного водорода с указанного объема ФСА25 составит примерно  $14,3 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  (с 1 кг Si– $1,6 \text{ м}^3 \text{ H}_2$ , 1 кг Al– $1,2 \text{ м}^3 \text{ H}_2$ , 1 кг Fe– $0,4 \text{ м}^3 \text{ H}_2$ ). Стоимость 1 тонны водорода, полученной силиколевым способом с использованием сплава ФСА25, составляет примерно 7000 долл/т. Рассмотренный способ производства водорода является незаменимым на отдаленных территориях.

### **Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.**

1. Рассмотрены основные сферы использования сплавов ФСА. Определены наиболее подходящие для выплавки ФСА углеотходы, которые характеризуются наличием в зольном остатке 24...28 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 50...60 %  $\text{SiO}_2$ . Определены равновесные температуры восстановления углеродом оксидов металлов, входящих в состав ферросиликоалюминия,  $^\circ\text{C}$ : 1544 –  $\text{SiO}_2$ , 2095 –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 950 –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

2. Выполнен расчет прибыли ферросплавного производства с

оценкой выплавки сплавов ФС 75 и ФСА 25 в плавильном цехе Стахановского завода ферросплавов. При переводе печи с выплавки ФС 75 на выплавку ФСА 25 стоимость расходуемого сырья в общей стоимости сплава снижается с 20 до 8 %, а стоимость затрачиваемой электроэнергии увеличивается с 53 до 61 %. Прибыль от продажи 1 т сплава возрастает с 12 % (ФС 75) до 21,5 % (ФСА 25).

3. Расчет прибыли металлургического производства показал, что лучшее качество стали достигается при использовании в качестве раскислителя сплава ФСА в количестве 3–5 кг на одну тонну стали. Экономический эффект основан на том факте, что за счет лучшей усваиваемости сплава ФСА расход кремния в сравнении со сплавом ФС75 сокращается на 20–25 %, а расход алюминия на 50–70 %.

4. Проведен анализ процесса получения водорода из воды с использованием сплавов ферросиликоалюминия и ферросилиция. Установлены наиболее эффективные сплавы для производства водорода (ФСА11 и ФСА16), полученные из углеотходов. Рассматриваемый способ производства водорода наиболее незаменимым на отдаленных территориях, где доставка водорода в баллонах затруднена.

**Список литературы:** 1. Инструкция по безопасной эксплуатации баллонных газогенераторов АВГ–45 и баллонов с водородом. – М.: Гидрометеиздат, 1978. – 32 с. 2. *Емлин Б.И., Манько В.И.* Выплавка ферросиликоалюминия из высокозольных углей Экибастуза // *Сталь*. – 1979. – № 4. – С. 76. 3. *Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И.* Теория и технология производства ферросплавов. – М.: Металлургия, 1988. – 784 с. 4. *Друинский М.И., Жучков В.И.* Получение комплексных ферросплавов из минерального сырья Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 208 с. 5. *Нурумгалиев А.Х.* Использование золы углей при выплавке ферросиликоалюминия / Новая технология и техническое перевооружение ферросплавного производства (Научные тр. НИИМ). – Челябинск: Металлургия, 1989. – С. 52–55. 6. *Литвиненко А.И.* Требования к углеотходам, применяемым для выплавки ферросиликоалюминия / *А.И. Литвиненко, В.А. Громов, С.В. Янко, А.И. Кабанов, Б.А. Трошенькин* // Тр. Запорожской государственной инженерной академии. – 2003. – № 7. – С. 38–40. 7. *Литвиненко О.И.* Виплавлення феросилікоалюмінію з відходів збагачення вугілля / *О.И. Литвиненко, В.А. Громов, С.В. Янко, Е.С. Чуприна, Б.О. Трошенькин* // Тр. Запорожской государственной инженерной академии. – 2004. – № 10. – С. 33–37. 8. *Барьяхтар В.Г.* Двадцать первый век: производство энергии, уровень жизни, экология проблемы / *Геофизический ж-л*. – К.:, 2006. № 3. Т. 28. – С. 7–8. 9. *Jurmanov V.A., Troshenkin V.A.* Automatic facility for generation of hydrogen from water using aluminium/silicic fusion // WMO Techn. Conf. on Instruments and Meth. of Observ. (TECO-92). – Vienna, Austria, 11–15 May 1992, – Rep. No. 462. – P. 77–80. 10. *Трошенькин В.Б.* Совершенствование процесса и реактора по

производству водорода из воды при помощи сплавов, получаемых из неорганической части углей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков: Харьк. гос. политехн. ун-т, 1999. – 17 с. **11.** *Зипунников Н.Н.* Термодинамика и кинетика вытеснения водорода из воды многокомпонентными сплавами / *Н.Н. Зипунников, Б.А. Трошенькин* // Интегровані технології та енергосбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: НТУ «ХП», 2009. – № 4. – С. 35–42. **12.** *Трошенькин В.Б.* Сравнительный анализ способов автономного производства водовода / *В.Б. Трошенькин, Н.Н. Зипунников, Б.А. Трошенькин* // Интегровані технології та енергосбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – № 1. – С. 92–95. **13.** Водородная энергетика – ЭнергоРесурс <http://energetyka.com.ua/slovarterminov/465-vodorodnaya-energetika>

*Поступила в редколлегию 15.01.13*

УДК 661.961.1

**Технико-экономическое обоснование производства и применения сплавов ферросиликоалюминия для получения водорода из воды / В. Б. Трошенькин, Н. Н. Зипунников, Б. А. Трошенькин** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 24–32. Бібліогр.: 13 назв.

Розглянуто основні принципи виробництва водню з води з використанням сплавів ферросиликоалюмінію та ферросиліцію. Виконано техніко-економічне обґрунтування виробництва і застосування ферросиликоалюмінію. Надані рекомендації по використанню алюмокремнієвих сплавів для отримання водню на автономних об'єктах. Приведено розрахунок прибутку металургійного виробництва з використанням сплавів ФС75 та ФСА25.

**Ключові слова:** водень, сплави ферросиликоалюмінію, ферросиліцій, автономні об'єкти, металургійне виробництво.

The main principles for production of hydrogen from water with use of alloys ferro-silicic-aluminum and ferrosilicon are considered. The feasibility report on manufacture and use of ferro-silicic-aluminum is executed. The recommendations on use of aluminum-silicic alloys on autonomous objects for reception of hydrogen are given. The profit of metallurgical manufacture with use of alloys FS75 and FSA25 is resulted.

**Key words:** hydrogen, ferro-silicic-aluminum alloys, ferrosilicon, autonomous objects, metallurgical manufacture.



**В. В. МОРГУНОВ**, с. н. с. УИПА, Харьков

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ.  
СИСТЕМА  $N_2-O_2-NO-SO_2-NH_3-H_2O-CO_2$**

В статье рассматриваются результаты численного моделирования радиационно-химических процессов, которые происходят при электронно-лучевом очищении (ЭЛО) дымовых газов для системы  $N_2-O_2-NO-SO_2-NH_3-H_2O-CO_2$  с использованием метода Гира в представлении Нордсика для решения жестких систем обычных дифференциальных уравнений (ОДУ). Полученные вносы радиационно-химических и химических реакций в образование и удаление основных химических веществ, которые принимают участие в моделировании. Продемонстрирована возможность проведения численного эксперимента с целью изучения радиационно-химических процессов с точки зрения повышения эффективности очищения.

**Ключевые слова:** электронно-лучевая очистка, численное моделирование

**Введение.** Проблему очистки дымовых газов от оксидов азота и серы позволяет решить технология электронно-лучевой очистки (ЭЛО) дымовых газов. Преимущества технологии ЭЛО перед химическими очистками заключается в следующем: одновременная очистка дымовых газов от  $NO_x$ ,  $SO_2$ , полиароматических углеводородов, летучих органических соединений; компактность; высокая степень очистки; в результате очистки дымовых газов получают сельскохозяйственные удобрения. Суть технологии ЭЛО [1, 2] заключается в следующем: дымовые газы облучаются ускоренными электронами (с энергиями до 1 МэВ), перед облучением в газы подаются пары аммиака; в результате радиационно-химических и химических реакций вредные вещества, в частности,  $NO_x$ ,  $SO_2$  переводятся в сульфаты-нитраты аммония, которые можно использовать в качестве сельскохозяйственных удобрений. Технология ЭЛО разрабатывается на протяжении последних 30-ти лет. Построены промышленные и опытно-промышленные установки в Китае, Польше, Болгарии. Но, несмотря на сравнительно длительное изучение этой технологии, полного понимания механизма кинетики удаления  $NO_x$ ,  $SO_2$  и других загрязняющих веществ из дымовых газов пока еще нет. Для этой цели автором была разработана математическая модель и

© В.В. Моргунов. 2013

программный комплекс «ELO» [3–5], собрана база данных радиационно-химических и химических реакций (более чем 2000 реакций) для более чем 500 химических реакций. Программный комплекс «ELO» обладает следующими возможностями: на основе начального состава дымовых газов составлять механизм химических реакций; составлять и решать жесткую систему обычных дифференциальных уравнений методом Гира в представлении Нордсика, описывающую процессы ЭЛО дымовых газов; рассчитывать вклад отдельных химических реакций в образование или удаление тех или иных химических веществ; строить графики концентраций химических веществ в зависимости от времени облучения.

Вопросу численного моделирования процессов ЭЛО посвящены работы [6–8]. В основном, в этих работах кроме перечня радиационно-химических и химических реакций, участвующих в моделировании приведены результаты по расчетам степени удаления в зависимости от поглощенной дозы.

Уменьшение энергозатрат для технологии ЭЛО является актуальной задачей на данный момент, и решение этого вопроса будет способствовать широкому распространению этой перспективной технологии в промышленности.

Для понимания путей повышения эффективности с точки зрения энергозатрат следует изучить механизм кинетики удаления и образования в процессе ЭЛО газообразных вредных веществ, загрязняющих дымовые газы, т.е. другими словами, понять, на что расходуется введенная в газы энергия электронного пучка. Одним из вариантов решения этой задачи является изучение вклада радиационно-химических и химических реакций в удаление и образование этих вредных веществ. Работ, посвященных этим вопросам практически нет. Следует выделить лишь работу [8], в которой даны результаты расчетов вкладов радиационно-химических реакций по образованию и стоку радикалов ОН, ответственных за удаление газообразных вредных веществ из газов.

Цель данной работы заключается в определении вклада химических и радиационно-химических реакций в образование в ходе ЭЛО и удаление газообразных веществ, содержащихся в дымовых газах

для системы  $N_2-O_2-NO-SO_2-NH_3-H_2O-CO_2$ , а также пути повышения эффективности технологии ЭЛО.

**Математическая модель, описывающая процессы ЭЛО и ее программная реализация.** Математическая модель процессов ЭЛО, подробно описана в [3] и приведена в табл. 1, где  $\dot{D}$  – мощность дозы облучения, Гр/с;  $D$  – доза облучения, Гр;  $\tau$  – общее время облучения, с;  $\sigma$  – параметр, влияющий на ширину кривой Гауссиана мощности дозы, с;  $n_i$  – концентрация  $i$ -ой компоненты, моль/м<sup>3</sup>;  $G_{n_i}$  – радиационно-химический выход  $i$ -ой компоненты газа, моль/Дж;  $x_i$  – мольная доля  $i$ -ой компоненты газа;  $\rho$  – средняя плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $k_{ik}^{(n)}$  – константа скорости  $n$ -го порядка химической реакции между  $i$ -ой компонентой и  $k$ -ыми компонентами газа, м<sup>3</sup>/(моль·с);  $n_k$  – концентрация  $k$ -го компонента, моль/м<sup>3</sup>,  $n_{i0}$  – начальная концентрация  $i$ -го компонента;  $dD(t)$  – поглощенная доза, Гр;  $c$  – удельная теплоемкость газовой среды, Дж/(кг·К).

Таблица 1 – Математическая модель процессов, происходящих во время ЭЛО газов

№ пп	Процесс	Основные характеристики и образующиеся продукты	Математическое описание процесса
1.	Прохождение первоначально нерасходящегося пучка ускоренных электронов через газ	Распределение мощности дозы от времени	$\dot{D} = \frac{D_0}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-0.5\left(\frac{t-\tau/2}{\sigma}\right)^2\right]}$
2.	Физические и физико-химические процессы при прохождении через дымовые газы	Возбужденные молекулы, ионы, радикалы	$\frac{dn_i}{dt} = G_{n_i} \dot{D} x_i \rho$
3.	Химические реакции промежуточных и конечных продуктов	Стабильные химические соединения	$\frac{dn_i}{dt} = n_i \sum_n k_{ik}^{(n)} \prod_{k=1}^n n_k$ При заданных начальных концентрациях: $n_i(0) = n_{i0}$
4.	Рост температуры газов вследствие поглощения энергии ускоренных электронов	Рост температуры газа со временем	$dT(t) = \frac{dD(t)}{c}$

Для расчета вклада отдельных химических реакций в удаление и образование тех или иных химических веществ в процессе ЭЛО применяется следующий подход. Скорость элементарной химической

реакции или же скорость образования (удаления) химического вещества описывается следующим выражением (для случая бимолекулярной реакции):

$$V_n = k_n[A][B],$$

где  $V_n$  – скорость n-ой элементарной химической реакции или скорость образования (удаления) химического вещества, моль/(с·м<sup>3</sup>);

$k_n$  – константа скорости химической реакции м<sup>3</sup>/(моль·с);

[A] и [B] – концентрации реагентов элементарной химической реакции, моль/м<sup>3</sup>.

Определение вклада в образование или удаление заданного химического вещества происходит по следующему алгоритму:

- $V_n$  суммируется по всему времени облучения для каждой реакции, участвующей в образовании или удалении заданного химического вещества;
- Рассчитывается относительный вклад каждой реакции в образование или удаление заданного химического вещества;
- Результаты вычислений программно записываются в электронную таблицу MS Excel, для последующей обработки данных;
- Определяются реакции, вносящие существенный вклад в образование или удаление химического вещества.

Как уже упоминалось, для моделирования процессов, происходящих при ЭЛО дымовых газов была собрана и проверена база данных, содержащая более 500 химических веществ и данные для более 2000 радиационно-химических и химических реакций. Для решения жесткой систем ОДУ, описывающей процессы ЭЛО дымовых газов, был выбран метод Гира в представлении Нордсика и создана компьютерная программа «ELO».

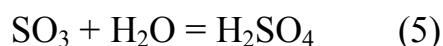
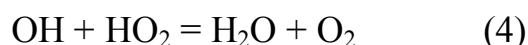
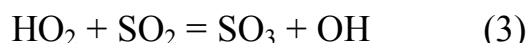
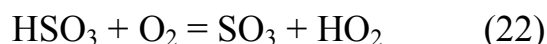
Оценка точности реализации выбранного метода решения проводилась при помощи тестовых задач [9]. Результаты тестирования совпадают с результатами тестовых задач.

**Результаты численных экспериментов процессов ЭЛО.** Расчеты проводились для следующих типичных параметров ЭЛО дымовых газов: доза облучения – 10 кГр, температура дымовых газов -120 °С, начальная концентрация O<sub>2</sub> – 10%, H<sub>2</sub>O – 8%, CO<sub>2</sub> – 10% NO – 250 ppm, SO<sub>2</sub> – 0,5

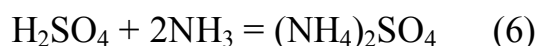
г/Нм<sup>3</sup>, N<sub>2</sub> – баланс, концентрация NH<sub>3</sub> соответствует стехиометрическому отношению  $[\text{NH}_3] = [\text{NO}] + 2[\text{SO}_2]$ .

**Удаление SO<sub>2</sub>.** Удаление SO<sub>2</sub> во время ЭЛО дымовых газов может проходить одновременно по двум каналам: по так называемому, «термическому» [11] и радиационно-окислительному.

Радиационно-окислительный механизм удаления SO<sub>2</sub> состоит из следующих реакций [12]:



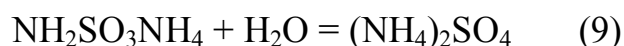
И в присутствии аммиака серная кислота взаимодействует с NH<sub>3</sub> с образованием сульфата аммония:



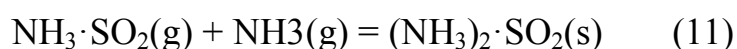
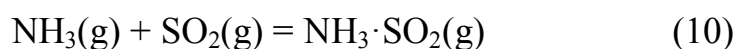
В нескольких работах [11, 13] сообщалось, что SO<sub>3</sub> напрямую реагирует с NH<sub>3</sub>:



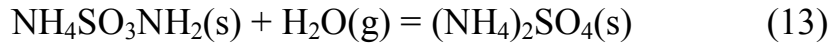
NH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub> реагирует с NH<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>O с образованием (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:



Одновременно с радиационно-окислительным механизмом удаления SO<sub>2</sub>, происходит «термическое» удаление диоксида серы. Кинетический механизм этого процесса изучен недостаточно хорошо. В работе [11] была предложена следующая кинетическая схема с участием гетерогенных реакций:



Дальнейшее взаимодействие с парами воды и кислородом приводит к образованию сульфата аммония:



Результаты экспериментальных исследований по термическому взаимодействию диоксида серы и аммиака без облучения дымовых газов ускоренными электронами представлены на рис. 1 [15].

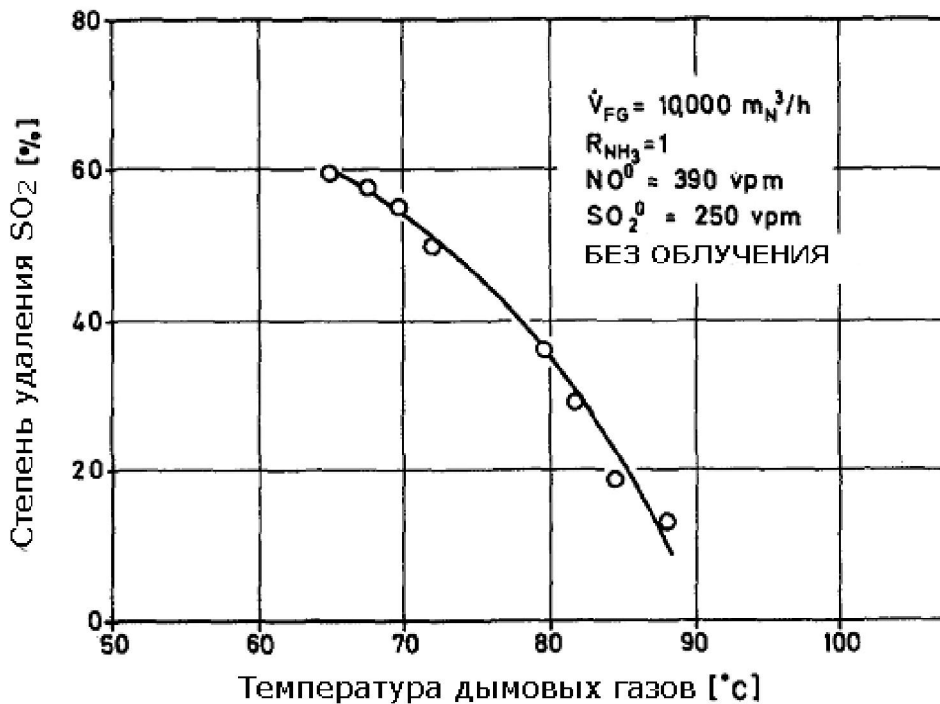


Рис. 1 – Термическое удаление SO<sub>2</sub> (без облучения) в зависимости от температуры [15]

На основе данных, представленных на рис. 1 зависимость константы скорости химической реакции SO<sub>2</sub> + NH<sub>3</sub> от температуры может быть определена эмпирически. Экспериментальные точки хорошо описываются при помощи следующей константы скорости химической реакции для «термического» удаления SO<sub>2</sub> [15]:

$$k = 4,55 \times 10^{-29} \exp(9000/T) \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}.$$

На рис. 2 показана рассчитанная зависимость степени удаления  $\text{SO}_2$  от температуры при поглощенной дозе, равной 10 кГр. Из рис. 2 очевидно, что степень очистки  $\text{SO}_2$  за счет радиационных эффектов составляет порядка 10%. Такая же степень очистки получается без включения в моделирование реакции  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g})$ .

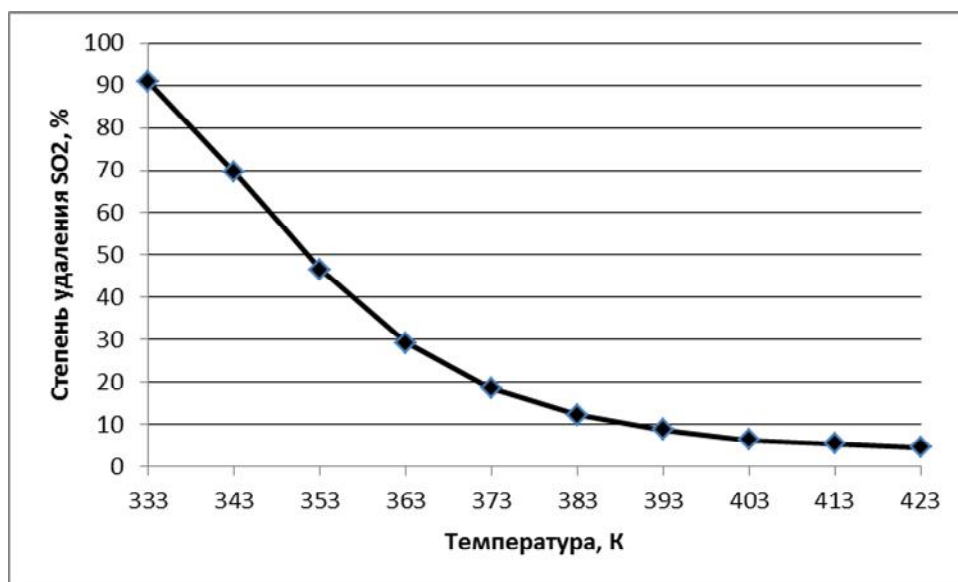
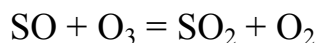
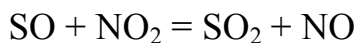
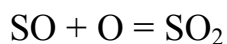
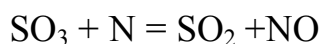
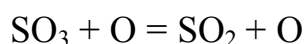


Рис. 2 – Зависимость степени удаления  $\text{SO}_2$  от температуры: поглощенная доза – 10 кГр

**Образование  $\text{SO}_2$ .**  $\text{SO}_2$  во время электронно-лучевой очистки образуется в малом количестве. Основные реакции, приводящие к образованию  $\text{SO}_2$ , являются следующие реакции:



**Удаление  $\text{NO}$ .** Вклады химических реакций в удаление  $\text{NO}$  приведены в таблице 2. Наибольший вклад (около 15% каждая) в удаление  $\text{NO}$  вносят реакции взаимодействия  $\text{NO}$  с  $\text{O}$ ,  $\text{OH}$  и  $\text{NO}_3$ .

Порядка 10% от общего удаления NO вносят реакции взаимодействия NO с  $N(^4S)$ ,  $HO_2$  и  $O_2^-(H_2O)$ .

Таким образом, в ходе электронно-лучевой очистки дымовых газов около 52% от общего количества NO превращается в  $NO_2$ , около 16% - в  $HNO_2$ , около 13% - в  $N_2$ , около 10% - в  $NO_3^-$ , и около 6% – в  $N_2O$ .

Таблица 2 – Результаты расчетов по вкладу реакций в удаление NO

№ пп	Реакция	Вклад в удаление, %
1.	$NO + O = NO_2$	16,47%
2.	$NO + OH = HNO_2$	15,81%
3.	$NO + NO_3^- = NO_2 + NO_2^-$	14,11%
4.	$NO + N(^4S) = N_2 + O$	10,67%
5.	$NO + HO_2 = NO_2 + OH$	10,49%
6.	$NO + O_2^-(H_2O) = NO_3^- + H_2O$	9,55%
7.	$NO + NO_3 = 2NO_2$	8,72%
8.	$NO + NH = H + N_2O$	5,83%
9.	$NO + O_3 = NO_2 + O_2$	3,29%
10.	$NO + NH_2 = N_2 + H_2O$	2,26%

Общая схема удаления NO представлена на рис. 3.

**Образование NO.** Реакции, приводящие к образованию NO уменьшают эффективность очистки дымовых газов и являются нежелательным. Исходя из результатов расчетов, NO образуется на уровне около 10% от удаленного NO. Перечень реакций, вносящих основной вклад в образование NO, приведены в табл. 3. Наибольшее количество NO (более 30% от всего образовавшегося вновь NO) получается в реакции  $N(^4P) + O_2 = NO$ , около 18% образуется в реакции  $NO_2 + O = NO + O_2$  и около 15% NO является результатом реакции  $O_2 + NH$ . Во всех реакциях, приведенных в табл. 3. участвуют вещества, являющиеся продуктами радиолиза газа. Это свидетельствует о том, что энергия электронного пучка, поглощенная дымовым газом, расходуется не только на очистку дымовых газов от вредных веществ, но и также на их образование.



Таблица 3 – Результаты расчетов по вкладу реакций в образование NO

№ пп	Реакция	Вклад в образование, %
1.	$N(^4P) + O_2 = NO$	32,76
2.	$NO_2 + O = NO + O_2$	17,93
3.	$O_2 + NH = NO + OH$	14,81
4.	$N(^4S) + NO_2 = 2NO$	10,77
5.	$NO_2 + H = NO + OH$	6,43
6.	$NO_2 + NO_2^- = NO + NO_3^-$	4,70
7.	$CO_2 + N = NO + CO$	2,88

**Образование NO<sub>2</sub>.** Перечень реакций, вносящих основной вклад в образование NO<sub>2</sub>, приведен в табл. 4.

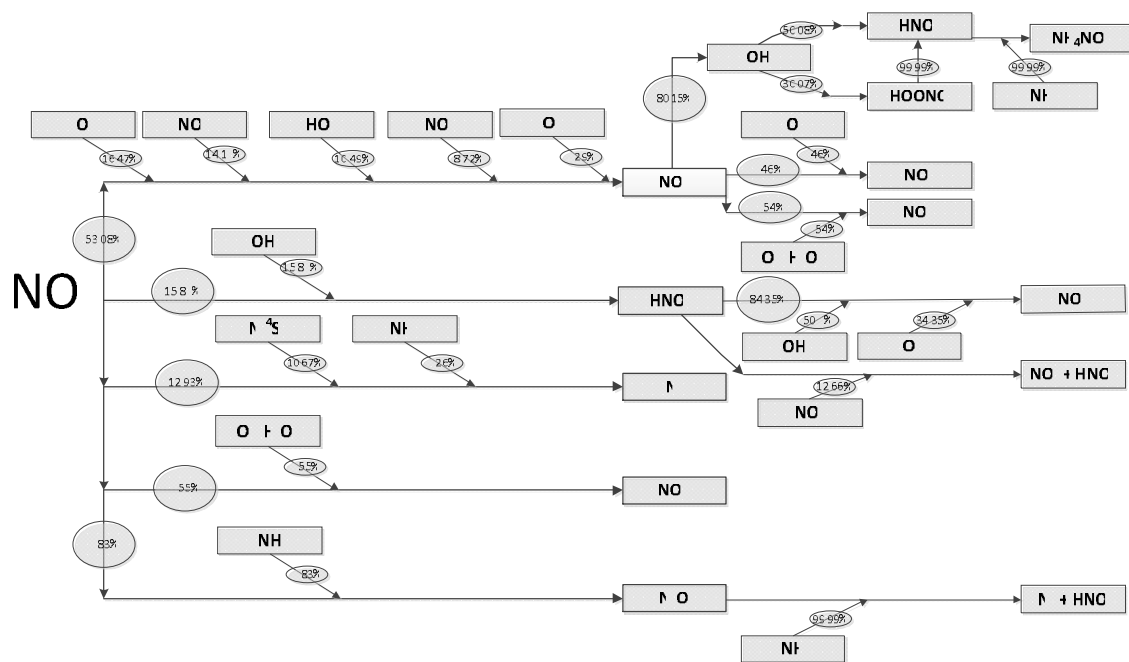


Рис. 3 – Схема удаления NO, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O: в овалах приведены данные (%) по степени вклада химических реакций в удаление соответствующих химических веществ

Таблица 4 – Результаты расчетов по вкладу реакций в образование NO<sub>2</sub>

№ пп	Реакция	Вклад в образование, %
1.	NO + O = NO <sub>2</sub>	20,51
2.	HOONO = NO <sub>2</sub> + OH	19,22
3.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO = NO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	17,60
4.	NO + HO <sub>2</sub> = NO <sub>2</sub> + OH	13,05
5.	NO + NO <sub>3</sub> = 2NO <sub>2</sub>	10,84
6.	NO + O <sub>3</sub> = NO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	4,10
7.	(H <sub>3</sub> O) <sup>+</sup> ·(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = 7H <sub>2</sub> O + NO <sub>2</sub> + OH	3,33

Из табл. 4 видно, что основными реакциями-источниками NO<sub>2</sub> (более 50% всего NO<sub>2</sub>) являются реакции NO + O = NO<sub>2</sub>, HOONO = NO<sub>2</sub> + OH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO = NO<sub>2</sub> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Причем, реакция HOONO = NO<sub>2</sub> + OH является нежелательной, т.к. уменьшает степень эффективности удаления NO<sub>x</sub>, т.к. HOONO является продуктом окисления NO и NO<sub>2</sub>.

**Удаление NO<sub>2</sub>.** Процентные вклады химических реакций в удаление NO<sub>2</sub> представлены в табл. 5 и на рис. 3.

Таблица 5 – Результаты расчетов по вкладу реакций в удаление NO<sub>2</sub>

№ пп	Реакция	Вклад в удаление, %
1.	NO <sub>2</sub> + OH = HNO <sub>3</sub>	50,08
2.	NO <sub>2</sub> + OH = HOONO	30,07
3.	NO <sub>2</sub> + O = NO <sub>3</sub>	5,46
4.	NO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) = NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + O <sub>2</sub>	3,54
5.	NO <sub>2</sub> + O = NO + O <sub>2</sub>	2,15

Основным продуктом удаления NO<sub>2</sub> является азотная кислота HNO<sub>3</sub> и ее изомер HOONO, который, практически, полностью преобразуется в HNO<sub>3</sub>. При взаимодействии азотной кислоты с аммиаком NH<sub>3</sub> образуется нитрат аммония NH<sub>3</sub>NO<sub>4</sub> в мелкодисперсном виде и который является сельскохозяйственным удобрением и может быть уловлен электростатическим или мокрыми фильтрами. И таким образом, повышается экономическая эффективность ЭЛО-процесса.

**Образование ОН.** Гидроксил-радикал ОН является одним из мощных окислителей (табл. 6). Современные окислительные технологии очистки жидких и газообразных сред используют для разложения

органических и неорганических загрязнителей, главным образом, гидроксил радикалы OH [10].

Таблица 6 – Окислительные потенциалы наиболее сильных окислителей [10]

№ пп	Окислитель	Окислительный потенциал, эВ
1.	F	3,6
2.	ОН	2,7
3.	Cl	2,2
4.	O <sub>3</sub>	2,1
5.	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1,8
6.	ClO <sub>2</sub>	1,2

Наибольшее количество (около 18%) гидроксил-радикалов (табл. 7) получается из реакции  $(H_3O)^+ \cdot (H_2O)_6 + NO_3^- = 7H_2O + NO_2 + OH$ . Протонированный кластер воды  $(H_3O)^+ \cdot (H_2O)_6$  образуется в результате реакций.

Таблица 7 – Результаты расчетов по вкладу реакций в образование OH

№ пп	Реакция	Вклад в удаление, %
1.	$(H_3O)^+ \cdot (H_2O)_6 + NO_3^- = 7H_2O + NO_2 + OH$	17,62%
2.	$N(^2D) + H_2O = OH + NH$	14,85%
3.	$NO + HO_2 = NO_2 + OH$	14,52%
4.	$H_2O^+ + H_2O = H_3O^+ + OH$	12,48%
5.	$(H_3O)^+ \cdot (OH) + H_2O = (H_3O)^+ \cdot (H_2O) + OH$	8,74%
6.	$(H_3O)^+ \cdot (H_2O)_5 + NO_3^- = 6H_2O + NO_2 + OH$	4,93%

$(H_3O)^+ \cdot (H_2O)_n + H_2O = (H_3O)^+ \cdot (H_2O)_{n+1}$ , где  $n = 0 \dots 5$ . В свою очередь кластер  $H_3O^+ \cdot H_2O$  является результатом реакций  $H_3O^+ + H_2O = (H_3O)^+ \cdot H_2O$  (эта реакция является источником около 95%  $H_3O^+ \cdot H_2O$ ) и  $H_3O^+ \cdot OH + H_2O = H_3O^+ \cdot H_2O + OH$ . Источником аниона  $NO_3^-$  являются

следующие реакции:  $O_2^- \cdot H_2O + NO = NO_3^- + H_2O$  (около 50% в образовании  $NO_3^-$ ),  $NO_2^- + HNO_3 = NO_3^- + HNO_2$  (около 38% в образовании  $NO_3^-$ ) и  $NO_2^- + NO_2 = NO_3^- + NO$  (около 12% в образовании  $NO_3^-$ ). Около 15%  $OH$  образуется в реакции  $N(^2D) + H_2O = OH + NH$ . Возбужденная молекула азота  $N(^2D)$  образуется в результате радиолиза дымовых газов.

Также около 15%  $OH$  образуется в реакции  $NO + HO_2 = NO_2 + OH$ . Источником 95% молекул  $HO_2$  является реакция  $O_2 + H = HO_2$ .

Около 12% радикалов  $OH$  дает реакция  $H_2O^+ + H_2O = H_3O^+ + OH$ . Катион  $H_2O^+$ , в основном, является продуктом реакций обмена положительного заряда, а также образуется в результате радиолиза паров воды, содержащихся в дымовом газе.

В реакции  $(H_3O)^+ \cdot (OH) + H_2O = (H_3O)^+ \cdot (H_2O) + OH$  образуется около 9% радикалов  $OH$ . Катион  $(H_3O)^+ \cdot (OH)$ , в основном, образуется в реакции  $O_2^+ \cdot H_2O + H_2O = (H_3O)^+ \cdot (OH) + O_2$ .

И менее 5% гидроксил-радикалов  $OH$  образуется в реакции  $(H_3O)^+ \cdot (H_2O)_5 + NO_3^- = 6H_2O + NO_2 + OH$ .

**Потребление  $OH$ .** Около 50% гидроксил-радикалов расходуется в реакции  $NO_2 + OH = HNO_3$ . 33% образовавшихся радикалов  $OH$  потребляются реакцией  $NO + OH = HNO_2$ . Около 8% радикалов  $OH$  потребляются реакцией  $HONO + OH = NO_2 + H_2O$  и около 4% -  $NO_2 + OH = HOONO$ . Очевидно, что реакция  $HONO + OH = NO_2 + H_2O$  является нежелательной, так как приводит к образованию вредных веществ, а именно диоксида азота  $NO_2$ , снижая, таким образом, эффективность электронно-лучевой очистки дымовых газов.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** В результате численных экспериментов получены данные по нежелательным реакциям, которые уменьшают эффективность электронно-лучевой очистки. Также, из результатов моделирования следует, что энергия электронов, расходуется не только на очистку газов от газообразных вредных примесей дымовых газов, но и на образование новых вредных примесей (до 10% от типичного начального содержания  $NO$  в дымовых газах), что снижает эффективность очистки. Избежать образования новых оксидов азота во время ЭЛО не представляется возможным, т.к. поглощение энергии ускоренных электронов

осуществляется всеми компонентами газа. Повышение эффективности очистки дымовых газов можно достичь, при условии селективного поглощения энергии теми компонентами газа, которые приводят к образованию химических веществ (ОН, О и др.), способствующих удалению NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> и других газообразных загрязнителей. Такое селективное поглощение можно достичь, например, при использовании ультрафиолетового облучения дымовых газов с определенной длиной волны или фотокатализаторов (например, на основе TiO<sub>2</sub>). Причем, применение фотокатализаторов на основе TiO<sub>2</sub> возможно без источников ультрафиолетового излучения, т.к. энергия вторичных электронов выше энергии ультрафиолетового излучения, применяемого в фотокаталитических устройствах на основе TiO<sub>2</sub>.

**Список литературы:** 1. *Fainchtein O.L.* Developing wet variants of electron-beam removal of NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> and particulate from flue gas [Текст] / *O. L. Fainchtein, V. V. Piotrovskiy, M. V. Sagaidak et al.* // In: Cooper W.J., Curry R.D., O'Shea K.E. (Eds.) Environmental Application of Ionizing Radiation. New York : Wiley, 1998. – С. 123–138. 2. *Fainchtein O.L.* On problems of reducing energy consumption for irradiation of flue gas in the electron beam gas treatment technology [Текст] / *O.L. Fainchtein, M.V. Sagaidak, V.V. Morgunov* // Radiation Physics and Chemistry. 2002. – № 65. – С. 405–414. 3. *Моргунов В.В.* Математическая модель процессов электронно-лучевой очистки дымовых газов от SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ПАУ, ЛОС [Текст] / *В.В. Моргунов, А.Л. Файнштейн, А.М. Шкилько* // Восточно-европейский журнал передовых технологий 2011 – № 3/11. – С. 25–29. 4. *Моргунов В.В.* Численное моделирование физико-химических процессов, происходящих при электронно-лучевой очистке дымовых газов [Текст] / *В.В. Моргунов, А.М. Шкилько* // Интегровані технології та енергозбереження 2011. – № 3 – С. 48–51. 5. *Morgunov V.V.* Numerical simulation of flue gas purification from NOX, SO2 dy electron beam [Текст] / *V.V. Morgunov, O.L. Fainchtein, A.M. Shkilko* / тез. докл. 12-ой симпозиума по радиационной химии «Tihany» (27 августа – 1 сентября 2011 г., г. Залакарош, Венгрия). – С. 103. 6. *Mätzing H.* Chemical kinetics of flue gas cleaning by irradiation with electron [Текст] / *H. Mätzing* // Advances in Chemical Physics. 1991. – Т. LXXX. – С. 315–402. 7. *Nishimura K.* Radiation treatment of exhaust gases, xiv. analysis of no oxidation and decomposition in dry and moist NO-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> mixtures by computer simulation [Текст] / *Nishimura K., Suzuki N.* // J. Nucl. Sci. Technol. 1981. – Т. 18. – С. 878–886. 8. *Schmitt, K.* Towards a consistent chemical kinetic model of electron beam irradiation of humid air [Текст] / *K. Schmitt, D. Murray, T. Dibble* // Plasma Chemistry and Plasma Processing. 2009. – Т. 29. – С. 347–362. 9. *Хайпер Э., Ваннер Г.* Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи [Текст] / *Ваннер Г., Хайпер Э.* – Т.2. : М.: Мир, 1999. С. 685. 10. *Wardman P.* Reduction potentials of one-electron couples involving free radicals in aqueous solution [Текст] / *P. Wardman* // J. Phys. Chem. Ref. Data. 1989. – Т. 18. – С. 1637–1755. 11. *Hartley E. M.*, Sulfur Dioxide Reactions with Ammonia in Humid Air [Текст] / *Hartley Edwin M., Matteson Michael J.* // Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals. 1975. Vol. 14, No. 1. P. 67–72. 12. *Kim T.O.*

Nanometer-sized particle formation from  $\text{NH}_3/\text{SO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{air}$  mixtures by ionizing irradiation / *T.O. Kim, T. Ishida, M. Adachi et al.* // *Aerosol science and technology*. 1998. Vol. 29, no. 2. P. 111–125. **13.** *Lovejoy E.R.*, Kinetics and Products of the Reaction  $\text{SO}_3 + \text{NH}_3 + \text{N}_2$  [Текст] / *Lovejoy Edward R., Hanson David R.* // *The Journal of Physical Chemistry*. 1996. Vol. 100, no. 11. P. 4459–4465. **14.** *Oppenlander T.* Photochemical Purification of Water and Air: Advanced Oxidation Processes (AOPs): Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts [Текст] / *T. Oppenlander* // *Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA*, 2007. – С. 368. **15.** *Gerasimov G.Y.* Homogeneous and heterogeneous radiation induced NO and  $\text{SO}_2$  removal from power plants flue gases-modeling study [Текст] / *G.Y. Gerasimov, T.S. Gerasimova, V.N. Makarov, S.A. Fadeev* / *Radiation Physics and Chemistry*. 1996. Vol. 48, no. 6. P. 763–769.

*Поступила в редколлегию 20.03.2013*

УДК 519.6 : 544.54 : 537.5

**Численное моделирование процессов электронно-лучевого очищения дымовых газов. Система  $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-NO-SO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O-CO}_2$  / В.В. Моргунов** // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X. : НТУ «ХПІ». – № 9 (983). – С. 33–46. – Бібліогр.: 15 назв.

У статті розглядається результати чисельного моделювання радіаційно-хімічних процесів, що відбуваються при електронно-променевому очищенні (ЕЛО) димових газів для системи  $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-NO-SO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O-CO}_2$  з використанням методу Гіра в поданні Нордсіка для вирішення жорстких систем звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР). Отримані внески радіаційно-хімічних і хімічних реакцій в утворення та видалення основних хімічних речовин, що беруть участь у моделюванні. Продемонстровано можливість проведення чисельного експерименту з метою вивчення радіаційно-хімічних процесів з точки зору підвищення ефективності очищення.

**Ключові слова:** електронно-випромінювальна очистка, чисельне моделювання.

In the article the results of numerical modeling of radiation-chemical processes in electron beam treatment (ELO) flue gas system  $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-NO-SO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O-CO}_2$  using the Gear method in Nordsieck representation for solving stiff systems of ordinary differential equations (ODE) are given. Received contributions of radiation, and chemical reactions in the formation and removal of the main chemicals involved in the simulation. The possibility of numerical simulation to study the radiation-chemical processes in terms of improving the efficiency of treatment is demonstrated.

**Keywords:** electron-beam cleaning, numerical simulation

*М. Л. ТОНЮК*, студентка НТУ «ХП»;

*О. О. ВАРАНКІНА*, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОЧАТКОВОГО СУСЛА НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ НАПОЮ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОГУСТИННОГО ПИВОВАРІННЯ**

Досліджено технологію високогустинного пивоваріння. Визначено переваги використання сусла високої густини на стадії бродіння. Встановлено вплив вмісту сухих речовин в початковому суслі на органолептичні показники пива. Рекомендовано виробництво пива з вмістом сухих речовин 13 % та 16 % шляхом конденсування сусла високої густини.

**Ключові слова:** технологія високогустинного пивоваріння, органолептичні показники якості, сусло, пиво.

### **Вступ.**

Пиво – слабоалкогольний, насичений діоксидом вуглецю, тонізуючий пінистий напій, що виготовляють шляхом зброджування охмеленого сусла пивними дріжджами. Існує декілька способів виробництва пива. Серед них новим і перспективним способом є технологія високогустинного пивоваріння (ВГП), в основі якої лежить процес зброджування сусла з високим вмістом сухих речовин з подальшим кондиціонуванням продукту.

Технологія ВГП має ряд переваг. Перш за все, це підвищення випуску готового продукту без суттєвого збільшення промислових потужностей підприємства. По-друге, це використання більш дешевої сировини для збільшення вмісту сухих речовин в суслі, що також дозволяє підвищити стійкість продукції. Однак застосування даного способу виробництва пива в промисловості потребує проведення додаткових досліджень та вирішення певних технологічних питань. Одним з таких питань є визначення впливу концентрації початкового сусла на показники якості готового продукту, в тому числі органолептичні, та встановлення їх відповідності вимогам ДСТУ 3888 [1].

### **Аналіз останніх досліджень та літератури.**

Результатом складних біохімічних процесів, що відбуваються при бродінні і доброджуванні пива, є отримання продукту з визначеним складом, смаком і ароматом. Смак і аромат пива багато в чому визначається леткими побічними продуктами бродіння, до яких відносяться вищі спирти, діацетил, альдегіди, ефіри, кислоти, сірчисті з'єднання та інші речовини [2, 3].

Діацетил і пентадион-2,3 мають схожий смак і аромат, які визначаються, як "масляний", "медовий". Аромат діацетилену в пиві є небажаним. Вміст діацетилену в пиві залежить від концентрації дріжджів, аерації, температури і інших чинників. Пентадіон-2,3, менше впливає на аромат пива, оскільки міститься в незначній кількості і є менш ароматним [4].

Ще одним побічним продуктом є альдегіди, що відносяться до карбонільних речовин, які значно впливають на смак і аромат пива. У пиві виявлені наступні альдегіди: оцтовий, пропіоновий, коричний, ізомасляний, ізовалеріановий та ін.

Основним альдегідом пива є оцтовий альдегід. Ацетальдегід надає пиву "трав'янистий" або "маринадний" присмак, що характерний для незрілого молодого пива. У молодому пиві вміст ацетальдегіду складає від 20 до 40 мг/л; у готовому пиві – нижче за 8...10 мг/л [5].

Аналіз останніх досліджень, в тому числі і власних, та публікацій показує, що в результаті зброджування пивними дріжджами сусла з високим вмістом сухих речовин, утворюється підвищена кількість побічних продуктів бродіння, що може негативно впливати на органолептичні показники готового пива [6, 7].

### **Мета досліджень, постановка проблеми.**

Високий вміст сухих речовин у початковому суслі та підвищення температури для інтенсифікації високогустинного бродіння можуть негативно позначитись на смаку та ароматі пива через збільшення вмісту летких речовин (вищих спиртів, діацетилену, сірковмісних компонентів). Тому метою даної роботи стало дослідження технології ВГП в частині визначення впливу концентрації початкового сусла на органолептичні показники якості кондиційованого пива.



### **Матеріали досліджень.**

Основними матеріалами дослідження: зразки пива з екстрактивністю початкового сусла 13 %, 16 %, 19 %, що були кондиційовані до екстрактивності 13 %.

Дослідження органолептичних показників якості пива проводили спільно з дегустаційною комісією ПАТ ПБК «Славутич» (м. Запоріжжя) інтерпретованим та стандартним методами.

Для органолептичних випробувань застосовували склянку подовженої форми з безбарвного скла. Температура зразків пива складала 12 °С.

Зразки пива, що налиті в бокал, оцінювали за зовнішнім виглядом, визначаючи його прозорість та колір.

Для визначення прозорості пиво наливали в склянку і розглядали у потоці світла між вікном і джерелом світла. Одночасно звертали увагу на виділення бульбашок вуглекислоти, відмічали швидкість їх виділення.

Пінність пива (висоту шару піни та її стійкість) визначали в окремій пробі у циліндричній склянці заввишки 105...110 мм з внутрішнім діаметром 73...75 мм. Склянку встановлювали на лабораторний штатив, а над склянкою закріплювали кільце штатива так, щоб верхній край його був на відстані 25 мм від верхнього краю склянки. Пиво наливали так, щоб горло пляшки спиралося на кільце штатива, пляшку нахиляли повільно і спокійно, без поштовхів. Налив припиняли, коли верхня поверхня пива зрівнювалася з верхнім краєм склянки. Висоту піни визначали наступним чином: міліметровою лінійкою визначали відстань від різкої лінії розділу «піна-пиво» до верхнього краю склянки. У момент закінчення наливу включали секундомір. Спадання піни й утворення на поверхні напою невеликих вільних від піни діляниць вважали кінцем досліду. Цей момент відзначали за секундоміром, стійкість піни виражали у хвилинах.

Дегустували пиво в порядку підвищення масової частки сухих речовин у початковому суслі. Періодично дегустатор ополіскував рота дистильованою водою. Смак і аромат оцінювали, куштуючи пиво невеликими ковтками. Передусім установлювали, чи є характерним смак та аромат для даного типу пива, а потім визначали присутність

стороннього присмаку. Крім повноти і чистоти смаку пиво оцінювали за хмелевою гіркотою.

Всі члени дегустаційної комісії при використанні інтерпретованого методу виставляли оцінку кожному зразку за наступною схемою:

«1» – виключно хороша проба;

«0» – нормальна для даного виду пива;

«-1» – з допустимими недоліками для даного виду пива проба (допускається наявність одного стороннього присмаку з вагою «2» (помітно), або двох сторонніх присмаків вагою «1»);

«-2» – з недоліками, які недопустимі для даного виду пива (присутність або одного присмаку вагою «3» (помітно), або двох сторонніх присмаків вагою 1+2, або трьох сторонніх присмаків вагою 1+1+1);

«-3» – з серйозними недоліками, які передбачають прийняття певних мір (присутність сторонніх присмаків вагою: 1+3; 2+2; 1+1+1+1), та вносили свої зауваження в шаблон нехарактерного присмаку.

На основі оцінок дегустаторів була виставлена «загальна оцінка» зразка пива, яка розраховувалась як середнє арифметичне по групі дегустаторів:

Загальна оцінка зразка:

від «-0,9» і вище є задовільною;

від «-1,0» до «-1,4» – не зовсім задовільною;

від «-1,5» і нижче – незадовільною.

Якщо 2 або більше дегустаторів давали низьку оцінку, то оцінка окремого дегустатора, як і комісії, описували в якісних та кількісних термінах, а саме: розраховували вагу стороннього присмаку як середнє арифметичне. Наприклад: загальна кількість дегустаторів – 7 чол. В зразку X 3 дегустатори відмітили присутність діацетилу інтенсивністю відповідно 1; 2; 2. Відповідно, вага (інтенсивність) діацетилу в зразку X  $(1 + 2 + 2) / 7 = 0,7$ .

**Результати досліджень.** В дегустації досліджуваних зразків брали участь 7 дегустаторів.

Результати органолептичного оцінювання показників якості кондиційованого пива інтерпретованим методом представлені в табл. 1.

Наявність сторонніх присмаків та ароматів і їх вага наведені (табл. 2) лише для тих зразків, які за фізико-хімічним складом відповідають ДСТУ 3888.

Таблиця 1 – Результати органолептичного оцінювання показників якості кондиційованого пива

Вміст сухих речовин в початковому суслі, %	Номер зразка	№ дегустатора, його оцінка							Загальна оцінка
		1	2	3	4	5	6	7	
13	1	+1	0	-1	0	-1	0	0	-0,14
	2	0	-1	0	0	0	+1	0	0
	3	0	0	-1	0	-1	0	0	-0,29
16	1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-0,43
	2	-1	0	0	-1	0	0	-1	-0,43
	3	-1	-1	0	-1	-1	0	0	-0,57
19	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-1,43
	2	-2	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1
	3	-1	-2	-2	0	-1	-2	-3	-1,57

Таблиця 2 – Наявність сторонніх присмаків та ароматів у пиві і їх вага

Назва присмаку	Вага присмаку для пива з різною концентрацією початкового сусла при відповідному дозуванні дріжджів			
	13 %		16 %	
	Номер зразка			
	2	2	3	2
Сірчаний	0,29	0,29	–	0,29
Складно-ефірний	–	0,29	–	0,42
Водянистий	–	0,29	0,29	–
Трав'янистий	–	–	0,29	–
Фруктовий	–	–	–	0,42
Залишкова гіркота	–	–	0,29	–

Найкращу дегустаційну оцінку («0» – нормальна для даного виду пива) отримав зразок з початковою концентрацією сухих речовин 13 %, що виготовлявся без використання технології ВГП.

Зразки з концентрацією початкового сусла 16 % отримали гіршу оцінку, що розрахована як «задовільна». В цих зразках також виявлені присмаки і аромати, які викликані надмірним вмістом вищих спиртів та ефірів. В зразкам також присутній водянистий присмак, що може бути викликано кондиціюванням пива.

Зразок з концентрацією початкового сусла 19 % отримав «не зовсім задовільну оцінку», що є найгіршою. Були виявлені в міру виражені присмаки – фруктовий та складноєфірний, – які викликані надмірним вмістом вищих спиртів та ефірів. Водянистого присмаку не виявлено через насиченість зразка побічними продуктами бродіння.

Сірчаний присмак, який був присутній майже у всіх пробах, викликаний не використанням технології ВГП, а недоліками сировини.

Результати органолептичного оцінювання показників якості кондиційованого пива стандартним методом представлені в табл. 3 для тих зразків, які за фізико-хімічними показниками якості відповідають ДСТУ 3888.

Таблиця 3 – Стандартна дегустаційна оцінка показників якості кондиційованого пива

Показник якості	Органолептична оцінка пива, бал				
	максимальна оцінка	13 % (2)	16 % (2)	16 % (3)	19 % (3)
Колір	3	3	3	3	3
Аромат	4	4	3	3	2
Смак	5	5	4	4	4
Хмельова гіркота	5	5	5	5	4
Прозорість	3	3	3	3	3
Піна та насиченість діоксидомвуглицю	5	5	5	5	5
Загальна кількість балів	25	25	23	23	21

Отримання дегустаційної стандартної оцінки є важливим, оскільки забезпечує можливість порівняння з аналогічними дослідженнями.

Слід відмітити, що оскільки зразки були приготовлені в лабораторії (досліджуване зріле пиво було відібране і профільтроване в

лабораторних умовах, потім розбавлене розрахунковою кількістю підготовленої води), то оцінювання прозорості, насиченість діоксидом вуглецю, піноутворення і піностійкість зразків приймається теоретично. На прозорість головним чином впливає процес фільтрації і стабілізації пива, використання технології ВГП не має впливу на даний показник. Насиченість діоксидом вуглецю регулюється при карбонізації. На піноутворення, в першу чергу, впливає насиченість пива діоксидом вуглецю. Стійкість піни зумовлюється станом зв'язку CO<sub>2</sub> в пиві та наявністю піностабілізаторів: низькомолекулярних пептидів, декстринів, хмельових речовин. На стійкість піни теоретично використання технології ВГП може впливати, але оскільки дослідити це не має можливості, прийємо, що оцінку по показнику всі зразки отримали максимальну. Також максимальну оцінку прийнято по прозорості.

Таким чином, зразки 13 % (2), 16 % (2), 16 % (3) отримали оцінку «Відмінно», 19 % (2) отримав оцінку «Добре».

### **Висновки.**

Технологія високогустинного пивоваріння займає лідируючі позиції в галузі. Проте виробництво пива за цим способом вимагає особливих підходів для формування нормативної якості продукту.

В ході дослідження визначено органолептичні показники зразків кондиційованого пива, що виготовлено за технологією ВГП. Пиво з екстрактивністю початкового сусла 19 % і подальшим його кондиціювання до 13 % має нижчу дегустаційну оцінку (21 бали), ніж зразки пива з екстрактивністю початкового сусла 16 % та 13 % (23 та 25 бали відповідно).

Таким чином, враховуючи результати експерименту, доречно рекомендувати виготовляти пиво економ класу з вмістом сухих речовин 13 % шляхом конденсування сусла з концентрацією 16 % та міцне пиво з вмістом сухих речовин 16 %, конденсувавши 19 % сусло.

**Список літератури:** 1. Пиво. Загальні технічні умови : ДСТУ 3888-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1999. – 16 с. – (Національний стандарт України). 2. *Филлимонова, Т. И.* Проблемы плотного пивоварения / *Т. И.Филлимонова, О. А. Борисенко, Т. П. Рыжова* и др. // Пиво и напитки, 2006. – №3. – с. 26 – 27. 3. *Fernandes, S.* Accelerated fermentation of high-gravity worts and its effect on yeast performance / *S. Fernandes, N. Machuca,*

*M. G. Gonzalez // American society of brewing chemists. – 1985. – Vol. 43. – No. 2. – P. 109 – 113.* 4. *Стюарт, Г.* Высокоплотное пивоварение / *Г. Стюарт // Спутник пивовара. – 2000. – Весна. – С. 27 – 35.* 5. *Меледина, Т. В.* Роль штаммовых характеристик дрожжей в формировании вкуса и аромата пив / *Т. В. Меледина // Мир пива. – 1997. – № 1.* 6. *Тонюк, М. Л., Варанкіна О. О.* Дослідження впливу концентрації початкового сусла на утворення побічних продуктів бродіння в технології високогустинного пивоваріння / *М. Л. Тонюк, О. О. Варанкіна // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ» 2012.– № 9.– С. 105 – 109.* 7. *Тонюк, М. Л.* Дослідження впливу норми внесення дріжджів в сусло на якість високогустинного бродіння / *М. Л. Тонюк. // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перші наукові кроки – 2012». Збірник наукових праць. Під заг. ред. І. М. Бендери, С. Б. Слободяна. – Кам'янець-Подільський : ПП Зволейко Д.Г. – 2012. – С. 384.*

*Надійшла до редакції 19.12.2012*

УДК 663.44

**Дослідження впливу концентрації початкового сусла на органолептичні показники напою в технології високогустинного пивоваріння / М. Л. Тонюк, А. А. Варанкіна // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». – № 9 (983). – С. 47–54. – Бібліогр.: 7 назв.**

Исследована технология высокоплотного пивоварения. Определены преимущества использования сусла высокой плотности на стадии брожения. Установлено влияние содержания сухих веществ в начальном сусле на органолептические показатели пива. Рекомендуется производство пива с содержанием сухих веществ 13 % и 16 % путем конденсации сусла высокой плотности.

**Ключевые слова:** технология высокоплотного пивоварения, органолептические показатели качества, сусло, пиво.

The high-gravity brewing technology is investigated. The advantages of using high-density wort to the fermentation stage is identified. The effect of dry matter content in the wort to the sensory characteristics of beer is determined. The production of beer contains 13 % and 16 % dry matter by high-gravity wort condensing is recommended.

**Keywords:** high-gravity brewing technology, organoleptic quality, wort, beer.

**М. Ф. КЛЕЩЕВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХП»;  
**Т. Д. КОСТИРКІНА**, канд. хім. наук, проф. НТУ «ХП»;  
**А. В. ГРИШКОВСЬКА**, студентка НТУ «ХП»

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ТРИПТОФАНУ

Приведено результати дослідження основних спектрофотометричних характеристик триптофану в ультрафіолетовій області та запропоновано умови його визначення:  $\lambda = 280$  нм, середовище – 0,01–2 М розчин NaOH, інтервал концентрацій  $(0,1-2,0) \cdot 10^{-4}$  М.

**Ключові слова:** спектрофотометричні характеристики, триптофан, умови визначення.

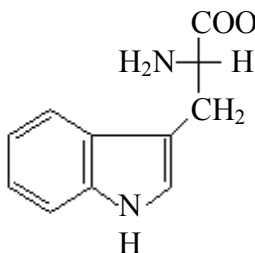
**Вступ.** Амінокислоти поступають в організм людей та тварин з їжею, головним чином у вигляді харчового білку, займають центральне місце в азотистому обміні і забезпечують синтез в організмі його власних білків і нуклеїнових кислот, ферментів, багатьох коферментів, гормонів та інших біологічно активних речовин. Найпоширенішими є 20 амінокислот (стереоізомери L-ряду), що являються основною структурною частиною молекул білків та можуть існувати у незв'язаному вигляді. До цих найпоширеніших амінокислот відноситься і триптофан.

Триптофан – кристалічний або аморфний порошок: розчинність у 100 г води 1,1 г; малорозчинний у етанолі, розчиняється в розведених розчинах гідроксидів лужних металів і мінеральних кислот. Це неполярна, незамінна, нейтральна амінокислота, що використовується в якості добавки до харчових продуктів та як лікарський засіб: вона сприяє синтезу в головному мозку серотоніну, одного з найважливіших нейромедіаторів, який необхідний тим, хто страждає від безсоння, депресії і для стабілізації доброго настрою [1–4].

В промисловості триптофан виробляють мікробіологічним методом, виділяючи його із культурального середовища визначених штамів бактерій, можна також отримати триптофан із гідролізатів білків або хімічним синтезом.

У всіх цих випадках необхідно мати надійні і прості методи визначення триптофану в сировині, напівпродуктах і готовій продукції та методи аналізу препаратів на основі цієї амінокислоти.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.** Триптофан  $C_{11}H_{12}N_2O_2$  ( $\alpha$ -аміно-3-індолілпропіонова кислота або  $\beta$ -індоліл- $\alpha$ -аланін) можна визначити хроматографічним, титриметричним чи спектрофотометричним



методами [5–12]. Що стосується спектрофотометричного методу визначення триптофану за його поглинанням в ультрафіолетовій (УФ) області спектру, то найповніші дані є в роботі [8]. Авторами цієї роботи пропонується визначати триптофан при рН 3,0–9,2 в інтервалі концентрацій  $(0,4\text{--}1,5) \cdot 10^{-4}$  М.

**Мета досліджень, постановка проблеми.** Метою цієї роботи є розширення діапазону визначуваних концентрацій триптофану (W) за інтенсивністю поглинання в УФ області. Для цього досліджувалися спектрофотометричні аналітичні характеристики триптофану в широкому інтервалі кислотності та концентрації цієї амінокислоти та стабільність аналітичного сигналу при зберіганні розчинів аналіту.

**Матеріали досліджень.** Враховуючи той факт, що для розчинення амінокислоти використовувалася вода, що є універсальним розчинником при спектрофотометрії амінокислот і має нижню межу пропускання 210 нм [8], нами для роботи була вибрана близька УФ область спектру в інтервалі 220–400 нм. Спектри поглинання розчинів триптофану знімали при температурі в інтервалі 15–25 °С.

Вихідний 0,01 М розчин триптофану готували за точною наважкою амінокислоти, розчини менших концентрацій – розбавленням вихідного розчину. Для отримання розчинів амінокислоти з рН < рІ використовували розчин хлоридної кислоти, з рН > рІ – розчин натрію гідроксиду.

Для роботи використовували спектрофотометр СФ-26 правильність роботи якого перевірялася за стандартними розчинами калію діхромату [10] та рН-метр рН-340, градуйований за стандартними буферними розчинами згідно з інструкцією до роботи приладу та використовували кювети з товщиною поглинаючого шару 1 см.



Оскільки триптофан є цвіттерлітом, що дисоціює як по основному, так і по кислотному механізму і має ізоелектричну точку ( $pI = 5,9$ ), спектрофотометричні характеристики його вивчали в широкому інтервалі рН.

### Результати досліджень.

Спектри поглинання триптофану у водному розчині та у розчині хлоридної кислоти представлені на рис. 1.

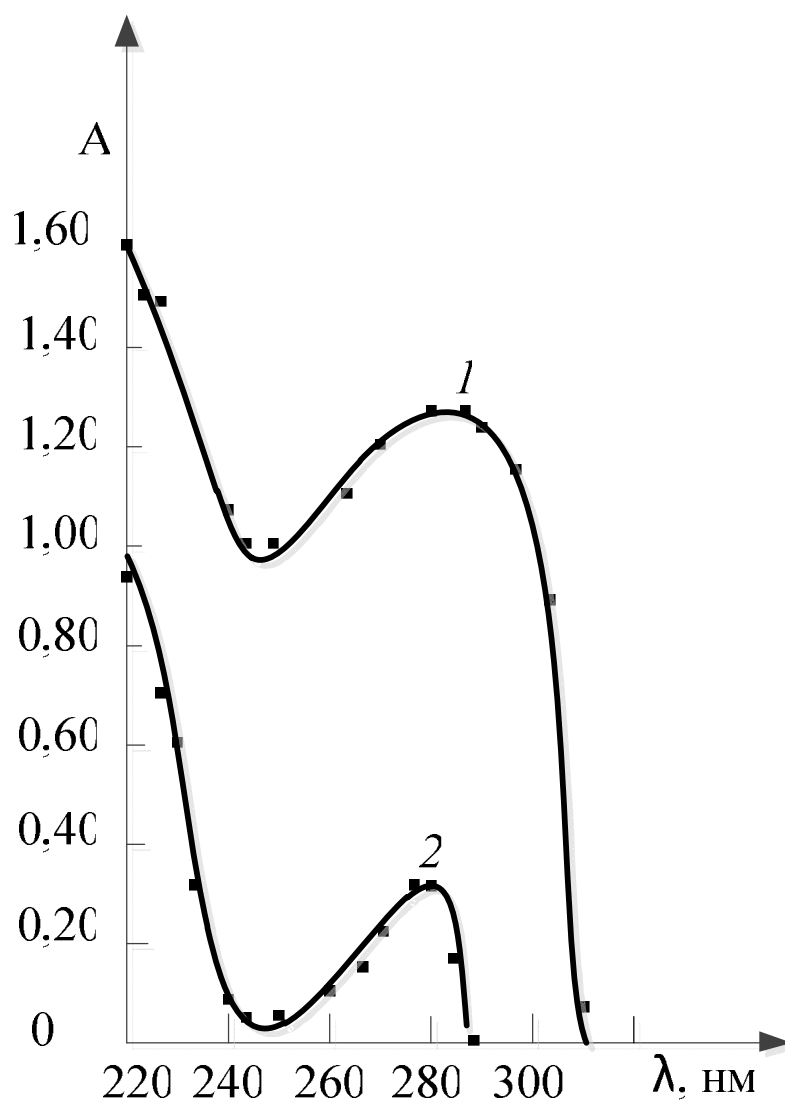


Рис. 1 – Спектри поглинання триптофану:  $C = 5 \cdot 10^{-5}$  М,  $l = 1$  см.;  
1 – розчин триптофану в 0,1 М НСl; 2 – водний розчин триптофану

Як видно із рис. 1, положення максимумів смуг поглинання практично не змінюються із зміною кислотності розчинів і є в області 278–282 нм, що близько до літературних даних [9].

При дослідженні спектрів поглинання розчинів триптофану в лужному середовищі, в інтервалі від 0,1 М до 3 М розчинів NaOH отримано аналогічні результати.

Розраховано молярні коефіцієнти поглинання в кислій, нейтральній і лужній областях, що становлять  $5400 \pm 180$ ;  $5600 \pm 190$ ;  $8800 \pm 205$  відповідно.

При спектrophотометричних дослідженнях одним із основних показників є стійкість аналітичного сигналу в процесі зберігання розчинів (рис. 2).

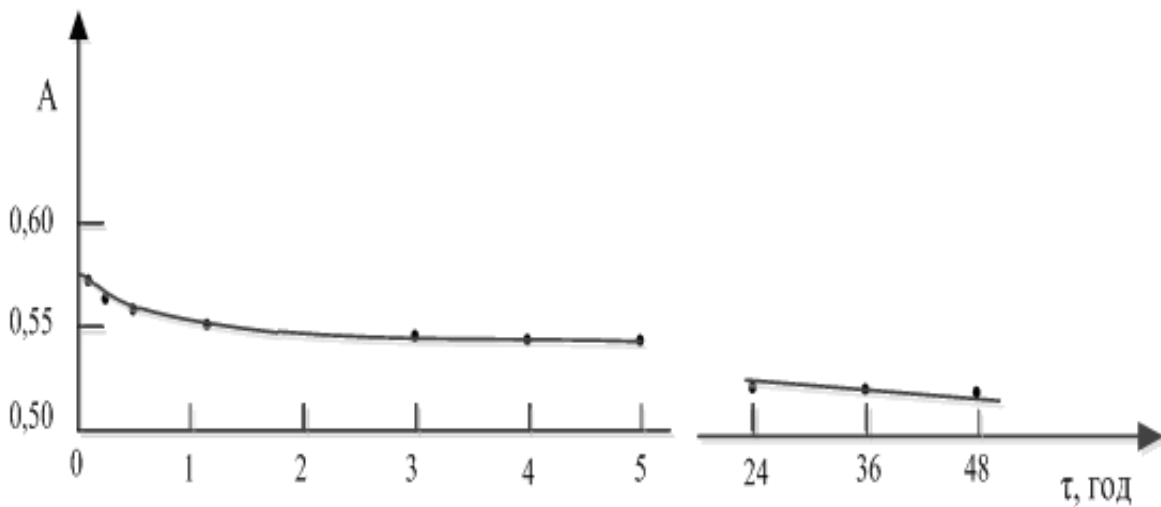


Рис. 2 – Стійкість розчину триптофану при зберіганні  $C = 5 \cdot 10^{-5}$  М в 2 М розчині NaOH

Оптична густина розчину триптофану з часом незначно падає: за перші 0,5 год на 0,02, а потім за наступні 4,5 год на 0,01 і через 48 год зменшується на 0,07 одиниць в порівнянні з початковим значенням. Тобто, можна вважати, що через 0,5 год після розбавлення оптична густина розчину триптофану впродовж п'яти годин практично не змінюється.

Залежність світлопоглинання розчинів триптофану від рН в інтервалі довжин хвиль, близькому до максимального поглинання, в областях рН існування триптофану в катіонній, аніонній формі і у вигляді цвіттерліту, знайдено, що в широкому інтервалі рН, від кислого (0,1 М HCl) і до лужного середовища (3 М NaOH), максимум поглинання практично не змінюється і є в області 278–282 нм.

Для визначення оптимальних значень рН визначення триптофану досліджувалася залежність оптичної густини розчинів від рН (див. рис. 3). Як видно із рис. 3, в інтервалах рН 3–9; рН 12–3 М NaOH оптична густина має постійне, хоч і неоднакове, значення. При вищих значеннях рН поглинання дещо вище.

Така залежність вказує на існування переважно однієї із форм цвіт-терліта триптофану ( $W^{\pm}$ ) при значеннях рН > 12, а саме аніону ( $W^{-}$ ), що стосується слабо кислого, нейтрального та слабо лужного середовищ, то форми існування в них триптофану ( $W^{+}$ ,  $W^{\pm}$ ) мають однакові спектрофотометричні характеристики.

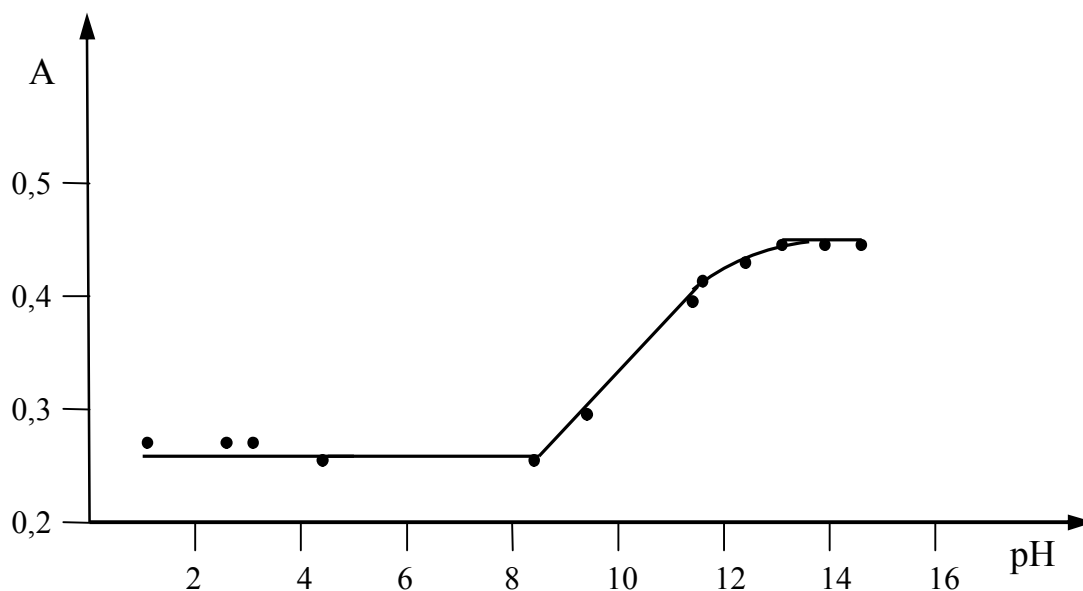


Рис. 3 – Залежність оптичної густини розчинів триптофану від рН:  
 $C = 5 \cdot 10^{-5}$  М;  $\lambda = 280$  нм;  $l = 1$  см

Для побудови градууювального графіка готували серію розчинів триптофану в 2 М розчині NaOH з концентраціями  $1 \cdot 10^{-5}$  –  $20 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>, використовуючи вихідний розчин триптофану з концентрацією  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> і через 30 хвилин вимірювали їх аналітичний сигнал.

На рис. 4 приведено градууювальник графік для визначення триптофану в лужному середовищі.

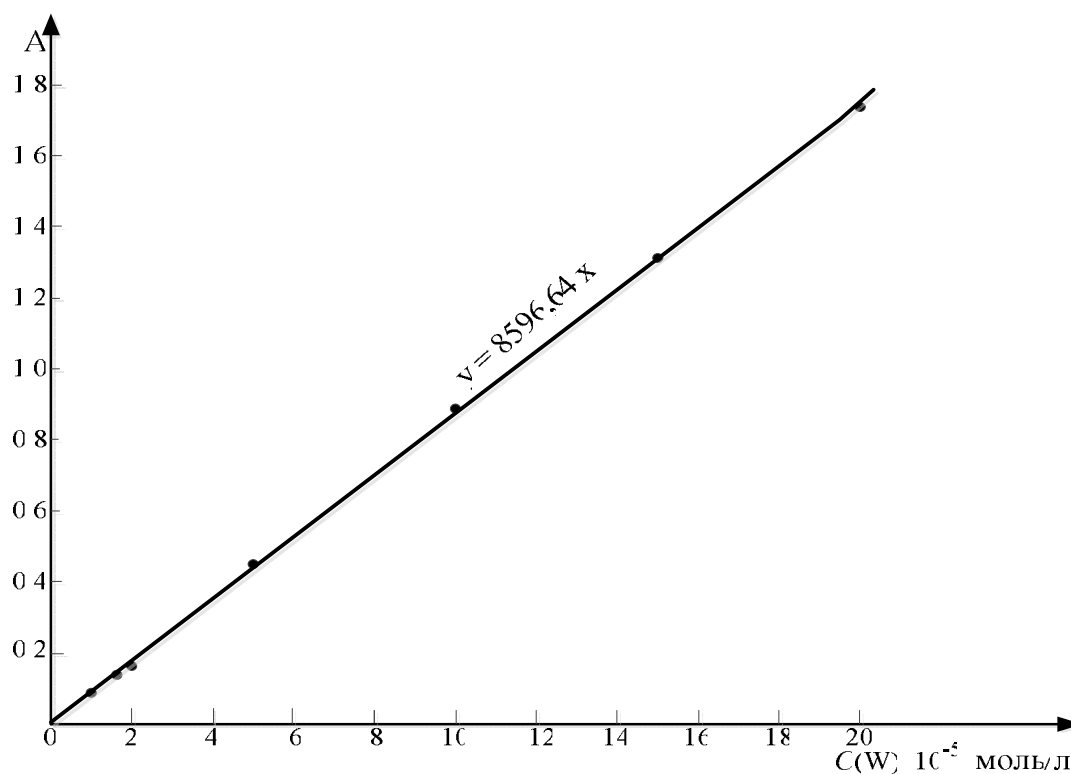


Рис. 4 – Градувальний графік для визначення триптофану при  $\lambda = 280$  нм в 2 М розчині NaOH,  $l = 1$  см

Градувальна функція для визначення триптофану при тих же умовах, але в середовищі 0,01 М розчину NaOH практично співпадає із наведеною в рис. 4.

#### **Висновки.**

На основі результатів дослідження спектрофотометричних характеристик триптофану встановлено оптимальні умови спектрофотометричного визначення триптофану в ультрафіолетовій області спектру:

- 1)  $\lambda = 280$  нм; середовище – 0,01–2 М розчин NaOH;
- 2) інтервал концентрацій складає  $0,1 \cdot 10^{-4}$ – $2,0 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Визначення триптофану в лужному середовищі дає можливість розширити діапазон визначуваних концентрацій триптофану спектрофотометричним методом, при цьому в 4 рази зменшити нижню межу його визначення.

**Список літератури:** 1. Державна фармакопея України.– Харків: РІРЕГ, 2001.– 531 с. 2. Большая медицинская энциклопедия. – М.: Медицина, 1986. С. 1091-1099. 3. Досон Р. Справочник

биохимика / Р. Досон, Д. Єлліот, У Джонс.– М.: Мир.– 554 с. 4. Анохіна Г. Особливо важливі для життя / Г. Анохіна // Здоров'я і довголіття, 2010, № 30.– С. 4. 5. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии / Ю.Б. Филиппович, Т.А. Егорова, М.И. Севастьянова.– М.: Просвещение, 1982.– 311 с. 6. Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков / Пер. с англ. / Под ред. Овчинникова Ю.А.– М.: Мир, 1974.– 461 с. 7. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Т. 3. / А.П. Крешков.– М.: Химия.– 472 с. 8. Котова Д.Л. Спектрофотометрическое определение аминокислот в водных растворах / Д.Л. Котова, Т.А. Крысанова, Т.В. Елисеева.– Учебное пособие. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004.– 55 с. 9. Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии / О.В. Свердлова, Э. Штерн, К. Тиммонс.– М.: Мир, 1974.– 296 с. 10. Берштейн И.Я. Спектрофотометрический анализ в органической химии / И.Я. Берштейн, Ю.Л. Каминский.– Л.: Химия, 1975.– 232 с. 11. Бабко А.К. Фотометрический анализ. Общие сведения и аппаратура / А.К. Бабко, А.Т. Пилипенко.– М.: Химия, 1968.– 387 с. 12. Ляликов Ю.С. Физико-химические методы анализа / Ю.С. Ляликов.– М.: Химия, 1974.– 536 с. 13. Казичина Л.А. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии / Л.А. Казичина, Н.Б. Куплетская.– М.: Изд-во МГУ, 1979.– 240 с.

Надійшла до редколегії 24.12.2012

УДК 543.42

Дослідження умов спектрофотометричного визначення триптофану / М. Ф. Клещев, Т. Д. Костиркіна, А. В. Гришковська // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». – № 9 (983). – С. 55–61. – Бібліогр.: 13 назв.

Приведены результаты исследования основных спектрофотометрических характеристик триптофана в ультрафиолетовой области и предложены условия его определения:  $\lambda = 280$  нм, среда – 0,01–2 М раствор NaOH, интервал концентраций  $(0,1-2,0) \cdot 10^{-4}$  М.

**Ключевые слова:** спектрофотометрические характеристики, триптофан, условия определения.

Are the results of research of basic spectrophotometric descriptions of triptophane resulted in an ultraviolet area and the terms of determination are offered:  $\lambda = 280$  nm, an environment is approximately 0,01–2 M solution of NaOH, interval of concentrations  $(0,1-2,0) \cdot 10^{-4}$  M. Il.: 4.

**Keywords:** spectrophotometric descriptions, triptophane, terms of determination.

*С. І. БУХКАЛО*, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХП»

## **КОМПЛЕКСНІ ІННОВАЦІЙНІ ПРОЕКТИ ЯК НОВА ФОРМА НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

У статті наведені основні положення концепції підготовки спеціалістів ВНЗ та впровадження системи компетенцій як нових форм навчання студентів для комплексних інноваційних проектів нового покоління з підтримкою ключових елементів повного життєвого циклу створення конкурентоспроможної наукоємної продукції

**Ключові слова:** комплексні інноваційні проекти, методичний комплекс навчання й оцінки знань.

**ВСТУП.** Останні роки у вищих навчальних закладах все більше приділяють увагу розвитку компетентнісного підходу до навчання студентів як нової форми підготовки спеціалістів інженерного профілю різних галузей промисловості. Одним з перспективних способів нової форми підготовки може бути впровадження комплексного інноваційного проектування для студентів різних курсів, напрямків навчання та вищих навчальних закладів (ВНЗ) різних напрямків навчання. Тобто організація реальних комплексних інноваційних проектів для внутрішнього (міжкафедрального або міжкурсowego) і зовнішнього (міжвузівського) проектування.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** За останні роки ВНЗ України та Росії мають значні досягнення з розробки моделей та технологій інноваційного навчання студентів інженерного профілю. Ряд авторів визначають, що компетентнісний підхід до навчання студентів складає ключовий елемент новизни навчальних стандартів нового покоління і являє собою один з головних принципів їх реалізації [1], а також дозволяє випусникам ВНЗ швидко адаптуватися до соціально-економічних змін суспільства та ефективно реалізувати компетенції в умовах виробництва.

Усе частіше сучасні інженери-технологи повинні вирішувати нетрадиційні задачі, вирішення, яких потребує спеціального підходу і способів оцінки у комплексі властивостей об'єкту. При цьому слід

відзначити, що інженерна діяльність з урахуванням вузької спеціалізації інженерів-технологів для вирішення задач таких об'єктів потребує не стільки готових наукових знань, а скільки розробки наукового підходу. Перспективним способом введення студентів до галузі інженерних гуманітарних технологій, запуску проектного мишлення та дослідницької діяльності автори [2] бачуть у процедурі імітаційного ігрового проектування.

Для ефективної роботи, наприклад, сучасної фірми виробника харчових добавок за думкою кваліфікованих працівників промисловості [3] необхідна команда технологів: спеціаліст у галузі процесів та апаратів, хімік і спеціаліст харчової галузі. Такий підбір кваліфікованих кадрів виробництва дозволяє поєднувати різновиди науково-інженерних навичок, практичний досвід та знання, тобто ера ділетантів-самітників скінчилася. При цьому треба не тільки розробити продукт, а також важливо зберігти сутність ідеї до кінця через усі стадії та цикли: від попереднього маркетингового дослідження через постановку завдання і виробництво цільового продукту до фінального оцінювання комерційного успіху.

На ринку харчової промисловості, як і на багатьох інших де є попит на продукцію підприємства, відмічають [4] нестачу спеціалістів технологічної направленості, здатних працювати безпосередньо на виробництві при наявності великої кількості вільних корпоративних спеціалістів. У такій ситуації для пошуку виробничого персоналу більшість компаній вибирають стратегію співпраці та взаємодії з вищими навчальними закладами. Вищі навчальні заклади, у свою чергу, не тільки формують нові програми навчання з метою засвоєння студентами більшої кількості компетенцій та направлення їх на ефективне використання у майбутньому, але й підвищують мотивацію студентів для роботи за фахом у інноваційному середовищі. Актуальним питанням у ВНЗ є підготовка спеціалістів для інноваційної діяльності у всіх галузях виробництва [5–7]. Необхідними умовами у таких випадках є розробка новацій і трансформації їх в інновації на базі закономірностей інноваційного циклу, це творчий процес утворення техніко-технологічного продукту майбутнього інноваційного виробництва. Впровадження широкої бакалаврської програми навчання з подальшою

спеціалізацією у магістратурі відповідає швидким змінам умов ринку праці і проходить з урахуванням або передбаченням запитів фахових підприємств і суспільства у цілому [8].

Компетентністний підхід складає ключові елементи інновацій навчальних стандартів нового покоління і являє собою один з головних принципів їх реалізації. Утворення інтегрованих економічних систем світової економіки, швидкий розвиток інформаційних і комунікаційних систем технологій приводить також до якісних змін системи навчання у ВНЗ Європейського союзу [9], де утворені трьохциклові системи.

Таким чином, глобалізація світової економіки та зміни економіки розвинених країн обумовлюють утворення нових методів навчання на прикладі інтегрованих комплексних інноваційних технологій та проектів [10–16]. Такі розробки дозволяють формувати нові спеціальності і напрямки навчання, підсилюють креативність студентів та викладачів, що підтверджується розвитком їх мобільності, а також сприяють інтеграції у європейський ринок праці. Але, слід підкреслити, що взаємодія між підприємствами і технологічними ВНЗ або профільними факультетами проходить з недостатньою ефективністю за різними причинами.

**Мета досліджень, постановка проблеми.** При виконанні інтегрованих комплексних проектів навчальний процес треба організувати з урахуванням включення в процес пізнання всіх студентів груп без винятку. Спільна діяльність означає, що кожен вносить свій особливий індивідуальний внесок, у ході роботи йде обмін знаннями, ідеями, способами діяльності – створюється середовище творчого технічного інноваційного спілкування.

**Матеріали та результати досліджень.** Інноваційні проекти перетворюють, модифікують, трансформують науково-технічні досягнення і для їх реалізації та втілення необхідно застосувати творчий підхід і активність з урахуванням альтернативних варіантів вирішення. Розробка інноваційних проектів – це складна багатофакторна задача, яку можна вирішити тільки при комплексному підході інноваційної команди дослідників та проєктантів різних рівнів спеціалізації за фахом. При цьому слід відмітити висновки з інженерної практики випускників ВНЗ:



- технологи не знають можливостей обладнання й можливостей оптимальної його роботи, слабо орієнтуються у фізичних та хімічних основах процесу та інших питаннях виробництва продукції;

- конструктори – й зовсім мало знають щось з вищевказаного для технологів;

- виробничий персонал дуже часто не має профільної освіти.

Тому низьку якість вітчизняної продукції, частково можна зв'язати з недостатньою кількістю спеціалістів вищої кваліфікації з междисциплінарними комплексними знаннями, які слідкують за розвитком світового досвіду і володіють сучасною науково-технічною інформацією галузі процесного інженерінгу: тепло- та масообмін; гідромеханічні, механічні, хімічні та біохімічні процеси, нанотехнології та ін. Ефективна робота таких спеціалістів вищої кваліфікації нерозривно зв'язана з інтегруванням у процесі навчання економічних і процесних дисциплін. Це такі дисципліни: менеджмент, маркетинг, основи товарознавства, інформаційні системи управління, економічний аналіз та планування інвестицій, контроль якості та ін.

Таким чином, узагальнюючи вивчений матеріал з метою застосування для втілення інноваційних розробок технологічних об'єктів при виконанні комплексних інноваційних проектів, перш за все, необхідно представити завдання для студентів у вигляді моделі підсилення ефективності функціонування роботи виробництва:

- 1) поєднання високої кваліфікації персоналу та регулярного втілення останніх наукових й інженерних досягнень;

- 2) регулярне оновлення бази контролю якості сировини та продуктів виробництва;

- 3) втілення у виробництво сучасних потреб бізнес-простору з урахуванням досягнень економіки;

- 4) оцінка можливостей роботи обладнання та інноваційних технологій за допомогою математичного моделювання;

- 5) оптимізація параметрів і показників обладнання та технології з метою інтенсифікації процесу виробництва без негативного впливу на якість продукції;

6) вибір та дотримання оптимальних фізико-хімічних, фізико-механічних, гідромеханічних і інших критеріїв інноваційного виробництва;

7) об'єктивна оцінка випускаємої продукції з точки зору вимог сучасних світових інноваційних технологій галузі.

Для виконання комплексного інноваційного завдання студентам видають за переліком необхідні вихідні умови для подальшого індивідуального та спільного розвитку (рис. 1): основна мета заняття й проекту; надання різного виду інформаційних матеріалів; перелік необхідних досліджень, технології і обладнання; актуальність і практичне застосування отриманих результатів; конкретизація планів для кожної складової проекту – уточнення питань, які треба буде розв'язати; представлення різних груп учасників проекту з метою початку творчого співробітництва в колективі; обговорення перспектив і можливості реалізації отриманих результатів і т.д.

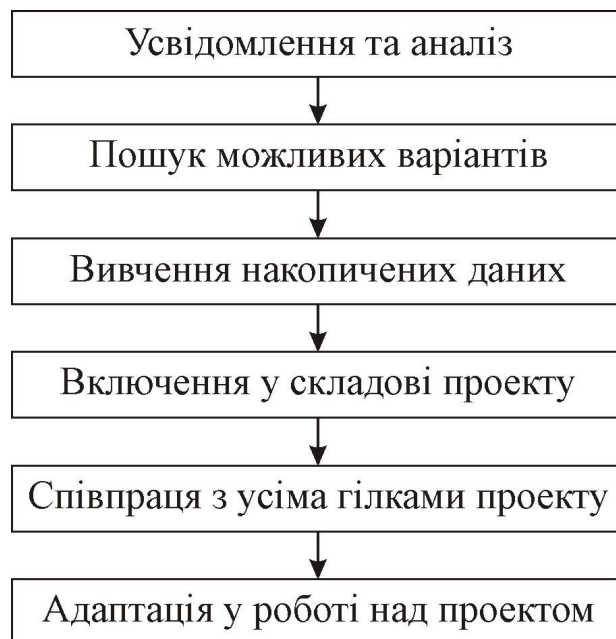


Рис. 1 – Функціональна схема підготовки до виконання комплексного інноваційного проекту

На стадії планування (рис. 1, стадії 1–3) формулюються основні задачі інноваційного проекту, а далі через варіанти можливих рішень проекту можна переходити до вибору кращих варіантів.

На данному етапі викладач проводить структурування завдань для студентів різних факультетів з урахуванням загальної мети проекту. Викладач пропонує студентам для використання нові засоби навчання у вигляді наукових статей і патентів, а також результатів експериментальних досліджень у вигляді графіків, ілюстрацій, функціональних та технологічних схем, презентацій, математичних моделей і т.д.

Забезпечення необхідного виконання процедури управління зв'язано з відповідністю поставленим вимогам до змісту статті та патенту. Це перш за все, визначення змісту проведеної роботи та розгалуження сфери реалізації результатів складових інноваційного проекту, а також це дії з коректировки отриманих науково-інформаційних даних з точки зору розробки новацій (рис. 2).

Коректировка у даному випадку – це дії, що виконуються з метою ліквідації виявленої невідповідності вимогам.

При ідентифікації невідповідності аналізують усі негативні прояви відхилення від заданих вимог. До них можна, наприклад, віднести для статті невідповідність стану викладання отриманих результатів вимогам ВАК України:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття;
- формулювання цілей статті (постановка завдання);
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтування отриманих наукових результатів;
- висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідувальних у даному напрямку.

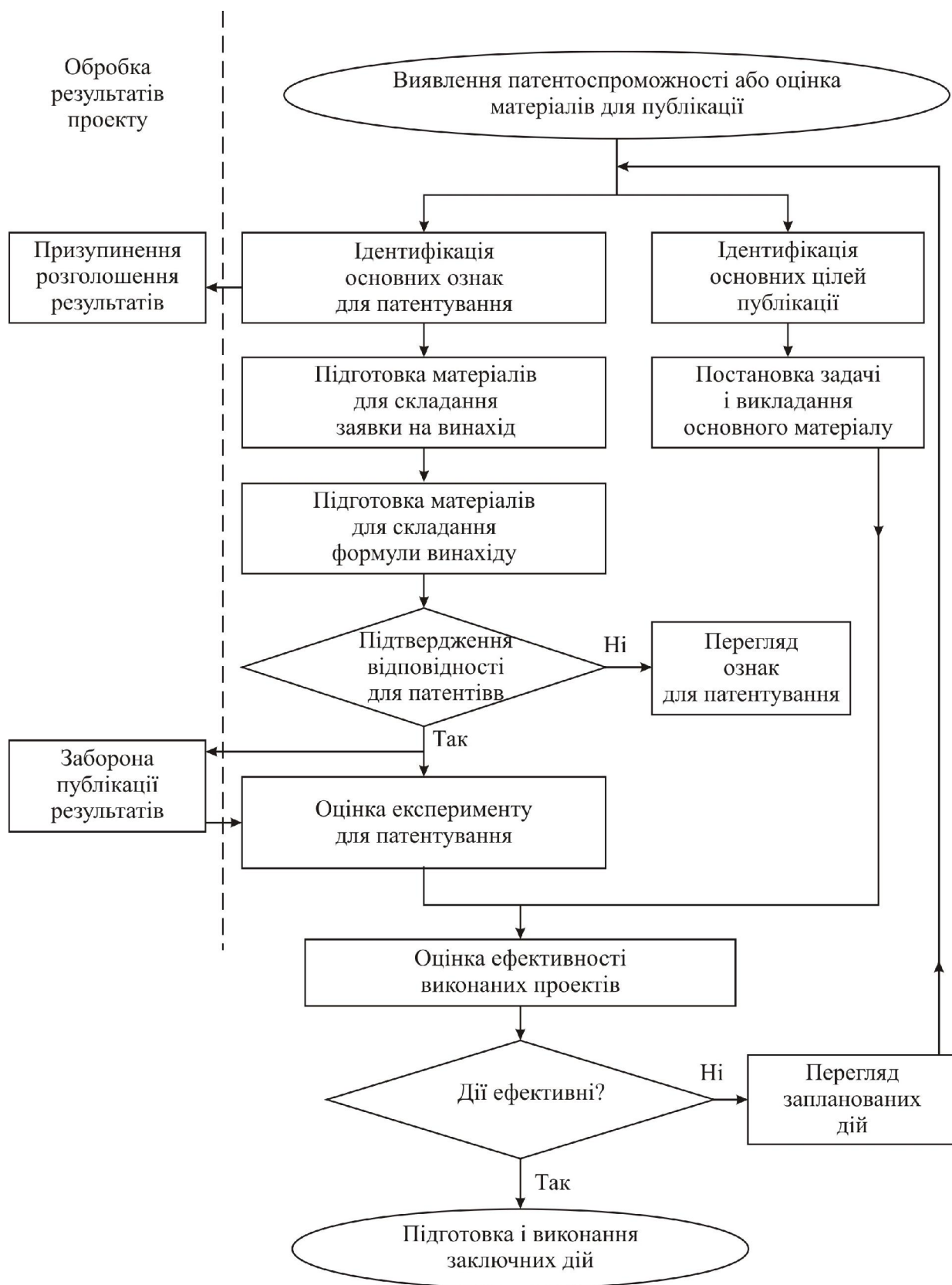


Рис. 2 – Алгоритм інформаційної оцінки інноваційного проєкту

До промислової власності, частини інтелектуальної власності, згідно Паризької Конвенції з охорони власності зараховані винаходи, корисні моделі, промислові зразки, товарні знаки та знаки обслуговування, фірмові найменування, припинення несумлінної конкуренції. До інтелектуальної власності відносяться також: ділова конфіденційна інформація, інформація організаційно-економічного та наукового характеру, що містить у собі «НОУ ХАУ».

Об'єкти інтелектуальної власності мають як деякі загальні ознаки, так і значні відмінності, а також різний ступінь та строк правової охорони.

Виключне право на використання різноманітних об'єктів власності регулюють різні нормативні документи (Закони, Положення, Інструкції та інші).

Виключне право на використання нових технічних об'єктів, які ще нікому не належать, охороняють патенти на винаходи та корисні моделі.

Технічна творчість завжди починається з постановки проблеми. Якщо суспільство не має у своєму розпорядженні знання для її рішення, то побудова відповідних технологій і технічних засобів відсувається на строк, коли наука їх зможе надати.

В основному, суспільство має у своєму розпорядженні достатню кількість передумов для того, щоб цю проблему звести до задачі. Мета задачі – одержати інший результат у вигляді підвищення, збільшення, зменшення й т.п. певних показників машин і механізмів, технологій та способів виробництва, речовини, матеріалів і т.п.

Винаходи, як правило, спрямовані на задоволення відомих суспільних потреб, тобто на рішення відомих задач. Однак, при рішенні цих задач суспільство бажає одержати інший, необхідний йому результат, що називається «споживчими властивостями об'єкта». У порівнянні з відомим рішенням тієї ж задачі або об'єктом того ж призначення нове рішення при його використанні має проявляти нові властивості.

Засоби рішення задачі повинні відноситися до техніки, тоді результатом рішення є одержання насамперед технічного ефекту (технічного результату). Визначення технічного ефекту передбачає глибоке пізнання явищ, що відбуваються при здійсненні винаходів.

Формулювання задачі винаходу повинно містити вказівку на той корисний результат, що може бути отриманий при використанні винаходу. Він являє собою наслідок нових властивостей об'єкта або технічного ефекту, причиною яких є відмітні ознаки всієї нової сукупності ознак. В іншій сукупності ознак ті ж відмітні ознаки можуть приводити до іншого результату. Тому всі ознаки сукупності є істотними (суттєвими), а не тільки відмітні.

У деяких випадках формулювання технічного результату винаходу у вигляді одержуваного технічного ефекту одночасно надає інформацію про одержаний суспільно корисний результат.

Іноді винахід створюється для задоволення нової суспільної потреби. Такий винахід у патентній практиці називають піонерським, тому що він вирішує зовсім нове завдання, тобто не має прототипу. Для правильного виявлення винаходів велике значення має розуміння вмісту основних понять, які використовуються у процесі виявлення винаходів й у патентній експертизі. Навчання не може бути ефективним, коли щось просто виконується, необхідно обмірковувати, що зроблено на кожному етапі проекту, підвести підсумки, зрозуміти, що можна брати в арсенал професіоналізму для всього проекту в цілому.

На цьому етапі для студентів важливим є одержання консультації викладача в будь-який необхідний момент часу, а не за розкладом.

Частота контролю знань при виконанні інноваційного проектування зростає, відомі тенденції [12] кількості росту оцінок «відмінно» і «добре» (таблиця) зберігаються і навіть зростають дуже швидко при проведенні звичайного контролю знань на кожній консультації викладача (таблиця) при виконанні кожного етапу комплексного проекту.

Таблиця – Показники росту оцінок знань студентів у семестрі

Кількість перевірок	Зміна оцінки, %			
	п'ять	чотири	три	два
одна	0	27	52	21
три	6	31	46	17
п'ять	10	35	44	11
сім	12	37	35	6
дванадцять	17	53	20	0
п'ятнадцять	52	48	0	0

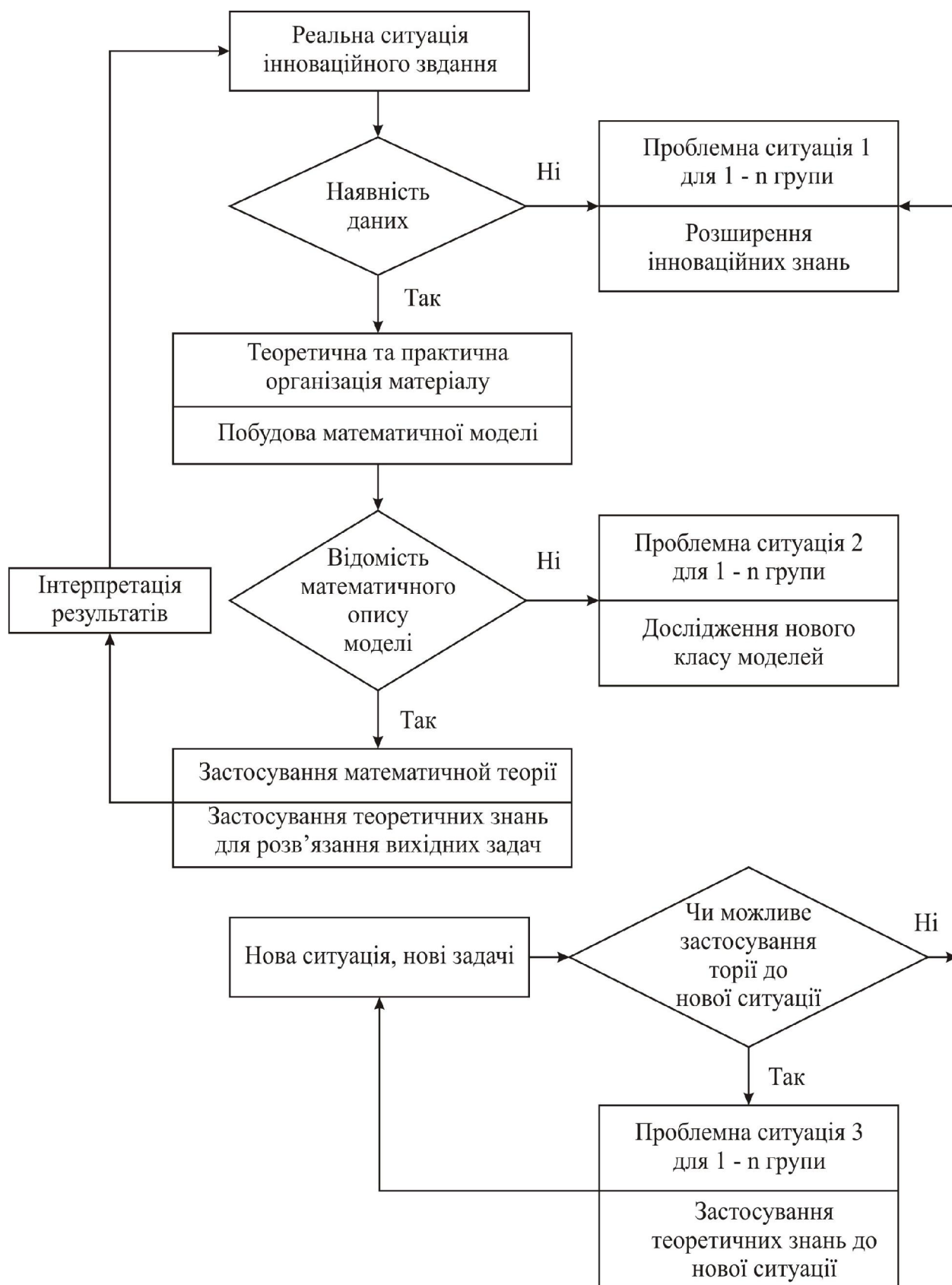


Рис. 3 – Алгоритм побудови математичної моделі

Алгоритм виконання завдання з математичного моделювання задач комплексного проекту досить складний, його вирішення вимагає спеціальної професійної підготовки студентів в цілому з урахуванням останніх досягнень в обраному інноваційному проекті (рис. 3). Комп'ютерне моделювання надає можливості урахування найбільшої кількості факторів, які мають вплив на протікання реальних процесів і забезпечують високу точність передбачення їх поведінки при розрахунках.

Для оцінки параметрів технологічних процесів виробництв, спроектованих раніше, які працюють і зараз, необхідно провести критичний аналіз і, можливо, перерахунок з урахуванням результатів сучасної методології комп'ютерного моделювання. При будівництві фізико-хімічних моделей використовують модельні представлення про механізм реальних процесів хімічної технології.

Методологічні принципи для утворення таких моделей у основі мають визнання того факту, що різні хіміко-технологічні процеси базуються на однакових законах фізики і хімії, наприклад, на вивченні, так званих, процесів гідродинамики, масо- та теплопередачі, хімічної кінетики, процесів фазових переходів та ін.

Варіативність результатів функціонування комплексних інноваційних проектів з урахуванням технологічних та інших процесів виробництва залежить від великої кількості факторів, але ключовими з них можна відмітити – особливості інфраструктури, тип и стан усіх складових проекту – від технології до кваліфікації персоналу. Наряду з цим для кожної ланки окремої операції існує свій індивідуальний набір особливостей на основі яких можна спрогнозувати можливі відхилення і дії з інноваційної корекції.

**Висновки.** Таким чином, можна виділити основні специфічні риси оптимально організованого комплексного інноваційного проекту як нової форми навчання:

1) високий ступінь компетентності в розглянутій проблемі викладачів-організаторів й, як правило, наявний достатній практичний та теоретичний досвід і зацікавленість з питань вирішення нестандартних проблем студентів у ході розробки проекту;



2) професійна методична підготовка викладачів-організаторів до керування комплексним проектом, досить високий рівень імпровізації з боку студентів, що обумовлює необхідність контролю викладача за процесом отримання кінцевого результату проекту;

3) в груповій дискусії не викладач говорить студентам про те, що є правильним, а самі студенти, що навчаються виробляють докази, обґрунтування принципів і підходів, запропонованих викладачем, максимально використовують свій особистий досвід й інформаційні джерела з інноваційних науково-обґрунтованих методів, процесів, апаратів та технологій;

4) основні цілі корегуючих дій викладачів – ідентифікація, виділення та усунення справжніх причин невідповідності отриманих результатів з метою направлення до інноваційного результату у розробці комплексного проекту у цілому.

**Список літератури:** 1. Данилов М.Б., Забалуева Ю.Ю., Лескова С.Ю., Гомбожалова Н.И. Компетентностный подход в образовании как новая форма подготовки специалистов пищевых отраслей / М.Б. Данилов, Ю.Ю. Забалуева, С.Ю. Лескова, Гомбожалова Н.И. // *Пищевая промышленность* – М. 2011. – № 12. – С. 8. 2. Юшкова Е.В., Шанина Е.В. Деятельностная модель обучения: формирование позиций «инженер-исследователь», «инженер-проектировщик» / Е.В. Юшкова, Е.В. Шанина // *Пищевая промышленность* – М. 2011. – № 12. – С. 10. 3. Зеленский В.Е. Деятельностная модель обучения: формирование позиций «инженер-исследователь», «инженер-проектировщик» / В.Е. Зеленский // *Пищевая промышленность* – М. 2011. – № 12. – С. 12. 4. Спасенова Г. Новые формы подготовки специалистов для пищевой промышленности / Г. Спасенова // *Пищевая промышленность* – М. 2011. – № 12. – С. 16. 5. Новоселов С.В., Маюрникова Л.А., Маковская И.С. Методологические основы системы подготовки специалистов для инновационной деятельности организаций и предприятий сферы питания / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова, И.С. Маковская // *Пищевая промышленность* – М. 2011. – № 12. – С. 18. 6. Маюрникова Л.А., Теоретические аспекты инновационного развития пищевой отрасли по приоритетным проектам в региональных условиях / Л.А. Маюрникова, С.В. Новоселов // *Хранение и переработка сельхозсырья* – М. 2007. – № 12. – С. 8. 7. Новоселов С.В. Роль научно-инновационной деятельности в подготовке специалистов для пищевой и перерабатывающей промышленности / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова // *Пищевая промышленность* – М. 2009. – № 11. – С. 30. 8. Ким И.Н., Лисиенко С.В. Формирование профессиональных компетенций при подготовке технологов рыбоперерабатывающих производств / И.Н. Ким, С.В. Лисиенко // *Пищевая промышленность* – М. 2011. – № 12. – С. 22. 9. Еделев Д.А., Кантере В.М., Матисон В.А. Международный опыт совершенствования подготовки специалистов пищевой промышленности: реформы и перспективы / Д.А. Еделев, В.М. Кантере, В.А. Матисон // *Пищевая промышленность* – М. 2012. – № 7. – С. 34. 10. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Діяльність вищого навчального закладу по підвищенню якості підготовки фахівців / Л.Л.

*Товажнянський, С.І. Бухкало* // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 3 – 12. **11.** *Бухкало С.І.* Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / *С.І. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др.* // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 73 – 78. **12.** *Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др.* Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / *С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.*// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160 – 166. **13.** *Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І.* Можливості упровадження системи компетенцій у сучасних навчальних закладах // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 3 – 12. **14.** *Бухкало С.І., Зипунников Н.Н., Бындыч О.А.* Возможности водородной энергитики в инновационных комплексных предприятиях // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 46 – 53. **15.** *Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др.* Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72 – 80. **16.** *Бухкало С.І.* Анализ эколого-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / *С.І. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.І. Ольховская и др.*// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 140 – 145.

*Надійшла до редколегії 18.11.12*

УДК 378:65.011.56

**Комплексні інноваційні проекти як нова форма навчання студентів вищих навчальних закладів** / **С. І. Бухкало** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». – 2013. – № 9 (983). – С. 62–74. Библиогр.: 16 назв.

В статье приведены основные положения концепции подготовки специалистов ВУЗов и внедрения системы компетенций как новых форм обучения студентов для комплексных инновационных проектов нового поколения с поддержкой ключевых элементов полного жизненного цикла создания конкурентоспособной наукоемкой продукции

**Ключевые слова:** комплексные инновационные проекты, методический комплекс обучения и оценки знаний.

The basic methodical assumptions are presented for implementation of competencies system into educational process for complex business game of new generation. The support of full life cycle key elements of competitible scientific filled production is discussed

**Keywords:** the complex innovation projects, methodical complex of training methods and estimation of knowledges.

*Г. Л. ХАВИН*, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»

## **МОДЕЛЬ РОСТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

Представлено соотношение для расчета образования отложений на поверхности теплопередачи пластинчатых теплообменников. Предложенная зависимость учитывает влияние концентрации загрязнителя, скорости движения раствора, температуры стенки, давления и параметров пластин, на интенсивность появления и роста отложений. Применение зависимости позволит прогнозировать время работы аппарата между остановками на чистку.

**Ключевые слова:** загрязнение поверхности теплопередачи, пластинчатый теплообменник, прогнозирование работы.

### **Вступление.**

Теплообменники являются одной из важнейших составляющих оборудования технологических процессов. Они участвуют в распределении тепловой энергии и, следовательно, в ее общем потреблении. Загрязнение имеет серьезное влияние на ухудшение передачи тепла и негативно влияет на экономическое функционирование предприятия. К наиболее распространенным видам загрязнений обычно относят осаждение частиц различной твердости, кристаллизация растворенных в жидкости солей, оседание и отложение продуктов химических реакций. Из растворенных в жидкости (например, воде) солей самым распространенным видом отложений является кристаллизация солей кальция, таких как карбонаты, сульфаты, фосфаты, а также солей кремния и магния.

### **Состояние проблемы и формулировка задачи.**

Изменение толщины кристаллизационных отложений и осаждения частиц на теплообменной поверхности в большинстве случаев точно установить не представляется возможным. Однако существует ряд экспериментальных и теоретических исследований, позволяющих с определенной степенью точности предположить их появление и дальнейший рост.

Для кристаллического загрязнения характерна линейная кривая роста скорости отложений, которая была описана многими авторами [1 – 3]. Однако это происходит не всегда и линейность в течение длительного периода времени нарушается. Для постоянных тепловых и гидравлических условий, скорость загрязнения (разность между эффектом отложения и удаления) может убывать с появлением депозита, и или даже сравняться [4]. Многие исследователи наблюдали асимптотическое поведение для кристаллического загрязнения [5–8]. В большинстве случаев отложение солей обратной растворимости на нагретых поверхностях образуют очень твердый и жестко связанный с поверхностью слой депозита. Главная особенность механизма возникновения такого вида загрязнения это рост кристалла во времени. Этот процесс предполагает появления ядра кристаллизации. Учитывая, что видов примесей великое множество, то каким-либо образом управлять или контролировать этот процесс практически невозможно.

Количество моделей опубликованных для описания кристаллизационного загрязнения и осаждения частиц достаточно велико [1, 2, 5, 6, 9–13]. В последние годы основные усилия исследователей были направлены на изучение процессов загрязнения смешанных солей, одновременно протекающих процессов кристаллизации и других типов загрязнений, в том числе частицами. Комплексная природа формирования отложений не дает возможности для создания точной математической модели процесса загрязнения. Моделирование обычно основано на ряде упрощающих допущений и рассматривает зависимость появления и роста отложений от ряда технологических факторов, таких как скорость, концентрация, температура стенки, средняя температура и т.п.

#### **Постановка задачи и цель работы.**

Слой загрязнения на теплообменной поверхности при проектировании пластинчатых теплообменников традиционно учитывают введением дополнительной поверхности, величина которой на практике субъективно определяется проектировщиком. В настоящей работе предложено соотношение для прогнозирования величины отложений и скорости образования загрязнений. В качестве допущений принималось, что отложения равномерно осаждаются на поверхности

теплопередачи, плотность и пористость депозита постоянна, условия работы неизменны.

### Теоретические положения.

Пусть мы имеем в теплоносителе одно вещество загрязнитель или их несколько, но одно из них имеет намного превосходящую остальные вещества концентрацию при примерно одинаковой склонности к образованию отложений. Другой случай может иметь место, когда концентрация примесей в теплоносителе примерно одинакова, но одно из веществ обладает несравнимо большей склонностью к загрязнению теплопередающей поверхности. Иными словами, рассмотрим задачу образования отложений за счет наличия одного из веществ в потоке теплоносителя. Интенсивность выпадения отложений в единицу времени (кг/с) представим в виде

$$\frac{\partial m_f}{\partial t} = \frac{\partial h_f}{\partial t} \cdot F_f \cdot \rho_f \cdot (1 - \varphi), \quad (1)$$

где  $h_f$  – усредненная толщина слоя отложений, м;

$F_f$  – площадь теплопередающей поверхности, на которой появляются отложения, м<sup>2</sup>;  $F_f = F_{he} \cdot k_f$ ;

$F_{he}$  – площадь теплопередающей поверхности теплообменного аппарата, м<sup>2</sup>;

$k_f$  – коэффициент, учитывающий на какой площади происходит достаточно интенсивное выпадение отложений;  $0 < k_f \leq 1$ ;

$\rho_f$  – плотность вещества депозита, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi$  – относительное содержание пор в единичном объеме отложений,  $0 \leq \varphi < 1$ .

С другой стороны интенсивность выпадения отложений как функцию параметров теплоносителя можно представить в виде

$$\frac{\partial h_f}{\partial t} \cdot F_f \cdot \rho_f \cdot (1 - \varphi) = V_c \cdot k_{con} \cdot K_{foul}(w, P, T, t, p_i), \quad (2)$$

где  $V_c$  – объемный расход теплоносителя в теплообменнике, м<sup>3</sup>/с;

$$V_c = G_c / \rho_c,$$

$G_c$  – массовый расход теплоносителя, кг/с;

$\rho_c$  – средняя плотность теплоносителя в каналах теплообменника, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{con}$  – разность концентраций загрязнителя в потоке теплоносителя на входе и выходе из теплообменника по истечению рассматриваемого периода времени, кг/м<sup>3</sup>;

$K_{foul}$  – коэффициент, учитывающий скорость потока в каналах, температуру –  $T$ , давление –  $P$ , время работы теплообменника –  $t$ , параметры гофрировки, чистоту теплопередающей поверхности и т.д. –  $P_i$ .

Соотношения (1) и (2) запишем совместно

$$\frac{\partial h_f}{\partial t} = \frac{V_c \cdot k_{con}}{F_{pl} \cdot k_f \cdot \rho_f \cdot (1-\varphi)} \cdot K_{foul}. \quad (3)$$

Объемный расход теплоносителя через каналы аппарата можно представить в виде [14]

$$V_c = w \cdot f_{ch} \cdot n_{ch},$$

где  $w$  – скорость теплоносителя в каналах теплообменника, м/с;

$f_{ch} = b \cdot \delta$  – площадь поперечного сечения межпластинного канала, м<sup>2</sup>;  $b$  – ширина пластины, м,  $\delta$  – высота гофрировки, м;

$n_{ch}$  – число каналов в аппарате для рассматриваемого теплоносителя.

Учитывая, что площадь теплопередающей поверхности для одного теплоносителя равна  $F_{pl} = f_{pl} \cdot n_{ch}$ , площадь пластины –  $f_{pl} = b \cdot l_{pr}$ , где  $l_{pr}$  – приведенная длина пластины, м, выражение (3) перепишем в виде

$$\frac{\partial h_f}{\partial t} = \frac{w \cdot \delta \cdot k_{con}}{l_{pr} \cdot k_f \cdot \rho_f \cdot (1-\varphi)} \cdot K_{foul}. \quad (4)$$

В выражении (4) приведенная длина пластины  $l_{pr}$  представляет собой длину гладкой пластины по площади эквивалентной

гофрированной. Фактически это длина пластины, умноженная на коэффициент увеличения площади за счет гофрировки  $\Phi$ , который приближенно может быть вычислен по формуле

$$\Phi(\eta) \approx \frac{1}{6}(1 + \sqrt{1 + \eta^2} + 4\sqrt{1 + \eta^2}/2),$$

где  $\eta = 2\pi \cdot \delta / \Lambda$ ,  $\Lambda$  – шаг гофрировки, м.

В качестве множителя, учитывающего изменение скорости отложения во времени предлагается использовать зависимость, описывающую асимптотический характер изменения скорости роста депозита во времени  $K_{foul}(t) = 1 - e^{-\beta \cdot t}$ , где  $\beta$  – постоянный коэффициент.

#### **Параметры, влияющие на интенсивность загрязнений.**

Появление отложений на теплопередающей поверхности представляет собой нестационарный процесс, зависящий от ряда параметров, влияние которых должно быть четко известно перед началом проектирования теплообменного аппарата на выбранную позицию. К таким параметрам относят: свойства теплоносителя и наличие в нем взвешенных частиц различных свойств и концентраций; скорость течения теплоносителей; температура поверхности стенки; рабочее давление; геометрия, материал и шероховатость поверхности и т.д. Рассмотрим влияние некоторых из них и их учет за счет выбора коэффициента  $K_{foul}$ . Для этого представим  $K_{foul}$  как произведение отдельных функций, каждая из которых несет ответственность за тот или иной параметр  $K_{foul} = K_w \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_P \cdot K_g$ , где множители функции, учитывающие соответственно влияние скорости движения теплоносителя, изменение скорости нарастания отложений во времени, температуры гофрированной стенки, давления теплоносителя, различных геометрических характеристик пластины, состояние поверхности пластины.

На интенсивность отложений наиболее сильное влияние оказывает скорость движения теплоносителя. Скорость влияет как на процесс осаждения, так и на процесс удаления отложений со стенки. Физическая

природа этого воздействия проявляется через гидродинамические эффекты. Из практики известно, что с увеличением скорости потока увеличивается тепловая производительность и уменьшается склонность к загрязнению. Взвешенный в жидкости загрязнитель наиболее интенсивно выпадает на стенку в местах с низкой скоростью течения, и особенно, в местах резкого замедления. Увеличение напряжения сдвига приводит к удалению отложений с поверхности. Для функции  $K_w$  предлагается использовать выражение вида  $K_w = C_w \cdot w^{n_w}$ , где  $C_w$ ,  $n_w$  – постоянные коэффициенты, зависящие от вида гофрировки пластины.

Исследования по влиянию поверхностной температуры стенки показали, что однозначного ответа пока не имеется. Усиление загрязнений с ростом температуры связано с увеличением скорости коррозии. Происходит более интенсивная реакция по образованию кристаллов, и, кроме того, при высоких температурах имеет место разложение и превращение некоторых веществ, как загрязнителей, так и антизагрязнителей. При снижении температуры рост отложений происходит медленнее, хотя имеются некоторые жидкости, которые при понижении температуры интенсивно кристаллизуются и количество отложений возрастает. Поэтому можно говорить о некотором оптимальном с точки зрения загрязнений значении температуры каждого теплоносителя. Для учета влияния текущей температуры стенки  $T_i$ , будем использовать функцию вида  $K_T = C_T \cdot (T_i / T_{Op})^{n_T}$ , где  $C_T$ ,  $n_T$  – постоянные коэффициенты, которые определяются экспериментально;  $T_{Op}$  – значение температуры стенки, при котором происходит интенсивное изменение свойств теплоносителя, сопровождающееся резким увеличением или уменьшением появления загрязнений.

Для учета влияния текущего давления теплоносителя  $P_i$  на интенсификацию загрязнения будем использовать функцию вида  $K_P = C_P \cdot (P_i / P_{Op})^{n_P}$ , где  $C_P$ ,  $n_P$  – постоянные коэффициенты, которые определяются экспериментально;  $P_{Op}$  – значение давления, при котором происходит интенсивное изменение поведения теплоносителя, с резким увеличением или уменьшением появления загрязнений.



Коэффициент  $K_g$ , учитывающий влияние поверхности, материала и геометрии стенки, является наименее изученным параметром. Шероховатость стенки, определяет, прежде всего, зарождение центров отложений на начальной стадии загрязнения и отвечает за турбулентность в текущей жидкости. Последнее обстоятельство приводит к неустойчивости вязкого подслоя у поверхности стенки. После некоторого периода работы аппарата даже качественные гладкие поверхности становятся сильно шероховатыми из-за образования накипи, формирования коррозии или эрозии.

### **Заключение.**

Предложено обобщенное соотношение для расчета скорости образования отложений на поверхности теплопередачи пластинчатого теплообменника. Представленное соотношение рассчитано на использование при проектировании появления загрязнений за счет выпадения твердых частиц из потока жидкости. Последнее обстоятельство особенно важно в связи с имеющей место широкой модернизацией тепловых схем различных производств, основанной на замене трубчатых теплообменников на более эффективные пластинчатые аппараты. Дальнейшее развитие теории связано с адаптированием предложенных соотношений для конкретных приложений в промышленности, что позволит рассчитывать изменение коэффициента теплопередачи и определять время работы аппарата до его остановки на очистку.

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейского сообщества в рамках проекта EU project ENERGY.2011.8.1-2-EFENIS.

**Список литературы:** 1. Hasson D. Rate of decrease of heat transfer due to scale deposition / D. Hasson // DECHEMA Monogr. 1962. – № 47. – P. 233–282. 2. Reitzer B.J. Rate of scale formation in tubular heat exchangers /B.J. Reitzer // I&EC Process Des. Dev. 1964.–3 (4).-P. 345–348. 3. Ritter R.B. Crystallization fouling studies /R.B. Ritter// J. Heat Transfer. 1983. – 105. –P. 374–378. 4. Bott T.R. Fouling in heat transfer equipment /T.R. Bott, R.A. Walker // Chem. Eng. 1971. – P. 391–395. 5. Bohnet M. Fouling of heat transfer surfaces /M. Bohnet // Chem. Eng. Technol. 1987. – 10. – P. 113–125. 6. Watkinson A.P. Scaling of heat exchanger tubes by calcium carbonate /A.P. Watkinson, O. Martinez // ASME J. Heat Transfer. 1975. – 97. – P. 504–508. 7. Augustin W. Verkrustung (fouling) von warme uber tragungsflächen: PhD Thesis: Institut für Verfahrens-und Kerntechnik, Technische Universität at Braunschweig / W. Augustin. – Germany, 1992. – 48 p. 8. Middis J. Heat transfer and pressure drop for flowing wood pulp fibre suspensions: PhD Thesis: Department of Chemical and Material Engineering, University of Auckland / J. Middis.– New Zealand. 1994. –56 p. 9. Гонионский В.Т. Вычисление коэффициента теплопередачи с учетом от-

ложений / В.Т. Гонионский, С.И. Голуб, А.М. Розен // Теплопередача. 1970. – 2, № 3. – С.24–29. **10.** Krause S. Fouling of heat transfer surfaces by crystallization and sedimentation / S. Krause // Int. Chem. Eng. 1993. – 33, № 3. – P. 355–401. **11.** Brahim F. Numerical simulation of crystal growth on heat transfer surfaces / F. Brahim, W. Augustin, M. Bohnet // Proceedings of Conference on Heat Exchanger Fouling—Fundamental Approaches and Technical Solution, Davos, Switzerland. 2001. – P. 322–328. **12.** Fahiminia F. Investigation of initial fouling rates of calcium sulfate solutions under non-boiling conditions / F. Fahiminia, A.P. Watkinson, N. Epstein // Proceedings of Conference on Heat Exchanger Fouling and Cleaning – Fundamental Applications, Santa Fe, USA. 2003.– P.135–140. **13.** Bansal B. Deposition and removal mechanisms during calcium sulphate fouling in heat exchangers / B. Bansal, X.D. Chen, H. Muller-Steinhagen // Int. J. Transport Phenomena. 2005. – 7. – P. 1–22. **14.** Пластинчатые теплообменники в промышленности [Товажнянский Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л., Арсеньева О.П.] – Х.: НТУ «ХПИ», 2004. – 232 с.

*Поступила в редколлегию 05.03.13*

УДК 66.045.01

**Модель роста загрязнений на поверхности пластинчатых теплообменников / Г. Л. Хавин** // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПИ». 2013. – № 9 (983). – С. 75–82. – Бібліогр.: 14 назв.

Надано співвідношення щодо розрахунку виникнення відкладень на поверхні теплопередачі пластинчастих теплообмінників. Запропоновано залежність, що враховує вплив концентрації забруднення, швидкості руху розчину, температури стінки, тиск, параметрів пластин та інтенсивність появи і зростання відкладень. Застосування залежності дозволить прогнозувати час роботи апарату між зупинками на чищення.

**Ключові слова:** забруднення поверхні теплопередачі, пластинчастий теплообмінник, прогнозування роботи.

The relation for deposit formed on heat transfer surface of plate heat exchanger calculations is considered. The dependence which accounted of influence of pollutant concentration, rate solution, wall temperature, pressure and plates parameters to intensity of foiling appear and growth is proposed. The dependence used permit to predicted time of unit operation between cleaning.

**Keywords:** fouling of heat transfer surface, plate heat exchanger, predict operation.

**В. Е. ВЕДЬ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;

**А. В. ПОНОМАРЕНКО**, аспирант НТУ «ХПИ»

## **ОБРАБОТКА КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕТОДАМИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Проведена обработка результатов экспериментально полученного массива данных, описывающих кинетику реакции термokatалитической деструкции бензола, статистическим методом. Осуществлена оценка адекватности полученного уравнения регрессии и определены границы интервала надежности измерений с вероятностью ошибки 5 %.

**Ключевые слова:** статистика, регрессия, интервал надежности.

### **Введение.**

Авторами была проведена серия экспериментов по изучению каталитических свойств  $3d$ -переходных элементов, нанесенных на носитель, представляющий собой зерна корунда диаметром 3мм.

Параллельно с этой работой выполнялось исследование по влиянию временных и погодных условий, следствием которых являлись переменное атмосферное давление, различная влажность и температура среды на свойства кобальтсодержащего катализатора, нанесенного на носитель, состоящий из  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ . Открытая пористость носителя, состав которого 90 %  $Al_2O_3$  и 20 %  $SiO_2$ , составляла 0,25. Помимо этого, на «чистоту» экспериментов могли влиять условия хранения образцов для исследований, нестабильное напряжение в сети, которое могло сказываться на корректности работы измерительной аппаратуры, возможной различной газодинамической обстановки в реакторе, вызванной неодинаковым уплотнением и укладкой зерен катализатора и погрешностями при измерении температур.

Таким образом, совокупность внешних воздействий на измеряемый объект привела к заметным отличиям выходных данных, полученных при проведении экспериментов в одинаковых условиях на одном и том же реакторе с одним и тем же катализатором на протяжении 6 месяцев (рис. 1).

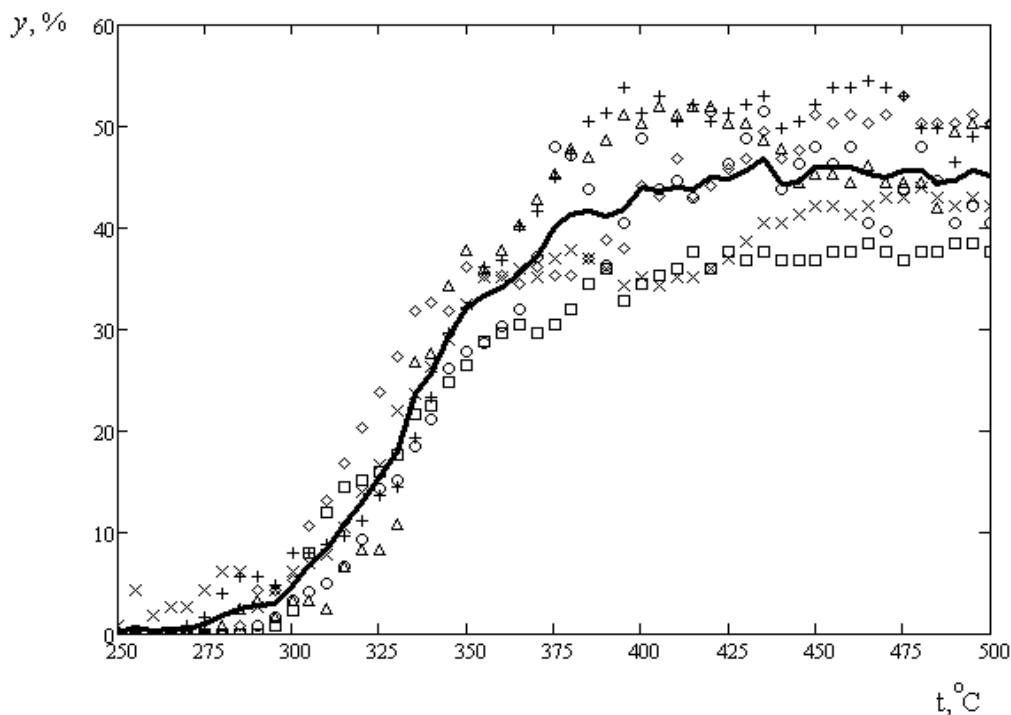


Рис. 1 – Зависимости степеней каталитической конверсии бензола от температуры, полученные на протяжении 6 месяцев.

Данные, приведенные на рис.1, показали отсутствие какой-либо закономерности в последовательности изменений от воздействия перечисленных факторов. В этой связи возникла необходимость определения возможности использования полученных экспериментальных данных в научных целях и оценки погрешности при их измерении.

#### **Статистическая обработка результатов экспериментов.**

С этой целью была проведена статистическая обработка данных, полученных при проведении экспериментов каталитического окисления бензола, посредством регрессионного анализа.

Регрессия в теории вероятностей и математической статистике представляет собой зависимость среднего значения какой-либо величины от некоторой другой величины или от нескольких величин [1, 2].

В этой связи были вычислены средние значения степени конверсии бензола по всем проведенным опытам. Обозначаем степень конверсии бензола как  $y_i$ , где  $i$  – номер измерения во время проведения эксперимента. Тогда среднее значение  $\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^m y_{i,j}}{m}$ , где  $m$  – количество проведенных экспериментов,  $m=6$ ;  $y_{i,j}$  – значение степени конверсии в каждом

эксперименте, %,  $j$  – номер эксперимента. Кривая, полученная по средним значениям, изображена на рис. 1, сплошная кривая представляет собой усредненное значение степени каталитической конверсии бензола по всем экспериментам.

Далее нами было построено уравнение регрессии, имеющее минимальное отклонение от средних значений. В результате проведения ряда экспериментов было установлено, что скорость процесса термокаталитической конверсии бензола определяется скоростью химической реакции до температуры проведения эксперимента 340 °С, а после данного значения скорость процесса определяется диффузионным сопротивлением [3]. В этой связи было решено представить уравнение регрессии в виде составного уравнения из двух функций, описывающих процесс каталитической конверсии бензола до температуры 340 °С после неё.

Первую область протекания процесса опишем уравнением

$$y_1 = B_0 + B_1 \cdot e^{t \cdot 0.0382},$$

вторую – уравнением

$$y_2 = y_1(340) + B_2 \cdot (e^{-(t-340) \cdot 0.0561} - 1),$$

где  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  – коэффициенты уравнения регрессии, которые были найдены из условия минимизации суммы отклонений между экспериментальными и вычисленными по расчётному уравнению значениями в соответствии с методом наименьших квадратов;

$t$  – температура протекания процесса, °С;

$y_1(340)$  – степень конверсии бензола, рассчитанная по уравнению  $y_1$  при температуре 340 °С.

Таким образом, полученная регрессионная модель представлена системой уравнений:

$$y_r = \begin{cases} y_1 = B_0 + B_1 \cdot e^{t \cdot 0.0382}, & t \leq 340 \\ y_2 = y_1(340) + B_2 \cdot (e^{-(t-340) \cdot 0.0561} - 1), & t > 340 \end{cases} \quad (1)$$

Было проведено сопоставление результатов, полученных по регрессионной модели (1) со средними значениями степени каталитической

конверсии бензола. Данное сравнение представлено графически на рис. 2.

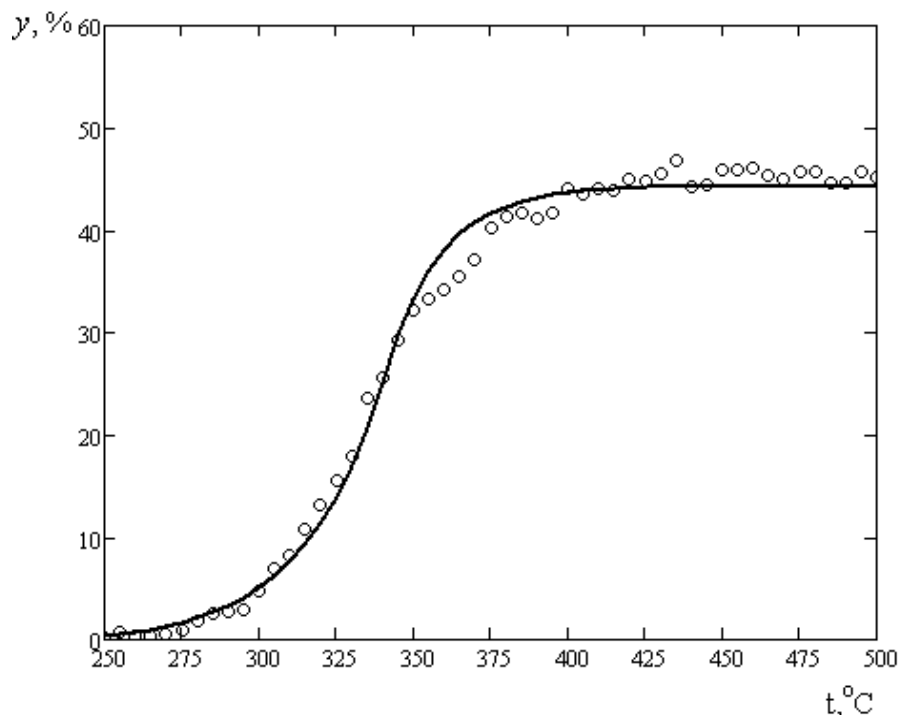


Рис. 2 – Сопоставление результатов, полученных по уравнению регрессии (сплошная кривая), со средними значениями степени каталитической конверсии бензола по всем экспериментам.

Также была проведена оценка адекватности полученного уравнения по критерию Фишера, который используется для сравнения дисперсий двух рядов наблюдений [4].

Расчетное значение критерия Фишера было определено по формуле:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_0^2}, \quad (2)$$

где  $S_{ад}^2$  – дисперсия адекватности, рассчитанная по формуле (3);

$S_0^2$  – ошибка опыта, рассчитанная по формуле (4).

$$S_{ад}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (y_{ri} - \bar{y}_i)^2}{N-l}, \quad (3)$$

где  $N$  – количество измерений в одном эксперименте,  $N=51$ ;

$l$  – число коэффициентов уравнения регрессии;  $l=3$ ;

$$S_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{i,j} - \bar{y}_i)^2}{N \cdot (m-1)}, \quad (4)$$

где  $m$  – количество проведенных экспериментов,  $m=4$ .

Так как рассчитанное значение критерия Фишера 0,532 меньше критического для уровня значимости 0,05, а именно  $F(1 - 0.05, N - 3, N \cdot (m - 1)) = 1.408$ , то с вероятностью 95 % можно принять гипотезу о том, что полученная регрессионная модель является верной.

Важным моментом в регрессионном анализе является анализ остатков, то есть отклонений наблюдаемых значений от теоретически ожидаемых:

$$e_i = y_i - yr_i, i = 1..N \cdot m. \quad (5)$$

В соответствии с одной из предпосылок регрессионного анализа остатки  $e_i$  представляют собой независимые нормально распределенные случайные величины с математическим ожиданием равным нулю и дисперсией  $\sigma^2$ . Если разрабатываемая модель является верной, то дисперсия остатков  $S_{ост}^2$  является оценкой не только дисперсии относительно уравнения регрессии, но и оценкой  $\sigma^2$ .

Мы ввели величину  $\frac{e_i}{S_{ост}}$  – единичное нормальное отклонение, образованное остатком  $e_i$ . Учитывая, что единичные нормальные отклонения имеют распределение Стьюдента, для остатков  $e_i$  был рассчитан интервал надежности (6), используя квантили  $t$ -распределения  $t(1 - \frac{\alpha}{2}, n - l)$  ( $n$  – количество экспериментальных точек,  $n = N \cdot m$ ):

$$|\varepsilon_i| < t(1 - \frac{\alpha}{2}, n - l) \cdot S_{ост}, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – уровень значимости,  $S_{ост}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{i,j} - yr_i)^2}{n - l}$  – дисперсия остатков;

$S_{ост} = \sqrt{S_{ост}^2}$  – среднеквадратичное отклонение.

Был произведен визуальный анализ графика остатков на гетероскедастичность, т.е. на неоднородность наблюдений, выражающейся в непостоянной дисперсии случайной ошибки регрессионной модели (рис. 3).

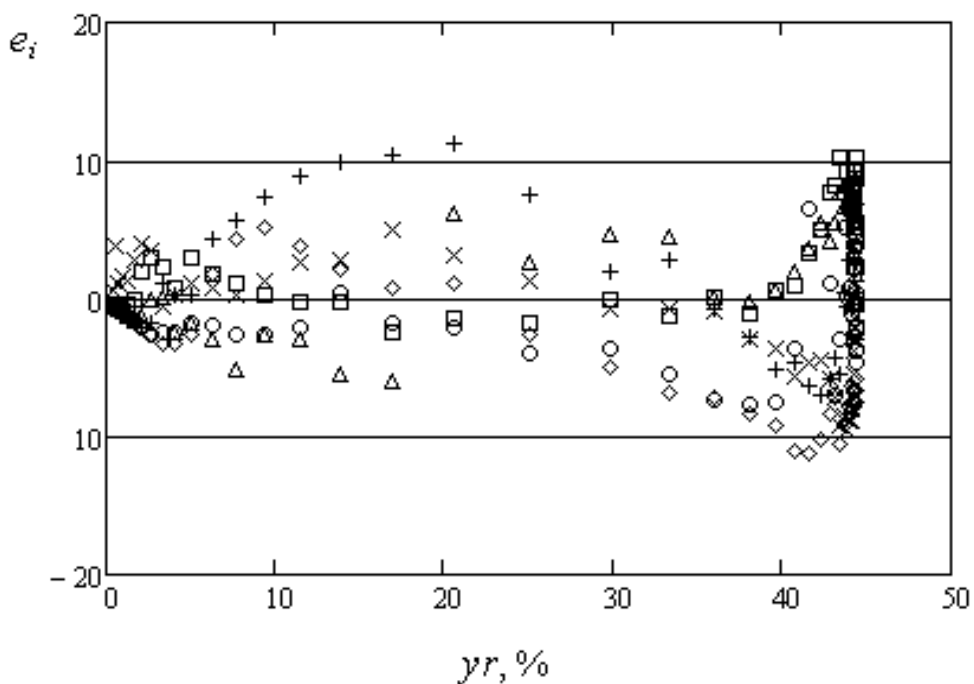


Рис. 3 – График расположения остатков относительно расчётных значений по уравнению регрессии.

Расположение точек в полосе, симметричной оси абсцисс, подтверждает корректность предположения, что наблюдаемые отклонения измерений случайны и не подчиняются какой-либо зависимости (рис. 3).

Границу интервала надежности определили по формуле (6) и получили значение  $|\varepsilon_i|$  равное 9,736.

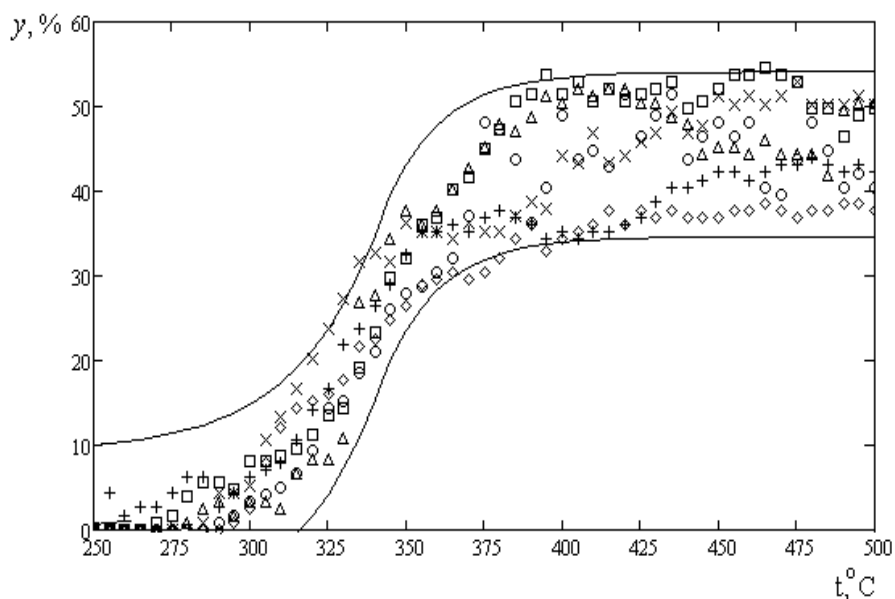


Рис.4 – Интервал надежности для полученных значений степени температурной конверсии бензола.



Исходя из рис. 4, можно сделать заключение, что практически все остатки принадлежат полученному интервалу. С вероятностью 95 % можно констатировать, что значения степени температурной конверсии бензола  $y_i$  при неограниченно большом числе наблюдений не выйдут за пределы найденного интервала значений.

Таким образом, полученная ошибка измерений при проведении эксперимента не превышает 5 %.

**Выводы.** Проведена статистическая обработка значений степени конверсии бензола, полученных при проведении экспериментов термокаталитического окисления бензола на протяжении 6 месяцев, посредством регрессионного анализа.

Осуществлена оценка адекватности полученной регрессионной модели по критерию Фишера для уровня значимости 0,05. Проведен анализ остатков, на основании которого определена граница интервала надежности.

**Список литературы:** 1. Худсон. Д. Статистика для физиков./ Д. Худсон.-М.:Мир,1970. – 32с. 2. Гмурман. В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика./ В.Е. Гмурман.-М.:Высшая школа, 2003. – 182с. 3. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике./ Д.А. Франк-Каменецкий. – М.:Наука,1987. – 57с. 4. Кобзарь. А.И. Прикладная математическая статистика./ А.И. Кобзарь. – М.:Физматлит, 2006. – 56с.

*Поступила в редколлегию 7.01.2013*

УДК 519.2(076)

**Обработка кинетических зависимостей методами статистического анализа / А. В. Пономаренко, В. Е. Ведь // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 83–89. Бібліогр.: 4 назв.**

Проведена обробка результатів експериментально отриманого масиву даних, що описують кінетику реакції термokatалітичної деструкції бензолу, статистичним методом. Здійснена оцінка адекватності отриманого рівняння регресії та визначені межі інтервалу надійності вимірювань з ймовірністю похибки 5 %.

**Ключові слова:** статистика, регресія, інтервал надійності.

Conducted analysis by a statistical method of experimentally received data set results describing kinetics of thermocatalytic reaction of benzene destruction. The assessment of adequacy of the received regression equation is carried out and borders of an measurements reliability interval with probability of an error of 5% are defined.

**Keywords:** statistics, regression, reliability interval.

*Л. М. УЛЬЄВ*, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»;

*А. О. ГАРЕВ*, асистент НТУ «ХПІ»;

*А. М. МИРОНОВ*, студент НТУ «ХПІ»

## **ПІНЧ-АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РЕКТИФІКАЦІЇ СУМІШІ ФУРФУРОЛ-ВОДА**

Завдання цієї роботи – провести теплову інтеграцію вихідної схеми шляхом побудови складових кривих і сіткової діаграми процесу, що розглядається, а також скласти нову модифіковану схему процесу ректифікації частково розчинної азеотропної суміші з необхідним теплообмінним обладнанням та засобами автоматизації.

**Ключові слова:** ректифікація, ентальпія, пінч-аналіз, складові криві, сіткова діаграма, температурний інтервал.

**Постановка проблеми.** З огляду на сучасний стан речей наша країна забезпечена власними енергетичними ресурсами не більше ніж на 40%, а середня вартість енергії, яка доводиться на питомий продукт, що випускається українською промисловістю, навіть з урахуванням тіньового виробництва, в 1,5–2 рази перевищує цей показник для індустріально розвинених країн. Значною мірою це відбувається через те, що технологічні схеми промислових підприємств, що діють зараз на Україні, були створені під час відносно дешевих енергоносіїв. В даний час, коли вартість енергії різко зросла, і на Україні існує її дефіцит, питання економії енергії для компаній є життєво важливим. Тому більшість з них вимагають реконструкції, а при будівництві нових підприємств необхідно використовувати сучасні ресурсозберігаючі і енергозберігаючі методи проектування. Одним з найбільш енергоємних в хімічній промисловості є процес ректифікації. Цей процес має широке застосування в хімічній, нафтохімічній, фармацевтичній, харчовій галузях [1].

**Актуальність і доцільність роботи.** Зниження споживання енергії на одиницю продукції, що випускається, за інших рівних умов дозволяє знизити витрати на енергоносії, позитивно впливає на довкілля і здоров'я людини за рахунок зниження викиду шкідливих газів та у перспективі пі-

двигать качество, а потому конкурентоспособность продукции. Одним из методов, який дозволяє досягти всіх цих цілей є пінч-аналіз.

При модернізації існуючих виробництв методи пінч-технології дозволяють максимально використовувати вже встановлене устаткування, а в нових робочих мережах знижують інвестиції в проектувальний та будівничий процеси [2]. Технологічна схема автоматизованої установки ректифікації частково розчинної азеотропної суміші може бути доволі легко оптимізована за допомогою пінч-аналізу. Саме тому є очевидною користь від застосування подібних проектів при розробці аналогічних ректифікаційних установок.

**Опис процесу та збір необхідних даних.** Енерго-функціональна схема установки ректифікації частково розчинної азеотропної суміші до реконструкції зображена на рис. 1.

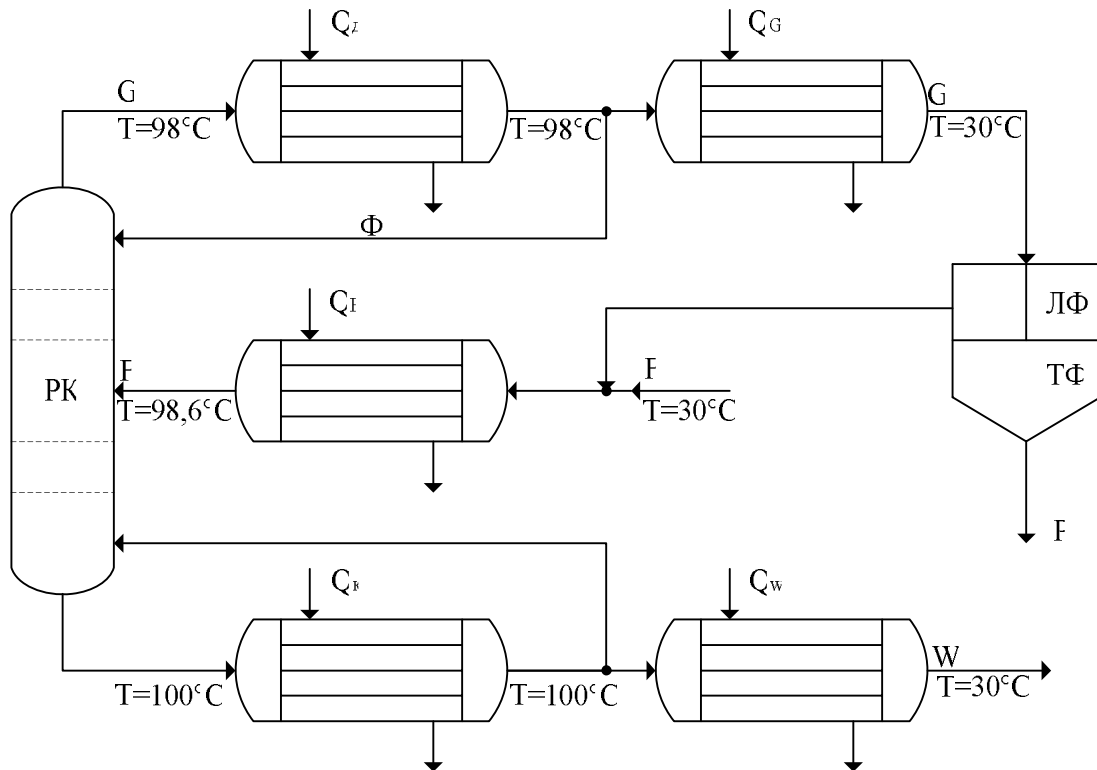


Рис. 1 – Енерго-функціональна схема ректифікації до реконструкції:  
 РК – ректифікаційна колона, ЛФ-ТФ – відстійник; G – пари колони, Ф – флегма,  
 G' – дистилат, F – живлення процесу, F' – живлення колони; W – кубовий залишок

Процес ректифікації суміші в установці, що розглядається, відбувається чином, що описаний нижче.

1) Вихідна суміш поєднується з потоком відстійника, що складається з легких фракцій, та подається до колони.

2) Кубовий залишок з низу колони підігрівається у кип'ятильнику, потім одна його частина повертається до колони, а інша охолоджується до заданої температури.

3) Пара, після виходу з колони, подається на дефлегматор, після якого розділюється на два потоки – флегму та дистилат, один з яких повертається до колони, а інший подається до охолоджувача, після якого прямує у відстійник.

4) У відстійнику відбувається розділення дистилату під дією гравітаційних сил на дві фази: легку – водну фазу і важку – фурфурол, який виводиться з процесу як кінцевий продукт. А легка водна фаза змішується з вихідною сумішшю і повторює цикл.

Як можна бачити з рис. 1 уся необхідна для процесу енергія підводиться ззовні. Задля наочного усвідомлення даних схеми систематизуємо поточкові дані та зведемо їх до таблиці – табл. 1.

Таблиця 1 – Поточкові дані технологічної схеми

№ потоку	Назва потоку	Тип потоку	Температура постачання, $T_s, ^\circ\text{C}$	Цільова температура, $T_r, ^\circ\text{C}$	Теплова потужність, $Q, \text{кВт}$	Потокова теплоємність, $CP, \text{кВт}/^\circ\text{C}$
1	G'	Гар.	98	30	201,137	2,9579
2	W	Гар.	100	30	776,503	11,0929
3	F'	Хол.	30	98,6	963,8984	14,051

Задля правильної і ефективної рекуперації теплової енергії додамо ще два нових потоки, які теж увійдуть до технологічної схеми ректифікації (вони будуть розглянуті далі разом зі вже існуючими). Визначившись з усіма необхідними для пінч-аналізу потоками, розглянемо їх детальніше (з урахуванням їх нових номерів).

Потік № 1 – добутий дистилат. Виходить з точки від'єднання флегми від конденсату з температурою  $98\text{ }^\circ\text{C}$ , охолоджується у цільовому теплообміннику до  $30\text{ }^\circ\text{C}$  та прямує до відстійника. Його теплова потужність  $201\text{ кВт}$ ; потокова теплоємність  $2,96\text{ кВт}/^\circ\text{C}$ .

Потік № 2 – кубовий залишок. Виходить з низу ректифікаційної колони з температурою  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , охолоджується до кінцевої температури

30 °С на прямує на склад. Його теплова потужність 776 кВт; потокова теплоємність 11,1 кВт/°С.

Потік № 3 – частина парів колони (додатковий потік). Від'єднується від основних парів колони, що йдуть до конденсатору, з температурою 98 °С та через власний конденсатор прямує до місця возз'єднання конденсату з температурою 98°С, але вже у стані рідини. Його теплова потужність 899 кВт; потокова теплоємність 899 кВт/°С.

Потік № 4 – живлення колони. Починається у точці злиття потоку живлення процесу та потоку легких фракцій з відстійника за температури 30 °С, проходить через підігрівач вихідної суміші та подається до колони, маючи температуру 98,6 °С. Його теплова потужність 964 кВт; потокова теплоємність 14 кВт/°С.

Потік № 5 – вода на технологію (додатковий потік). Може бути використаний підприємством в будь-яких цілях. Має температуру постачання 10 °С та необхідність нагрітися до цільової температури 80°С. Його теплова потужність 776 кВт; потокова теплоємність 11,1 кВт/°С.

Уся нова інформація додана до тієї, що вже мається у таблиці 1, вона систематизована та зведена до таблиці 2.

Таблиця 2 – Доповнені потокові дані технологічної схеми

№ потоку	Назва потоку	Тип потоку	Температура постачання, $T_s$ , °С	Цільова температура, $T_T$ , °С	Теплова потужність, $Q$ , кВт	Потокова теплоємність, $CP$ , кВт/°С
1	G'	Гар.	98	30	201,137	2,9579
2	W	Гар.	100	30	776,503	11,0929
3	G <sub>1</sub>	Гар.	98	98	899,264	899,264
4	F'	Хол.	30	98,6	963,8984	14,051
5	H <sub>2</sub> O	Хол.	10	80	776,503	11,0929

**Розв'язання проблеми.** З вищенаведеного очевидно, що у існуючому процесі рекуперація відсутня. Для того, щоб вона з'явилася, побудуємо складові криві для кожного типу потоків – холодних та гарячих – з відображенням їх теплоємностей та теплових навантажень.

Оскільки окремі побудови не дадуть нам об'єктивної картини дійсності, на температурно-ентальпійній діаграмі виконаємо спільне зображення гарячої і холодної складових кривих. Маючи задану мінімальну

різницю температур, зрушимо потоки уздовж ентальпійної осі таким чином, щоб можливо було забезпечити рівність  $\Delta T_{\min}=4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 2).

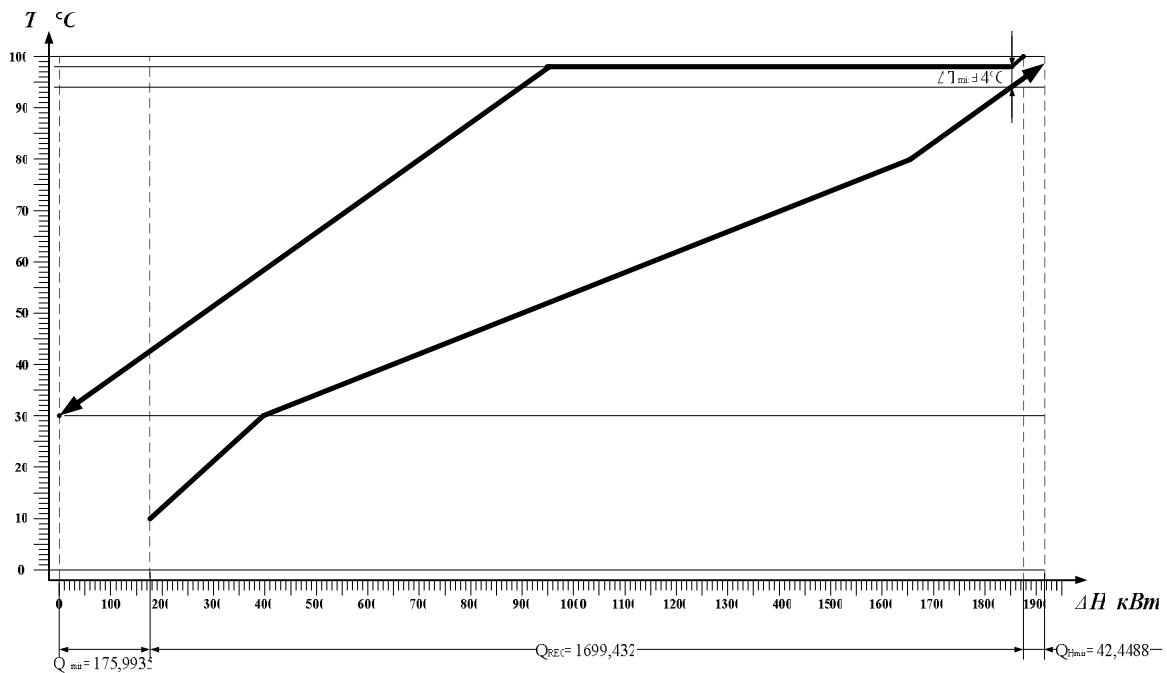


Рис. 2 – Спільне зображення гарячої й холодної складових кривих:

1– гаряча складова крива; 2– холодна складова крива;

$Q_{H\min} = 42,4\text{ кВт}$ ,  $Q_{C\min} = 176\text{ кВт}$  – споживання потужності гарячих та холодних утиліт;  $Q_{\text{REC}} = 1699\text{ кВт}$  – потужність рекуперації

На звичайній технологічній схемі при проектуванні дуже важко провести поділ технологічної схеми ректифікації на підсистему, що перебуває вище пінча, і підсистему нижче пінча. Найбільше зручно це зробити, якщо представити технологічні потоки технологічної схеми ректифікації за допомогою сіткової діаграми, на якій показуються тільки операції теплопередачі.

Розділяємо технологічні потоки ректифікації на дві підсистеми, де вертикальні лінії показують локалізацію пінча. Ліворуч від вертикальних ліній перебуває підсистема потоків, що розташована вище пінча, праворуч – нижче пінча. В області пінча діють найменші рушійні сили теплопередачі, тому це найбільш стиснута область для можливих розміщень рекуперативних теплообмінників. Дійсно, на всіх теплообмінних апаратах у районі пінча мінімальна різниця температур повинна строго дорівнювати  $\Delta T_{\min}=4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Починати проектування теплообмінної мережі необхідно в точці пінча, рухаючись від нього убік.

Тепер ми володіємо усіма необхідними даними та розрахунками. Додержуючись основних постулатів пінч-аналізу – CP-правила та N-правила ( $CP_{in} \leq CP_{out}$ ;  $N_{in} \leq N_{out}$ ) – будемо сіткову діаграму. На ній розміщуємо всі необхідні теплообмінні апарати. Покажемо це на сітковій діаграмі – рис 3.

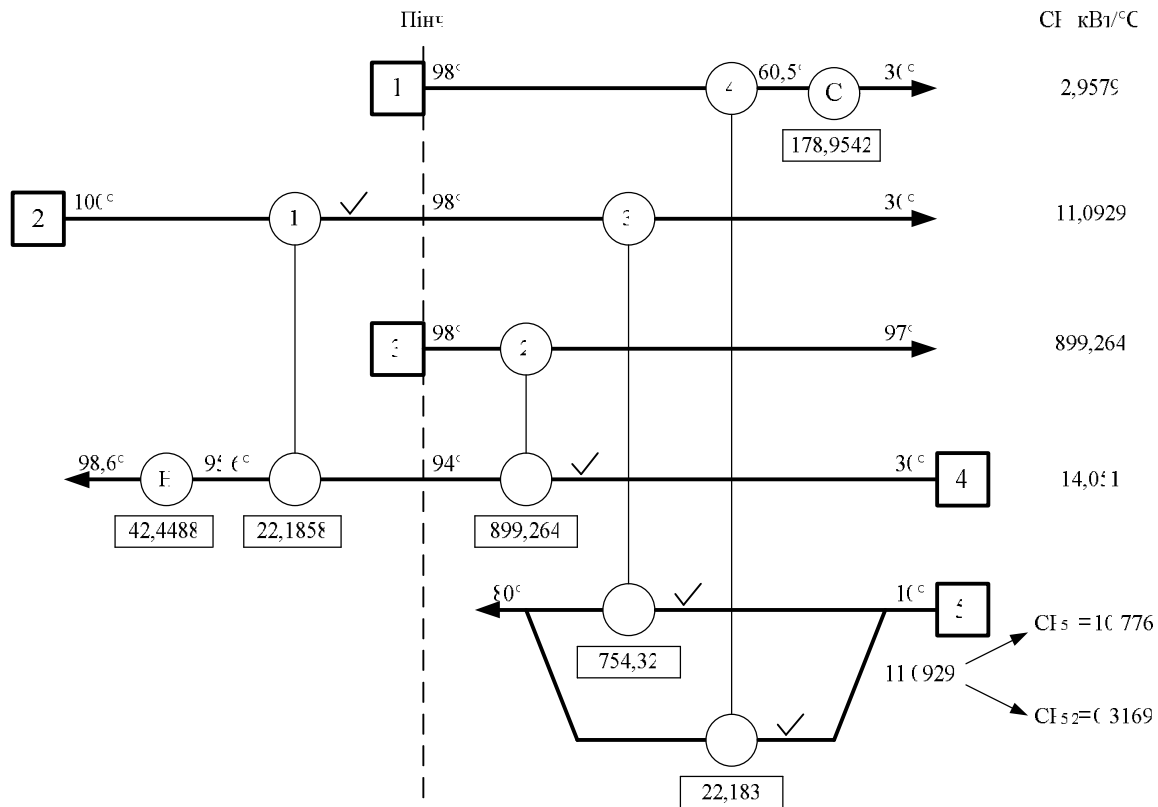


Рис. 3 – Сіткова діаграма технологічних потоків: 1–3 – гарячі потоки; 4–5 – холодні потоки; 1–4 – теплообмінники; Н – нагрівач; С – охолоджувач

Теплове навантаження на кожному з теплообмінників має бути максимізованим. Задля наочності користуємося правилом евристичної відмітки. Виходячи з ситуаційної необхідності задовольнити навантаження на потоці, де вже є присутнім рекуперативний теплообмінник, додаємо на цей потік ще й утилітний. Навантаження кожного теплообмінника вказано під ним у квадратній рамці; V-видна помітка означає, що навантаження потоку, на якому вона стоїть, повністю рекуперується за рахунок розташованих теплообмінників.

Таким чином, спроектовано систему теплообмінників, в тому числі чотири рекуперативних, один нагрівач і два охолоджувача.

На цьому етапі ми закінчили проектування системи теплообміну для обох підсистем: вище пінча й нижче пінча. Умовно «зшиваючи» свій проект на пінчі, отримуємо нову енерго-технологічну схему – рис. 4.

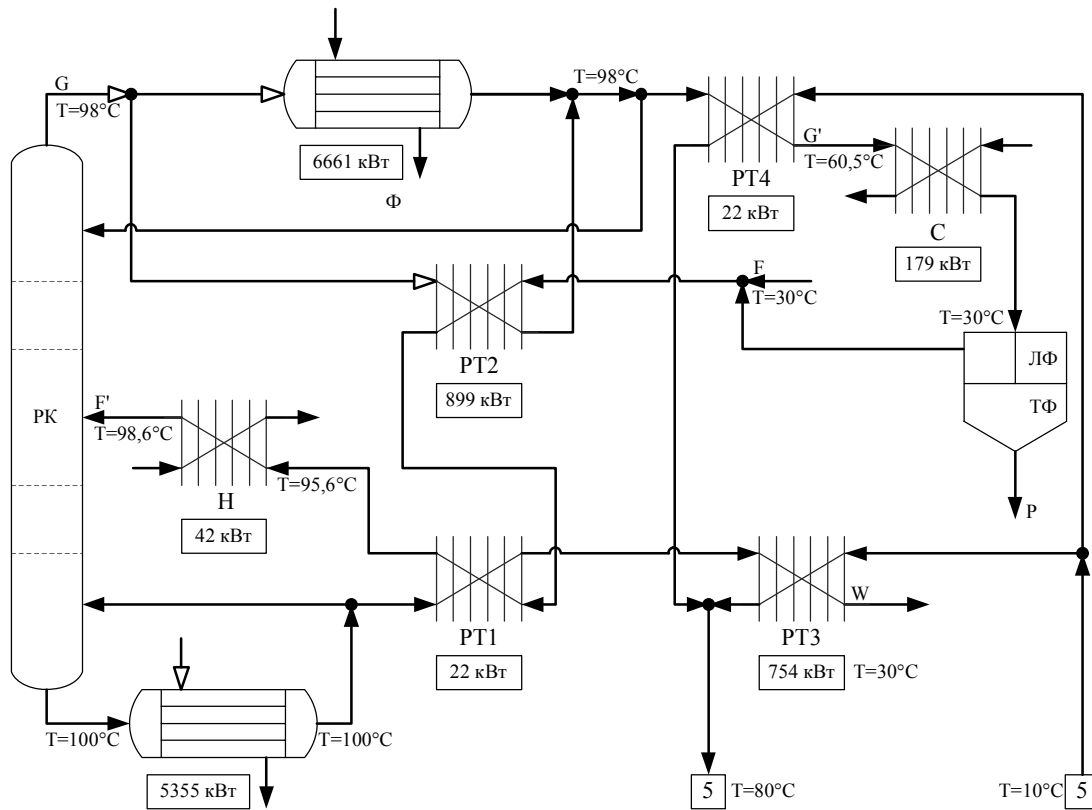


Рис. 4 – Енерго-функціональна схема процесу ректифікації після реконструкції

Результати порівняння витрат енергії утиліт до та після реконструкції наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Порівняння енергетичних характеристик (кВт) існуючої та пропонуваної схем реконструкції теплообмінних мереж технологічної системи ректифікації

Технологічна схема	Гарячі утиліти $Q_{Hmin}$	Холодні утиліти $Q_{Cmin}$
До реконструкції	1876,904	1740,4014
Після реконструкції	42,4488	175,9935

В результаті виконаної роботи для заданого значення  $\Delta T_{min}$  методами пінч-проективання синтезована енерго-технологічна схема теплообмінної системи. Створення рекуперативної системи установки за пропонуваною схемою дозволить знизити потужність гарячих утиліт, що



споживається процесом до 42,44 кВт, а також потужність холодних – до 175,99 кВт.

**Висновки.** Розглянувши схему установки ректифікації суміші фурфурол-вода була екстрагована таблиця початкових потокових даних, створена таблиця потокових даних, яку у подальшому можна застосувати в якості основи як для інтеграції існуючого процесу, так і для проектування нової подібної установки. Самий процес ректифікації суміші в технологічній установці, що розглядається, залишається без змін. Результати аналізу виявили недоліки існуючої теплообмінної системи, які призводять до збільшеного енергоспоживання. Запропоновано нову схему побудови установки ректифікації для аналогічних процесів.

**Список літератури:** 1. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов/ Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 458 с. 2. Мешалкин В.П. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем: Учебн. Пособие/ В.П. Мешалкин, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 412 с. 3. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 9-е./ Касаткин А. Г. – Москва: Химия, 1973. – 750 с.

*Надійшла до редколегії 20.03.2013*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Пінч-аналіз процесу ректифікації суміші фурфурол-вода / Л. М. Ульєв, А. О. Гареv, А. Н. Миронов // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X. : НТУ «ХП». – № 9 (983). – С. 90–97. – Бібліогр.: 3 назв.**

Цель этой работы – провести тепловую интеграцию исходной схемы путём построения составных кривых и сеточной диаграммы рассматриваемого процесса, а также составить новую модифицированную схему процесса ректификации частично растворимой азеотропной смеси с необходимым теплообменным оборудованием и средствами автоматизации.

**Ключевые слова:** ректификация, энтальпия, пинч-анализ, составные кривые, сеточная диаграмма, температурный интервал.

The aims of this work are: to make heat integration of initial scheme using building composite curves and grid diagram of the considered process and to make new modify scheme of the rectification partly soluble azeotropic mixture process with all necessary heat-exchanging equipment and automation facilities.

**Keywords:** rectification, enthalpy, pinch-analysis, composite curves, grid diagram, interval of temperatures.

**Л. М. УЛЬЕВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**М. А. КЕРЖАКОВА**, студент НТУ «ХПИ»

## **ЭКСТРАКЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПИНЧ-АНАЛИЗА ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ НЕФТИ**

В данной статье приводится краткое описание технологического процесса стабилизации нефти. Определены технологические потоки и приведены их основные характеристики. Составлена таблица потоковых данных и построена сеточная диаграмма существующего процесса.

**Ключевые слова:** стабилизация нефти, сеточная диаграмма, потоковая таблица, утилиты.

**Введение.** В настоящее время в Украине в промышленной разработке находится свыше 250 нефтяных и газовых месторождений. Большинство из них имеют начальные добываемые запасы природного газа в среднем на уровне 1.2 млрд куб м, нефти около 700 тыс т.

Шесть крупнейших нефтяных месторождений, имеющих начальные балансовые запасы свыше 35 млн т, обеспечивают около 20% всей добычи нефти в Украине. По природному газу есть четыре крупнейших месторождения (с начальными балансовыми запасами свыше 100 млрд куб м), где добывается около 24% всего объема. При этом доля крупнейших месторождений в общей добыче углеводородов с каждым годом уменьшается. Легкие фракции нефти (углеводородные газы от этана до пентана) являются ценным сырьем, из которого получают такие продукты, как спирты, синтетический каучук, растворители, жидкие моторные топлива, удобрения, искусственное волокно и другие продукты органического синтеза, широко применяемые в промышленности. Поэтому необходимо стремиться не только к снижению потерь легких фракций из нефти, но и к сохранению всех углеводородов, извлекаемых з нефтеносного горизонта, для последующей их переработки.

Причины, указанные выше, показывают на необходимость подготовки нефти к транспорту. Предотвратить потери нефти можно путем полной герметизации всех путей движения нефти. Однако некоторое несовершенство существующих систем сбора и транспорта нефти, резервуаров, технологии налива и слива не позволяет доставить

нефть на переработку без потерь легких фракций. Следовательно, необходимо газы и легкие фракции нефти отобрать в условиях нефтепромысла и направить их для дальнейшей переработки.

Основную борьбу с потерями нефти необходимо начинать с выхода ее из скважины. Ликвидировать потери легких фракций нефти можно в основном применением рациональных систем сбора нефти и попутного нефтяного газа, а также сооружением установок по стабилизации нефти для ее последующего хранения и транспорта [1].

В данной работе рассматривается процесс стабилизации нефти.

**Начальная технологическая схема одноколонной установки стабилизации нефти и её описание.** Технологическая схема представлена на рисунке 1. Поступающая из скважины сырая нефть забирается сырьевым насосом Н-1, прокачивается через трубчатую печь П-1 и при температуре 143°C подается под верхнюю тарелку стабилизационной колонны РК-1. Эта колонна оборудована тарелками желобчатого типа (число тарелок может быть от 16 до 26), верхняя из которых является отбойной, три нижних смесительными. Избыточное давление в колонне от 0,2 до 0,4 Мпа, что создает лучшие условия для конденсации нефтяных газов в сепараторе С-1. Нефть, переливаясь с тарелки на тарелку, встречает более нагретые поднимающиеся пары и освобождается от легких фракций. Температура низа колонны поддерживается в пределах 130-150°C за счет тепла стабильной нефти, подается «горячей струей», что представляет собой стабильную нефть этой же колонны. Циркуляция «горячей струи» осуществляется через печь П1 насосами. Далее нефть проходит аппарат водного охлаждения Х-4 и поступает в резервуары стабильной нефти, откуда она и транспортируется на нефтеперерабатывающие заводы.

Смесь газов и паров, выходящая с верха колонны РК-1, поступает в установку компрессора первой ступени, в которой происходит отделение газов и паров от несконденсированной части в газосепараторе С-1. Этот несконденсированный газ выходит из газосепаратора сверху и далее направляется в компрессор К-1, где сжимается под давлением, затем проходит через холодильник Х-1. Сжиженный газ, отводится с низа газосепаратора, направляется в приемник (на схеме не показан).

Охлажденный несконденсировавшийся газ поступает в установку компрессора второй ступени, а затем и в - третьей ступени, где проходит такой же цикл как и в установке компрессора первой ступени [2].

**Определение технологических потоков процесса стабилизации нефти. Сеточная диаграмма.** Изучение технологической схемы и регламенты работы установок позволяют выделить холодные и горячие потоки указанных процессов и определить их теплотехнические характеристики, необходимые для выполнения тепловой интеграции. При выборе потоков должны выполняться следующие требования: необходимо избегать переопределения задачи; необходимо искать возможность улучшения проектируемой системы за счет изменения условий проведения процесса; необходимо избегать неизотермического смешивания на стадии определения энергетических целей [3,4]. В ходе обследования было выявлено 5 технологических потоков, которые будут использованы для определения энергосберегающего потенциала установки с использованием методов интеграции тепловых процессов:

поток 1 – отбор с низа колонны РК-1  $T_{\text{нач}}=140^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кон}}=15^{\circ}\text{C}$ ,  $G=328,14\text{кг/с}$ ;

поток 2 – газ 1 ступени компрессионной установки  $T_{\text{нач}}=101^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кон}}=53^{\circ}\text{C}$ ,  $G=5,367\text{кг/с}$ ;

поток 3 – газ 2 ступени компрессионной установки  $T_{\text{нач}}=110^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кон}}=53^{\circ}\text{C}$ ,  $G=9,898\text{кг/с}$ ;

поток 4 – газ 3 ступени компрессионной установки  $T_{\text{нач}}=144^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кон}}=53^{\circ}\text{C}$ ,  $G=7,954\text{кг/с}$ ;

поток 5 – сырье стабилизационной колонны РК-1  $T_{\text{нач}}=33^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кон}}=143^{\circ}\text{C}$ ,  $G=163,93\text{кг/с}$ .

Технологическую схему можно преобразовать в сеточную диаграмму технологических потоков рассматриваемых процессов (рис. 2). Данная диаграмма наглядно показывает отсутствие рекуперации тепловой энергии в существующей теплообменной сети и интервалы температур на технологических потоках, в которых можно осуществить рекуперацию тепловой энергии[5-7].

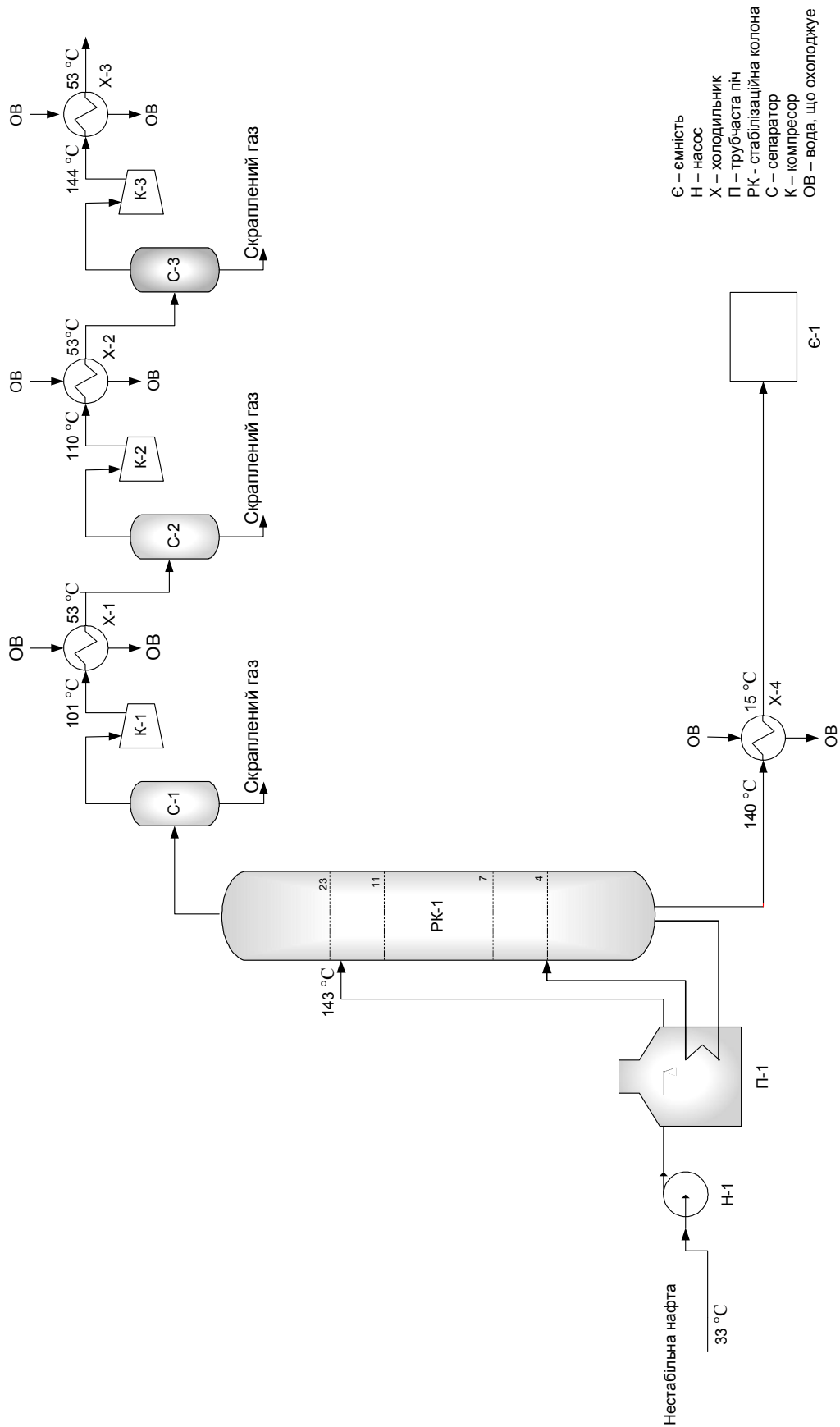


Рис. 1 – Энергофункциональная схема установки стабилизации нефти

Горячие утилиты в процессе, который мы рассматриваем составляют величину 39671,5 кВт, а холодные утилиты – 85744,5 кВт.

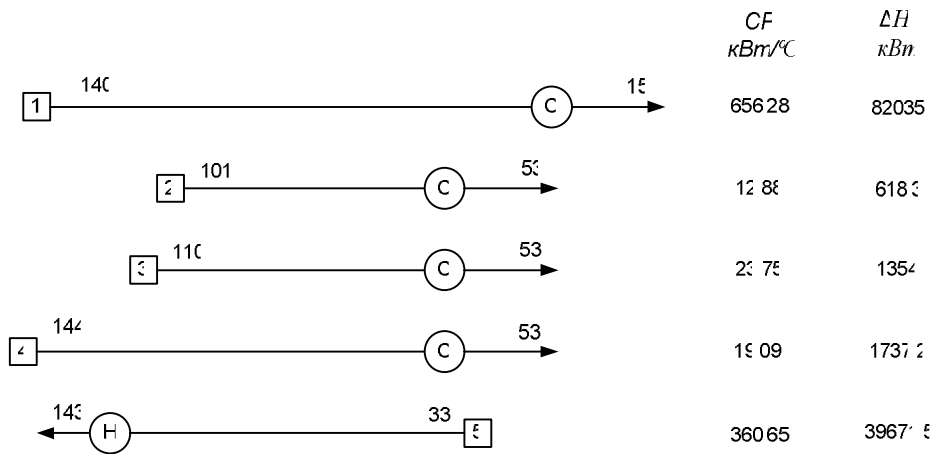


Рис. 2 – Сеточная диаграмма для процесса, что существует: 1 – 4 – горячие потоки, 5 – холодный поток;  $CP$  – поточная теплоемкость;  $\Delta H$  – тепловые нагрузки для каждого потока

Используя результаты изучения технологической схемы, регламент, материальный баланс установки, составляется таблица потоковых данных, которые необходимы для определения тепловой мощности, которую потребляет установка стабилизации нефти на данный момент.

Таблица – Система потоков для анализа энергопотребления установки стабилизации нефти

№ потока	Название потока	Тип	$T_s$ , °C	$T_T$ , °C	$CP$ , кВт/°C	$\Delta H$ , кВт	$\bar{b}$ , кВт/( $m^2 \cdot K$ )	$C_p$ , кДж/(кг K)	$G$ , т/ч
1.	Отбор с низа колонны	гор.	140	15	656,28	-82035	0,1	2	1181
2.	Газ 1 ступени	гор.	101	53	12,88	-618,30	0,06	2,4	19,32
3.	Газ 2 ступени	гор.	110	53	23,75	-1354	0,06	2,4	35,63
4.	Газ 3 ступени	гор.	144	53	19,09	-1737,2	0,06	2,4	28,64
5.	Сырье стаб. колонны	хол.	33	143	360,65	39671,5	0,15	2,2	590,15

В целом, в распоряжении есть 4 горячих технологических потоков и 1 холодный поток с определенными потоковыми данными.

**Вывод.** В результате проведенного обследования установки стабилизации нефти по установленным правилам были экстрагированы потоковые данные, систематизированы и занесены в таблицу. На основе определенных потоков была построена сеточная диаграмма. Определена величина холодных и горячих утилит потребляемые процессом на начальной стадии (до интеграции) и существующая рекуперация тепловой энергии. Подготовительный этап завершен успешно, на основе полученных данных можно проводить дальнейшие расчеты для исчисления необходимых целевых функций процесса.

**Список литературы:** 1. Алиев Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р.А. Алиев. – М.: Недра, 1988. – 63 с. 2. Нурелдин М.Б. Снижение выбросов парниковых газов и преимущества улавливания CO<sub>2</sub> / М.Б. Нурелдин, А.С. Азери, С. Аль-Хашими // Нефтегазовые технологии. 2008 – № 4 – С.106 – 108 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев. – Харьков: Издательский центр НТУ «ХПИ», 2000. – 457 с. 4. Уильям Д. Леффлер. Переработка нефти / Уильям Д. Леффлер. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес». 2004. – 223 с. 5. Товажнянский Л.Л. Интеграция тепловых процессов на установке первичной переработки нефти АВТ А12/2 при работе в зимнее время / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, М.В. Тарновский // Теорет. основы хим. технологии. 2009. – Т. 43, – № 6. – С. 665–676. 6. Plesu V. Catalytic, reforming plant simulation for energy saving and rational use of hydrogen / Plesu V., Baetens D., Bumbac G. // 1<sup>th</sup> Conference on process integration, modeling and optimization for energy saving and pollution reduction. PRES'01. Chemical engineering translations, 2001. – Vol. 2. – p. 489–492. 7. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems / R. Nordman – Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77p.

Поступила в редколлегию 21.02.2013

УДК 658.28:665.63:338.44

**Экстракция данных для пинч-анализа процесса стабилизации нефти / Л. М. Ульев, М. А. Кержакова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 9 (983). – С. 98–103. – Бібліогр.: 7 назв.**

У даній статті наводиться короткий опис технологічного процесу стабілізації нафти. Визначено технологічні потоки і наведено їх основні характеристики. Складена таблиця поточкових даних і побудована сіткова діаграма існуючого процесу.

**Ключові слова:** стабілізація нафти, сіткова діаграма, потокова таблиця, утиліти.

This article provides a brief description of the process of stabilization of oil. Process streams have been identified, their main characteristics were given. Stream table was compiled, and grid diagram of the existing process were build.

**Keywords:** oil stabilization, stream table, grid diagram, utilities.

**О. О. ЛЮБАВІНА**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП»;

**О. М. ПІВЕНЬ**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП»;

**В. Г. МИХАЙЛЕНКО**, канд. техн. наук, вед. н. с. ПІМАШ, Харків;

**О. В. ДОБРОВОЛЬСЬКА**, ст. викладач ХДУХТ, Харків

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТИ ЗАМОЧНОЇ ВОДИ У СОЛОДОРОЩЕННІ

У статті приведені результати досліджень технологічної води, що витрачається та скидається у каналізацію в процесах миття та замочування ячменю. Розглянуто та застосовано ряд методів очистки використаної води. Найбільш ефективною є біологічна очистка замочної води.

**Ключові слова:** виробництво солоду, вода замочна, вода промивна, вода технологічна, методи очищення води.

**Вступ.** У виробництві солоду основний процес, що потребує значних витрат води це миття та замочування ячменю. На цій стадії виробництва солоду витрачається до 90% від усієї потреби у воді. Тому актуальною проблемою солодового виробництва є скорочення водоспоживання на стадії миття та замочки ячменю. Щоб досягнути вологості пророщуваного зерна 47–48 %, потрібно теоретично 0,7 м<sup>3</sup> води на 1 т сухого зерна. Якщо враховувати витрату води на зрошування у солодоростильному апараті, то загальна кількість води на замочування і солодородження становитиме 0,9 м<sup>3</sup> води на 1 т сухого зерна.

Пневматичне замочування зерна, що реалізується у сучасному обладнанні, потребує фактично витрати води 4,1–5,4 м<sup>3</sup>/т. Значна економія води досягається при застосуванні мийного барабану. Замочна і промивна вода у барабані поступає протитоком, тому зерно знаходиться в контакті з чистою водою на стороні його виходу. Водозабезпечення у цьому випадку складає 1 м<sup>3</sup>/т.

Однак при зменшенні витрати води на солодородження збільшується рівень забрудненості використаної замочної води. Забрудненість води залежить також від морфологічних властивостей ячменю,



ступеню попереднього очищення зерна, умов зберігання, забрудненості мікроорганізмами.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.** У солодовій галузі пропонується ряд рішень щодо повторного використання відпрацьованої замочної води. Одним із способів економії води може бути повторне використання замочної води без попереднього очищення. При цьому відзначається, що першу замочну воду для замочування ячменю використовувати без очищення не бажано, тому що в ній крім механічних забруднень містяться дубильні, гіркі речовини та білкові сполуки з оболонки ячменю. Також в процесі замочування екстрагуються інгібітори пророщування ячменю, що негативно буде впливати на процес пророщування.

Відпрацьовану замочну воду можливо використовувати повторно без очищення як першу замочну воду у наступному циклі замочування ячменю. Повторне використання відпрацьованої замочної води може сприяти поліпшенню мікробіологічного стану зерна. Загальна кількість мікроорганізмів збільшується, але їх склад позитивно змінюється. Мікроскопічні гриби, що виділяють ядовиті метаболіти витискаються іншими грибами які не спричиняють токсичної дії на пророщування зерна.[1]

Вважається можливим повторне використання замочної води після її попереднього очищення. Очищення замочної води може проводитися різними способами. Так для цього використовують обробку води коагулянтами, флокулянтами з наступною фільтрацією крізь різні фільтри. Обробляють воду коагулянтом  $Al_2(SO_4)_3$  з додаванням бентоніту або поліамідних препаратів з наступним фільтруванням крізь гравійні та вугляні фільтри. Однак така обробка потребує використання значної кількості реагентів та спричиняє утворення великих об'ємів стічних вод.

Також пропонуються комплексні методи очистки: біологічне очищення замочних вод, освітлення води на тканинних фільтрах та знезараження ультрафіолетом.[2]

**Мета досліджень, постановка проблеми.** Мета нашої роботи - дослідити рівень забрудненості води після замочування, розглянути можливі методи очищення води, з'ясувати можливість її повторного використання. Об'єктом дослідження була вода після миття та замочування ячменю на підприємстві з виробництва солоду Молтюрорп, м.Харків. Основна кількість технологічної відпрацьованої води утворю-

ється під час технологічних операцій: гідротранспорту зерна у замочні апарати – 160 м<sup>3</sup>/доб., після першого замочування – 360 м<sup>3</sup>/доб., після другого замочування – 360 м<sup>3</sup>/доб. Крім того, відпрацьовані води утворюються після зрошення солодових грядок. Всі технологічні відпрацьовані води потрапляють в усереднювач, місткість якого становить – 700 м<sup>3</sup>. З усереднювача відпрацьована вода подається на спеціальне сито для відокремлення зерен і далі подається на заводський колектор. Утворені після виробничого процесу стічні води крізь відстійник та усереднювач скидаються на міські очисні споруди.

Проміжок часу між двома завантаженнями замочних апаратів зерном складає 25,5 год. Кожна наступна операція замочування зерна відбувається зі зсувом на 1,5 год на добу.

Відбір проб відпрацьованої технологічної води проводився в період повного завантаження підприємства. Було відібрано п'ять проб води після замочування та транспортування зерна.

Для забезпечення технологічного процесу підприємство використовує воду підземного джерела, а також невелику кількість водопровідної води яка накопичується для системи питного водопостачання заводу і передається з пивзаводу «Рогань». Якість води, що використовується для миття та замочування ячменю, на підприємстві відповідає стандарту для питної води. Основні показники якості води наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні показники складу технологічної води

№п/п	Показники	Вода підземного джерела	Вода з міського водогону
1	рН	7,25	7,78
2	Завислі часточки, мг/дм <sup>3</sup>	Менше 5	До 8
3	Жорсткість загальна, мг-екв/дм <sup>3</sup>	5,6	5,2
4	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	74,4	33,8
5	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	198,8	54,7
6	Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	22,5	1,4
7	Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	0,63	0,35
8	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,04
9	Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	4,5	4,2

Основні складові у воді з підземного джерела і міського водогону практично мало відрізняються, тому використання тієї чи іншої води у чистому вигляді або у суміші не впливає на технологію замочування

ячменю. Невелике коливання хлоридів, сульфатів може спостерігатися у використаній воді після замочування ячменю.

На підприємстві зерно ячменю ретельно очищують від смітних та зернових домішок і подають у замочні апарати. Замочування та миття зерна проводиться одночасно без розділення цих стадій. Всього використовують два мокрих замочування тривалістю 3–6 годин з інтенсивною подачею стисненого повітря. Після мокрого замочування здійснюється відсмоктування вуглекислого газу та продування шару зерна кондиційованим повітрям. Тривалість замочування у середньому становить 36 год. і скорочується, або подовжується в залежності від якості та морфологічних властивостей ячменю.

**Матеріали досліджень.** Для досліджень відбирали проби води після першого та другого замочування і визначали основні складові: загальну кількість органічних сполук, концентрації солей жорсткості, лужності, нітратів, сульфатів, хлоридів, фенольних речовин, зважених часточок та сухий залишок. У дослідженні використовували загальноприйняті методики хімічного аналізу. У табл. 2 наведено результати дослідження якості вихідної води, що використовується для миття та замочки ячменю.

Таблиця 2 – Основні показники складу води після замочування ячменю та після її очищення

№ п/п	Показники	Замочна вода		Очищена вода
		перша	друга	
1	Жорсткість загальна, мг-екв/дм <sup>3</sup>	5,4–5,6	5,4–5,6	5,4–5,6
2	Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	4,6–4,9	4,6–4,9	4,6–4,9
3	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	4,4–4,7	4,5–4,8	3,9–4,1
4	Магній, мг/дм <sup>3</sup>	1–1,2	1,2–1,4	1,2
5	Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	1,2	1,2–1,5	1,1–1,2
6	Поліфеноли, мг/дм <sup>3</sup>	27–28	26–30	27–28
7	Завислі часточки, мг/дм <sup>3</sup>	300–500	200–300	100–200
8	ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	550–2050	500–2100	200–400
9	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	1800–2050	1900–2200	1800
10	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	230–250	200–230	220–230

**Результати досліджень.** У результаті досліджень виявлено, значне коливання забрудненості замочної води за вмістом органічних сполук (ХСК першої замочної води – 500–1200 мг/дм<sup>3</sup>; ХСК другої замочної води – 500–

2200 мг/дм<sup>3</sup>), що імовірно, залежить від морфологічних властивостей ячменю. Щодо вмісту мінеральних сполук, то коливання їх складу невелике.

Для очищення замочної води використовували ряд традиційних методів для очищення стічних вод. Проводили коагуляцію додаванням до замочної води розчину Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Однак пластівці коагулянту утворювались дрібні та погано осаджувались, і у фільтрованій воді концентрація органічних сполук знижувалась на 8–10%. Для сорбційного очищення замочної води використовували активоване вугілля БАУ. Дослідження показали неефективність сорбційної очистки замочної води з високими концентраціями органічних сполук. Тому для зниження забрудненості замочної води проводили аеробну біохімічну очистку у лабораторній дослідній установці. Після аеробного очищення протягом 12 год концентрація органічних сполук знижувалась на 40 %, а за 24 год – на 60%. На практиці, якщо застосовувати проточно-приточний режим подачі замочної води на біохімічну очистку, можна значно підвищити ефективність процесу та очистити воду на 80–90%. Тому єдиний ефективний метод очищення висококонцентрованих замочних вод – це біохімічне очищення з наступним використанням різних методів доочищення та знезараження.

У конкретних умовах підприємства «Малтюрорп» концентрація органічних речовин ХСК у відпрацьованій замочній воді перевищує у більшості випадків ДВП на скид стічних вод у міську каналізацію. Біологічним аеробним очищенням можливо суттєво знизити концентрацію органічних сполук у замочній воді. За своєю будовою замочний апарат подібний до апарату аеробного біологічного очищення – аеротенку. Тому, якщо один з існуючих замочних апаратів виділити під аеротенк, це практично призведе до реалізації процесу біологічного очищення в аеротенку та наступному відстійнику, який вже експлуатується. Така схема дозволить знизити концентрацію органічних сполук гарантовано на 50%.

**Висновки:** 1) для очищення замочної води доцільно використовувати аеробне біологічне очищення; 2) мікрофлора замочної води добре адаптована до режимів очищення в аеробних умовах; 3) на ефективність очищення практично не впливає вхідна концентрація органічних речовин в межах ХСК 1000–2000 мг/дм<sup>3</sup>; 4) очищену замочну воду доцільно використовувати для першого замочування ячменю. При цьому кількість свіжої води, необхідної для замочування ячменю, та

виробничих стоків, що скидаються у каналізаційну мережу, скорочується на 50%.

**Перспективи подальшого розвитку даного напрямку.** У подальшому необхідно дослідити вплив використання очищеної замочної води на різних стадіях солододорощення та визначити вплив на якість солоду, а також необхідно: 1) дослідити процес знезараження очищеної замочної води та підібрати його режими; 2) провести дослідження по замочуванню та пророщенню ячменю з використанням замочної води; 3) дослідити якість зеленого солоду.

**Список літератури:** 1. Федоренко Б.Н. Инженерия пивоваренного солода: Учеб.-справ.пособие / Федоренко Б.Н. – СПб.: Профессия, 2004. – 248 с. 2. Нарцисс Л. Пивоварение: в 2 т. / Нарцисс Л., перевод с нем. Под общ. ред. Г.А.Ермолаевой и Е.Ф. Шаненко. – СПб.: Профессия, 1989. – Т.1: Научные основы и технологии. 1989. – 953 с. 3. Нарцисс Л. Пивоварение: в 2 т. / Нарцисс Л., перевод с нем. Под общ. ред. Г.А.Ермолаевой и Е.Ф. Шаненко. – СПб.: Профессия, 2007. – Т.2: Технология солодоращения. 2007. – 584 с.

*Надійшла до редакції 26.02.13*

УДК 663.433

**Дослідження можливості скорочення витрати замочної води у солододорощенні / О. О. Любавина, О. М. Півень, В. Г. Михайленко, О. В. Добровольська // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». – № 9 (983). – С. 104–109. – Бібліогр.: 4 назв.**

В статье приведены результаты исследований технологической воды, которая тратится и сбрасывается в канализацию в процессе мытья и замачивания ячменя. Рассмотрены и применены методы очистки использованной воды. Наиболее эффективной является биологическая очистка замочной воды.

**Ключевые слова:** производство солода, вода замочная, вода промывная, вода технологическая, методы очистки воды.

In article results of researches of technological water which is spent and dumped in the water drain during washing and soakings of barley are resulted. Methods of clearing of the used water are considered and applied. The most effective is biological clearing of key water.

**Keywords:** manufacture of malt, water key, water washing, technological water, methods of water treating.

**В. А. ШЛЯПНИКОВ**, д-р техн. наук, нач. отдела Института сельского хозяйства Крыма, Симферополь;

**М. О. ШЛЯПНИКОВ**, мл. н. с. Института сельского хозяйства Крыма, Симферополь;

**И. Н. ДЕМИДОВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»

## **СКОРОСТЬ СВОБОДНОЙ ДЕКАНТАЦИИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ**

В статье предлагается методика определения скорости свободной декантации эфирных масел, с помощью которой экспериментально определены основные параметры этого процесса. Установлено, что разделение воды и эфирного масла происходит в переходном гидродинамическом режиме ( $Ar > 36$ ). Определены предельно допустимые скорости движения дистиллята в приемнике – разделителе при противоточном и прямоточном движении воды и эфирного масла.

**Ключевые слова:** эфирные масла, свободная декантация, гидродинамический режим.

**Введение.** Производство эфирных масел в Украине за последние годы существенно снизилось. Вместе с тем, спрос на эфирные масла как со стороны отечественных так и зарубежных потребителей остаётся достаточно высоким. Существуют и возможности для восстановления объёмов этого производства и его дальнейшего развития. Этой цели служат и работы по дальнейшему совершенствованию оборудования для производства эфирных масел.

Декантация эфирных масел относится к гидромеханическим процессам разделения жидких смесей под действием силы тяжести и, следовательно, подчиняется тем же закономерностям, что и процессы осаждения (отстаивания) широко используемые в технике.

Основной характеристикой гравитационного разделения является скорость осаждения, определяющая гидродинамику процесса. При ламинарном режиме осаждения ( $Re < 2$ ) Стоксом [1] была получена следующая зависимость для определения скорости осаждения шарообразной частицы:

$$W = \frac{d^2 \cdot (\rho - \rho_c) \cdot g}{18 \cdot \mu}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр частиц;  $\rho$  и  $\rho_c$  – удельный вес соответственно частицы и среды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu$  – вязкость среды,  $\text{спз}$ ;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/сек}^2$ .

Определить численные значения скорости декантации эфирных масел по закону Стокса невозможно в следствии того, что за счет коагуляции капель эфирного масла их размер в процессе декантации непрерывно и не предсказуемо меняется.

В этой связи уравнение (1) характеризует процесс декантации эфирных масел только с качественной стороны, что недостаточно для решения практических задач.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Гидродинамика процесса декантации эфирных масел не изучалась. Имеются лишь рекомендации [2, 3, 4] о скоростях движения дистиллята в приемнике – разделителе при прямоточном и противоточном движении воды и эфирного масла. При прямотоке скорость движения дистиллята должна составлять 0,001 м/с, при противотоке 0,0005 м/с. Никаких экспериментальных или теоретически обоснованных данных, подтверждающих эти параметры в литературе не обнаружено.

**Формулировка целей статьи.** Таким образом, необходимо накопить экспериментальные данные, определить предельно допустимые скорости движения дистиллята в приемнике – разделителе при противоточном и прямоточном движении воды и эфирного масла.

**Материалы исследований.** Анализ работ в области гидромеханических процессов показал, что для расчета диаметра капель эфирных масел целесообразно использовать зависимость  $L_y = f(Ar)$ , где  $L_y$  – критерий Лященко:

$$L_y = \frac{W_g^2 \cdot \rho^2}{\mu_1 \cdot (\rho_1 \cdot \rho_2) \cdot g}, \quad (2)$$

где  $W_g$  – скорость свободной декантации эфирного масла;

$\rho_1, \rho_2$  – плотность соответственно воды и эфирного масла;

$\mu_1$  – вязкость воды.

Расчет ведется следующим образом: по уравнению (2) определяют критерий Лященко, затем по графику [5] находят значения критерия  $Ar$  соответствующее значению  $L_y$ .

**Результаты исследований.** Минимальный диаметр капель эфирных масел, декантирующих при скорости  $W_g$ , для которой был рассчитан критерий  $L_y$  определяют:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{Ar \cdot \mu^2}{(\rho_1 - \rho_2) \cdot \rho_1 \cdot g}}, \quad (3)$$

Скорость свободной декантации эфирных масел (движение капли эфирного масла в неподвижной среде) определяли следующим образом.

В стеклянный цилиндр рабочей высотой 1 м заполненный водой снизу через резиновый патрубкок с помощью микрошприца вводилась эфирное масло. Объем разовой дозы эфирного масла составлял 10 мкл, при этом образовывалась одна капля, которая поднималась вверх. Время прохождения пути длиной 1 метр измеряли секундомером.

В результате обработки экспериментальных данных установили, что скорость декантации одной капли, например, кориандрового эфирного масла составляет  $0,067 \pm 0,0015$  м/с. Однако этот показатель не может характеризовать реальный процесс, поскольку эфирное масло поступает в приемник – разделитель в диспергированном состоянии, причем диаметр капель экспериментально определить невозможно.

В этой связи методика определения скорости свободной декантации эфирных масел была изменена. Смесь эфирного масла и воды в соотношении 1:35 (что соответствует производственным данным при переработке сырья на аппаратах непрерывного действия) взбалтывали на вибростоле с частотой вертикальных колебаний  $3,2 \text{ с}^{-1}$  в течении 10 сек. Полученную эмульсию вводили в стеклянный цилиндр и измеряли время прохождения пути длиной 1 м по последней визуально наблюдаемой капле эфирного масла. Эксперименты проводили при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Характеристики процесса декантации эфирных масел приведены в табл. Как видно из приведенных данных табл. скорость декантации кориандрового эфирного масла из эмульсии в 5,2 раза ниже, чем скорость декантации чистого масла. Численные значения критерия  $Ar$  табл. показывают, что для всех исследованных эфирных масел процесс их декантации осуществляется в переходном режиме между ламинарным ( $Ar > 36$ ) и турбулентным ( $Ar < 83000$ ) и для расчета скорости декантации эфирных масел может быть использована известная зависимость [6]:  $Re = 0,152 Ar^{0,715}$ .



Таблица – Характеристики процесса декантации эфирных масел

Показатели	Ед. изм	Эфирное масло		
		Кориандровое	Лавандовое	Мятное
Плотность эфирного масла при 20°C.	кг/м <sup>3</sup>	870	884	910
Скорость свободной декантации	м/с	0,0127	0,0114	0,009
Минимальный диаметр капель	мк	187	182	188
Критерий Ag	–	800	650	550

Отметим, что независимо от состава эфирных масел, их плотности и скорости декантации диаметры капель для всех эфирных масел практически одинаковы и составляют в среднем 185 микрон, что свидетельствует о едином механизме их образования.

При повышении температуры процесса декантации эфирных масел с 20 °С до 70 °С интенсивность разделения воды и эфирного масла, характеризирующаяся симплексом  $(\rho_1 - \rho_2) / \mu_1$  возрастает в 3 раза [7], что уменьшает до 45 мк минимальный размер декантируемых капель масла и как следствие существенно повышает эффективность разделения.

Проведенные исследования позволили определить пределы допустимых скоростей движения дистиллята в приемнике – разделителе.

При прямоточном движении воды и эфирного масла скорость дистиллята для существующего способа декантации не должна превышать скорость свободной декантации более чем в 2 раза, так как в противном случае затруднен процесс коагуляции капель эфирного масла.

При противоточном движении воды и эфирного масла скорость дистиллята не должна превышать скорости свободной декантации эфирных масел, так как в противном случае будет унос эфирного масла из приемника – разделителя.

Из исследованных эфирных масел наименьшая скорость свободной декантации у мятного эфирного масла (0,009 м/с). Приняв ее в качестве лимитирующей получим, что скорость дистиллята на свободное сечение аппарата для разделения воды и эфирного масла должна составлять: при прямотоке не более 0,02 м/с, при противотоке не более 0,005 м/с.

Эти параметры больше рекомендованных ранее [2, 3, 4] соответственно в 20 и 10 раз, что позволяет при разработке новых конструкций приемников – разделителей воды и эфирного масла существенно уменьшить их объем и металлоемкость.

**Выводы.** Экспериментально определены основные параметры процесса декантации эфирных масел. Установлено, что разделение воды и эфирного масла происходит в переходном гидродинамическом режиме ( $Ar > 36$ ). Определены предельно допустимые скорости движения дистиллята в приемнике – разделителе при противоточном и прямоточном движении воды и эфирного масла.

**Список литературы:** 1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / Касаткин А.Г. – М.: Химия, 1971. – 784 с. 2. Обухов А.Н. Технология эфиромасличного производства / Обухов А.Н., Кондрацкий А.П. – М.: Пищепромиздат, 1946. – 391 с. 3. Сидоров И.И. Технология натуральных эфирных масел и синтетических душистых веществ / Сидоров И.И., Турьшева Н.А., Фалива Л.П. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 369 с. 4. Георгиев Е.В. Технология на естествените и синтетичните ароматни продукти / Георгиев Е.В. – София: Земиздат, 1995. – 420 с. 5. Справочник химика / научн. ред. Никольский Б.Н. и др. – Л.: Химия, 1966. – 1170 с. 6. Романков П.Г. Гидродинамические процессы химической технологии / Романков П.Г., Курочкина М.И. – М.: Химия, 1974. – 288 с. 7. Температурная зависимость плотности эфирных масел / Шляпников В.А., Шляпников М.О., Самсонова М.В. // Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». 2011. – Вып. 138. – С. 43–45.

Надійшла до редколегії 26.02.13

УДК 665.52

**Скорость свободной декантации эфирных масел / В. А. Шляпников, М. О. Шляпников, И. Н. Демидов** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 110–114. – Бібліогр.: 7 назв.

У статті пропонується методика визначення швидкості вільної декантації ефірних масел, за допомогою якої експериментально визначені основні параметри цього процесу. Встановлено, що розподіл води й ефірного масла відбувається в перехідному гідродинамічному режимі ( $Ar > 36$ ). Визначені гранично припустимі швидкості руху дистилляту в приймачі-роздільнику при протиточному і прямоточному русі води й ефірного масла.

**Ключові слова:** ефірні масла, вільна декантація, гідродинамічний режим.

The article is devoted to the definition method of free decantation speed of essential oil. The main experimental parameters were determined, using this method. It is found, that separation of water and an essential oil occurs during a transitive hydrodynamical mode ( $Ar > 36$ ). Maximum permissible speeds of of distillate moving in the receiver-divider (at counter-flow and direct-flow) were determined.

**Keywords:** essential oils, free decantation, hydrodynamic regime.

**Л. М. УЛЬЕВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**С. В. ГРИЦАЙ**, студент НТУ «ХПИ»

## **ЭКСТРАКЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПИНЧ-АНАЛИЗА ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ ЭТАНОЛ –ВОДА**

Цель данной статьи заключается в исследовании работы ректификационной колонны, установки по разделению гомогенной смеси этанол-вода и определение потоков, которые могут быть использованы для интеграции. Актуальность статьи заключается в том, что в мире остро стоит вопрос энергосбережения, вследствие роста цен на энергию, использование которой влияет на себестоимость готовой продукции

**Ключевые слова:** экстракция данных, ректификация, сеточная диаграмма, пинч.

**Введение.** Химическая промышленность является наибольшим потребителем различных природных ресурсов, а отходы этой отрасли загрязняют окружающую среду. Ректификация является энергоемким процессом, обеспечение рационального использования ресурсов и сокращения вредного экологического влияния возможно на основании анализа и применения интеграционных методов, которые базируются на методах пинч-анализа. Интегрированные технологии и пинч-анализ способны четко определить возможности энергосбережения и минимизировать растраты тепловой энергии и капитальных вложений, как новых проектных объектов, так и реконструкции старых.[1]

**Описание технологии.** Принципиальная технологическая схема представлена на рис.1. Начальная смесь из емкости Е1 насосом Н1 подается на подогрев до температуры питания в подогреватель П. С подогревателя начальная смесь поступает на питающую тарелку ректификационной колонны. В ректификационной колонне происходит разделение исходной смеси на дистиллят и кубовый остаток. В верхней части колонны пары низкокипящего компонента подаются на конденсацию в дефлегматор после чего разделяется в распределителе на поток флегмы и поток дистиллята. Флегма возвращается в верхнюю часть колонны на орошение, а дистиллят подается в холодильник Х2, где охлаждается до заданной технологической температуры, после чего попадает в приемную емкость Е3, откуда насосом Н3 подается потребителю.

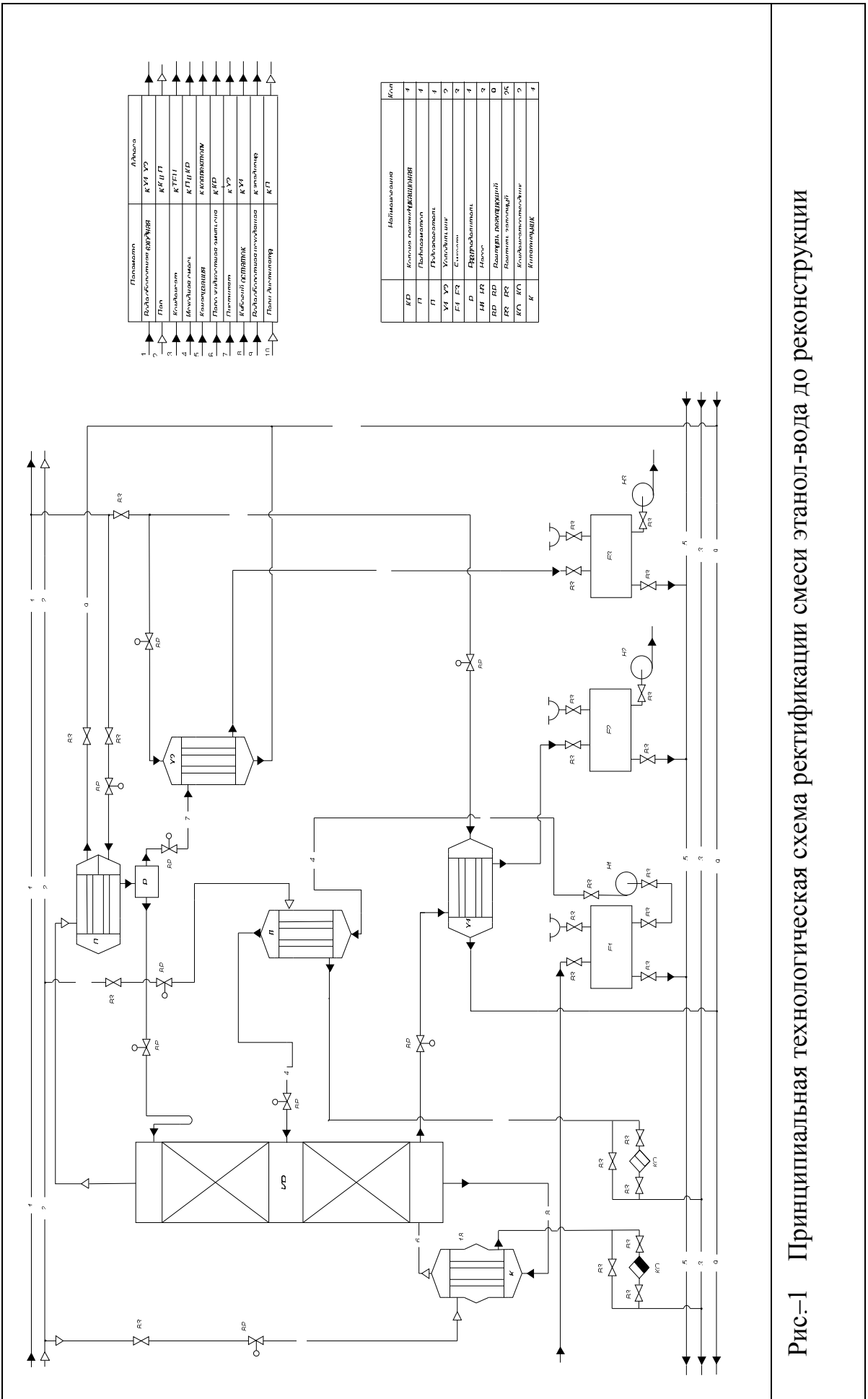
Кубовый остаток из нижней части колонны подается в холодильник X1, где охлаждается до заданной температуры и поступает в приемную емкость E2, откуда насосом H2, подаваемой потребителю [2,3].

Подогрев исходной смеси в подогревателе П и кипения жидкости в кубовом испарителе происходит за счет подачи водяного насыщенного пара, имеющий давление  $P = 2,5$  атм. Охлаждение дистиллята и кубового остатка в холодильниках X1 и X2, а также конденсация пара в дефлегматоре происходит за счет оборотной воды, имеющий начальную температуру  $t_n = 18$  °С и конечную температура  $t_k = 30$  °С.

Как видим технологический процесс требует больших затрат тепловой энергии, которая с каждым годом становится все дороже. По такой схеме тепловая энергия дистиллята и кубового остатка не используется, ее можно использовать для подогрева исходной смеси, тем самым сократить расходы как греющего пара так и охлаждающей воды. Самый рациональный способ для новой технологической схемы.

Методы пинч-анализа позволят разработать и спроектировать новую технологическую схему, которая позволит без ухудшения качества технологического процесс, значительно сократить потребление тепловых энергоносителей и отказаться от дорогостоящего оборудования, что позволит увеличить конкурентоспособность изготавливаемой продукции.

**Данные для интеграции.** Анализируя технологическую схему к реконструкции, мы видим, что подогрев исходной смеси осуществляется за счет водяного насыщенного пара до температуры  $t_F = 79$  ° С. одновременно с этим кубовый остаток от температуры  $t_w = 94$  ° С и дистиллята от  $t_p = 84$  ° С охлаждается в специальных холодильниках до температуры  $t_k = 30$  ° С. По такой схеме тепловая энергия дистиллята и кубового остатка не используется, а напротив для охлаждения этих потоков используется большое количество энергии. А поток с исходной смесью напротив необходимо нагревать до целевой температуры, расходуя дорогостоящей водяной пар. Из этого можно сделать вывод , что энергию дистиллята и кубового остатка следует направить на использования для подогрева исходной смеси, тем самым произвести рекуперацию тепловой энергии и сократить расходы как греющего пара так и охлаждающей воды, что будет экономически выгодно.



Плановый	Линейка
1	Водоочистительная установка
2	Площ
3	Испаритель
4	Источник пара
5	Компрессор
6	Паросиломоторная установка
7	Препаратор
8	Вафельный фильтр
9	Паросиломоторная установка
10	Паросиломоторная установка
11	Паросиломоторная установка

Символ	Наименование	Количество
КР	Колесная передача	4
П	Помпостанция	4
П	Продуватель	4
УЭ	Уплотнитель	4
ФЭ	Фланец	4
Д	Двигатель	4
ИЛ	Испаритель	4
ВР	Вафельный фильтр	4
СР	Силомоторная установка	4
КС	Колодезь	4
В	Водоочистительная установка	4
К	Конденсатор	4

Рис-1 Принципиальная технологическая схема ректификации смеси этанол-вода до реконструкции

Таблица 1 – Поточковые данные технологической схемы

№ потока	Наименование потока	Тип потока	G, кг/с	C, кДж/кг град	T <sub>S</sub> , °C	T <sub>T</sub> , °C	ΔH, кВт	CP, кВт/°C
1	F	Хол.	3,889	3,54	25	84	812,5	13,771
2	P	гор	1,496	2,70	79	30	197,1	4,022
3	W	гор	2,393	4,04	94	30	622,5	9,727

Обозначения. G – массовый расход, кг/с; C – удельная теплоёмкость, кДж/(кг\*град); T<sub>S</sub> – начальная температура потока, °C; T<sub>T</sub> – конечная температура потока, °C; ΔH – потоковая теплоёмкость, кВт; CP – потоковая теплоёмкость, кВт/°C.

Самый рациональный способ для новой технологической схемы. По результатам аудита схемы процесса ректификации были рассчитаны материальный и тепловой баланс, определены значения материальных и тепловых потоков исходной смеси, дистиллята и кубового остатка. Эти потоковые данные технологической схемы приведены в табл. 1

**Сеточная диаграмма.** По данным таблицы 1 построим сеточную диаграмму рис. 2

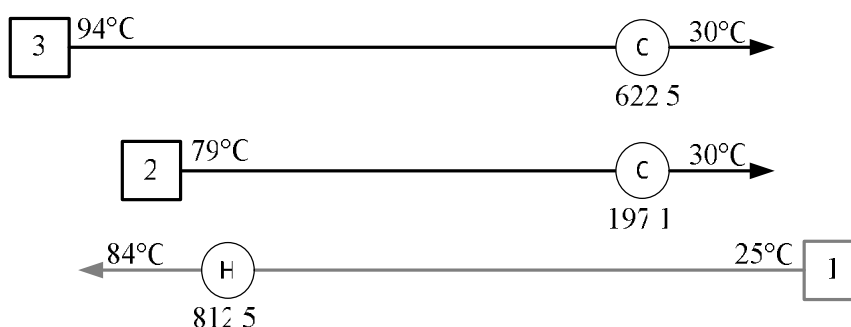


Рис. 2 – Сеточная диаграмма технологической схемы ректификации смеси этанол – вода: 1 – холодный поток; 2, 3 – горячие потоки, T – температура потока, °C, Q – тепловая нагрузка утилит, кВт

На сеточной диаграмме хорошо видны потоки и количество энергии которое следует подвести или забрать с каждого потока. Все это энерго

ресурс за которой нужно постоянно платить, цена за который перекладывается на себестоимость продуктов производства, что в свою очередь не мало важно влияет на конкурентоспособность производства на рынке в целом. Таким образом утилиты ,где используется подогревающий пар и охлаждающая вода стоимость которых растет с каждым годом, в дальнейшем можно сократить с помощью методов пинч-анализа

**Заключение.** Изучив процесс ректификации смеси этанол-вода был произведен сбор данных о процессе. На основе данных произведены расчеты характеристик основных потоков процесса, в которых были замечены недостатки и отсутствие оптимизации. Создана таблица потоковых данных и построена сеточная диаграмма исследуемых потоков. Эти данные в дальнейшем будут служить основой для интеграции и оптимизации существующего процесса ректификации, построения составных кривых, определения энергосберегающего потенциала, определения энер-гоэффективности установки в целом.

**Список литературы:** . 1. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л.,Капустенко П.А., Ульев Л.М., Основы интеграции тепловых процессов, авт. – Харьков: ХГПУ, 2000 г. – С. 457. 2.Багатуров С.А. Теория и расчет перегонки ректификации. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 436 с. 3. Пельперин Н.И. Дистилляция и ректификация. – М. – Л.: Госхимиздат, 1947. – 312 с.

*Надійшла до редколегії 30.03.2013*

УДК 66.048.3:62-73

**Экстракция данных для пинч-анализа процесса ректификации смеси этанол –вода / Л. М. Ульев, С. В. Грицай // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 115–119. – Бібліогр.: 3 назв.**

Мета даної статті полягає в дослідженні роботи ректифікаційної колони, установки по розділенню гомогенної суміші етанол-вода і визначення потоків, які можуть бути використані для інтеграції. Актуальність статті полягає в тому, що в світі гостро стоїть питання енергозбереження, внаслідок зростання цін на енергію, використання якої впливає на собівартість готової продукції.

**Ключові слова:** екстракція даних, ректифікація, сіткова діаграма, пінч.

The purpose of this paper is to investigate the work of the distillation columns, set on the separation of a homogeneous mixture of ethanol-water, and the definition of threads that can be used for integration. The urgency of the article is that the world is an issue of energy saving due to rising prices for energy, the use of which affect the cost of the finished product.

**Keywords:** data extraction, rectification, grid diagram, pinch

*Л. М. УЛЬЕВ*, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
*Д. Д. НЕЧИПОРЕНКО*, аспирантка НТУ «ХПИ»;  
*О. Ю. ВАЛЕНОВА*, студентка НТУ «ХПИ»

## **ПИНЧ-ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕГРАЦИЯ БЛОКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600**

В работе выполнена пинч-интеграция блока каталитического риформинга на установке Л/35-11/600. С помощью методов пинч-проектирования построена сеточная диаграмма предложенного проекта рекуперации тепловой энергии. На основе сеточной диаграммы системы рекуперации предложена энерго-технологичная схема блока каталитического риформинга, в которой значительно увеличена мощность рекуперации. Также в работе описаны затраты на проектирование и срок окупаемости данного проекта.

**Ключевые слова:** пинч-интеграция, риформинг, теплообмен, пинч-анализ, сеточная диаграмма, утилиты, срок окупаемости.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями.**

Энергия – необходимый элемент для живого организма, сообщества, а также для любой химической и физической системы [1]. Для поднятия общего жизненного уровня населения планеты, достигнутого в разных странах, потребуется почти десятикратное увеличение энергетического производства, реально это невозможно из-за ограниченности и усложнения добычи основных энергоресурсов, а также из-за губительного воздействия энергетических объектов на окружающую среду. Поэтому необходим переход к деятельности, обеспечивающей уменьшение потребления энергии по отношению к валовому национальному продукту, и создание новых более эффективных способов получения энергии. В этом плане возможности химии велики. Первое направление, где химия может быть эффективной – разработка технологий, обеспечивающих уменьшение затрат энергии на единицы продукта. Второе – создание новых видов топлива, обеспечивающих энергетическую и экологическую эффективность. Третье – новые эффективные технологии получения энергии. Одним из



важных направлений ресурсосбережения в химической промышленности является энергосбережение.

На первоначальном этапе разработки методологии создания ресурсосберегающих химико-технологических систем были предложены методы синтеза рекуперативных тепловых систем. Одним из наиболее известных методов синтеза оптимальных рекуперативных тепловых систем является пинч-метод с использованием составных тепловых кривых. Литературные данные, опубликованные в различных источниках [2–5], говорят о том, что при использовании методов пинч-анализа, можно сократить энергопотребление предприятия практически в 2 раза.

### Теплоэнергетическая интеграция.

Ранее в работе [6] было начато решение проблемы по энергосбережению процесса каталитического риформинга на установке Л-35-11/600.

На основании обследования существующей технологической схемы, которая также была рассмотрена в работе [6], была построена сеточная диаграмма существующего процесса (рис. 1).

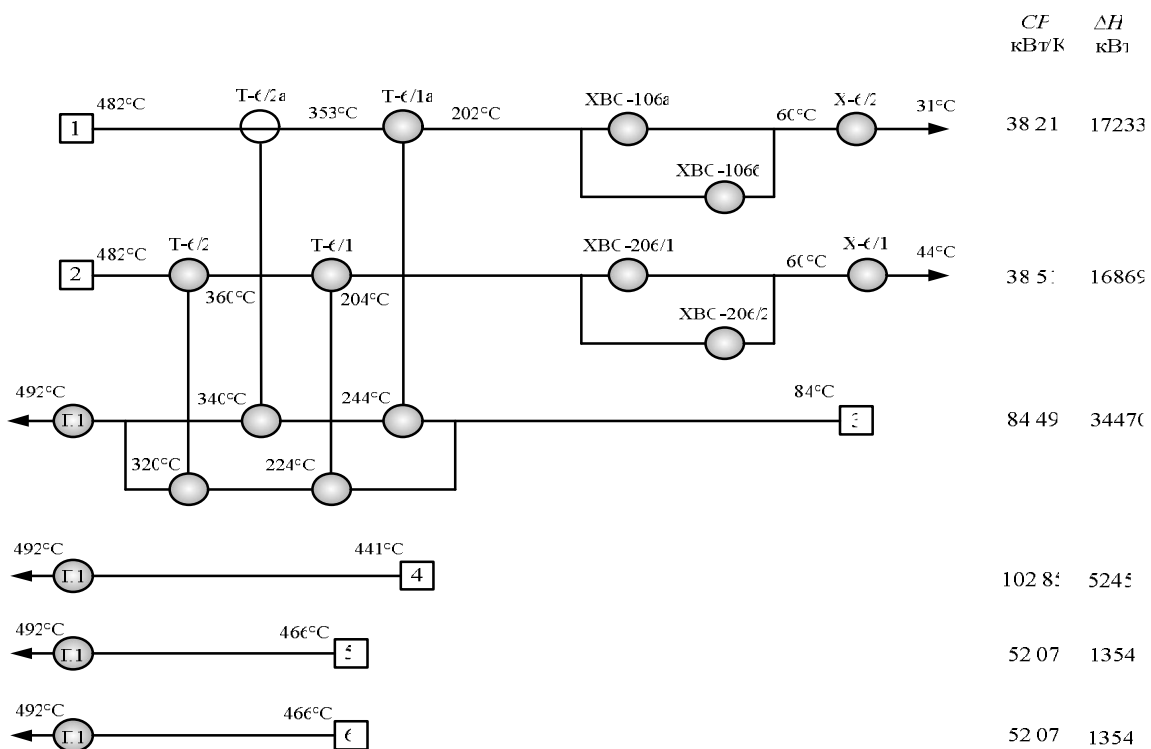


Рис. 1 – Сеточная диаграмма существующего процесса

Для того, чтобы синтезировать интегрированную систему теплообмена рассматриваемых процессов, построим сеточную диаграмму технологических потоков и отметим на ней локализацию пинча, а также с помощью методов пинч-проектирования разместим на ней теплообменные аппараты. На рисунке 2 представлена сеточная диаграмма для проекта реконструкции теплообменной сети. Тепловая интеграция выполняется за счет создания двух независимых подсистем выше и ниже пинча.

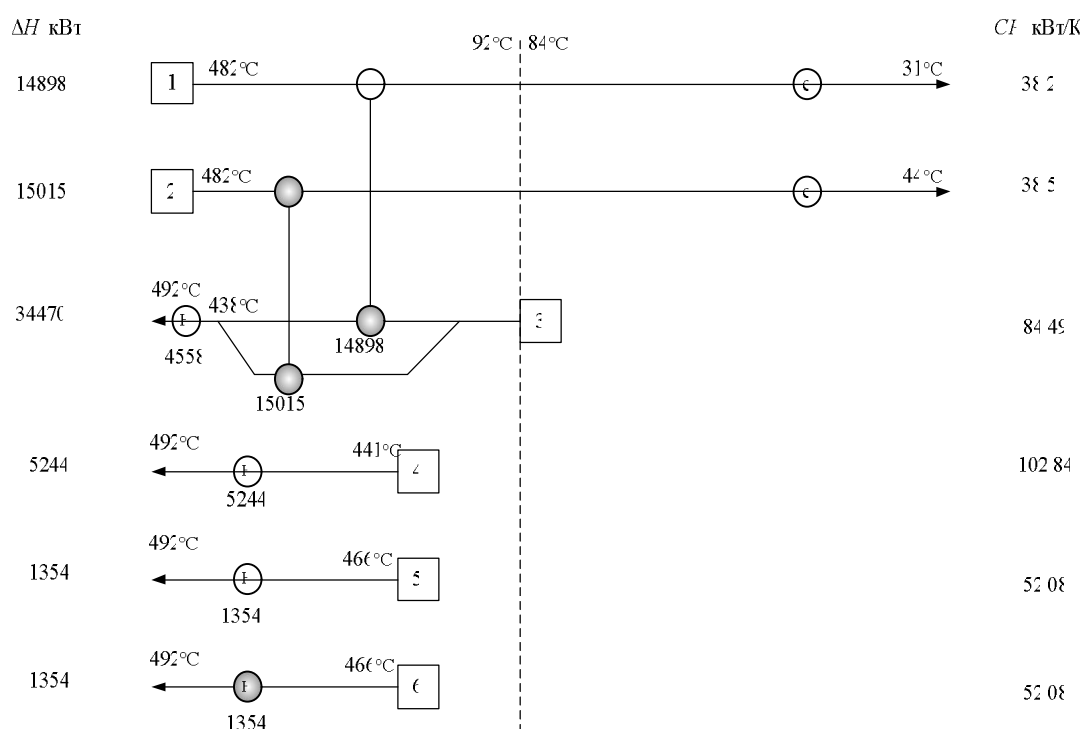


Рис. 2 – Сеточная диаграмма интегрированного процесса

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной 92°C, и соответственно для холодных потоков – 84°C. Горячие утилиты приобретают значение равное  $Q_{Hmin} = 13$  МВт, что на 59% меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время. Значение холодных утилит составляет  $Q_{Cmin} = 4,8$  МВт что на 33% меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время.

Мощность рекуперации тепловой энергии в интегрированной системе с  $\Delta T_{min} = 8^\circ\text{C}$  достигнет значения  $Q_{rec} = 29,2$  МВт. Таким образом, с помощью углубления теплоэнергетической интеграции в

процессе каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 можно уменьшить энергопотребление на 8,2 МВт.

Благодаря расчету пинча и построению сеточной диаграммы существующего и интегрированного процесса можно создать проект реконструкции блока каталитического риформинга технологической схемы установки Л-35-11/600, как показано на рис. 3.

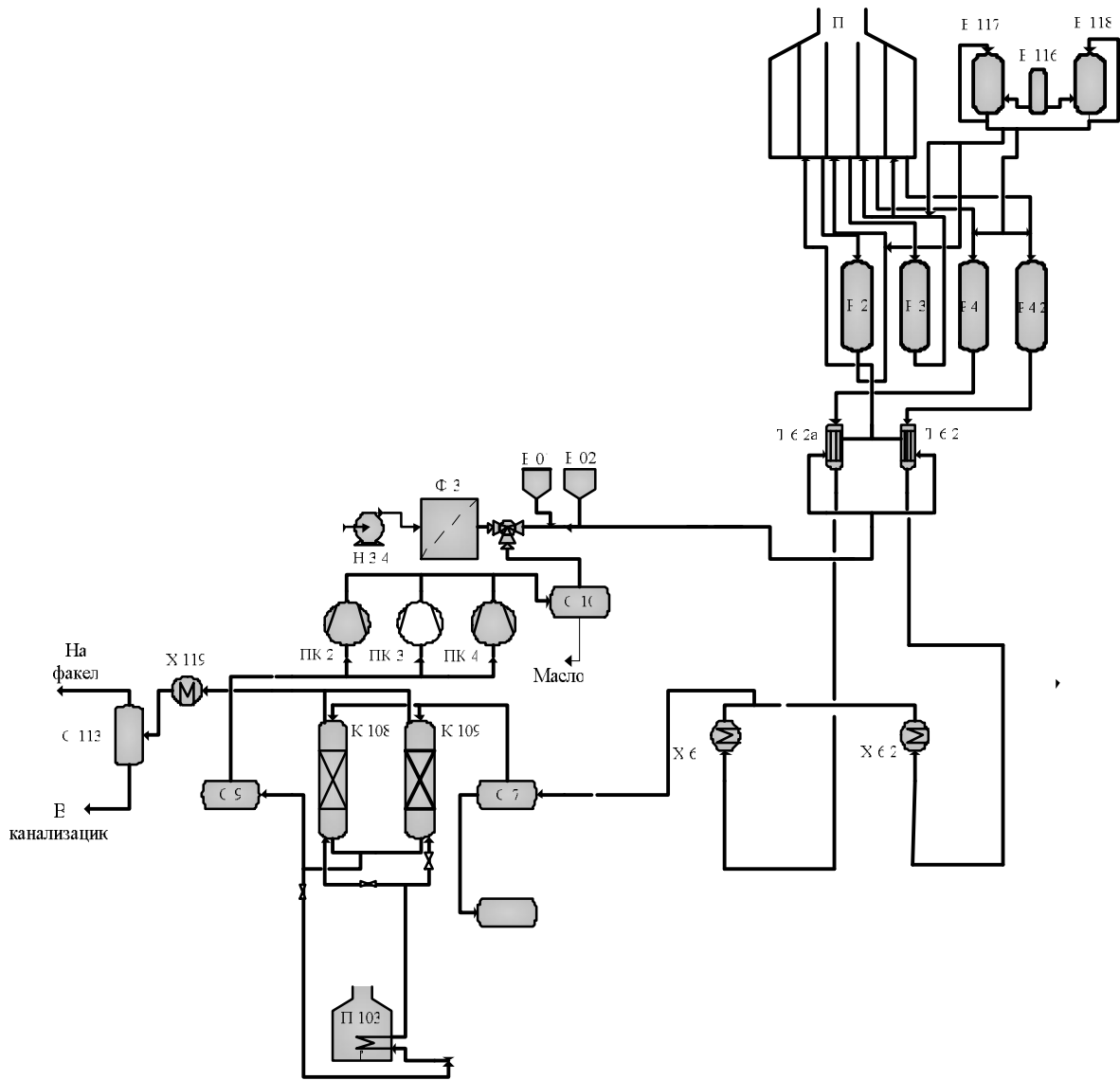


Рис. 3 – Схема проекта реконструкции блока каталитического риформинга технологической схемы установки Л-35-11/600

Для интегрированной схемы были рассчитаны параметры теплообменных аппаратов и их основные экономические показатели. Эти показатели можно наглядно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры теплообменных аппаратов

Теплообменник	Нагрузка, кВт	Кол-во, шт	Площадь поверхности, м <sup>2</sup>	Цена, грн
T-1/1	14898	1	5774	4627000
T-1/2	15015	1	5819	4663200
T-6/1	2330	1	166	140000
T-6/2	1848	1	70	64200
Сумма	34091	4	9494400	9494400

Наглядно рассмотреть энергопотенциал реконструированной энерготехнологической схемы и возможную экономию энергии можно с помощью таблицы 2.

Таблица 2 – Энергопотребление и рекуперация системы теплообмена

Проект	Горячие утилиты, МВт	Холодные утилиты, МВт	Рекуперация, МВт	Цена энергии за год, грн
Существующий	20,8	12,7	21	47428430
Интегрированный	13	4,8	29,2	28968520
Экономия	7,8	7,9		18459910

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что проект является экономически выгодным, и срок окупаемости проекта составит 10 месяцев.

### **Выводы.**

В результате применения пинч-методов была получена новая система теплообмена и представлена работоспособная, экономически выгодная энерготехнологическая схема. Получена сравнительная характеристика существующего процесса каталитического риформинга и интегрированного процесса. Показано, что экономический потенциал энергосбережения, доступный интеграции процессов, равен 18459910 грн. Срок окупаемости проекта составит 10 месяцев.

**Список литературы:** 1. Мешалкин В.П. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем / В.П. Мешалкин, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. Капустенко. – Х.:НТУ«ХПИ», 2006. – с. 35–37. 2. Клемеш Й. Применение методов пинч-анализа для реконструкции тепловой сети установок первичной переработки нефти / Й. Клемеш, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Н.Д. Андрийчук, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, А.Ю. Перевертайленко, Б.Д. Зулин // Третя міжнародна виставка-конференція «Енергозберегаюча техніка і технології» («ЕТТ/Київ-96»). Тези доповідей конф.: Київ. 18-20 квітня 1996 р. / Київ. 1996. – с. 31. 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П. А. Капустенко, Л. М. Ульев. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с. 4. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77 p. – с. 179. 5. Klemes J. Pinch- analysis of a crude oil unit / J. Klemes, L.L. Tovazshnyanski, P.A. Kapustenko, N.D. Andriychuk, L.M. Ulyev, B.D. Zulin // 12<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA'96, Praha. 1996. – Paper No: H:7.3 [0271]. – p. 1–7. 6. Ульев Л.М. Экстракция данных процесса каталитического риформинга на установке переработки нефти Л-35-11/600 / Л.М. Ульев, Д.Д. Нечипоренко, О.Ю. Валенова // Інтегровані технології та енергозбереження. 2011, – №2. – С. 20–28.

*Поступила в редколлегию 05.03.13*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Пинч-интеграция интеграция блока каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 / Л. М. Ульев, Д. Д. Нечипоренко, О. Ю. Валенова, // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 120–125. – Бібліогр.: 6 назв.**

У роботі виконана пінч-інтеграція блоку каталітичного риформінгу на установці Л/35-11/600. За допомогою методів пінч-проектуювання побудована сіткова діаграма запропонованого проекту рекуперації теплової енергії. На основі сіткової діаграми системи рекуперації запропонована енерготехнологічна схема блоку каталітичного риформінга, в якій значно збільшена потужність рекуперації. Також в роботі описані витрати на проектування і термін окупності даного проекту.

**Ключові слова:** пінч-інтеграція, риформінг, теплообмін, пінч-аналіз, сіткова діаграма, енерговитрати, утиліти, термін окупності.

Pinch-integration of block of catalytic reforming is for unit of L/35-11/600 was made. The grid diagram for of pinch-integration of system recuperation project was proposed in the paper. On the basis of grid diagram of the system of recuperation the flowsheet of the block of catalytic reforming is offered. The investment in process was calculated and payback period for this project was defined.

**Keywords:** pinch-integration, catalytic reforming, grid diagram, pinch analysis, recuperation, , utilities, payback period .

**П. А. КАПУСТЕНКО**, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**О. П. АРСЕНЬЕВА**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»;  
**А. О. ГАРЕВ**, ассистент НТУ «ХПИ»;  
**Д. С. ЗАХАРОВ**, студент НТУ «ХПИ»

## **ЭКСТРАКЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ УСТАНОВКИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГИДРОЛИЗНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ**

В статье описано получение исходных данных для проведения тепловой интеграции установки кристаллизации гидролизной серной кислоты. Произведен анализ потоковых данных, составлены и проанализированы составные кривые и сеточная диаграмма для процесса кристаллизации серной кислоты.

**Ключевые слова:** Кристаллизация, экстракция данных, потоковые данные, сеточная диаграмма, пинч.

### **Введение.**

Применение пинч-метода позволяет добиться существенного снижения затрат за счет минимизации использования внешних энергоносителей, как тех которые подводят энергию, так и тех которые ее отводят, путем максимального применения рекуперации теплоты в рамках рассматриваемой энерготехнологической системы. При этом данный метод [1] позволяет минимизировать теплообменную поверхность и количество теплообменных единиц, оптимизировать перепад давления в сети и размещение силовых установок, минимизировать количество сточных вод и эмиссию углекислого газа. В случае модернизации существующих производств, пинч-технологии позволяют максимально использовать уже установленное оборудование, и снижает инвестиции в реконструкцию. Более того, методами пинч-анализа можно определить компромисс стоимости между всеми названными факторами и капитальными вложениями при заданном сроке окупаемости, которому и должен удовлетворять окончательный проект .

### **Описание и предназначение установки.**

Установка кристаллизации (рис. 1) [2] предназначена для выделения железного купороса из гидролизной серной кислоты методом изогидричной кристаллизации.

Выходная гидролизная серная кислота в количестве 106000 кг / ч поступает из хранилища в теплообменник 1-Т1, в котором охлаждается

осветленным раствором, поступающим из установки центрифугирования. После теплообменника 1-Т1 собирается в накопительной емкости на складе, а затем направляется на две параллельно работающие выпарные установки. Гидролизная кислота с температурой 8 °С поступает в кристаллизатор 1-К1. В кристаллизаторе 1-К1 выходной поток гидролизной серной кислоты смешивается с циркулирующей в кристаллизаторе суспензией, температура которой 1,5°С. В результате охлаждения гидролизной кислоты в ней создается перенасыщение по сульфату железа, которое снимается в объеме циркулирующей суспензии. Нагретая в результате смешения суспензия охлаждается, проходя через трубки встроенного теплообменника. Суспензия с температурой 1,5°С в количестве 106000 кг / ч самотеком из верхней части кристаллизатора 1-К1 поступает в кристаллизатор 1-К2.

В кристаллизаторе 1-К2 поступает суспензия смешивается с циркулирующей в нем при температуре -7°С суспензией. При этом выделяется дополнительное количество кристаллов железного купороса. Нагретая в результате смешения суспензия охлаждается, проходя через трубки встроенного теплообменника. Суспензия с температурой -7 °С в количестве 106000 кг / ч самотеком из верхней части кристаллизатора 1-К2 поступает в кристаллизатор 1-К3.

В кристаллизатор 1-К3 поступает суспензия смешивается с уже циркулирующей в нем при температуре -10°С суспензией. Нагретая в результате смешения суспензия охлаждается, проходя через трубки встроенного теплообменника. Охлажденная до -10°С суспензия проходит через взвешенный слой кристаллов, на которых снимается перенасыщения. В восходящем потоке суспензия классифицируется по размерам кристаллов. Мелкие фракции уносятся в верхнюю часть кристаллизатора и возвращаются в циркуляционный контур. Освещенный от кристаллов маточник через перелив выводится из верхней части кристаллизатора. Крупные фракции опускаются в нижнюю часть и выводятся из кристаллизатора через разгрузочное устройство. Оба потока направляются в установку центрифугирования.

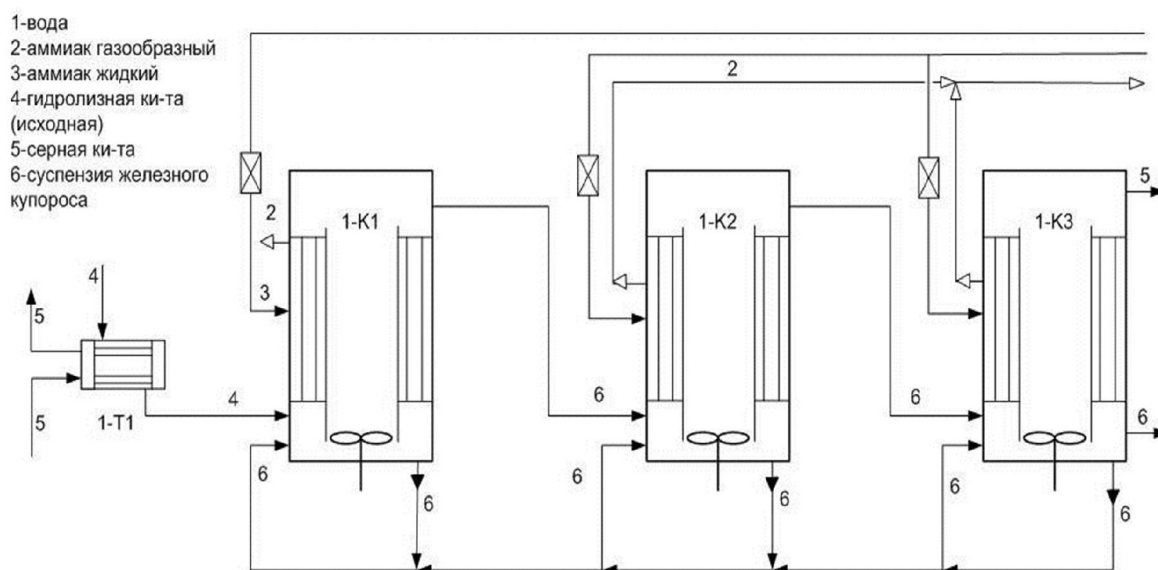


Рис. 1 – Схема установки кристаллизации.

**Анализ установки** в ходе обследования установки кристаллизации гидролизной серной кислоты и аммиачной холодильной машины, были выявлены основные технологические потоки, которые будут использованы для определения энергосберегающего потенциала установок с использованием методов интеграции тепловых процессов. Технологические потоковые данные собраны в табл. 1

Таблица 1 – Потоковые данные для установки.

№	Название потока	Тип	$T_s, ^\circ\text{C}$	$T_t, ^\circ\text{C}$	$G, \text{кг/ч}$	$CP, \text{кВт/К}$	$\Delta H, \text{кВт}$
1	Аммиак газоподобный	гор	130	36	15090	9	860
2	Аммиак газоподобный	гор	120	36	8933	5	455
3	Аммиак (конденсация)	гор	36	36	15090		2252
4	Аммиак (конденсация)	гор	36	36	8933		3881
5	Серная кислота исходн.	гор	20	8	106000	107	1283
6	Осветленный раствор	хол	-5	9,2	91549,5	90	1283

Используя полученные технологические потоковые данные процесса кристаллизации гидролизной серной кислоты и заданные значения горячих и холодных утилит построим Составные кривые для существующего процесса и определим  $\Delta T_{min}$  (рис. 2).

Итак, после постройки мы получили следующие значения:



$$\Delta T_{min}=41^{\circ}\text{C}, Q_{Hmin}=0 \text{ кВт}, Q_{Cmin}=7417 \text{ кВт}, T_{Cpinch}=-5^{\circ}\text{C}, T_{Hpinch}=36^{\circ}\text{C}.$$

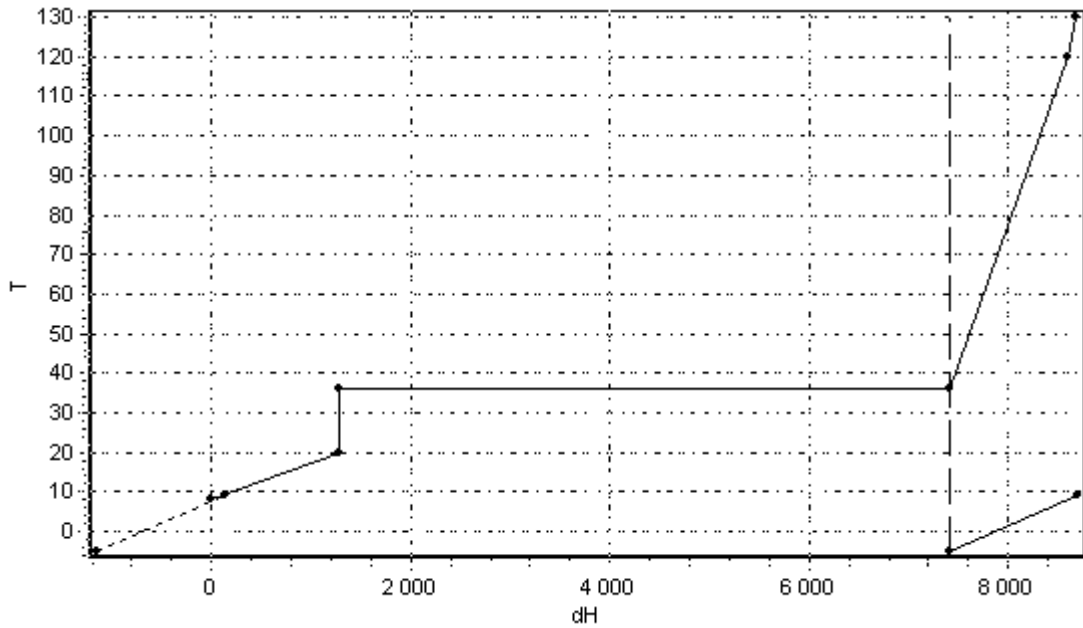


Рис. 2 – Составные кривые для существующего процесса

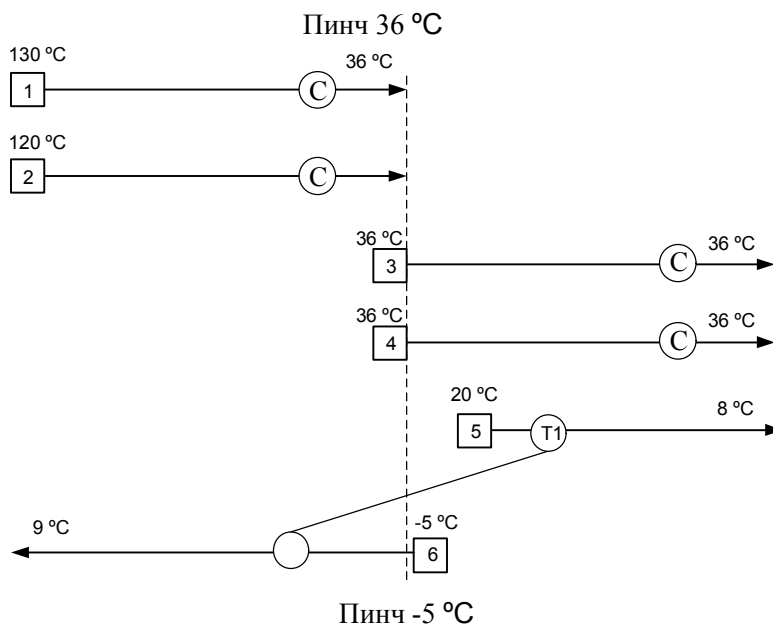


Рис. 3 – Сеточная диаграмма

Для определения области пинча строится сеточная диаграмма, на которой отображены только операции теплопередачи. Сеточная диаграмма ясно показывает локализацию и значение пинча,

позволяет выполнить полный проект без изменения маршрута технологических потоков (рис. 3).

### **Выводы.**

После изучения существующей установки и самого процесса кристаллизации серной кислоты [3, 4], а также обработки и сбора данных были рассчитаны и составлены: таблица потоковых данных, составные кривые и сеточная диаграмма. Анализ сеточной диаграммы показал возможность энергоэффективной реконструкции теплообменной системы установки кристаллизации в соответствии с пинч-принципами проектирования. Увеличение количества рекуперированного тепла позволит снизить себестоимость продукции, сократить величину вредных выбросов в атмосферу.

**Список литературы:** 1. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., Основы интеграции тепловых процессов, авт. – Харьков: ХГПУ, 2000 г. – С. 457. 2. А.Г. Амелин. Технология серной кислоты. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия. 1983. – 360 с. 3. Я.В. Шварцштейн. Использование и переработка гидролизной серной кислоты и сульфатов железа. – М.: Химия. 1970. – 15 с. 4. А.Я. Лебедев. Установки для денитрации и концентрирования серной кислоты. – М.: Химия. 1972. – 240 с.

*Поступила в редколлегию 21.03.2013*

УДК 661.25:66.012.3

**Экстракция данных для установки кристаллизации гидролизной серной кислоты / П. А. Капустенко, О. П. Арсеньева, А. О. Гарев, Д. С. Захаров // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 126–130. – Бібліогр.: 4 назв.**

У статті описано отримання вихідних даних для проведення теплової інтеграції установки кристалізації гідролізної сірчаної кислоти. Зроблено аналіз потокових даних, складені та проаналізовані складові криві і сіткова діаграма для процесу кристалізації сірчаної кислоти.

**Ключові слова:** Кристалізація, екстракція даних, потокові дані, сіткова діаграма, пінч.

This article contains information about data extraction and heat integration of hydrolytic sulfuric acid crystallization plant. In addition to that the analysis of stream data was made as well as composite curves and grid diagram for the existing process.

**Keywords:** Crystallization, data extraction, stream data, grid diagram, pinch.

*Л. М. УЛЬЕВ*, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;

*Е. В. КАРАТЕЕВА*, студентка НТУ «ХПИ»

## **ЭКСТРАКЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ПРОЦЕССА АТМОСФЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ НЕФТИ НА УСТАНОВКЕ ТИПА АВТ**

Актуальность данной темы состоит в том, что нефтепереработка является одной из ключевых составляющих в современной промышленности, но в тоже время является одним из самых энергоемких процессов, что влияет на себестоимость готовой продукции. Цель данного проекта заключается в исследовании блока атмосферного деления нефти на установке типа АВТ и определения всех технологических потоков для энергоинтеграции.

**Ключевые слова:** нефтепереработка, интеграция процесса, сеточная диаграмма, блок атмосферной перегонки нефти, технологические потоки, теплообмен.

**Введение.** Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) являются крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов, в том числе котельно-печного топлива, тепловой и электрической энергии. Эффективность, рациональность их использования в процессах переработки нефти во многом определяется эффективностью работы технологического оборудования завода [1].

Повышение цен на энергию заставляет экономнее использовать энергоресурсы для уменьшения общих затрат. Поскольку на украинских НПЗ большая часть технологических установок строилась в 60-х и 70-х годах (когда экономии энергии на предприятиях не придавали значения) – энергопотребление в основных процессах нефтепереработки и нефтехимии на 30 – 60 % выше, чем в развитых странах [2]. Для удовлетворения современным требованиям существующие установки подвергаются реконструкции [1].

Установки атмосферно-вакуумной трубчатки (АВТ) являются основой всех НПЗ, так как вся сырая нефть проходит через эти установки. Поэтому особое внимание следует уделить повышению эффективности работы существующих АВТ и уменьшению удельных затрат на переработку нефти [3].

Одним из приоритетных направлений по эффективности энергосбережения НПЗ является увеличение использования вторичных

топливно-энергетических ресурсов, максимальное использование рекуперации теплоты и оптимизация режимов работы технологических установок [1]. Также очень эффективен метод пинч-анализа.

Метод пинч-анализа эффективен как при проектировании новых предприятий, так и при реконструкции уже работающих заводов. Использование метода пинч-анализа в среднем приводит к снижению энергии на 30 – 50 % [4].

**Построение задачи.** Для начала проектирования энергоэффективной теплообменной системы процесса атмосферного деления нефти на установке типа АВТ необходимо произвести экстракцию данных, построить сеточную диаграмму.

**Основной материал исследования.** Блок атмосферной перегонки нефти – важная часть в процессе деления нефти, куда поступает предварительно обессоленная нефть. За счет прохождения нескольких ректификационных колонн, входящих в блок, нефть делится на фракции.

**Описание технологической схемы и сбор необходимых данных.** На рис. 1 представлена технологическая схема блока атмосферного деления нефти.

Предварительно нагретая в кожухотрубчатых теплообменниках сырая нефть поступает на два последовательно расположенных электродегидратора ЭД1 и ЭД2. Здесь нефть обессаливается и делится на два потока, один из которых смешивается с сырой нефтью, а второй поток поступает в печь П-1, где нагревается до 350 °С, а затем попадает в отбензинивающую колонну К-1.

Пары низкокипящего компонента с верха колонны попадают в конденсатор, где пар конденсируется и делится на три потока. Один поток поступает обратно в колонну, второй – на колонну К-3, а третий – на атмосферную колонну К-2.

В колонне К-3 компонент в процессе ректификации также делится на две составляющие. Пары с верха колонны охлаждаются в конденсаторе и часть сконденсированных паров поступает обратно в колонну, а часть в виде газа  $C_3-C_4$ . С низа колонны выходит кубовый

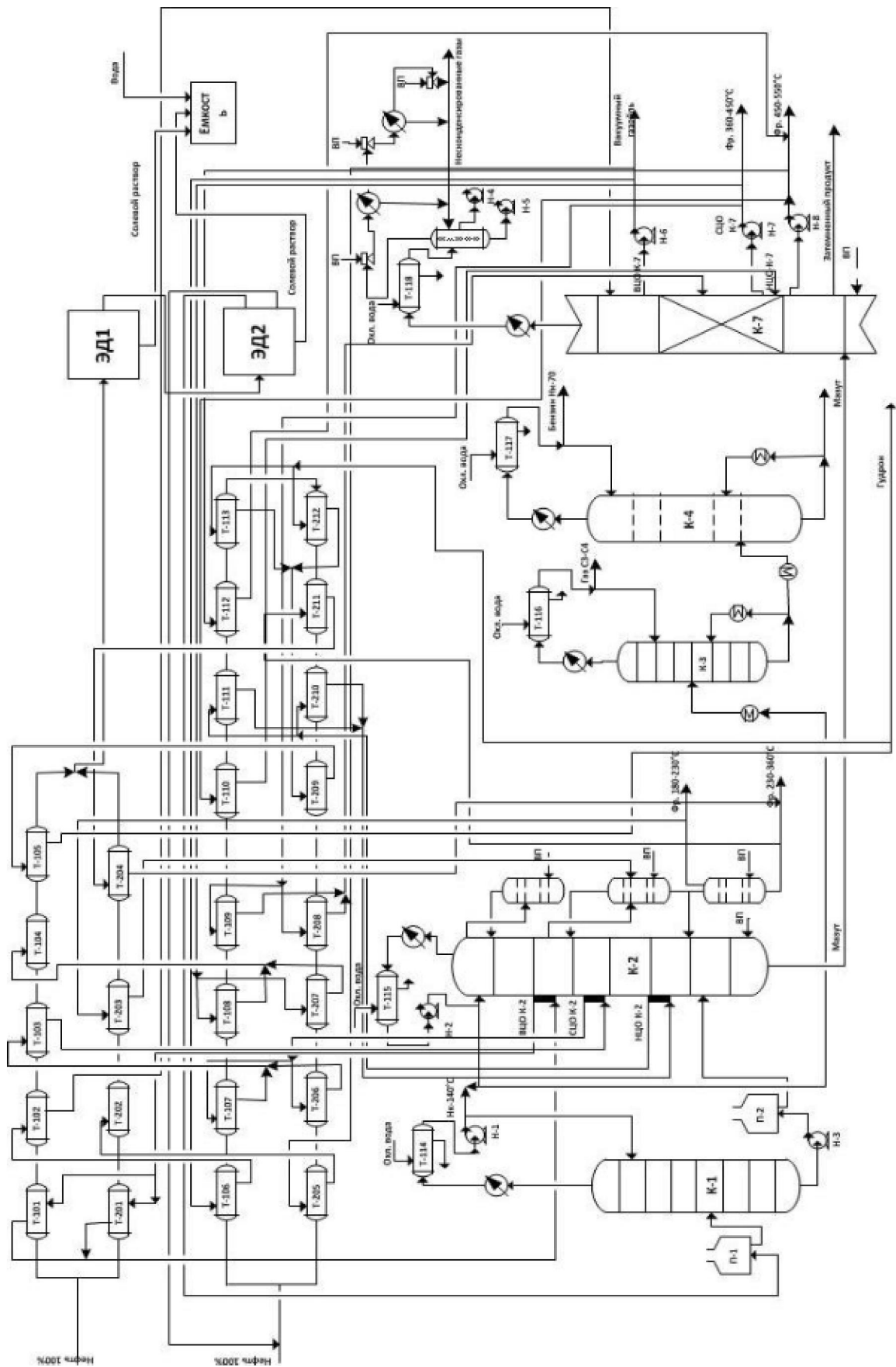


Рис. 1 – Технологическая схема процесса атмосферного деления нефти на установке типа АВТ

остаток, часть которого обратно возвращается в колонну К-3, а часть поступает в колонну К-4.

В колонне К-4 в результате ректификации выделяется еще одна фракция – Бензин Нк-70.

Отбензиненная нефть из низа колонны К-1 прокачивается через печь П-2, где нагревается до 380 °С и поступает в атмосферную колонну К-2.

Частично отбензиненная нефть в процессе ректификации в атмосферной колонне К-2 делится на четыре фракции: низкокипящий компонент, который циркулирует обратно в колонну, фракция 180–230 °С, фракция 230–360 °С и мазут.

Мазут далее поступает на вакуумную колонну К-7, где делится еще на 5 фракций: несконденсированные газы, вакуумный газойль, фракция 350–450°С, фракция 450–550 °С и затемненный продукт.

В колонне К-2 для снятия тепла и конденсации пара над зоной отбора целевых продуктов происходит подача трех циркуляционных орошений:

- верхнее циркуляционное орошение – под отбором фракции 130–180 °С;
- среднее циркуляционное орошение – под отбором фракции 180–230 °С;
- нижнее циркуляционное орошение – под отбором фракции 230–360 °С.

В вакуумной колонне К-7 также имеется три циркуляционных орошения:

- верхнее циркуляционное орошение К-7 – под отбором вакуумного газойля;
- среднее циркуляционное орошение – под отбором фракции 360–450 °С.
- нижнее циркуляционное орошение – под отбором фракции 450–550 °С.

Таблица 1 – Характеристика технологических потоков процесса атмосферного деления нефти

№	Название потока	Тип	$T_s$ , °C	$T_T$ , °C	M, кг/с	C, кДж/(кг·К)	CP, кВт/К	$\Delta H$ , кВт	$\alpha$ , кВт/(м <sup>2</sup> ·К)
1	Верхнее циркуляционное орошение К-2 10%	гор	150	50	6,84	4,57	31,28	3128,1	0,5
2	Верхнее циркуляционное орошение К-7 21,5%	гор	170	70	4,27	6,9	29,47	2947	0,5
3	Среднее циркуляционное орошение К-2	гор	220	120	8,78	14,15	124,2	12422,5	0,5
4	Среднее циркуляционное орошение К-7	гор	270	180	18,6	5	93	8370	0,5
5	Нижнее циркуляционное орошение К-2	гор	320	225	24	3,74	89,76	8527,71	0,5
6	Нижнее циркуляционное орошение К-7	гор	330	230	15,7	1,97	30,93	3092,58	0,5
7	Гудрон >550 °C	гор	340	160	55,86	2,7	150,8	27147,7	0,2
8	Фракция 180–230 °C	гор	200	65	8,78	2,1	18,43	248,9	0,5
9	Фракция 230–360 °C	гор	320	110	24	3,97	95,29	20010	0,4
10	Фракция 360–450 °C	гор	260	100	18,6	4,56	84,82	13570,5	0,4
11	Фракция 450–550 °C	гор	320	240	15,7	1,88	29,51	2361,04	0,3
12	Пар сверху К-1	гор	160	80	22,32	2,5	55,8	4464	0,7
13	Пар сверху К-2	гор	150	70	37,2	2,5	93	7440	0,7
14	Нефть до электродегидрат	хол	10	113,5	148,8	2,1	312,4	32341,6	0,3
15	Нефть после электродегидрат	хол	105	350	137,28	2,65	363,8	89130,9	0,3
16	Питание К-2	хол	350	380	51,63	2,9	149,7	4492,12	0,6

**Анализ теплообменной системы.** Используя полученные данные технологических потоков строим сеточную диаграмму теплообмена данного процесса (рис. 2).

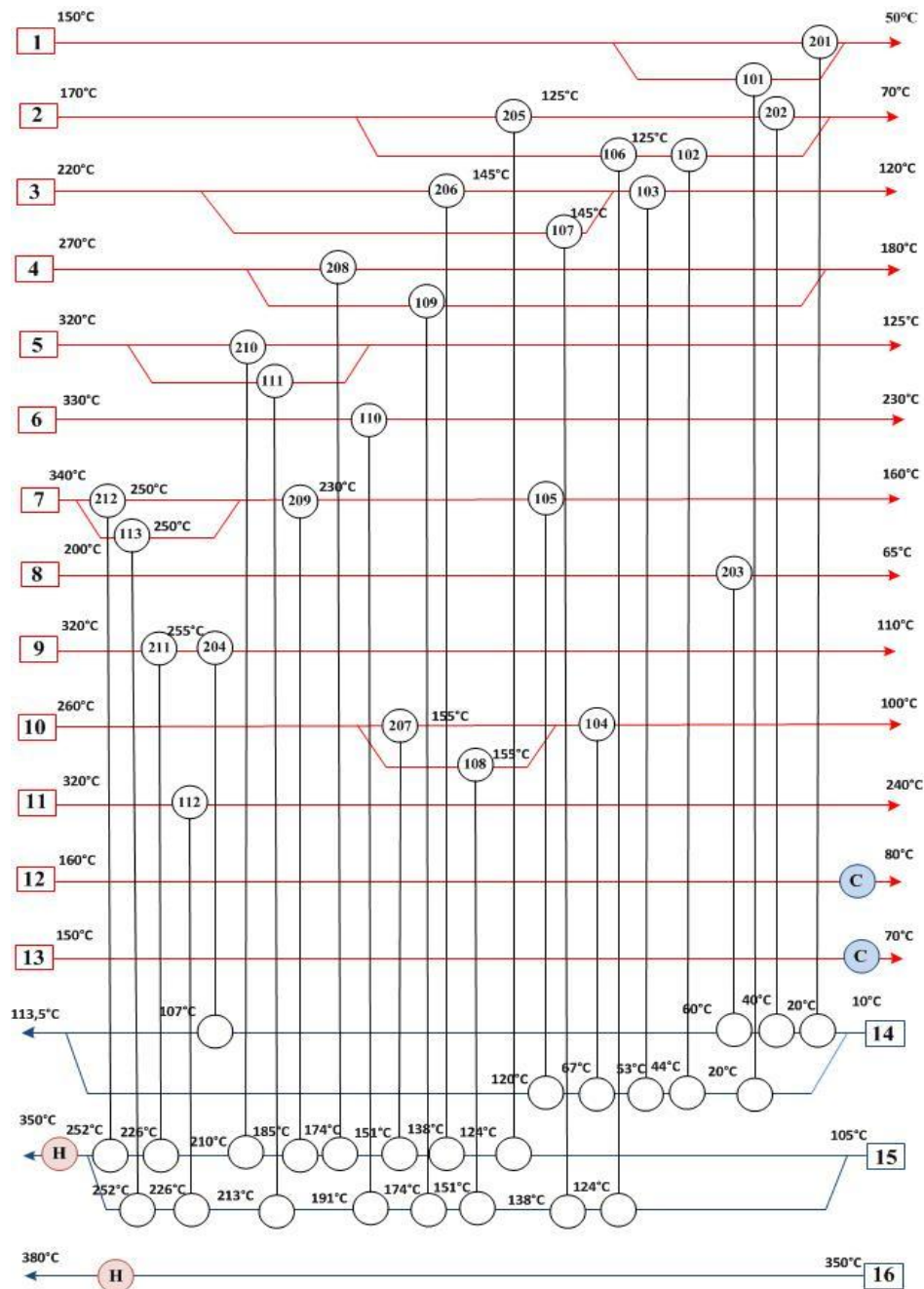


Рис. 2 – Сеточная диаграмма процесса

По измеренным температурам технологических потоков и их потоковым теплоемкостям мы определяем нагрузку каждого теплообменника. После определения тепловых нагрузок всех



теплообменников получили общую нагрузку, равной около 240 МВт. На рекуперацию идет 188 МВт, а на утилиты – 52 МВт.

**Выводы и перспективы дальнейшего развития данного направления.** В результате проведенного исследования технологической схемы атмосферного деления нефти на установке типа АВТ были экстрагированы необходимые данные о технологических потоках в схеме, построена сеточная диаграмма, рассчитана нагрузка на рекуперацию и утилитные установки. В будущем данные результаты могут послужить основой для интеграции этого процесса, анализа энергоэффективности и дальнейшей реконструкции процесса.

**Список литературы:** 1. *Бурдыгина Е.В.* Повышение энергоэффективности теплотехнического оборудования установок первичной переработки нефти. – Уфа, 2003. – 23 с. 2. *Ульев Л.М.* Определение энергосберегающего потенциала разделения ШФЛУ на центральной газофракционирующей установке / *Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, Е.В.Поливода* // Вісник НТУ «ХПІ». 2009, № 40, – С. 21–32. 3. *Смит Р.* Основы интеграции тепловых процессов / *Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев.* – М, 2004. – 458 с. 4. *Товажнянский Л.Л.* Теплоэнергетическая интеграция химико-технологических процессов – инструмент энергосбережения и уменьшения вредных выбросов / *Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев* // Матеріали ІІІ Українського екологічного конгресу – К: Центр екологічної освіти та інформації, 2009, с. 193–197.

*Надійшла до редколегії 03.04.2013*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Экстракция данных для интеграции процесса атмосферного деления нефти на установке типа АВТ / Л. М. Ульев, Е. В. Каратеева** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 131–137. – Бібліогр.: 4 назв.

Актуальність даної теми полягає в тому, що нафтопереробка є однією з ключових складових в сучасній промисловості, але ж в той же час є одним з самих енергоємних процесів, що впливає на собівартість готової продукції. Мета даного проекту полягає в дослідженні блоку атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ і визначення всіх технологічних потоків для енергоінтеграції.

**Ключові слова:** нафтопереробка, інтеграція процесу, сіткова діаграма, блок атмосферної перегонки нафти, технологічні потоки, теплообмін.

Relevance of this topic is the fact that oil refining is one of the key components in today's industry, but at the same time is one of the most energy-intensive processes, which affects the cost of products. The aim of this project is to research the atmospheric block division of oil at the facility such as AVT and definition all technological streams that can be used for the heat integration.

**Keywords:** refining, process integration, heat-exchange network, atmospheric distillation unit, process streams, heat exchange.

**С. И. БУХКАЛО**, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;

**С. В. ШИРЯЕВА**, преподаватель кафедры физвоспитания, тренер сборной по плаванию НТУ «ХПИ»

## **ПЛАВАНИЕ КАК СПОСОБ АКТИВИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА СТУДЕНТОВ**

В статье рассмотрена возможность использования плавания с целью активизации технического творчества студентов при работе в комплексных инновационных проектах. Решение проблемы повышения качества преподавания за счет использования инновационных технологий дает комплексные результаты. Студенты, занимавшиеся по новой программе, продемонстрировали не только лучшие показатели в плавательной подготовленности, но и освоили более высокие показатели в обучении и усвоении знаний по техническим дисциплинам.

**Ключевые слова:** комплексные инновационные проекты, обучение плаванию, студенты, физическая культура, средства и методы обучения

**ВВЕДЕНИЕ.** В настоящее время преподавание дисциплины «Физкультура» в высших учебных заведениях испытывает определенные сложности, связанные с постепенным сокращением часов, отводимых на дисциплину в учебных планах, что в частности, обуславливает снижение плавательной подготовленности занимающихся [1–3]. Быстрота обновления учебных материалов в инновационных формах, их высокая наглядность и доступность для студентов позволяют преподавателю сконцентрировать и наиболее полно использовать накопленный опыт преподавания. Физическая культура как полноценная дисциплина при обучении в техническом высшем учебном заведении (ВУЗ) направлена на то, чтобы развить целостную личность, гармонизировать ее духовные и физические силы, активизировать готовность полноценно реализовать свои сущностные силы в здоровом и продуктивном стиле жизни, профессиональной деятельности. В сфере физической культуры ценности по качественному критерию обычно представлены как:

- материальные (условия занятий, качество спортивной экипировки, льготы со стороны общества);

- физические (здоровье, телосложение, двигательные умения и навыки, физические качества, физическая подготовленность);
- социально-психологические (отдых, развлечение, удовольствие, трудолюбие, навыки поведения в коллективе, чувства долга, чести, совести, благородства, средства воспитания и социализации, рекорды, победы, традиции);
- психические (эмоциональные переживания, черты характера, свойства и качества личности, творческие задатки);
- культурные (познание, самоутверждение, самоуважение, чувство собственного достоинства, эстетические и нравственные качества, общение, авторитет).

Целью настоящего исследования было установить возможности и взаимосвязи повышения эффективности совершенствования преподавания дисциплины «Физкультура», в частности, плавания, и активизации технического творчества студентов технических ВУЗов, за счет использования инновационных технологий. Развитие физических способностей студента нами рассматривается как развитие элементов культуры, особых личностных качеств направленных, на активизацию технического творчества студентов, это процессы саморазвития, самовоспитания, самосовершенствования, самоуправления, самоопределения. Ценностные ориентации студентов рассматриваются как способы, с помощью которых дифференцируют объекты по их взаимосвязи и значимости.

**Методика и организация исследования.** Физическая культура в техническом ВУЗе выполняет следующие социальные и компетентностные функции:

- преобразовательно-созидательную, что обеспечивается функционированием следующей схемы: достижение необходимого уровня физического развития → подготовленность и совершенствования личности → укрепления ее здоровья → подготовка личности к активной профессиональной деятельности;
- интегративно-организационную, характеризующую возможности объединения студентов в коллективы, не только для совместной

физкультурно-спортивной деятельности, но и для технического творчества;

- активизация проектно-творческой составляющей компетенции личности специалиста, определяемую возможностями физкультурно-спортивной деятельности, в процессе которой создаются модели профессионально-личностного развития человека, стимулируются его творческие способности, осуществляются процессы самопознания, самоутверждения, саморазвития, обеспечивается развитие индивидуальных способностей;

- проективно-прогностическую, позволяющую использовать навыки и знания, полученные в физкультурно-спортивной деятельности и соотносить эту деятельность с профессиональными намерениями как специалиста в определенном техническом направлении;

- ценностно-ориентационную с целью ее реализации в профессиональном саморазвитии и личностном самосовершенствовании;

- коммуникативно-регулятивную, отражающую процесс культурного поведения, общения, взаимодействия участников коллектива, организации содержательного досуга, оказывающую влияние на коллективные настроения, сохранение и восстановление психического равновесия, отвлечение от вредных привычек и т.д.

Практический раздел учебного материала состоит из двух подразделов: методико-практического и учебно-тренировочного. Примерная тематика занятий может включать:

- методику составления индивидуальных программ физического самовоспитания;

- методические основы занятий с оздоровительной, рекреационной и восстановительной направленностью;

- методы самоконтроля состояния здоровья, физического развития и другие, соотнесенные с содержанием соответствующей тематики работы в инновационных проектах.

Содержание занятий базируется на широком использовании знаний и умений в том, чтобы применять средства физической культуры, использовать спортивную и профессионально-прикладную физическую подготовку для приобретения индивидуального и коллективного опыта

физкультурно-спортивной деятельности. На них студенты учатся регулировать свою двигательную активность, поддерживать необходимый уровень физической и функциональной подготовленности в период обучения, приобретают опыт совершенствования к коррекции индивидуального, физического развития, учатся использовать средства физической культуры для организации активного технического творчества, овладевают средствами профессионально-прикладной физической подготовки.

Контрольный раздел занятий обеспечивает оперативную, текущую и итоговую информацию о степени и качестве освоения теоретических и методических знаний-умений, о состоянии и динамике физического развития, физической и профессионально-прикладной подготовленности студентов. Оперативный контроль создает информацию о ходе выполнения конкретного раздела, вида учебной работы. Текущий позволяет оценить степень освоения раздела, темы, вида учебной работы. Промежуточный и итоговый контроль (регулярные промежуточные соревнования, зачеты, экзамен) выявляет уровень сформированной физической культуры студента и самоопределение в ней путем комплексной подготовки.

В большинстве случаев студенты, имеющие устойчивый и многосторонний интерес к учебе, обладают высоким уровнем работоспособности; лица с неустойчивым, эпизодическим интересом имеют преимущественно пониженный уровень работоспособности. По типу изменений работоспособности в учебном труде выделяют усиливающийся, неровный, ослабевающий и ровный типы, связывая их с типологическими особенностями. Усиливающийся тип работоспособности характеризуется постепенно возрастающими количественными и качественными показателями работоспособности – от начала к концу задания. Ровному типу также свойственны высокие качественные и количественные показатели выполнения работы при небольшом их колебании в отдельные промежутки времени. Неровный тип обладает резкими колебаниями интенсивности работы и ее качества с тенденцией к снижению объема к моменту завершения задания. Для ослабевающего типа характерно постоянное снижение интенсивности работы при сопутствующем нарастании ошибок по мере выполнения работы.

Усиливающийся и ровный типы изменений умственной работоспособности часто встречаются среди хорошо успевающих студентов.

Активизация технической деятельности студентов на первом начальном этапе для студентов является критическим моментом учебной деятельности, когда необходимо подводить итоги учебной работы за прошедший период обучения. Решается вопрос о соответствии студента уровню ВУЗа, самоутверждения личности и др. Но, с другой стороны участие в нетрадиционных инновационных комплексных проектах, это определенный стимул к увеличению объема, продолжительности и интенсивности учебного труда студентов, мобилизации всех сил организма в условиях некоторых изменений жизнедеятельности (рис. 1). Отмечено, что напряжение при участии в таких проектах у студентов со слабой успеваемостью выше, чем у тех, кто имел хорошую успеваемость. Вместе с тем при равной успеваемости студенты, обладающие более высоким уровнем тренированности, демонстрируют более экономичные функциональные сдвиги, которые быстрее возвращались в норму. Таким образом, уровень физической подготовленности в большей степени определяет устойчивость организма к эмоционально напряженному учебному труду.

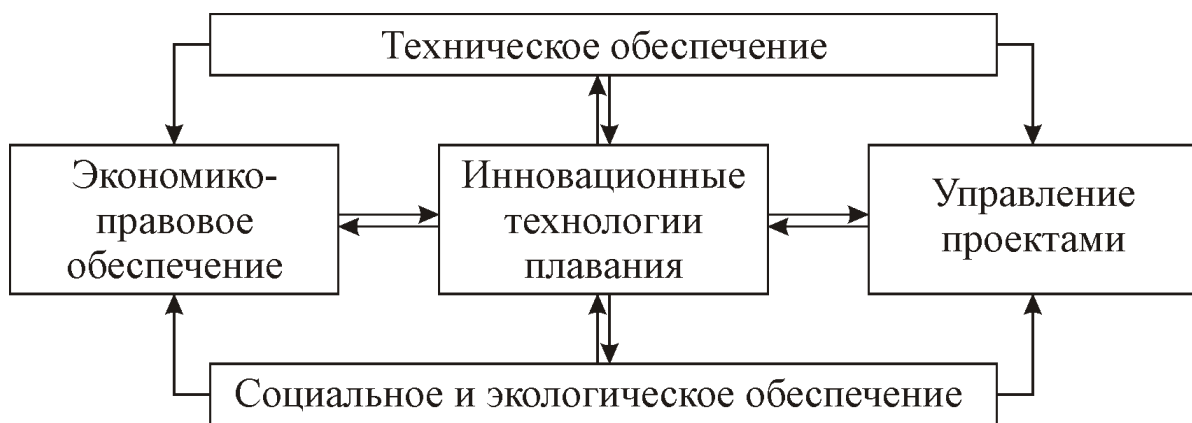


Рис. 1 – Схема организации комплексного инновационного проекта

Для нормальной деятельности мозга нужно, чтобы к нему поступали импульсы от различных систем организма, массу которого наполовину составляют мышцы. Движения мышц создают громадное число нервных

импульсов, обогащающих мозг потоком ощущений, поддерживающих его в нормальном рабочем состоянии. Если после прекращения физической деятельности человек почти сразу может отключиться от нее, то при умственном труде интенсивная деятельность мозга продолжается значительное время и после завершения ее. Связь движений с умственной деятельностью характеризуют следующие закономерности. Тонус и работоспособность головного мозга поддерживаются в течение длительных промежутков времени и оптимизируются в тех случаях, когда сокращение и напряжение различных мышечных групп ритмически чередуются с их последующим растяжением и расслаблением. Не менее важно и состояние мускулатуры человека, которая «помогает» нервной системе справиться с интеллектуальными нагрузками. Поэтому для успешной умственной работы необходим не только тренированный мозг, но и тренированное тело.

**Результаты и их обсуждение.** Дисциплина «Физкультура» в НТУ «ХПИ» включает 4 ч практических занятий в неделю, в которые входят и теоретические сведения, получаемые из различных информационных источников выбранных преподавателем для самостоятельной работы студентов, например, [4–12]. В зачетные требования включен ряд практических нормативов, среди них дважды (в начале и в конце курса), например, оцениваются время проплывания 100 м вольным стилем, а также техника плавания четырех спортивных способов по 5-балльной шкале. В 2012 году анализировался учебный процесс 250 студентов, специализирующихся в плавании, из которых приняли участие 82 – в контрольной группе (теоретические сведения в процессе тренировки в бассейне) и 168 в экспериментальной (специальные теоретические сведения предложенные преподавателем). С целью оценки восприятия материала в специальной информационной форме для студентов различной степени подготовки по плаванию и оценки его востребованности проводилось анкетирование и опросы студентов и преподавателей.

Разрабатываемая нами методика обучения содержит 3 раздела: 1) техника спортивных способов плавания; 2) методика обучения спортивным способам плавания; 3) методика активизации технического творчества студентов. Для достижения поставленной цели использовались

следующие методы исследования: педагогический эксперимент; методы анкетирования; контрольные работы в виде регулярных соревнований в бассейне. Значение среднего балла, выставленного по технике четырех способов плавания студентам, приступающих к изучению дисциплины «Плавание», демонстрировала стойкую тенденцию к снижению на протяжении трех лет эксперимента. Это относится и к среднему времени проплыwania дистанции, например, 100 м. После изучения дисциплины техника плавания стала достоверно лучше в экспериментальной группе, эффект от внедрения инновационной технологии преподавания наглядно демонстрирует сравнение прогресса плавательных навыков за время обучения в 2010 – 2012 гг. (рис. 2).

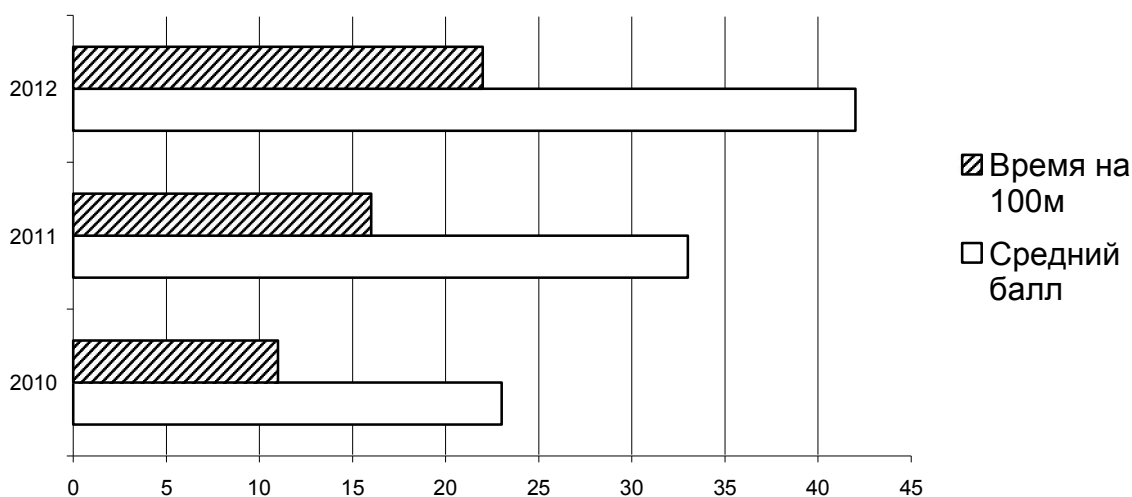


Рис. 2 – Улучшение (в %) среднего балла за технику плавания и времени проплыwania стометровки в процессе инновационного обучения

Проведение инновационных занятий привело к более качественному усвоению теоретических знаний о рациональной спортивной технике, представлений о средствах и методах обучения плаванию и ее совершенствованию. Преподаватели отметили возросший уровень понимания студентами сущности гребковых движений в воде, повышенный интерес к улучшению техники и усиление мотивации на выполнение упражнений с целью более быстрого восстановления умственных способностей и релаксации стрессовых нагрузок.

В последние два года существенной переработке подверглись информационные теоретические материалы:



- уменьшено количество текстовых (необязательных) фрагментов;
- увеличено количество иллюстративного материала по технике плавания разработанного специально для данного курса;
- изменен дизайн материала – текстовые списки заменены на структурные схемы и т.д.

Учебный материал был более рационально распределен между теоретическими и методическими занятиями: визуализация ключевых элементов и основ техники плавания, важнейших положений методики обучения позволила преподавателям меньше времени отводить на повторное объяснение, больше внимания уделяя совершенствованию практических умений и навыков. Конечно, на прогресс в технике и скорости плавания в большей мере влияют практические занятия, и в этой связи интерес представляет сравнение корреляции данных параметров с изучением теоретических материалов. Судя по данным анкетирования, проведение информационных занятий вызвало большой интерес у студентов, которые отметили, что это «более наглядно», «повышает интерес к предмету», «лучше запоминается учебный материал», «усваивается намного больше информации». Лишь около 8% указали, что «не видят никаких преимуществ в использовании таких материалов».

Таким образом, анализ результатов анкетирования студентов показал готовность студентов к использованию современных информационных технологий и потребность в повышении качества образовательного процесса за счет внедрения новых средств обучения.

### **Выводы.**

1. В настоящее время студенты готовы к использованию современных информационных технологий и имеют потребность в повышении качества образовательного процесса за счет внедрения инновационных информационных средств. Снижение уровня плавательной подготовленности абитуриентов, низкая посещаемость учебных занятий вследствие болезней и другие факторы, вызывают необходимость разработки технологии непрерывного совершенствования обучения плаванию, эффективность которого может быть существенно повышена за счет внедрения информационных технологий.

2. Результатом применения информационного комплекса является улучшение качества преподавания дисциплины «Плавание», более глубокое усвоение студентами знаний и возможностей плавания как метода активизации обучения и технического творчества. Это стимулировало повышение эффективности работы студентов в комплексных инновационных проектах. Обнаружена корреляция между активизацией технического творчества и количеством посещений инновационных занятий по плаванию.

**Список литературы:** 1. Орехова, А.В. Дифференцированный подход при изучении дисциплины «Плавание» студентами различных спортивных специализаций: автореф. дис. канд. пед. наук / Орехова А.В.; С-Петерб. гос. акад. физ. культуры им.П.Ф. Лесгафта. – СПб., 2002. – 24 с. 2. Сячин, В.Д. Проблемы и перспективы внедрения технологии дистанционного обучения в вузах физической культуры / В.Д. Сячин, М.А. Новоселов // Вестник учебных заведений физической культуры. 2003. – № 1. – С. 56–59. 3. Эффективность применения мультимедийного лекционного курса по плаванию (курс-минимум) в вузе физической культуры / Н.Ж. Булгакова, О.И. Попов, Е.А. Табакова [и др.] // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2010. – № 4. – С. 59. 4. <http://www.youtube.com/watch?v=eFgmXiJ5EEY> 5. <http://www.youtube.com/watch?v=otC9Ni3I-ls> 6. [http://www.youtube.com/watch?v=l\\_56kXuqiMc](http://www.youtube.com/watch?v=l_56kXuqiMc) 7. <http://www.youtube.com/watch?v=7IET0cUOL5k> 8. <http://www.youtube.com/watch?v=EUf3vXMKaU> 9. <http://www.youtube.com/watch?v=6koQTtp2z4> 10. <http://www.youtube.com/watch?v=MwKVA-RRbS0> 11. <http://www.youtube.com/watch?v=UZtKMEuRt6U> 12. <http://www.youtube.com/watch?v=xmZ-KtOCnhQ>

*Поступила в редколлегию 21.03.2013*

УДК 378.147:658.512.2

**Плавание как способ активизации технического творчества студентов / С. И. БУХКАЛО, С. В. ШИРЯЕВА** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 138–146. – Бібліогр.: 12 назв.

У статті розглянута можливість використання плавання з метою активізації технічної творчості студентів при роботі в комплексних інноваційних проектах. Розв'язок проблеми підвищення якості викладання за рахунок використання інноваційних технологій дає комплексні результати. Студенти, що займалися по новій програмі, продемонстрували не тільки кращі показники в плавальній підготовленості, але й освоїли більш високі показники в навчанні й засвоєнні знань з технічних дисциплін.

**Ключові слова:** комплексні інноваційні проекти, навчання плаванню, студенти, фізична культура, засоби й методи навчання

The article describes the use of swimming with a to intensify technical creativity of the students at work in the complex innovation projects. Address the quality of teaching through the use of innovative technologies provides comprehensive results. Students enrolled for the new program, demonstrated not only the best performance in the swimming fitness, but also mastered a strong performance in teaching and learning in technical subjects.

Keywords: complex innovation projects, swimming lessons, students, physical education, tools, and methods of teaching

**И. И. ГУБАРЕНКО**, магистр НТУ «ХПИ»;

**Р. Ф. СМОЛОВИК**, канд. экон. наук, проф. НТУ «ХПИ»

## **СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ КАК ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

В статье рассматриваются функции заработной платы, недостатки в процессе формирования системы оплаты труда, предлагаются мероприятия по ее совершенствованию с учетом ее взаимосвязи с решением социальных задач.

**Ключевые слова:** заработная плата, трудовой доход, рынок труда, премия, воспроизводство рабочей силы, рыночные отношения, производительность труда, распределение дохода.

### **Вступление.**

В современных условиях рыночной экономики заработная плата выполняет двойственную функцию.

Во-первых, она выступает как элемент взаимосвязанный с вознаграждением за количество и качество труда затраченного в процессе изготовления предметов труда.

Во-вторых, как комплексная подсистема затрат на производство продукции. В современной экономической литературе существует несколько определений заработной платы.

Поэтому для лучшего понимания сущности понятия «заработная плата» следует учесть то, что она является важной составляющей производства, и потому можно выделить несколько ее основных положений:

- экономическая категория отношений распределения дохода между владельцем предприятия и нанимаемым работником; вознаграждение за выполненную работу;

- элемент рынка работы, которая выступает рыночной стоимостью рабочей силы; элемент затрат на производство; трудовой доход, который должны обеспечить по меньшей мере простое воспроизведение рабочей силы.

### **Анализ последних достижений и литературы.**

Коллектив авторов: В.Я. Брич, О.П. Дяков, С.А. Надвиничный и др. Кроме вышеупомянутых функций, которые отображают сущность заработной платы, рассматриваются ряд других: измерительно-распределительная, ресурсно-распределительная и функция формирования платежеспособного спроса населения [1–4].

### **Цель исследования, постановка проблемы.**

Однако в условиях рыночных отношений заработная плата приобретает еще одно свойство, признак, – становится одним из важных элементов, характеризующих рыночные отношения – выступает в виде цены рабочей силы человеческого труда, который формируется под воздействием многих факторов: уровня образования, навыков, опыта, квалификации и других факторов, включая состояние здоровья, культуру общения.

### **Материалы исследования.**

Необходимо учитывать и тот факт, что заработная плата с учетом действующих цен на потребительские товары, определяет жизненный уровень населения любой страны.

В связи с этим задача системы оплаты труда является предметом постоянной дискуссии, обсуждения среди ведущих ученых – специалистов в данной области, как в нашей стране, так и в зарубежье. Анализ состояния системы оплаты труда в странах дальнего и ближнего зарубежья (рис. 1) позволяет сделать вывод, что среди бывших стран СНГ Украина занимает шестое место; средняя заработная плата в Украине почти в 2 раза меньше, чем в России, и в 1,5 раза меньше, чем в Беларуси, и в 1,1 раза меньше, чем в Казахстане.

Что касается оплаты труда в экономически развитых странах (рис. 2), то здесь показатели не являются сравнимыми; однако необходимо отметить, что значительный разброс в оплате труда имеет место и по различным регионам Украины.

Динамика средней заработной платы по регионам Украины за июль-август 2012 года позволяет сделать вывод, что самая высокая заработная плата имеет место в Донецкой, Луганской, Киевской областях (рис. 3).

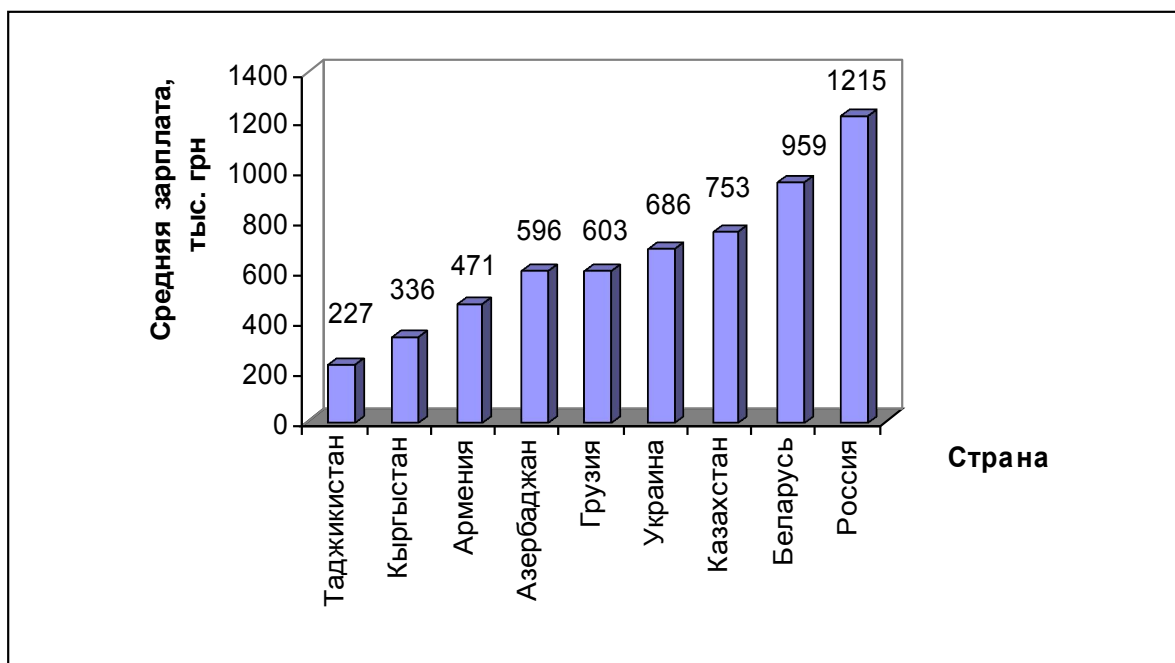


Рис. 1 – Динамика средней заработной платы по странам СНГ

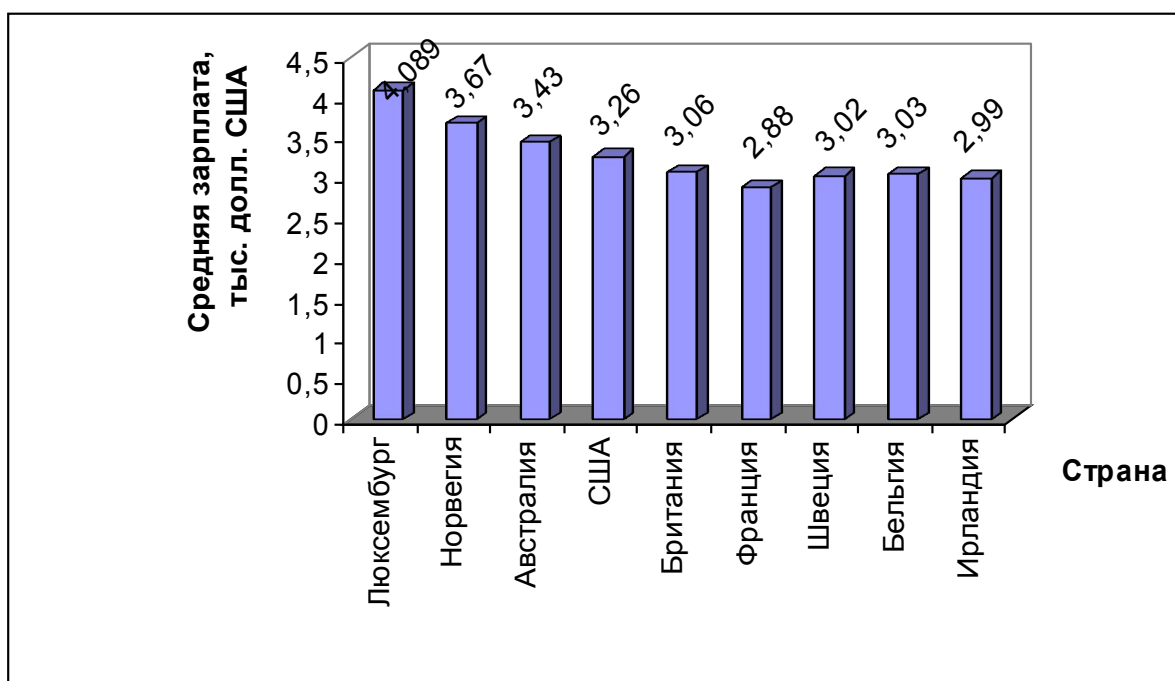


Рис. 2. – Динамика средней заработной платы в условиях экономически развитых странам

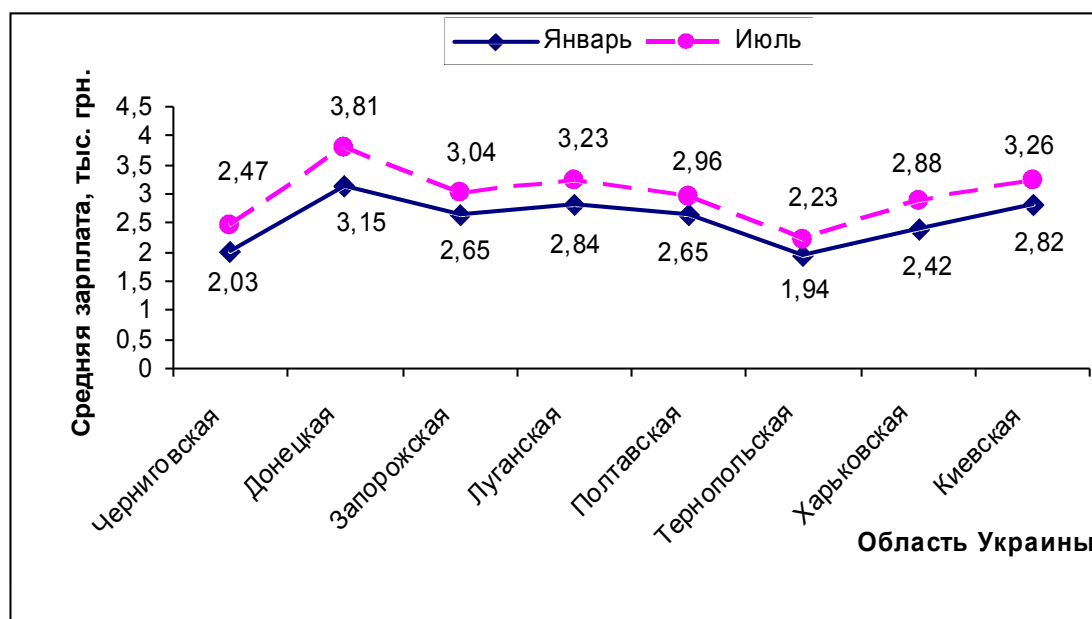


Рис. 3. – Динамика средней заработной платы по регионам Украины

### Результаты исследования.

Необходимо отметить, что недостатки, упущения, существующие в настоящий период в системе оплаты труда, зачастую, некоторыми формами ее совершенствования в виде премий, доплат и других разнообразных методов ее морального и материального стимулирования.

Однако, как показывает практический опыт, такие методы стимулирования не решают основных задач совершенствования системы оплаты труда с учетом особенностей ее формирования в условиях рыночной экономики, наличия как фактора конкуренции, так и безработицы.

В процессе комплексного решения задач совершенствования системы оплаты труда необходимо учитывать ее тесную взаимосвязь с такими подсистемами хозяйственной деятельности предприятия как рост повышения производства и реализации продукции, производительности труда, численность работающих на предприятии.

Производительность труда, как известно, включает в свою структуру затраты живого труда – эквивалентного заработной плате работников и прошлого труда – эквивалентного материальным затратам. Следовательно, рост производительности труда заключается как в абсолютном, так и относительном снижении как живого, так и прошлого труда.

Таким образом рост заработной платы в системе доходов каждого работающего должен возрастать большими темпами, чем рост инфляции. Однако в структуре себестоимости удельный вес ее должен снижаться, если данный процесс обеспечен необходимыми инновациями.

С другой стороны производительность труда может и снижаться, причем как в зависимости от внутренних факторов производства, так и внешних факторов, независимо от работника производства, что может, на наш взгляд, приводить к конфликтным ситуациям.

В трудах некоторых ученых – специалистов в области совершенствования оплаты труда предлагается дифференцировать тарифную ставку работающих одного разряда разделив ее на три уровня в зависимости от динамики выработки работника за определенный период времени, например, от 3 до 6 месяцев.

Однако, на наш взгляд, такой метод требует значительного увеличения объема работ по начислению зарплаты, т.к. при наличии семи видов тарифных ставок в условиях любого предприятия их количество возрастет до 21.

При этом необходимо учитывать, что все они будут изменяться каждые 3 или 6 месяцев. На наш взгляд наиболее рациональным является метод использования фиксированных видов доплат за достижение определенных результатов, влияющих на эффективность хозяйственной деятельности предприятия, что позволит сделать систему оплаты труда более прозрачной, наглядной, беспристрастной в смысле влияния человеческого фактора.

Такая система, на наш взгляд, обеспечивает некоторую дифференциацию тарифных ставок, но с другой стороны не учитывает, что производительность труда рабочего может изменяться не только на протяжении 3–6 месяцев, но и каждый день, час выполняемой работы. Кроме того производительность труда может быть зависима от внутренних и внешних факторов, которые никоим образом не могут быть зависимы от рабочего, его профессиональных навыков, знаний, таланта, призвания, позволяющих выполнять работу лучше других при более низком значении присвоенного разряда выполняемой работы.

## **Выводы.**

Система оплаты труда в современных условиях имеет ряд недостатков, которые не обеспечивают рост производительности труда, а, следовательно, и повышения эффективности производства, как в условиях отдельного предприятия, так и в стране в целом.

Прежде всего совершенствование системы оплаты труда, на наш взгляд, необходимо начинать с учета ее социальной функции, которая регулирует дифференцирование заработной платы с учетом роста жизненного уровня работников предприятия, а также формирует социальную структуру общества на основе обеспечения фактора социальной справедливости.

Правильное отражение сущности данной ее функции в системе организации оплаты труда даст возможность способствовать процессу воспроизводства рабочей силы и обеспечению фактора социальной удовлетворенности трудовых ресурсов действующими условиями стимулирования труда.

**Список літератури:** 1. *Онищенко Т.* Оплата праці: податковий та бухгалтерський облік. – Х.: Фактор, 2006 – 472 с. 2. Закон України «Про оплату праці» №108/95-ВР від 24.03.95 р. 3. Оплата труда : Методическое пособие 2001. – Баланс – Клуб. – № 8 (27). 4. *Строич С.* Минимальная заработная плата / *С. Строич.* // Все о бухгалтерском учете. 2005. – № 81.

*Поступила в редколлегию 07.01.13*

УДК 181.341(5)

**Специфические функции заработной платы как экономической категории в условиях рыночных отношений / И. И. Губаренко, Р. Ф. Смолвик // Вісник НТУ «ХП».** Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 147–152. – Бібліогр.: 4 назв.

У статті розглядаються функції заробітної плати, недоліки в процесі формування системи оплати праці, пропонуються заходи щодо її вдосконалювання з урахуванням її взаємозв'язку з рішенням соціальних завдань

**Ключові слова:** заробітна плата, трудовий дохід, ринок праці, премія, відтворення робочої сили, ринкові відносини, продуктивність праці, розподіл доходу.

This article discusses the functions of salary, deficiencies in the process of building the pay system, offers activities to its improvement, taking into account its interrelationship with social challenges.

**Keywords:** wages, labour income, labour market, prize, reproduction of labour market, labour productivity, income distribution.



*Ю. В. КРИВОРУЧКО*, магистр НТУ «ХПИ»

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

В статье рассматривается влияние использования компьютерной техники в бухгалтерском учете реализованной продукции; возникающие проблемы правильного отражения в бухгалтерском и налоговом учете операций по приобретению ликвидации нематериальных активов.

**Ключевые слова:** бухгалтерский учет, реализация продукции, программное обеспечение, вычислительная техника, нематериальные активы, модернизация.

**Вступление.** Процесс хозяйственной деятельности предприятия – сложное сочетание различных составляющих ее подсистем, находящихся в определенной причинно-следственной взаимосвязи. Однако важнейшими из них является подсистема объема производства и реализации продукции.

**Анализ последних исследований и литературы.** В связи с этим данным вопросам уделяется значительное внимание в работах ученых – специалистов в области учета: Р. Хомяк, И. Бойчик, Л. Слюсарчик и др. [1]. Однако в условиях рыночных отношений необходимо учитывать те изменения, которые происходят под воздействием внешних факторов влияния: законодательных нормативных документов. Кроме того необходимо учитывать использование в процессе их учета новых информационных технологий.

Все изложенное выше позволяет сделать вывод о необходимости использования различного вида автоматизированного учета реализации продукции. Однако использование учета и полное отражение на счетах бухгалтерского и налогового учета приобретения, модернизации и ликвидации компьютерной техники имеют свои особенности.

**Цель исследования, постановка проблем.** В связи с этим целью исследования является анализ некоторых аспектов использования

средств компьютерной техники для целей бухгалтерского учета затрат на производство и реализацию продукции.

Однако необходимо учитывать и тот факт, что существует несколько методов бухгалтерского учета и отражения на его счетах выручки, получаемой от реализации продукции [2].

**Материалы исследования.** На практике используют два варианта учета выручки от реализации продукции, которые определяют момент перехода права собственности на готовую продукцию от поставщика к покупателю. Первый метод заключается в том, что отражение выручки на счетах бухгалтерского учета определяется моментом реализации продукции и устанавливается либо по моменту оплаты, либо по моменту отгрузки. Если используется метод «по оплате», то моментом реализации считается факт поступления денежных средств от покупателей на расчетный счет продавца. Этот метод также еще называется «кассовым методом». При использовании кассового метода дата зачисления денег от покупателей является моментом закрытия счета 90 «Продажи» и определения финансового результата от реализации.

Если используется другой метод учета – метод «по отгрузке», то моментом реализации считается факт отгрузки готовой продукции и предъявление расчетных документов покупателю. Этот метод также называется «методом начисления». При использовании метода учета реализации «по отгрузке» продукция считается реализованной в момент ее отгрузки и предъявления покупателю счета об оплате. В этом варианте используется счет 62 «Расчеты с покупателями и заказчиками».

При использовании метода начисления дата отгрузки продукции и предъявление счета об оплате покупателю является моментом закрытия счета 90 «Продажи» и определения финансового результата от реализации. При данном варианте учета реализации используются проводки по счетам: Дебет 51 – «Расчетные счета» и Кредит счета 90.

Если имеют место «Продажи» (получена выручка от реализации), то кроме указанных счетов «51» и «90» используется счет 62 – «Расчеты с покупателями и заказчиками», что отражается в учете следующими записями: Дебет 51 – «Расчетные счета» и Кредит 62 – «Расчеты с покупателями и заказчиками»; Дебет счета 62 – «Расчеты с покупателями и заказчиками» и Кредит счета 90 – «Продажи».

В решении указанных задач важное значение принадлежит процессу использования в бухгалтерском учете средств автоматизированного учета. Метод определения выручки от реализации по отгрузке продукции и предъявлению счета на оплату покупателям является традиционным в международной практике. Этот метод также рекомендован к использованию в отечественном учете.

В настоящее время предприятия для учета реализации должны в целях налогообложения использовать метод начисления, но предприятиям, у которых выручка от реализации продукции, работ и услуг (без учета налогов) в среднем за предыдущие четыре квартала не превышает 1 млн. грн. за квартал разрешено применять кассовый метод учета реализации [3].

**Результаты исследования.** Бухгалтерский учет компьютерной техники регулируется в основном положениями П(С)БУ 7, в котором указывается: «Если один объект основных средств состоит из частей, имеющих разный срок полезного использования (эксплуатации), то каждая из этих частей может признаваться в бухгалтерском учете как отдельный объект основных средств». Что касается налогового учета, то, согласно пп. 8.2.2 «Закона о прибыли», электронно-вычислительные машины, другие машины для автоматической обработки информации, связанные с ними средства считывания или печати информации, другие информационные системы, компьютерные программы, стоимость которых превышает стоимость малоценных товаров, относятся к группе 4 основных средств (ОС). Учет балансовой стоимости ОС группы 4 ведется по совокупной балансовой стоимости соответствующей группы ОС. При этом отдельный учет балансовой стоимости индивидуальной материальной ценности, входящей в состав ОС группы 4, для целей налогообложения не ведется, (пп. 8.3.5 Закона о прибыли).

Что касается приобретенных вместе с компьютером устройств, зачастую называемых периферийными (принтер, сканер, модем, колонки, микрофон и прочее), то каждый из этих товарно-материальных ценностей учитывается по общепринятым критериям, как ОС, малоценные быстро изнашиваемые активы.

Амортизация техники, попавшей в ОС, в бухучете производится по методике, установленной учетной политикой предприятия. В налоговом

учете ОС группы 4 амортизируются поквартально по ставке 15% начиная с квартала, следующего за кварталом оприходования ОС. Сканер, являющийся малоценным необоротным материальным активом, в бухучете амортизируется методом прямолинейного списания, исходя из предполагаемого срока службы. В налоговом учете сканер, клавиатура и мышь не амортизируются, а принимают участие в расчете балансовой стоимости запасов согласно п. 5.9 «Закона о прибыли» [1].

Кроме того, необходимо учитывать, что приобретение компьютерных программ подразумевает процесс получения авторских прав на «приобретение», который имеет два способа: либо передача права собственности, либо передача права пользования. В подавляющем большинстве случаев программное обеспечение продается вторым путем, который предусматривает приобретение лицензии на право пользования (ПО).

По своей сущности ПО является нематериальным активом, что подтверждается критериями, изложенными в документах П(С)БУ 8.

Однако каждое ПО с течением времени становится неактуальным и требует, помимо абонентского обслуживания, регулярного обновления. Как правило, при ежемесячных или ежеквартальных оплатах за услуги по обслуживанию и обновлению ПО возникает вопрос, каким образом учесть такие виды проплат: либо увеличивать первоначальную стоимость нематериального актива в бухгалтерском учете и балансовую стоимость группы 4 ОС в налоговом учете, либо относить их стоимость на расходы текущего периода и валовые расходы.

В настоящее время редко можно найти такое предприятие, на балансе которого числится лишь один компьютер. Как правило, у каждого из сотрудников офиса на рабочем столе стоит вычислительная техника [4]. В связи с этим возникает необходимость связать все компьютеры в общую сеть, что также ведет к определенным расходам и, соответственно, отражается в бухгалтерском учете предприятия. Однако наступает момент, когда компьютер настолько морально устаревает, что модернизация его становится нецелесообразной, принимается решение о его ликвидации. Предприятие при ликвидации компьютера обязано начислить НДС на остаточную стоимость объекта, которая, в данном случае, может быть принята за балансовую. Если же предприятие не начисляет НДС, то необходимо предоставить соответствующие документы.

Кроме того необходимо учитывать еще одно условие – создание комиссии, которая должна признать невозможность использования компьютера и нецелесообразность его модернизации. Спорным моментом является также часть налогового кредита, определенная на недоамортизированную часть компьютера, уплаченную при его приобретении [3].

**Выводы.** Все изложенное выше позволяет сделать следующие выводы. Повышение уровня качества показателей, характеризующих конечные результаты хозяйственной деятельности во многом зависит от рационального метода учета всех элементов производства в процессе их формирования. Причем, в решении указанных задач важное значение принадлежит процессу использования в бухгалтерском учете компьютерной техники. Однако возникает много нерешенных вопросов относительно правильного отражения в бухгалтерском и налоговом учете операции как по их приобретению, так и их модернизации, ликвидации, которые требуют своего решения

**Список литературы:** 1. Хом'як Р., Лемішовський В., Воськало В., Мохняк В. Бухгалтерський облік в Україні. – Львів: Бухгалтерський центр «Ажур», 2010. – С. 439. 2. Бойчик І.М. Економіка підприємства. Навч. посіб. – Київ: Атіка, 2002. – 480 с. 3. Болдырева И. Защита информации в системах компьютерного учета // Бухгалтерский учет. 2006. – № 10. – С. 45-46. 4. Слюсарчук Л. Облік готової продукції та її реалізації // Вісник податкової служби України. 2000. – № 29. – С. 42-48. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.visnuk.com.ua/srv2/archive/search/site/>.

*Поступила в редколлегию 21.03.2013*

УДК 339.117

**Некоторые аспекты практического использования способов автоматизированного учета в современных условиях рыночных отношений / Ю. В. Криворучко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 153–157. – Бібліогр.: 4 назв.**

У статті розглядається вплив використання комп'ютерної техніки в бухгалтерському обліку реалізованої продукції; виникаючі проблеми правильного відбиття в бухгалтерському і податковому обліку операцій по придбанню ліквідації нематеріальних активів.

**Ключові слова:** бухгалтерський облік, реалізація продукції, програмне забезпечення, обчислювальна техніка, нематеріальні активи, модернізація.

The article discusses the impact of the use of computer technology in the accounting of sales; emerging issues in accounting and correctly reflect tax accounting transactions for acquisition of intangible assets

**Keywords:** accounting, sales, software, computing equipment, intangible assets, upgrade.

**С. И. БУХКАЛО**, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**Н. Н. ДЬЯКОВА**, ст.преп. НТУ «ХПИ»

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА В УКРАИНЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО БИОТОПЛИВА**

В статье рассмотрены актуальные проблемы реализации политики энергосбережения в Украине на основе использования альтернативных видов топлива. В работе показано, что Украина обладает естественным ресурсным потенциалом сырья, который при соответствующем уровне государственной поддержки и долговременной организационно-экономической политике может обеспечить замещение импорта традиционных энергоносителей.

**Ключевые слова:** биотопливо, классификация сырья и технологии, алгоритм расчета прибыли

### **Введение.**

Украина ежегодно потребляет около 200 млн. т топливно-энергетических ресурсов и относится к энергодефицитным странам, поскольку покрывает свои потребности в энергопотреблении примерно на 53 % и импортирует 75 % необходимого объема природного газа и 85 % сырой нефти и нефтепродуктов.

Такая структура потребления традиционных энергоресурсов (ТЭР) экономически нецелесообразна, порождает зависимость экономики Украины от стран-экспортеров нефти и газа и является угрожающей для ее энергетической и национальной безопасности.

Как известно, ТЭР становится все меньше и цены на них растут, к тому же при их сгорании выделяется множество токсичных веществ, это вредит окружающей среде и является причиной парниковых эффектов. Ситуация, которая сложилась в Украине с обеспечением ее экономики достаточными объемами энергоносителей собственной добычи, остро ставит проблему поиска альтернативных видов топлива.

Главной задачей является получение альтернативного продукта, который будет эффективен как нефть, но менее токсичен при сгорании.

### **Анализ последних достижений и литературы.**

Известно, что после нефтяного кризиса 1973 года внимание мирового сообщества привлекло использование биотоплива, произведенного из местных сырьевых ресурсов. Одной из первых на путь использования биотоплива стала Бразилия, которая на сегодня производит около 45% (12 млрд.л в год) экологически чистого моторного топлива из собственных сырьевых ресурсов (сахарного тростника) – это почти 10 млн.т спирта в год [1].

Австрийская и немецкая промышленность позже подхватили инициативу, используя для производства биодизеля климатически отвечающее растение – масличные семена рапса. Под производство масличного рапса в Германии еще в 1995 году были выделены 300 тыс. га, при этом созданы в сельскохозяйственном секторе 5 тыс. новых рабочих мест. Это оправдывает 70 % налоговых уступок, предоставленных правительством Германии. Франция отдала 70 % своих земель государственного резерва под культуры для производства биологического топлива и создало 27 тыс. новых сельскохозяйственных рабочих мест. Италия производит 125 тыс. т в год биодизеля, который используется, главным образом, для котлов центрального отопления [2].

В ряде стран мира уже применяются бензины с различными топливными добавками. В частности, смесь бензина с этанолом успешно используется в США и Канаде, а также в Бразилии, где ее производство осуществляется на основе национальной программы. В США 80% производимого этанола используется в качестве топлива. Во Франции применяется топливо с содержанием в нем 5% этанола. Биотопливо известно с начала прошлого века но, учитывая низкую в то время стоимость светлых нефтепродуктов, его почти не использовали. При использовании 6–12% примеси спирта к бензину нет необходимости в изменениях в конструкции двигателей автомобилей, увеличивается октановое число моторного топлива, что ведет к уменьшению энергетических затрат при его производстве, на 4–5 процентов увеличивается коэффициент полезного действия двигателя и на 30 процентов снижается недосжигание топлива и выбросы в атмосферу продуктов сгорания, что соответствует требованиям по охране окружающей среды [3–7].

Мощным стимулом к разработке и использованию экологически чистых видов топлива является жесткое ограничение допустимых выбросов с отработанными газами.

### **Постановка проблемы.**

Для существенного увеличения в энергобалансе Украины объемов топливно-энергетических ресурсов, производимых из нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, необходимо создавать объекты альтернативной энергетики по перспективным технологическим направлениям получения смесового жидкого биотоплива, например,:

- производство смесового моторного топлива с добавкой (до 8%) кислородсодержащих спиртовых добавок к бензинам и соединений на основе отходов коксохимии и газового конденсата, применение противоизносных присадок к маслам двигателей внутреннего сгорания и т.д.;

- создание общегосударственной системы финансово-экономических, нормативно-технических и технологических мер по обеспечению условий производства и использования нетрадиционных жидких топлив на основе этанола для получения моторных топлив, и др.), а также других нетрадиционных видов топлива и источников энергии.

### **Материалы исследований.**

Общепринятое определение биотоплива характеризует его как твердое, жидкое или газообразное топливо, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом. По агрегатному состоянию биотопливо подразделяют на:

- твердое – это дрова, солома, древесные топливные гранулы и топливные брикеты;

- жидкое – биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир, биодизель, биотоплива второго поколения;

- газообразное – биогаз и биоводород.

Биоэтанол является самым популярным видом топлива, благодаря экономической эффективности производства. Высокие показатели были получены при анализе соотношения энергетических затрат на производство и непосредственно выделяемой энергии. Биотопливо второго поколения производятся из непищевого сырья (рис. 1), которое может включать в себя отработанные жиры и растительные масла, биомассу деревьев и трав. Преимущество такого топлива заключается в



том, что эти растения могут выращиваться на менее благоустроенных землях с применением минимального количества техники, удобрений и пестицидов. Биотопливо участвует в ряду превращений биомасса → биотопливо → биоэнергия. Наиболее доступным источником сконцентрированной энергии является жидкое топливо. Среди его разновидностей наиболее эффективными являются: биодизельное топливо, содержащее 90% энергии нефтяного топлива, этиловый спирт (этанол) – 50% их энергии и метиловый спирт (метанол) – третью часть их энергии.



Рис. 1 – Функциональная схема образования биотоплива второго поколения

Биодизельное топливо является наиболее экономичным для производства. Оно вполне совместимо с существующими двигателями транспортных средств и коммерческих топливных систем распределения и потребления. Твердые вещества, выбрасываемые при сгорании биодизеля, в отличие от выбрасываемых при сгорании дизельного топлива, не являются канцерогенными. Кроме того, побочный продукт при производстве биодизеля – глицерол, может использоваться для производства глицерина, смазок и машинного масла, восстановителей кожи, увлажнителей, удобрения и многих других продуктов [5].

Работы по переводу дизельных двигателей на биотопливо ведутся как в странах с ограниченными топливно-энергетическими ресурсами, так и в высокоразвитых странах, имеющих возможность приобретения традиционных энергоносителей. В условиях дефицита в Украине

минерального топлива наиболее перспективным и относительно недорогим способом является получения биодизельного топлива путем переэтерификации отходов масел и животных жиров [6, 7]. Высокий уровень технологий, реализуемый в оборудовании заводов, а также разрабатываемая нормативная документация на биодизель позволит обеспечить европейское качество выпускаемой продукции. Производство и применение биодизеля в Украине позволит радикальным образом разрешить эколого-экономические проблемы экономики Украины – только потребности автотранспорта составляют в год до 12 млн. т бензина и до 15 млн.т дизельного топлива.

При условии проведения благоприятной правительственной экономической политики Украина может стать одним из значительных производителей биотоплива, например, на основе этилового спирта. Для достижения этой цели целесообразно было бы перепрофилировать свободные мощности спиртзаводов на выпуск топливного этанола. Особенно оправданным будет переход на выпуск технического этанола для мясно-спиртовых заводов, так как в случае использования для пищевых потребностей мясной спирт проигрывает по качеству перед зерновым.

Другим путем решения проблемы получения моторного топлива в Украине является использование рапсового масла для производства дизельного топлива. В Украине запланировано в ходе расширения посевов рапса получение 9,0 млн. тонн рапсовых семян, что может обеспечить получение почти 3,0 млн.т. биодизельного топлива (75% годовой потребности агропромышленного комплекса страны).

Из-за наличия вредных для организма человека соединений использование рапсового масла в пищевой промышленности практически невозможно, но, благодаря тому что его средняя теплотворная способность (33,1 МДж/л) является лишь немного меньше, чем у дизельного топлива (35,1 МДж/л), использование этого масла как топлива целесообразно и имеет большое значение для топливно-энергетической отрасли. Однако, поскольку при непосредственном их использовании двигатель может быстро выйти из строя, необходимо проводить очистку рапсового масла. Полученный из рапса биодизель отличается хорошей воспламеняемостью, что обеспечивается более

высоким, чем у «нефтяного» дизтоплива, цетановым числом. Следует также отметить, что из 1 т масла при производстве биодизеля получают около 100 кг дорогостоящего глицерина. Кроме того, рапсовое масло в западных странах с целью улучшения охраны окружающей среды также широко применяется для выпуска смазочных материалов. Рапсовое масло с учетом его химико-физических свойств часто используется для производства присадок для масел.

В последнее время ведется диалог Украины с ЕС по вопросам производства возобновляемых энергоресурсов и поставок их в страны ЕС, что будет способствовать укреплению экономики Украины. С целью развития этого диалога и во исполнение Закона Украины «Об альтернативных видах жидкого и газового топлива» Госкомэнергосбережения Украина разрабатывает ряд нормативных актов, принятие которых будет способствовать стимулированию производства и применению топливных оксигенатов из возобновляемого сырья. В частности, разрабатываются предложения по экономическому содействию производства альтернативного топлива.

#### **Результаты исследования.**

Итак, главный компонент биодизеля – растительное сырье. Его стоимость можно определять:

- по цене сырья для производства масла, т.е. продавая сырье и рассчитывая стоимость масла, но, при этом, следует учитывать все влияния на цену возможных рисков;

- по цене масла, которое можно купить и переработать в биодизель, при этом нужно учитывать, что его цена тоже не будет стабильной, будет зависеть от качества масла и иных условий (понятно, что предпринимателя больше будет интересовать недорогой продукт, желательного самого низкого качества);

- по себестоимости, полагая, что ее величина у каждого своя.

Но все же изначально при принятии решения о производстве биодизеля возникает вопрос: а сколько будет стоить этот биодизель? Может быть, выгоднее взять кредит и купить дизельное топливо?

Предположим, предприятие испытывает потребность в 100 тыс. л топлива на определенный период. Рассмотрим два возможных варианта решения этого вопроса.

Вариант № 1. Берем кредит в банке и покупаем дизтопливо.

Исходя из цены на дизтопливо (в настоящее время это примерно (9,75 грн. за 1 л) и потребного количества топлива, необходимая сумма кредита составит 975 тыс. грн. Данную сумму берем на 6 месяцев под 22.5 % годовых или 11,25 % – на срок кредитования. Таким образом, по истечении шести месяцев банку нужно будет выплатить сумму кредита с учетом процентов по кредиту. Т.е реальная стоимость дизельного топлива составит в итоге 975 тыс. грн. (тело кредита) + 110 тыс. грн. (проценты по кредиту, сумма округлена для удобства счета) = 1085 тыс. грн. Таким образом, 1 л дизтоплива с учетом транспортно-заготовительных расходов составит примерно 10,95 грн.

Вариант № 2. Покупаем установку по производству биодизеля.

Берем такую же сумму кредита в банке, как в первом варианте, т.е. 975 тыс. грн. Кредит взят на тех же условиях, что и в первом случае. Часть заемных средств – 125 тыс. грн. расходуем на покупку оборудования по производству биодизеля, его доставку и монтаж. Даем объявление в газету о покупке некондиционного масла и маслосемян. На 500 тыс. грн. покупаем 100 т масла или 300 т маслосемян, которые переработаем на масло. На закупку дополнительных ингредиентов, необходимых для переработки 100 т масла, необходимо 85 тыс. грн. Итак, мы затратили 125 тыс. грн. + 500 тыс. грн. + 85 тыс. грн. = 710 тыс. грн. Расчеты показали, что сумма кредита по второму варианту может быть меньше, а также погасить кредит в этом случае можно будет уже через месяц, На эту сумму мы должны уплатить проценты, с учетом годовой процентной ставки 22,5 % за месяц сумма процентов за кредит составит 13,5 тыс. грн. Итого, по данному варианту общая сумма затрат составит 710 тыс. грн. + 13,5 тыс. грн. = 723,5 тыс. грн. Кроме этого, в результате переработки масла в биодизель будет получено 10 т глицерина, которые можно продать по цене 13,80 грн. за 1 кг.

Таким образом, второй вариант является предпочтительным. По результатам реализации этого варианта имеем в собственности оборудование для производства биодизеля, а также 100 тыс. л биодизеля. Кроме того, от реализации глицерина было выручено 138 тыс. грн., которые можно возвратить банку уже после трех месяцев пользования средствами.

В экономической части исследования также рассматриваются следующие вопросы обоснования выпуска продукции:

- определение годового расхода сырья;
- расчет текущих затрат (себестоимости) продукции;
- определение отпускной цены продукции;
- расчет показателей эффективности производства.

Исходными данными для расчета себестоимости продукции являются материальный баланс производства, нормы расходов энергоресурсов, удельные капиталовложения, численность обслуживающего персонала.

Таблица 1 – Топливо-энергетические затраты

№	Наименование	Норма расхода на 1 т продукции	Цена, грн.	Стоимость 1т продукции, грн./т	Потребность в энергозатратах за год, млн. грн.
1.	Электроэнергия, кВт·ч				
2.	Пар, Гкал				
3.	Сжатый воздух, м <sup>3</sup>				
4.	Вода оборотная, м <sup>3</sup>				
5.	Газ, м <sup>3</sup>				
	Σ				

Затраты на оплату труда производственных рабочих в виде фонда заработной платы основных рабочих определяется по формуле с учетом численности основных рабочих, и их среднегодовой заработной платы.

Отчисления на социальный единый льготный взнос принимается равным 37,96% от фонда заработной платы:

Амортизация и затраты на текущий ремонт определяются на базе удельных капиталовложений по соответствующему продукту производства.

Затраты на текущий ремонт определяются по аналогичной формуле, что и амортизационные отчисления, только вместо нормы амортизации (15%) подставляется среднестатистический показатель – 12 %:

Расчет цеховых, общехозяйственных и внепроизводственных расходов принимаются соответственно равными 1%, 2% и 0,5% от суммы всех предыдущих статей расходов.

Цена производства продукции устанавливается на основе себестоимости и задаваемого уровня рентабельности, величина которого может быть принята в размере 15–30 % от себестоимости.

Полученные значения затрат сводим в калькуляцию для определения полной себестоимости продукции (табл. 2).

Таблица 2 – Калькуляция себестоимости продукции

№	Наименование статей расходов	Расходы на производство единицы продукции, грн/т	Расходы на производство годового объема продукции, млн. грн.
1.	Сырьё и материалы		
2.	Топливо и энергия на технологические цели		
3.	Заработная плата производственных рабочих		
4.	Отчисления на социальные мероприятия		
5.	Амортизация		
6.	Текущий ремонт		
7.	Цеховые расходы		
8.	Общехозяйственные расходы		
9.	Внепроизводственные расходы		
10.	Полная себестоимость		

Отпускная цена продукции включает цену производства и налог на добавленную стоимость (НДС), который в оставляет 20 % от цены производства. Объем реализации продукции рассчитывается по формуле с учетом отпускной цены единицы продукции и годового выпуска продукции, натуральных единиц (т, шт., кг т.д.).

Алгоритм расчета прибыли заключается в следующем:

а) рассчитывается НДС, который удерживается от суммы реализации продукции с учетом ставки налога на добавленную стоимость;

б) определяется сумма текущих расходов на производство годового выпуска продукции с учетом себестоимости изготовления единицы продукции.;

в) проводится расчет валового дохода от реализации продукции предприятия;

г) рассчитывается чистая прибыль, которая остается в распоряжении предприятия с учетом налога на прибыль по ставке 19 % и других платежей из прибыли (принимаются в размере 5% от прибыли);

д) рассчитывается фондоотдача основных производственных фондов с учетом отношения чистого объема продаж, т.е. стоимости реализованной продукции без НДС к стоимости основных производственных фондов.

е) чистый объем продаж рассчитывается с учетом годового объема выпуска продукции и цены производства единицы продукции;

Рентабельность производства рассчитывается с учетом чистой прибыли и себестоимости единицы продукции.

Таблица 3 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Значение
1. Объем производства, т/год	
2. Объем от реализации продукции, млн. грн./год	
3. Цена производства, грн./т	
4. Себестоимость, грн./т	
5. Текущие расходы, млн.грн.	
6. Чистая прибыль, млн.грн.	
7. Рентабельность производства, %	
8. Фондоотдача, грн./грн.	
9. Производительность труда, грн./чел.	

Экономический эффект НИР отражает степень воздействия результата на сферу материального производства и потребления. Характер, объем и направление такого влияния разнообразны и могут быть определены для различных видов НИР с разной полнотой и степенью точности. В общем виде экономический эффект ( $\mathcal{E}_{\text{НИР}}$ ) поисковых и краткосрочных прикладных научных исследований определяется по формуле приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_{\text{НИР}} = (C_6 - C_n) - K_c \cdot E_n,$$

где  $C_6$  – текущие затраты на производство до внедрения результатов НИР;

$C_n$  – текущие затраты на производство после внедрения результатов;

$K_c$  – сопутствующие одноразовые капитальные затраты, связанные с внедрением НИР;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимается равным 0,15.

К одноразовым капитальным затратам следует отнести и затраты на выполнения НИР (стоимость НИР). В состав производственных затрат следует включать только те элементы затрат, которые претерпели изменение в результате внедрения результаты НИР в производство. При таком подходе к оценке экономического эффекта возникает необходимость выбора базы для сравнения. В качестве базы для сравнения рекомендуется применять показатели производства в базисном периоде т.е., периоде до внедрения результатов НИР или, если разрабатывается новая техника, продукция и т.д.

**Выводы.** Биодизель может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания как самостоятельно, так и в смеси с обычным дизтопливом, без внесения изменений в конструкцию двигателя. Обладая, примерно, одинаковым с минеральным дизельным топливом энергетическим потенциалом, биодизель имеет ряд существенных преимуществ:

- он не токсичен, практически не содержит серы и канцерогенного бензола;

- разлагается в естественных условия;

- обеспечивает значительное снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании и в двигателях внутреннего сгорания, и в технологических агрегатах;

- увеличивает цетановое число топлива и его смазывающую способность, что существенно увеличивает ресурс двигателя;

- имеет высокую температуру воспламенения (более 100° С), что делает его использование относительно безопасным;

- его источник - возобновляемые ресурсы;

- производство биодизеля можно организовать, в том числе и в условиях небольшого на дорогом оборудовании.



В экономической части исследования поэтапно рассмотрены вопросы и показатели обоснования выпуска продукции. Экономический эффект проведения научно-исследовательских работ рассматривается с точки зрения отражения степени воздействия результата на сферу материального производства и потребления

**Список литературы:** 1. 2. *Гусев А. Б.* Биотопливо как инновационная перспектива российской энергетики // *Капитал страны: издание об инвестиционных возможностях России.* 2008 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kapital-rus.ru/articles/article/619/>. 2. *Маслеева О.В., Пачурин Г.В.* Экологическая и экономическая целесообразность использования биотоплива // *Фундаментальные исследования.* 2012. – № 6 (часть 1). – стр. 139-144; 3. *Девягин С.Н., Марков В.А., Семёнов В.Г.* Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – Х.: Новое слово. 2008. – 600с. 4. *Яковлев В.А.* Проблема получения высококачественных моторных топлив из биомассы растений. Состояние и перспективы. – *Наука в Сибири.* 2008. – №12 (2647) – с. 7 – 19. 5. *Karonis D., Anastopoulos G., Lois E., Stournas S., Zannikos F., Serdari A.* Assessment of the Lubricity of Greek Road Diesel and the Effect of the Addition of Specific Types of Biodiesel // *SAE Technical Paper Series.* – № 1999-01-1471.– p.1-8. 6. *Демидов И.Н., Ничипорчук Е.В.* Этанализ вторичных продуктов жировой промышленности – путь получения биодизеля. *Химия и технология жиров. Перспективы развития масло-жировой отрасли.* 2-я Межд. н/техн. конф. 21–25 сентября 2009 г. 7 *Новиков О.Н.* Биотопливо следующего поколения. / <http://www.igooeg.uspb.ru/page 14.htm> 1.

*Поступила в редколлегию 21.03.2013*

УДК 658.511:666.11

**Перспективы развития производства в Украине экологически чистого биотоплива / С. И. Бухкало, Н. Н. Дьякова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів.** – Х. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 158–169. – Бібліогр.: 7 назв.

У статті розглянуто актуальні проблеми реалізації політики енергозбереження в Україні на основі використання альтернативних видів палива. У роботі показано, що Україна володіє природним ресурсним потенціалом сировини, який при відповідному рівні державної підтримки і довготривалій організаційно-економічній політиці може забезпечити заміщення імпорту традиційних енергоносіїв.

**Ключові слова:** біодизель, класифікація сировини та технології, алгоритм розрахунку прибутку.

The article deals with current problems of the energy-saving policy in Ukraine on the basis of the use of alternative fuels. The conclusion that Ukraine has a natural resource potential of raw materials, which is at the appropriate level of government support and long-term organizational and economic policy can provide import substitution of traditional energy sources.

**Keywords:** biofuels, the classification of raw materials and technology, the algorithm for calculating the profit.

*Л. П. БУДНИК*, магистр НТУ «ХПИ»;

*Р. Ф. СМОЛОВИК*, проф. НТУ «ХПИ»

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УСЛОВИЙ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА**

В статье анализируются особенности развития сельскохозяйственной отрасли производства в условиях глобализации и необходимости использования инноваций.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная отрасль, инновационные процессы

### **Введение.**

Процесс преобразования сельскохозяйственной отрасли производства в условиях современного уровня глобализации экономических систем требует выполнения комплекса мер по созданию и надежному функционированию новой модели хозяйственной деятельности. Главными составляющими в этом процессе преобразования являются разнообразные формы собственности, рыночные отношения, но главное – инновационные технологии, способствующие интенсификации производства сельскохозяйственной продукции, для решения глобальной социальной проблемы всего человечества – борьба с бедностью, голодом.

Инновационная деятельность является важной составляющей ускоренного развития сельского хозяйства, но ее результативность в значительной степени зависит как от объема инвестиций, так и от профессионального уровня научных кадров и специалистов сельского хозяйства.

Относительно сельскохозяйственного производства инновация представляет собой реализацию в хозяйственную деятельность результатов исследований и разработок в виде: новых сортов растений, пород и видов животных и птицы; новых, или улучшенных материалов, новых технологий в растениеводстве, животноводстве; новых удобрений и средств защиты растений; новых методов профилактики и лечения животных и птицы; новых форм организации и управление разными сферами социальных услуг, которые разрешают не только повысить эффективность производства, но и решать важные социальные задачи.

### **Постановка задачи и цель исследования.**

Обосновать необходимость использования инноваций с учетом специфики сельскохозяйственного производства, а также возможности оценки, анализа их эффективности.

### **Анализ основных научных исследований.**

Основные теоретические и методологические положения, связанные с раскрытием сущности и содержания инновационной деятельности, особенностями и закономерностями ее проявления в сельскохозяйственных предприятиях изложенные в работах Л.Л. Антонюк, С.А. Володина, О.И. Дация и др. Однако в указанных работах не нашли достаточной разработки некоторые вопросы, относящиеся к современным требованиям, предъявляемым к условиям использования инноваций в условиях сельскохозяйственного производства. [1] Продукция агропродовольственного комплекса, включающего не только сельское хозяйство, но и пищевую промышленность, занимает весомое место в отечественном экспорте. Если по абсолютным объемам общего экспорта товаров Украина находится на 47-ом месте в мире, а ее удельный вес в объеме экспорта составил – 6,9%, то по объему экспорта продукции агропродовольственного комплекса на 24-ом (удельный вес – 0.7%). По внешней торговле по объему продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности торговое сальдо положительное; так, например, в 2008 г. оно достигло более 4,3 млрд. дол. Однако по внешней торговле в целом Украина имеет постоянно отрицательное сальдо, которое в том же году составило 18,5 млрд. дол. (табл. 1).

Таблица 1 – Доля продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности во внешней торговле Украины в 2010 г.

Показатели	Экспорт	Импорт
Общая сумма торгового оборота (млн. дол.)	39700	45400
в том числе: животные и продукция животноводства	596	1268
продукты растительного происхождения	5035	1260
жиры и масло животного и растительного происхождения	1796	374
Готовые пищевые продукты	2088	2034
Всего продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности (млн. дол.)	9515	4936
Доля в общей сумме (%)	24,0	10,8

Необходимо отметить, что Украина делает первые, к сожалению, не всегда эффективные, шаги в завоевании внешних рынков и расширении экспорта продукции агропродовольственного комплекса. В связи с этим следует тщательно изучить опыт стран, достигших в этом направлении значительных успехов, при этом у двух из них – Германии и Италии – стабильное отрицательное торговое сальдо [2].

В первую очередь следит отметить огромную разницу в относительных показателях приведенных стран, в частности, экспорта из расчета на 1 га сельскохозяйственных угодий. Если в Украине этот показатель составляет 262 дол., в США – 287, Франции – 2313, то в Бельгии – 30 тыс. дол., Нидерландах – 41,4 тыс. дол. (табл. 2).

Таблица 2 – Основные страны – экспортеры и импортеры продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности в 2010 г.

Страна	Площадь с/х угодий (млн. га)	Экспорт			Импорт		Сальдо (млрд. дол.)
		№	млрд. дол.	в том числе из расчета на 1 га с/х угодий (дол.)	№	млрд. дол.	
США	411,2	1	118,3	787	2	82,4	35,9
Нидерланды	1,91	2	79,0	41361	7	49,5	29,5
Германия	16,95	3	70,8	4177	1	83,0	-12,2
Франция	29,1	4	68,0	2313	6	53,1	14,9
Испания	28,7	9	36,5	1272	10	31,6	4,9
Аргентина	132,8	10	35,7	269	60	2,8	32,9
Украина	41,27	24	10,8	262	42	5,8	5,0
Россия	215	26	7,9	36	11	31,4	-23,5

Для более детального анализа необходимо сравним структуру экспорта агропродовольственной продукции Украины со странами: США, Нидерландами, Францией, занимающими первые позиции на мировом рынке и имеющими положительное торговое сальдо [3].

В структуре экспорта Нидерландов доминирует животноводческая переработанная продукция (более 25%). Страна, имеющая только 1,41 млн. га сельскохозяйственных угодий, ежегодно экспортирует животноводческую продукцию на сумму около 26 млрд. дол., и все это преимущественно за счет импорта кормов на сумму 7 млрд. дол., что составляет 17,6% общего импорта агропродовольственной продукции страны. Украина же экспортирует в основном растениеводческую продукцию (свыше 63%), причем одна культура – подсолнечник составляет 20% об-

щого експорту. На животноводческую продукцію приходиться лише 0,6 млрд. дол. Слід підкреслити, що практично всі країни з розвинутою ринковою економікою надають перевагу експорту продукції глибокої переробки, в тому числі з імпортованого сільськогосподарського сировини. Це стосується, перш за все, готових виробів з імпортованого листа тютюну, бобів какао, фуражного зерна [4].

Всі вказані вище дозволяють зробити висновок про деякі негативні явища, які мають місце в сільськогосподарській галузі України: збільшення імпорту товарів легкої промисловості та нелегального «секонд-хенда»; незахищеність вітчизняного виробника в зв'язі з несовершенням митної політики; недостатня державна підтримка сільського господарства.

### **Висновки.**

Україна може і повинна збільшувати обсяги як виробництва, так і експорту продукції агропродовольственого комплексу, вдосконалювати його структуру, що дозволить вирішити головні стратегічні задачі – підвищити її продовольственную безпеку. Розв'язання вказаних завдань може бути досягнуто за умови впровадження інноваційних процесів в умовах сільськогосподарської галузі.

**Список літератури:** 1. *Mensh G.* Stalemate in Technology: Innovation Overcome the Depression. – Cambridge, Mass., 1979. 2. *Юшин С.О.* Інноваційний менеджмент: проблеми індустріалізації підприємства / *С.О. Юшин* // Наук. збір. КНТЕУ, 2005 – №2. – С. 5-14. 3. *Дацій О.І.* Розвиток інноваційної діяльності в агропромисловому виробництві України / *О.І. Дацій*. – К.: ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2004. 4. *Ильдеменов С.В.* Інноваційний менеджмент / *С.В. Ильдеменов, А.С. Ильдеменов В.П. Воробьева*. – М.: Инфра-М, 2002.

УДК 330.341.1

**Деякі аспекти умов ефективного використання інновацій у сільськогосподарській галузі виробництва / Л. П. Будник, Р. Ф. Смоловик** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2013. – № 9 (983). – С. 170–173. – Бібліогр.: 4 назв.

У статті аналізуються особливості розвитку сільськогосподарської галузі виробництва в умовах глобалізації й необхідності використання інновацій.

**Ключові слова:** сільськогосподарська галузь, інноваційні процеси.

The article analyses the characteristics of agricultural production in the context of globalization and the need for innovation.

**Keywords:** agricultural industry, the innovation processes.

*С. И. БУХКАЛО*, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
*Р. Ф. СМОЛОВИК*, канд. экон. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
*О. И. ОЛЬХОВСКАЯ*, ассистент НТУ «ХПИ»;  
*А. И. КЛИМАШКО*, магистр НТУ «ХПИ»;  
*Д. Ю. ЗАДНЕПРОВСКАЯ*, студентка НТУ «ХПИ»;  
*Д. В. СЕВОСТЬЯНОВА*, магистр НТУ «ХПИ»;  
*О. К. ПОЗДНЯКОВА*, магистр НТУ «ХПИ»;  
*Д. С. РЕВА*, студентка НТУ «ХПИ»

## **ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЕКТЫ**

В статье приведены возможности экономического анализа при решении задач комплексных проектов ХТС с целью повышения эффективности их работы и дальнейшего развития научно-обоснованных комплексных методов переработки отходов различного происхождения.

**Ключевые слова:** инвестиции, инновационные проекты, эффективность.

**Введение.** Экономические показатели эффективности при проектировании инновационных комплексных химико-технологических систем (ХТС) используются для осуществления следующих целей: сравнительная оценка проектируемых вариантов ХТС; выбор оптимальных технологических и конструкционных решений; оценка экономической эффективности и экономических показателей ХТС на различных стадиях проектирования и др.

Как показывает практика экономически развитых стран, проектом называют комплекс работ организационно-экономического характера направленный на достижение поставленной цели, но ограниченный следующими факторами: время, финансовые ресурсы, требования к качеству и др. Итак, проект – это, в первую очередь, пакет финансовых инвестиций и связанных с ними разных видов деятельности.

Основные принципы проектного анализа реализуются с помощью ряда аналитических методов, но сумма капиталовложений в проект не может быть большей, чем получаемые доходы.

Предлагаемый в проекте вариант инвестирования финансовых ресурсов в разработку продуктов с высоким уровнем качества на основе

действующей международной системы анализа опасных факторов и критических точек управления является научно-обоснованной системой, которая позволяет гарантировать производство безопасной продукции из отходов различных видов.

**Анализ основных достижений и литературы.** Для развития малых предприятий в области переработки полимерных отходов на первый взгляд есть следующие условия: имеются предложения по созданию рынка полимерных отходов; имеются технологии по переработке вторичного полимерного сырья; существует заинтересованность общества в переработке полимерных отходов, как фактора улучшения экологии [1–3]. Описаны возможности для комплексной оценки проекта, которые предусматривают разработку следующих разделов: жизненный цикл инновационного проекта; распределение дисконтированных выгод и затрат; графическое представление точки безубыточности проекта; результаты расчетов показателей эффективности инновационных проектов по альтернативным вариантам [4].

Вариант инвестирования финансовых ресурсов в разработку данной ХТС нуждается в решении некоторых задач (рис. 1). Система имеет три ключевых особенности, которые производитель должен учитывать для ее успешной разработки, внедрения и поддержания. Система является предупредительным инструментом контролирования опасных факторов, а не средством реагирования на их возникновение. Система не снижает риски, создаваемые опасными факторами, к нулю, а минимизирует их. Система – не автономная программа, а часть более общей системы метода контроля. Без надежного обоснования, которое составляется из программ-предпосылок, имеющих надлежащую практику производства и должны быть внедрены и поддерживаться надлежащим образом, система не сможет стать эффективным инструментом для производства безопасных продуктов.

Самыми важными характеристиками любого проекта являются потоки расходов на его осуществление и доходов. Основными показателями для оценки эффективности проектов являются: – соотношение выгоды/расходы ( $B/C$  – *benefit/cost*); – чистая текущая стоимость ( $NPV$  – *net present value*); – внутренняя норма прибыли ( $IRR$  – *internal rate of return*); – срок окупаемости инвестиций ( $O_{\text{рик}}$ ).

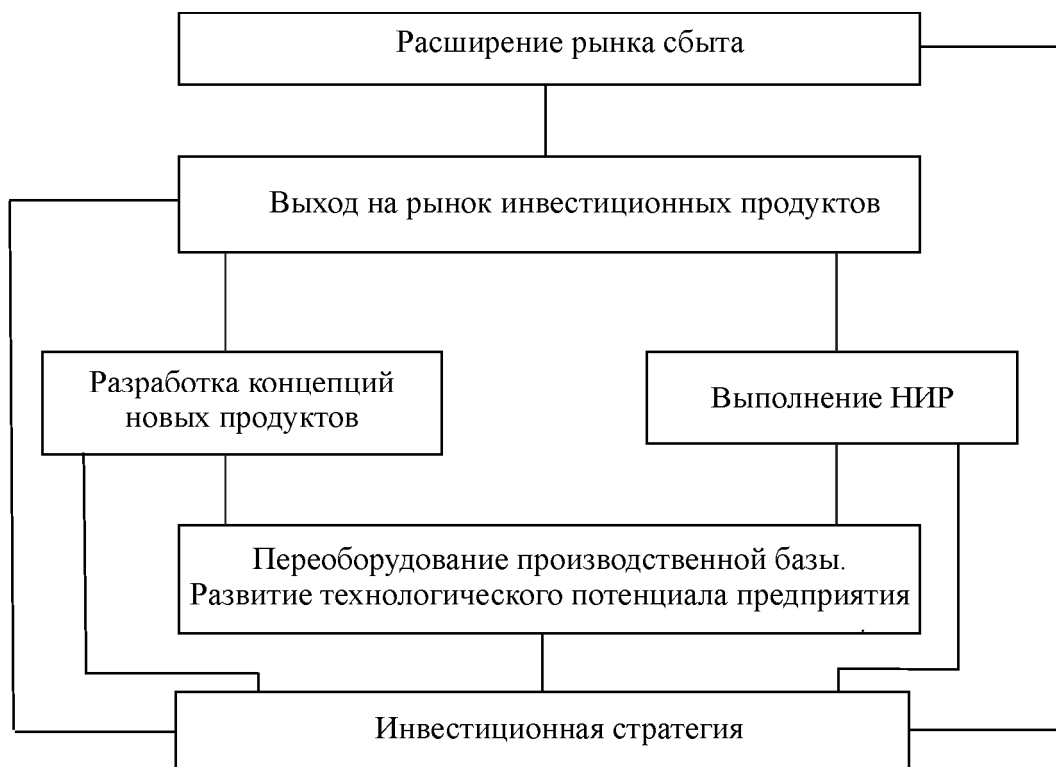


Рис. 1 – Вариант инвестирования производства инноваций

Соотношение выгоды/расходы есть отношения приведенных (дисконтированных) выгод к приведенным расходам. Существует несколько вариантов этого соотношения. Наиболее часто применяется простое отношение всех приведенных выгод ко всем приведенным расходам без учета знака этих величин.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n B_t \cdot \frac{1}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n C_t \cdot \frac{1}{(1+r)^t}} > 1.$$

Если численное значение полученного отношения больше единицы, то это указывает на полезность проекта. Проекты с более высоким отношением В/С более выгодные, чем проекты с малым отношением. Чистая приведенная текущая стоимость – интегральный эффект (NPV) равняется разности между текущей стоимостью потока



будущих доходов ( $B_t$ ) и текущей стоимостью будущих расходов на осуществление, эксплуатацию и техническое обслуживание проекта ( $C_t$ ) на всем протяжении срока его использования ( $t = n_{\text{лет}}$ ).

$$NPV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \geq 0.$$

Внутренняя норма прибыли (IRR) по проекту равняется ставке процента банка за кредит ( $r$ ), при которой суммарные доходы равняются суммарным расходам на осуществление проекта, то есть  $NPV = 0$ .

Анализ эффективности использования инвестиционного проекта, разрабатывается на основе следующих данных: план инвестиционных вложений (2000 тыс. грн.) и доходов (2400 тыс. грн.); намеченный срок реализации проекта: 2010–2013 г.; сумма необходимого кредита 2000 тыс. грн. Представленные данные позволили анализировать три возможных варианта распределения расходов и доходов, получаемых в результате реализации проекта (рис. 2 и рис. 3).

Определим показатели эффективности для первого варианта распределения доходов и расходов. Определяем соотношение доходов ( $B_t$ ) и расходов ( $C_t$ ):

$$\frac{B_t}{C_t} = \frac{2400}{2000} = 1,2.$$

Определяем чистую, текущую приведенную стоимость (NPV), то есть интегральный эффект, получаемый от использования инвестиционного проекта (табл. 1).

Таблица 1 – Расчеты NPV для первого варианта распределения

Год	$B_t - C_t$	ПД <sub>10</sub>	NPV <sub>10</sub>	ПД <sub>20</sub>	NPV <sub>20</sub>	ПД <sub>30</sub>	NPV <sub>30</sub>
1	-200	0,926	-185,2	0,833	-166,6	0,769	-143,8
2	300	0,857	257,1	0,694	208,2	0,592	122,2
3	300	0,794	238,2	0,579	173,7	0,455	102,2
			310		215		-4,06

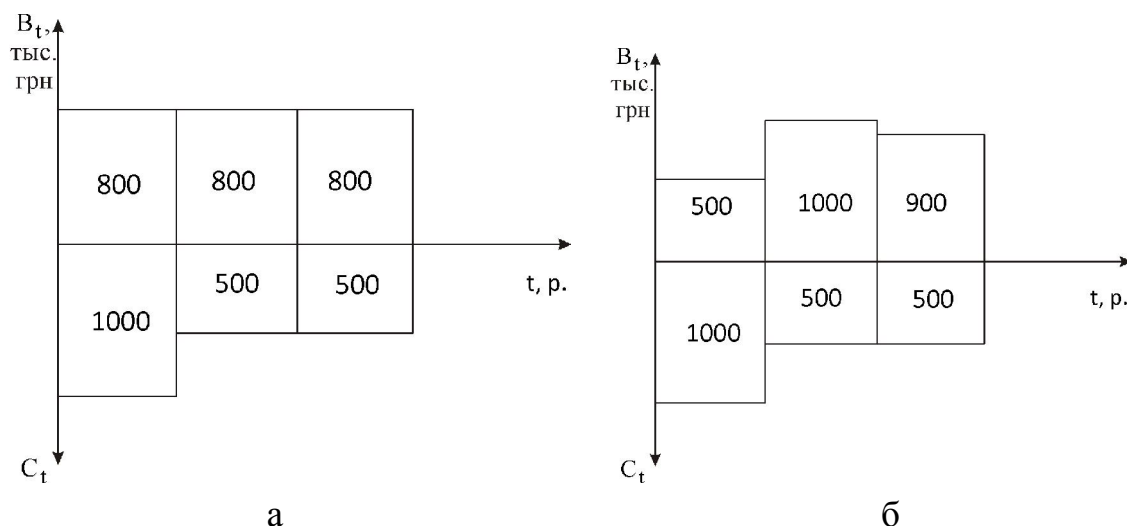


Рис.2 – Распределение затрат и доходов инвестиционного проекта по:  
а – первому варианту и б – второму варианту

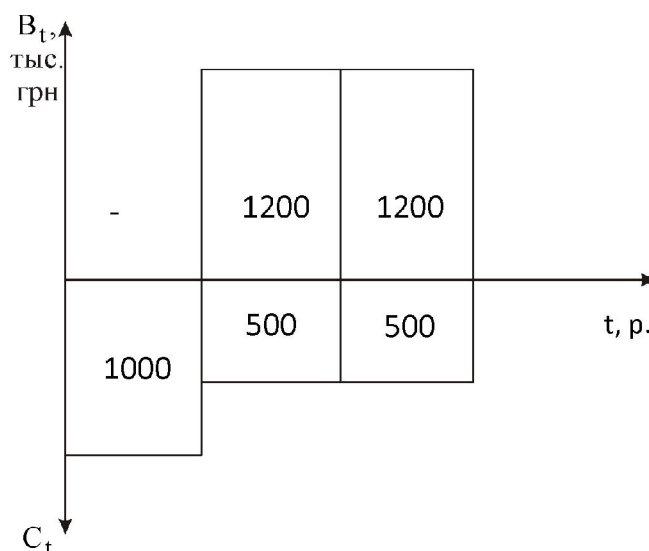


Рис. 3 – Распределение затрат и доходов инвестиционного проекта по третьему варианту

Определяем IRR по формуле для первого варианта проекта:

$$r_x = r_1 + (r_2 - r_1) \cdot \frac{NPV_2}{NPV_1 - NPV_2};$$

$$r_x = 20 + (30 - 20) \frac{-4,06}{215 - (-4,06)} = 25,1 \%$$

Определяем IRR графически для первого варианта распределения доходов и расходов (рис. 4).

Находим срок окупаемости инвестиций. Поскольку инвестиции распределяются равномерно, то срок окупаемости определяем распределением среднегодовых доходов на инвестиции.

$$O_{\text{лет}} = \frac{8000}{2000} = 4 \text{ года.}$$

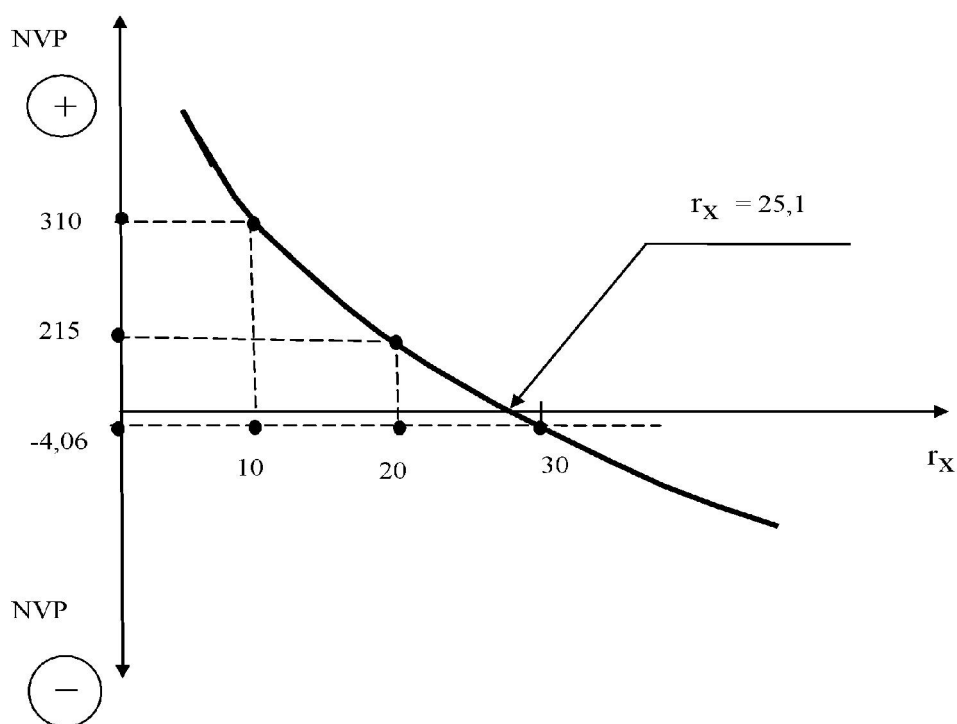


Рис. 4 – Определение IRR графически для первого варианта проекта

Определяем показатели эффективности для второго варианта распределения доходов и расходов – находим значение NPV (табл. 2).

Таблица 2 – Расчеты NPV для второго варианта распределения доходов

Год	$B_t - C_t$	$ПД_{10}$	$NPV_{10}$	$ПД_{20}$	$NPV_{20}$	$ПД_{30}$	$NPV_{30}$
1	-500	0,926	-463,0	0,833	-496	0,769	-0,394
2	500	0,857	428,5	0,694	374	0,592	0,216
3	400	0,794	376,0	0,579	0,261	0,455	0,177
			340,5	252,0			-0,1

Находим значение  $IRR = r_x$  для второго варианта проекта:

$$r_x = 20 + (30 - 20) \frac{-0,1}{252 - (-0,1)} = 23,8 \%$$

Определяем значение IRR графически для второго варианта распределения доходов и расходов (рис. 5).

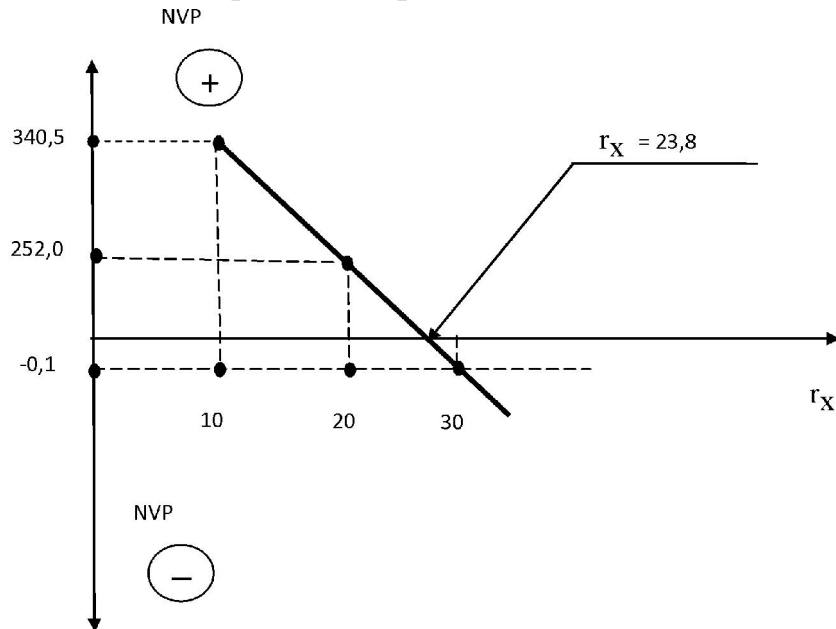


Рис. 5 – Определение IRR графически для второго варианта проекта

Определяем срок окупаемости инвестиций по второй варианту распределения доходов и расходов. Поскольку доходы распределяются неравномерно, срок окупаемости определяется простым подсчетом лет, когда суммарные доходы превысят инвестиции. Срок окупаемости – третий год.

Определяем показатели эффективности для третьего варианта распределения доходов и расходов; находим значение NPV (табл. 3).

Таблица 3 – Расчеты NPV для третьего варианта проекта

Год	$B_t - C_t$	$ПД_{10}$	$NPV_{10}$	$ПД_{20}$	$NPV_{20}$
1	-1000	0,926	-926	0,833	-0,833
2	700	0,857	599	0,694	485
3	700	0,794	555	0,579	322,0
			228		-26,0

Определим значение  $IRR = r_x$  для третьего варианта проекта:

$$r_x = 10 + (20 - 10) \cdot \frac{26}{228 - (-26)} = 11,3\% .$$

Находим срок окупаемости инвестиций для третьего варианта проекта, который при неравномерном распределении доходов и расходов будет равняться трем годам. Все показатели, которые характеризуют эффективность нескольких вариантов проекта (табл. 4), позволяют выбрать оптимальный из них в зависимости от конкретных условий осуществления проекта: по чистой приведенной стоимости лучшим является второй вариант проекта, поскольку он позволяет получить 340,5 тыс. грн.; он же лучший по сроку окупаемости инвестиций – 3 года.

Таблица 4 – Показатели эффективности инвестиционного проекта

Наименование показателей эффективности	Варианты		
	1	2	3
Сопоставление доходов и расходов	1,2	1,2	1,2
Чистая текущая приведенная стоимость - (NPV), тыс. грн.	310	340,5	228
Внутренняя норма дохода – (IRR), %	25,81	23,8	11,3
Срок окупаемости, лет	4	3	3

По показателю внутренней нормы прибыльности лучшим является первый вариант распределения инвестиций; он же является вторым по показателю чистой текущей приведенной стоимости, равной 310 тыс. грн. Для лучшего варианта проекта определяем безубыточность использования инвестиций и изменение показателя безубыточности инвестиций при изменении конъюнктуры рынка: изменение цены на продукцию, изменение собственных расходов предприятия по изготовлению продукции, изменение уровня инвестиций. Безубыточный объем производства продукции при использовании инвестиций определяется по формуле:

$$N_{\sigma/y} = \frac{I_n}{C - a} ,$$

где  $C$  – цена единицы комплекта новых продуктов, грн.;

а – сменные элементы себестоимости, грн.

Определяем безубыточность производства продукции графически (рис. 6).

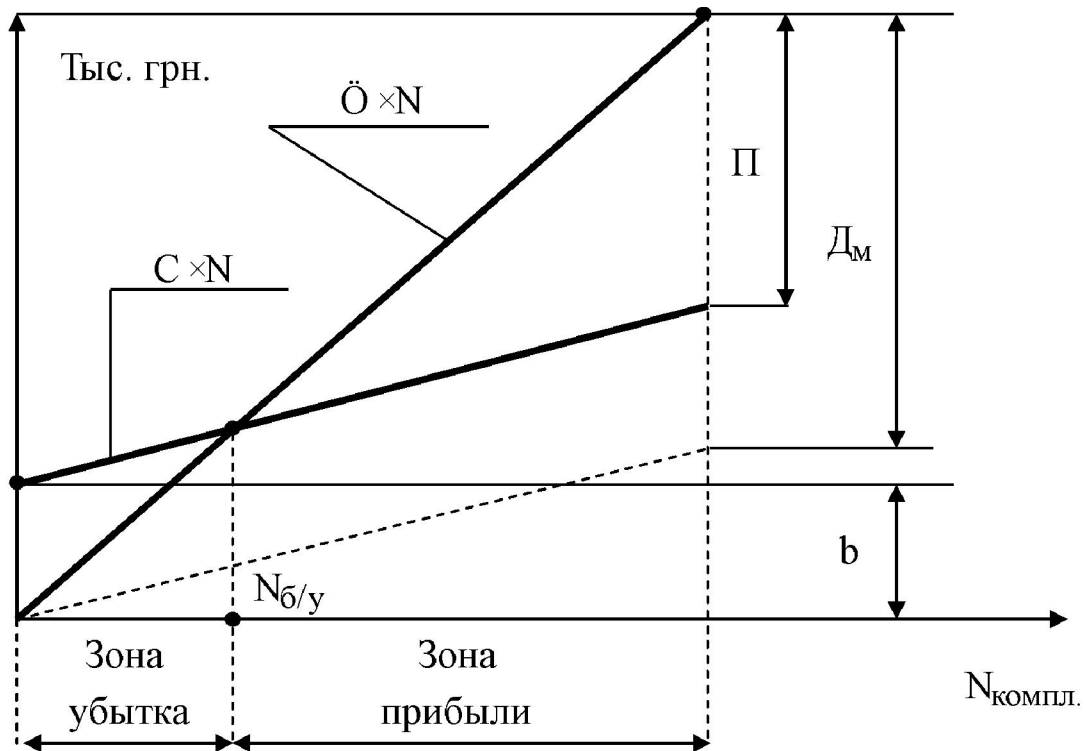


Рис. 6 – Определение безубыточного объема производства продукции

Полученные данные из расчета безубыточного объема производства новых продуктов при изменении конъюнктуры рынка позволяют сделать вывод: главным фактором, который влияет на снижение безубыточного объема производства продукции, а следовательно, улучшение финансовой стойкости предприятия, есть снижения сменных элементов себестоимости, то есть снижение собственных расходов предприятия на изготовление продукции.

Таким образом, предложенный вариант инвестиционных вложений, направленный на развитие производства продукции и разработку нового вида продукции, является эффективным. Причем рассмотрено несколько возможных вариантов распределения доходов и расходов, необходимых для реализации проекта; выбран оптимальный из них еще на стадии проектирования, которое, безусловно, снизит расходы

на реализацию проекта в действующих производственных условиях, а также позволит минимизировать степень риска.

Экономико-математическая модель инновационного проекта представляет систему условий производства и доставки продукции нового типа, формализованных в математическом виде. В эту систему входят важные характеристики работы предприятия, некоторые из них можно записать в виде условий: переработки сырья и производства продукции; ввоза отходов и их переработки; переработки отходов производства; обеспечения производства сырьем; затрат на производство и перевозку продукции и др. Условие удовлетворения потребности региона в инновационной продукции в формализованном виде можно представить следующим выражением:

$$\sum_{u=1}^U V_u^i \geq A_i; \quad i = \overline{1, I} \quad (1),$$

где  $V_u^i$  – оптимальный объем перевозок продукции от  $i$ -го пункта предполагаемого производства в  $u$ -й район потребления, т;  
 $U$  – число возможных точек инновационного предприятия;  
 $I$  – число районов потребления продукции;  
 $A_i$  – потребность  $u$ -го района в продукции предприятия.

Условие переработки сырья (2) и производства продукции (3) в формализованном виде можно представить следующими выражениями:

$$\sum_{w=1}^W Y_i^w + b \sum_{i=1}^I V_u^i = 0; \quad u = \overline{1, U} \quad (2),$$

где  $b$  – норма расхода сырья на 1 т продукции;  
 $Y_i^w$  – оптимальный объем перевозок от  $w$ -го поставщика сырья к  $i$ -му пункту инновационного предприятия;  
 $W$  – число поставщиков сырья.

$$\sum_{i=1}^I V_u^i + D_u = M_u; \quad u = \overline{1, U} \quad (3),$$

где  $M_u$  – производственная мощность инновационного предприятия в  $u$ -й точке;  
 $D_u$  – недозагрузка производственной мощности в  $u$ -й точке.

Условие обеспечения производства сырьем (4) в формализованном виде можно представить следующим выражением:

$$\sum_{u=1}^U Y_i^u \leq B_i; \quad i = \overline{1, I} \quad (4),$$

где  $B_i$  – производственная мощность  $i$ -го поставщика сырья.

Условие переработки отходов производства (5) в формализованном виде можно представить следующим выражением:

$$\sum_{u=1}^U X_u^q \leq D_q; \quad q = \overline{1, Q} \quad (5),$$

где  $D_q$  – мощность переработки отходов  $q$ -го инновационного предприятия.

Расчет производственной мощности инновационного предприятия осуществляется в несколько этапов:

1. Определение ассортимента продукции, подлежащей выпуску в плановом периоде;
2. Расчет производственной мощности участков, заготовительных и подготовительных цехов.
3. Общая производственная мощность определяется мощностью цехов, производящих продукцию разработанного ассортимента.

При жестком прикреплении производимой продукции к оборудованию используются балансовые методы расчета производственной мощности по узким звеньям технологического процесса. В условиях взаимозамены технологического оборудования, например переработка полимерных отходов различного срока эксплуатации, используют методы математического программирования. Эти методы предусматривают разработку экономико-математической модели производства, на основе которой рассчитываются показатели производства, оптимальные с точки зрения поставленной цели.

Предполагая производственную мощность как техническую возможность производства по выпуску инновационной продукции, можно сформулировать следующее определение. Производственная мощность – это показатель максимально возможного выпуска продукции в заданном ассортиментном соотношении при использовании инновационных научно-обоснованных технологий, норм и нормативов.



Для решения инновационных заданий проекта необходимо разработать экономико-математическую модель производственной ситуации, которая отражает все основные факторы, имеющие влияние на производство инновационной продукции. Исходя из указанных факторов, например, можно сформулировать следующие условия изготовления изделий из вспененного вторичного полиэтилена:

- изделия должны изготавливаться в заданном ассортиментном соотношении для строительных объектов;
- потребность в машинном времени не должна превосходить располагаемых годовых фондов времени эксплуатации оборудования;
- из всех возможных технологических способов производства изделий включить в план только те, которые обеспечивают оптимум заданных характеристик или свойств изделий.

Условия переработки полимерных отходов (6) в формализованном виде можно представить следующим выражением:

$$\sum_{\delta=1}^{\Gamma} Z_{ip} - K_i \cdot F_0 = 0; \quad (5),$$

$$\sum_{\delta=1}^{\Gamma} \sum_{i=1}^I t_{ih\delta} \cdot Z_{ip} \leq T_h; \quad (6),$$

$$\sum_{\delta=1}^{\Gamma} \sum_{i=1}^I t_{ih\delta} \cdot Z_{ip} \Rightarrow \max; \quad (7),$$

где  $Z_{ip}$  – оптимальный объем  $i$ -х изделий, полученных  $\delta$ -м технологическим способом;

$F_0$  – оптимальное количество полученных комплектов изделий;  $K_i$  – коэффициент комплектности  $i$ -того изделия;

$t_{ih\delta}$  – машинное время на обработку  $i$ -того изделия;

$T_h$  – располагаемый годовой фонд времени  $h$ -того оборудования.

Формализация технологических способов изготовления изделий является одним из важных и сложных этапов решения инновационного задания в проекте.

**Выводы и перспективы дальнейшего развития данного направления.** Таким образом, мы представили основные экономические предпосылки для представления проекта инвестору, проанализировав рынок сырья и продукции, выбрав тип производства и методы борьбы с конкурентами. Представленный проект является актуальным для Украины по многим направлениям, так как вопрос утилизации отходов не урегулирован, а по экономическим показателям возможно достижение доходности этого проекта. Мы считаем необходимым проведение дальнейшей разработки и изучения данного вопроса с целью получения реального конкурентоспособного инновационного проекта.

**Список литературы:** 1. *Маковецька Ю. М.* Відходи упаковки в контексті закордонного та вітчизняного досвіду : матеріали VI Межд. конф. [«Сотрудничество для решения проблемы отходов»], (X., 8–9 апреля 2009 р.) / Независимое агентство эколог. инф. – X., 2009. – 290 с. 2. *Вирлич Е. М.* Анализ возможности использования в Украине шведского опыта управления отходами : материалы VI Межд. конф. [«Сотрудничество для решения проблемы отходов»], (X., 8–9 апреля 2009 р.) / Независимое агентство эколог. инф. – X., 2009. – 290 с. 3. *Бухкало С.И., Ольховская О. И., Борхович А. А.* Оценка качества вторичных полимеров с помощью математической модели // Интегровані технології та енергозбереження. 2008. № 2. С. 51 – 55. 4. *Бухкало С. И., Смоловик Р. Ф., Ольховская О. И.* / Анализ возможностей экономической оценки комплексной утилизации отходов полимеров // С. И. Бухкало, Р. Ф. Смоловик, О. И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ». 2011. – № 21. – с. 133 – 139.

*Поступила в редколлегию 09.03.13*

УДК 678.073.002.68

**Основные методы определения эффективности инвестиций в комплексные проекты / С. И. Бухкало, Р. Ф. Смоловик, О. И. Ольховская, А. И. Климашко, Д. Ю. Заднепровская, Д. В. Севостьянова, О. К. Позднякова, Д. С. Рева** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X. : НТУ «ХПІ». 2013. – № 9 (983). – С. 174–186. – Бібліогр.: 4 назв.

В статті наведені можливості економічного аналізу для вирішення задач комплексних проектів ХТС з метою підвищення ефективності їх роботи та подальшого розвитку науково-обґрунтованих комплексних методів переробки відходів різного походження.

**Ключові слова:** інвестиції, інноваційні проекти, ефективність.

The possibilities of economic analysis to solve the problem of complex project of chemical technology systems are considered. It is underlined that the efficiency enhancement of its use demands further scientific grounded complex methods on waste conversion chemical technology systems.

**Keywords:** investment, innovation projects, efficiency.

## ЗМІСТ

### ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

1. **ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КОШЕЛЕВА М.К.**  
Удосконалювання методів навчання й оцінки знань студентів вищих навчальних закладів 3
2. **УЛЬЄВ Л.М., ИЛЬЧЕНКО М.В.** Пінч-анализ блока атмосферной перегонки нефти на установке типа АВТ 16
3. **ТРОШЕНЬКИН В.Б., ЗИПУННИКОВ Н.Н., ТРОШЕНЬКИН Б.А.** Технично-економическое обоснование производства и применения сплавов ферросиликоалюминия для получения водорода из воды 24
4. **МОРГУНОВ В.В.** Численное моделирование процессов электронно-лучевой очистки дымовых газов. Система  $N_2-O_2-NO-SO_2-NH_3-H_2O-CO_2$  33
5. **ТОНЮК М.Л., ВАРАНКІНА О.О.** Дослідження впливу концентрації початкового сусла на огранолептичні показники напою в технології високогустинного пивоваріння 47
6. **КЛЕЩЕВ М.Ф., КОСТИРКІНА Т.Д., ГРИШКОВСЬКА А.В.**  
Дослідження умов спектрофотометричного визначення триптофану 55

### МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

7. **БУХКАЛО С.І.** Комплексні інноваційні проекти як нова форма навчання студентів вищих навчальних закладів 62
8. **ХАВИН Г.Л.** Модель роста загрязнения на поверхности пластинчатых теплообменников 75
9. **ВЕДЬ В.Е., ПОНОМАРЕНКО А.В.** Обработка кинетических зависимостей методами статистического анализа 83
- 10 **УЛЬЄВ Л.М., ГАРЄВ А.О., МИРОНОВ А.М.** Пінч-аналіз процесу ректифікації суміші фурфурол-вода 90

### ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

11. **УЛЬЄВ Л.М., КЕРЖАКОВА М.А.** Экстракция данных для пинч-анализа процесса стабилизации нефти 98

12. **ЛЮБАВИНА О.О., ПІВЕНЬ О.М., МИХАЙЛЕНКО В.Г., ДОБРОВОЛЬСЬКА О.В.** Дослідження можливості скорочення витрати замочної води у солодощенні 104
13. **ШЛЯПНИКОВ В.А., ШЛЯПНИКОВ М.О., ДЕМИДОВ И.Н.** Скорость свободной декантации эфирных масел 110
14. **УЛЬЕВ Л.М., ГРИЦАЙ С.В.** Экстракция данных для пинч-анализа процесса ректификации смеси этанол – вода 115
15. **УЛЬЕВ Л.М., НЕЧИПОРЕНКО Д.Д., ВАЛЕНОВА О.Ю.** Пинч-интеграция интеграция блока каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 120
16. **КАПУСТЕНКО П.А., АРСЕНЬЕВА О.П., ГАРЕВ А.О., ЗАХАРОВ Д.С.** Экстракция данных для установки кристаллизации гидролизной серной кислоты 126
17. **УЛЬЕВ Л.М., КАРАТЕЕВА Е.В.** Экстракция данных для интеграции процесса атмосферного деления нефти на установке типа АВТ 131

#### **ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ**

18. **БУХКАЛО С.И., ШИРЯЕВА С.В.** Плавание как способ активизации технического творчества студентов 138
19. **ГУБАРЕНКО И.И., СМОЛОВИК Р.Ф.** Специфические функции заработной платы как экономической категории в условиях рыночных отношений 147
20. **КРИВОРУЧКО Ю.В.** Некоторые аспекты практического использования средств автоматизированного учета в современных условиях рыночных отношений 153
21. **БУХКАЛО С.И., ДЬЯКОВА Н.Н.** Перспективы развития производства в Украине экологически чистого биотоплива 158
22. **БУДНИК Л.П., СМОЛОВИК Р.Ф.** Некоторые аспекты условий эффективного использования инноваций сельскохозяйственной отрасли производства 170
23. **БУХКАЛО С.И., СМОЛОВИК Р.Ф., ОЛЬХОВСКАЯ О.И., КЛИМАШКО А.И., ЗАДНЕПРОВСКАЯ Д.Ю., СЕВОСТЬЯНОВА Д.В., ПОЗДНЯКОВА О.К., РЕВА Д.С.** Основные методы определения эффективности инвестиций в комплексные проекты 174

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
«Харківський політехнічний інститут»**

Серія  
«Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів»  
Випуск 9

Наукові редактори: д-р техн. наук, проф. Л.М. Ульєв,  
к.т.н., проф. С.І. Бухкало  
Технічний редактор О.І. Ольховська  
Відповідальний за випуск к.т.н. І.Б. Обухова

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:** 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ»  
Каф. Інтегрованих технологій, процесів та апаратів, тел.(057)7076304,  
E-mail: bis.khr@gmail.com

Обл.-вид. №

Підп. до друку «    » \_\_\_\_ 2013 р.  
Наклад 300 прим. 1-й з-д 1-100

---

НТУ «ХПІ».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня НТУ «ХПІ»  
Адреса: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21  
Свідоцтво про державну реєстрацію №