

ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«Харківський Політехнічний Інститут»

Збірник наукових трудів

Серія

«Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів»

39'2012

**Видання засновано Національним технічним університетом
«Харківський політехнічний інститут» у 2001 році**

КООРДИНАЦІЙНА РАДА:

Голова:

Л.Л. Товажнянський, д-р техн. наук, проф.

Секретар:

К.О. Горбунов, канд. техн. наук, доц.

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.

Є.І. Сокол, чл.-кор. НАН України, д-р
техн. наук, проф.

Є.Є. Олександров, д-р техн. наук, проф.

А.В. Бойко, 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.А. 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.

В.С. Лупіков, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.

В.І. Николаєнко, канд. іст. наук, проф.

В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф.

М.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Відповідальний редактор:

Л.М. Ульєв, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар:

С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

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. Мілих, 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, проф.

В.І. Тошинський, д-р техн. наук, проф.

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків,
вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ»

Кафедра інтегрованих технологій,

процесів та апаратів

Тел. (057) 707-63-04

E-mail: bis.khr@gmail.com

Харків 2012

Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків: НТУ «ХПІ», – 2012. – № 39. – 184 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.

(Бюллетень ВАК України №6, 2010 р., стор. 3, №20).

Рекомендовано до друку вченовою радою НТУ «ХПІ»,
протокол № 7 від 06.07.2012 р.

ISSN 2220-4784

© Національний технічний університет «ХПІ», 2012

УДК 658.512.2

Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
С.І. БУХКАЛО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

АКТИВІЗАЦІЯ ДИДАКТИЧНИХ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

У статті наведені основні методичні положення концепції підготовки спеціалістів ВНЗ та впровадження системи компетенцій у навчальний процес студентів для комплексної інноваційної ділової гри нового покоління з підтримкою ключових елементів повного життєвого циклу створення конкурентоспроможної наукомісткої продукції

В статье приведены основные методические положения концепции подготовки специалистов ВУЗов и внедрения системы компетенций в учебный процесс студентов для комплексной деловой игры нового поколения с поддержкой ключевых элементов полного жизненного цикла создания конкурентоспособной научноемкой продукции

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 competitabile scientific filled production is discussed

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями.

Поняття метод навчання визначає спосіб досягнення мети, визначенім чином упорядковану взаємозв'язану діяльність викладача і студентів, направлену на вирішення задач навчання, виховання і розвитку у процесі навчання, а також технічної творчості. При цьому слід підкреслити, що проводить навчання завжди викладач, який використовує різні засоби і методи навчання.

Методи навчання у такий спосіб є одним з найважливіших компонентів навчального процесу, без яких неможливо реалізувати цілі і задачі навчання, а також досягнути засвоєння студентами визначеного змісту учебового матеріалу. З них виділяють три основні групи методів навчання:

1. методи організації і виконання навчально-пізнавальної діяльності;
2. методи стимулювання і мотивації навчальної діяльності;

3. методи контролю і самоконтролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності.

Визначена вище класифікація методів навчання є відносно цілісною тому, що вона враховує усі основні структурні елементи діяльності – її організацію, стимулювання і контроль. У ній цілісно представлені такі аспекти пізнавальної діяльності, як сприйняття, осмислення й практичне застосування. Вона враховує всі основні функції й сторони методів, що виявлені на даний період педагогічною науковою, не відкидаючи ні одну з них. Але вона не просто механічно з'єднує відомі підходи, а розглядає їх у взаємозв'язку і єдності, вимагаючи вибору їх оптимальної комбінації. Нарешті, запропонований підхід до класифікації методів не виключає можливості доповнення його інноваційними методами, що виникають у ході удосконалювання процесу навчання в сучасній вищій школі, що і є метою проведених нами досліджень.

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Дидактика, як розділ педагогіки, теорія освіти й навчання, на думку ряду авторів, розкриває закономірності засвоєння знань, умінь і навичок і формування переконань, визначає об'єм і структуру змісту освіти [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 цілком конкретні й прогнозовані цілі. Одна з таких цілей полягає в створенні комфортних умов навчання, при яких студент почуває свою успішність, свою інтелектуальну спроможність, що робить продуктивним сам процес навчання. З об'єкта впливу студент стає суб'єктом взаємодії, він сам бере активну участь у процесі навчання за своїм індивідуальним маршрутом.

Інтерактивні методи навчання пов'язані з нестандартними завданнями, а це поняття дуже широке – включає цілий ряд ознак, що дозволяють відрізити завдання цього типу від традиційних стандартних. Головна відмітна 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, що стимулюють творчий підхід до здійснення поставлених завдань;
- активне відтворення суми раніше отриманих знань у нових умовах і ін.

Навчальний процес, що спирається на використання інтерактивних методів навчання, організують з урахуванням включення в процес пізнання всіх студентів групи без винятку. Спільна діяльність означає, що кожний вносить свій особливий індивідуальний внесок, у ході роботи йде обмін знаннями, ідеями, способами діяльності. Організують індивідуальну, парну й групову роботу студентів різних спеціалізацій на командний результат, використовується проектна робота над актуальними розробками, рольові ігри, здійснюється робота з документами й різними інноваційними джерелами інформації.

Інтерактивні методи засновані на принципах взаємодії, активності тих, яких навчають, опорі на груповий досвід, обов'язковому зворотному зв'язку. Створюється середовище творчого технічного інноваційного спілкування, яке характеризується відкритістю, взаємодією учасників, рівністю їх аргументів, накопиченням спільногго знання, можливістю взаємної оцінки й контролю, одержання реального конкурентоспроможного результату [8 – 11].

Виклад основного матеріалу досліджень із повним обґрунтуванням отриманих результатів.

На початку розробки інноваційного проекту сліду памятати, що він як активний фактор перетворень є результатом свідомої продуманої послідовної діяльності і, в основному, завжди є альтернативні варіанти дії. Інноваційні проекти перетворюють, модифікують, трансформують науково-технічні досягнення і для їх реалізації та втілення необхідно застосовувати творчий підхід і активність.

Інноваційні проекти дозволяють створювати нові більш раціональні можливості використання різного виду ресурсів та енергії, але зупинка таких проектів на стадії бизнес-планування становиться причиною неспроможності їх реалізації. Таким чином, узагальнюючи вивчений

матеріал з метою застосування для втілення інноваційних розробок технологічних об'єктів завдання дидактики при виконанні комплексних інноваційних проектів можна представити в наступному виді (рис. 1):



Рис. 1. Функціональна схема задач дидактики при виконанні комплексного інноваційного проекту

Викладач після спільног обговорення з усіма учасниками розробки інноваційного проекту направляє учасників навчання до самостійного пошуку. Активність викладача поступається місцем активності студентів, його завданням стає створення умов для їхньої ініціативи. Викладач на цьому етапі відмовляється від ролі своєрідного фільтра, що пропускає через себе навчальну інформацію, і виконує лише функцію помічника-консультанта в роботі, а також виступає у якості одного із джерел інформації.

При розробці інтерактивного заняття рекомендується звернути особливу увагу на наступні моменти:

- вибір теми інноваційного проекту;
- формування учасників проекту зі студентів необхідних специалізацій;

- рік навчання учасників проекту, їх інтереси, майбутня спеціальність;
- тимчасові рамки виконання проекту з обліком навчального й календарного плану;
- об'єм і вид навчального матеріалу отриманий попередньо на заняттях за цією темою в даній студентській групі;
- зацікавленість групи в даній розробці і інше.

При цьому слід представити студентам перелік необхідних умов:

- основна мета заняття й проекту;
- надання різного виду інформаційних матеріалів;
- перелік необхідних досліджень і встаткування;
- обґрутування вибору учасників проекту;
- основні питання для розробки й послідовність їх виконання у вигляді календарного плану;
- актуальність і практичне застосування отриманих результатів;
- конкретизація планів дляожної складової проекту – уточнення питань, які треба буде розв'язати;
- представлення учасників проекту з метою початку творчого співробітництва в колективі;
- обговорення перспектив і можливості реалізації отриманих результатів і т.д.

Функція викладача на цьому етапі досить складна й вимагає не стандартного підходу адаптованого до даної студентської аудиторії: структурування завдань для студентів різних факультетів з урахуванням загальної мети проекту; використання нових засобів навчання у вигляді наукових статей і патентів, а також результатів експериментальних досліджень у вигляді графіків, ілюстрацій, схем, презентацій і т.д.

Труднощі при даній формі подачі матеріалу мають також психологічний характер і вимагають певної підготовки самого викладача, а також пов'язані з тим наскільки група готова включатися в гру й мотивацією кожного члена групи.

На стадии планування (рис. 2, стадії 1–3) формулюються основні задачі інноваційного проекту, а далі через варіанти можливих рішень проекту можно переходити до вибору кращих варіантів.



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

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 обміркувати, що зроблено на кожному етапі проекту, підвести підсумки, зрозуміти, що можна брати в арсенал професіоналізму для всього проекту в цілому. Відправним моментом у цьому обмірковуванні є конкретний досвід, він утворює ґрунт 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 спільна 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 за будь-яким питанням;
 - немає 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.

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

Таблиця

Показники росту оцінок знань студентів у семестрі

Кількість перевірок	Зміна оцінки, %			
	п'ять	четири	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

Алгоритм проведення інтерактивного заняття досить складний: вимагає спеціальної професійної підготовки заняття й проекту в цілому; введення в проект треба складати з урахуванням останніх досягнень в обраному інноваційному проекті; повідомлення теми й мети проекту повинно бути коротким, але ємним з викладом доступних прикладів для всіх груп студентів, що беруть участь на різних стадіях виконання проекту; основна частина повинна відображати всі позиції каледарного плану проекту (рис. 2).

Формування цільових груп проекту можливо тільки за спільністю позиційожної 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 і 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. 3) у вигляді різних факультетів ВНЗ або коли має місце співпраця кількох навчальних закладів: у цьому випадку сегментування являє собою інструмент підвищення інтенсивності й ефективності комунікації.

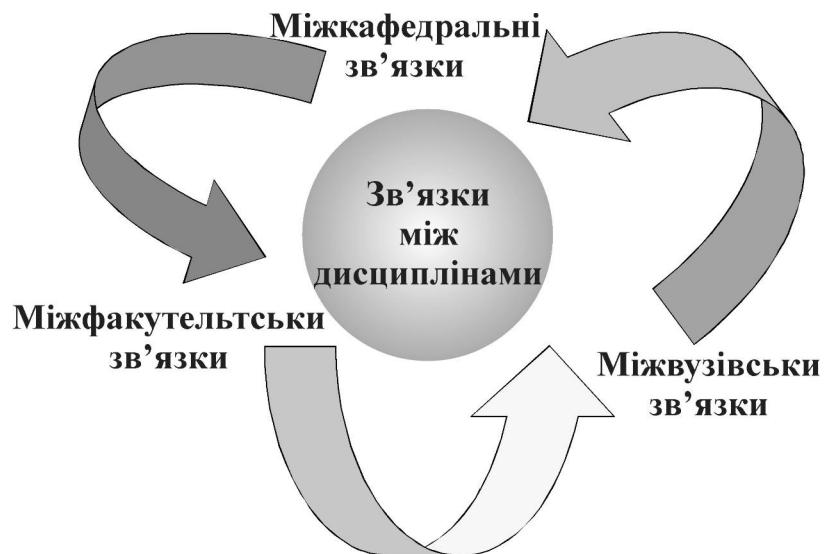


Рис. 3. Схема організації внутривузівського комплексного інноваційного проекту

Інтерактивне позиціонування – набір позицій аудиторії, осмислювання й створення нового набору позицій – є обов'язковим елементом таких інноваційних проектів (рис. 4).

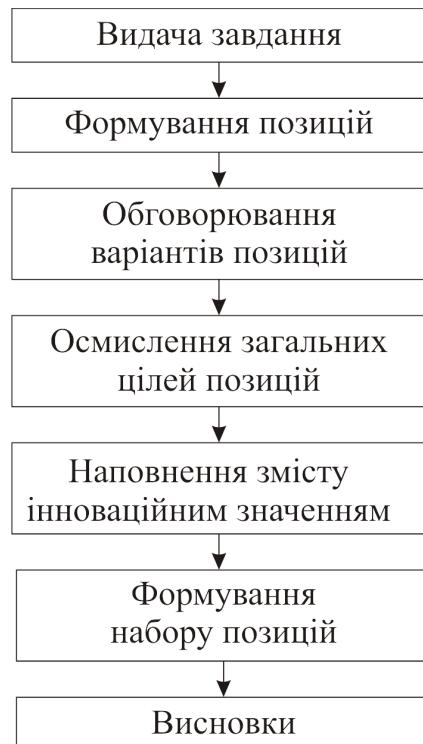


Рис. 4. Функціональна схема підготовки до виконання комплексного інноваційного проекту

Викладач інформує учасників про рамкові умови, правила роботи в групі, дає чіткі інструкції про те, у яких межах 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, основна частина яких – «Скажи те, що прагнеш зробити» 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 відноситься лише до групи осіб, що бере участь у дискусії, тобто той розв'язок проблеми, який уже знайдено в науці, треба бути знайти в навчальному процесі в даній аудиторії.

Для викладача, що організує навчальну дискусію, результат, як правило, уже заздалегідь відомий. Метою тут є процес пошуку, який повинен привести до об'єктивно відомого, але суб'єктивно, з погляду студентів, що навчаються, новому знанню. Причому цей пошук повинен закономірно вести до вирішення 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, що навчаються – відносини доброзичливості й відвертості, тобто керування дискусією з боку викладача носить комунікативний характер. По-друге, викладач управляє процесом пошуку істини. Загальноприйняті поняття, що навчальна дискусія припустима «за умови, якщо викладач зуміє забезпечити правильність висновків».

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

- 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, що навчаються, звідси виникає необхідність керування процесом проведення дискусії викладачем;

3) метою й результатом навчальної дискусії є високий рівень засвоєння дійсного знання студентами, що навчаються, 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, що навчаються, або останні виводять дійсне знання за допомогою викладача.

На закінчення необхідно відзначити, що цей метод дозволяє максимально повно використовувати досвід студентів, що сприяє кращому засвоєнню досліджуваного ними матеріалу. Це обумовлене тим, що в груповій дискусії не викладач говорить слухачам про те, що є правильним, а самі студенти, що навчаються виробляють докази, обґрунтування принципів і підходів, запропонованих викладачем, максимально використовують свій особистий досвід.

Висновки.

У НТУ «ХПІ» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів 07.05.2012 р. відбувся черговий за розписом занять семестру комплексний міждисциплінарний міжфакультетський захист проекту з інноваційних методів навчання та проектування у вигляді комплексної ділової гри нового покоління для студентів III, IV, V курсів БФ, Е, ІТ, ІФ факультетів на тему «Комплексна оцінка автономних інвестиційних енергозберігаючих інноваційних технологічних комплексів».

За результатами комплексної ділової гри нового покоління з метою розповсюдження інформації про інноваційні методи навчання готуються до друку в 2012 році дві статті сумісно зі студентами, що приймали участь в захисті проекту. Основні методичні положення концепції впровадження в навчальний процес ділової гри нового покоління неодноразово презентувалися:

- у доповідях та презентаціях на Методичній раді НТУ «ХПІ»; на міжнародних науково-методичних конференціях з питань

фундаментальної освіти і формування гуманітарно-технічної еліти, а також розвитку науково-технічної творчості студентів;

- в експонатах міжнародних виставок «Інноватика в освіті України» (2009 р.) – перше місце; «Сучасні навчальні заклади 2011» (2011 р.), гран-прі НТУ «ХПІ», перше місце та золота медаль у номінації «Упровадження системи компетенцій – як основи підготовки конкурентоздатних фахівців у вищій школі» – науковий керівник проф. Бухкало С.І.;

- результати комплексного проектування неодноразово були опубліковані в статтях у газеті «Політехнік» з метою розповсюдження досвіду інноваційних методів навчання студентів;

- у доповідях на Національних академічних читаннях присвячених 125-річчю НТУ «ХПІ» та Міжнародній науково-технічної конференції «Сучасні проблеми нано-, енерго- та ресурсозберігаючих і екологічно орієнтованих хімічних технологій», травень 2010 р. були викладені основні наукові результати проведених інноваційних досліджень зі студентами. За результатами роботи з розробки цієї концепції в збірнику наукових праць «Вісник НТУ «ХПІ» серія «Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів» опубліковано 9 статей сумісно зі студентами [13– 19].

Результати використання інтерактивних занять у роботі зі студентськими групами можна представити в наступному:

- підвищення ефективності занять і посилення інтересу студентів до професійної діяльності;
- формування й розвиток у студентів комунікативних навичок і вмінь, емоційних контактів між студентами;
- формування й розвиток аналітичних здатностей, відповіального відношення до власних учинків
- здатність критично мислити; уміння робити обґрунтовані висновки; уміння розв'язати проблеми й дозволити конфлікти; уміння ухвалювати розв'язок і відповідати за нього;
- формування й розвиток навичок науково-обґрунтованого планування, здатність прогнозувати й проектувати і т.д.

Слід відмітити, що у процесі виконання інноваційних проектів усі учасники з різних груп та факультетів виявили активну взаємодію над розробкою завдання у комплексному вигляді, намагаючись досягти поставленої мети та максимально приблизити роботу до реальних проектів промисловості.

Список літератури: 1. Вендро́вская Р.Б. Очерки истории советской дидактики / Р.Б. Вендро́вская. – 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. Хуторской А.В. Дидактическая эвристика: Теория и технология креативного обучения. / А.В. Хуторской. – М.: Изд-во МГУ, – 2003. – 416 с. 10. Хуторской А.В. Практикум по дидактике и современным методикам обучения. – СПб.: Питер, – 2004. – 541 с. 11. Хуторской А. В. Современная дидактика. Учебное пособие. / А.В. Хуторской. – М.: Высшая школа, – 2007. – 639 с. 12. Современные средства обучения в техническом ВУЗЕ / [Денисов А.Е., Михайленко В.Е., Николаевский Г.К. и др.]; – Львов. Издательство львовского университета. – 1969, – 160 с. 13. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Діяльність вищого навчального закладу по підвищенню якості підготовки фахівців / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 10. – с. 3 – 12. 14. 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 «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 10. – с. 73 – 78. 15. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 10. – с. 160 – 166. 16. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Можливості упровадження системи компетенцій у сучасних навчальних закладах // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 21. – с. 3 – 12. 17. Бухкало С.І., Зипунников Н.Н., Бындыч О.А.. Возможности водородной энергетики в инновационных комплексных предприятиях // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 21. – с. 46 – 53. 18. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 10. – с. 72 – 80. 19. Бухкало С.І.. Анализ экологово-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / С.І. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.И. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 21. – с. 140 – 145.

Надійшла до редколегії 18.05.12

УДК 658.26:665.63:338.45

В.В. СИВАК, и.о. генерального директора,
ГП «ЗТМК», Запорожье,
Л.М. УЛЬЕВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
А.Н. СУЛИМА, канд. техн. наук, вед. научн. сотр.,
ЗАО «УкрНИИхиммаш», Харьков

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО ТИТАНА С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ХЛОРОКИСИ ВАНАДИЯ

Выполнено пинч-проектирование системы рекуперации тепловой энергии для процесса очистки четыреххлористого титана методом ректификации с одновременным получением оксотрихлорида ванадия. Определен энергосберегающий пинч-потенциал процесса и целевые энергетические значения. Синтезирована энерготехнологическая схема интегрированного процесса, срок окупаемости, при внедрении которой будет равен ≈ 2 месяцам.

Виконано пінч-проект системи рекуперації теплової енергії для процесу очищення чотиріххлористого титану методом ректифікації з одночасним отриманням оксотріхлоріду ванадію. Визначено пінч-потенціал енергозбереження процесу і цільові енергетичні значення. Синтезирована энерготехнологічна схема інтегрованого процесу, термін окупності, при впровадженні якої буде рівний 2 місяцям.

The pinch-design of recuperation system for titanium tetrachloride cleaning process with rectification method with simultaneous vanadium oxitrichloride production is presented in this paper. Energy saving potential of process and target energy values were defined. Process integration flow-sheet was created. Pay back period for installation for this project is two months.

Введение. Титановая промышленность – одна из самых молодых отраслей металлургии. Первый промышленный титан был получен в середине XX века [1, 2], и в настоящее время является четвертым по значению конструкционным материалом.

В конце 80-х годов прошлого века Украина обладала действующими предприятиями всех переделов в производстве титана: горно-обогатительные комбинаты, производства диоксида титана и производство титановой губки, производство титановых слитков, производство проката и штамповки, а также производство порошковой металлургии. С

распадом СССР сильно сократилось производство литья, а затем остановилось и производство титановой губки. И только несколько лет назад титановое производство Украины начало возрождаться, хотя экономический кризис последних лет снизил темпы возрождения, что характерно для мирового титанового рынка в целом. Украина обладает большими возможностями для повышения своей роли в мировой титановой промышленности. По некоторым оценкам запасы ильменита и рутила в Украине составляют 30% от зафиксированных мировых запасов [3]. Но для выхода Украины в лидеры титанового рынка необходимо модернизировать все процессы производства титана, сократить издержки производства, и прежде всего, повысить его энергоэффективность.

Наиболее распространенным методом получения титана является восстановление тетрахлорида титана магнием или натрием (натрийтермический и магнийтермический методы, мало отличаются друг от друга). В результате восстановления образуется титановая губка с примесями магния и дихлоридами магния. Титановая губка может быть очищена от магния и хлорида магния, а также низших хлоридов титана гидрометаллургическим способом или вакуумной сепарацией.

Процесс получения четыреххлористого титана имеет четыре стадии: подготовка сырья, хлорирование, конденсация, очистка технического продукта. Наиболее трудноудаляемой примесью данного соединения является окситрихлорид ванадия. VOCl_3 появляется в техническом продукте в результате хлорирующего обжига титансодержащего сырья.

Наибольшее распространение получила очистка технического четыреххлористого титана с помощью ректификации, хотя она значительно усложнена из-за близости температур кипения TiCl_4 и VOCl_3 — 127 и 136°C соответственно. Важным преимуществом метода ректификации является сохранение молекулярной формы VOCl_3 , которая является важным звеном в технологии получения ванадия и его соединений. Металлический ванадий и его сплавы представляют интерес для развития таких отраслей, как ракетостроение, атомная промышленность [4].

Главным образом, четыреххлористый титан применяется для получения металлического титана, а также его сплавов. Помимо этого, тетрахлорид титана применяется в производстве титаносодержащей керамики [5], пигментного диоксида титана, как дымообразователь и др.

Производство титановой губки является одним из самых энергоёмких процессов в металлургии. Качество проведения данного процесса и получения необходимых продуктов зависит от чистоты используемого тетрахлорида титана. Таким образом, одной из основных задач в производстве титана является повышение эффективности очистки исходного сырья ($TiCl_4$) от примесей и увеличение его энергоэффективности. Большой эффективностью при снижении удельного энергопотребления в химико-технологических системах обладают методы интеграции процессов, и, в частности метод пинч-анализа [6–12], который мы применим к процессу очистки исходного $TiCl_4$.

Технологическая схема и экстракция данных. Рассмотрим кратко технологическую схему процесса очистки тетрахлорида титана с одновременной концентрацией оксотрихлорида ванадия методом ректификации. Более подробно схема рассмотрена в работе [13].

Технический тетрахлорид титана $TiCl_4$ (ТТТ) (поток 1) подогревается в электрическом кotle К-0 и поступает в ректификационную колонну РК-1 (рис. 1). ТТТ на этой стадии освобождается от растворенных газов и легко кипящих примесей, выводящихся с верха колонны. Жидкость после охлаждения поступает в рефлюксную емкость откуда одна часть в виде флегмы подается на орошение верха колонны РК-1, а другая часть, содержащая, в основном, $TiCl_4$ и легко кипящие примеси, выводится на переработку. Твердые примеси, содержащиеся в ТТТ, выводятся на утилизацию. Обогрев колонны РК-1 происходит с помощью электрического куба-кипятильника. Очищенный тетрахлорид титана (поток 13) из куба-кипятильника поступает на дальнейшую очистку от $VOCl_3$ в ректификационную колонну РК-2И. Пары из верхней части РК-2И по трубе поступают в кубовую часть РК-2У. Жидкость из кубовой части РК-2У подается на орошение верха РК-2И. Пары, уходящие из верха РК-2У, поступают в дефлегматор. Одна часть конденсата в виде флегмы подается на орошение верха колонны РК-2У, а другая часть отбирается как ванадиевый поток. Обогрев колонны РК-2И происходит с помощью электричества. Нижний продукт колонны РК-2И подается на окончательную очистку в куб-кипятильник К-5 дистилляционной колонны ДК. Очистка тетрахлорида титана от остаточного $VOCl_3$ осуществляется подачей в К-5 химического реагента.

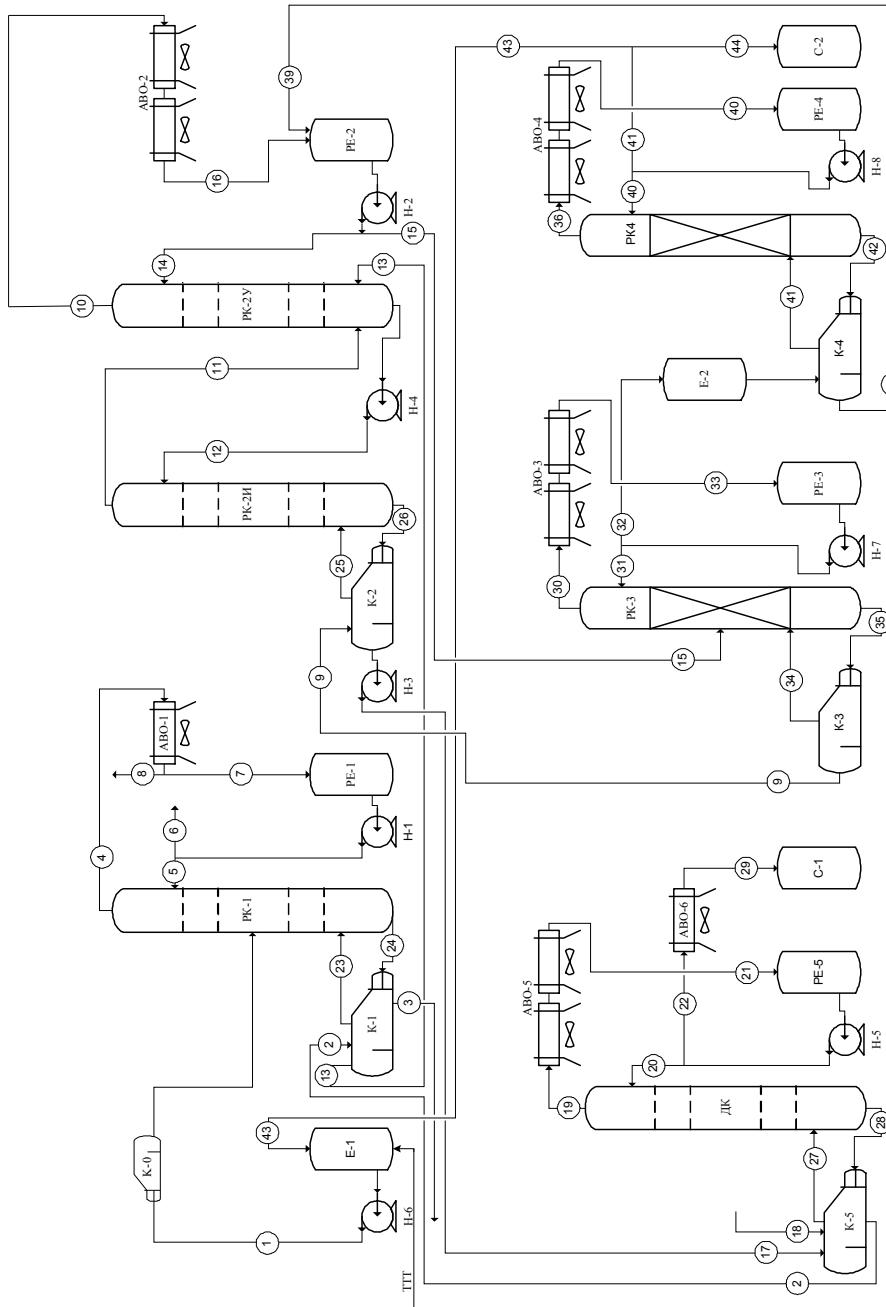


Рис. 1. Существующая принципиальная энергетехнологическая схема процесса очистки тетрахлорида титана. Е-1,2 – емкости, С-1,2 – сборник; Н-1-8 – насос; К-0-5 – электрический подогреватель; РК-1,3,4 – ректификационная колонна; ДК – дистилляционная колонна; РК-2И, РК-2У, РК-1 – ректификационные колонны – исчерпывающая и укрепляющая (разрезная колонна); АВО-1-5 – аппарат воздушного охлаждения; РЕ-1-5 – рефлюксная емкость.

В дистилляционной колонне происходит отделение твердых продуктов реакции от $TiCl_4$ и удаление тяжелокипящих примесей. Верхний продукт ДК поступает на конденсацию и охлаждение. Затем одна его часть в виде флегмы подается на орошение верха колонны ДК, а другая часть отбирается как очищенный тетрахлорид титана (ОТТ) в сборник готового продукта. Обогрев колонны ДК происходит электричеством в кубе-кипятильнике К-5. Из куба К-5 вместе с $TiCl_4$ выводятся твердые продукты реакции в куб-кипятильник К-1 для повторной переработки.

Первичный ванадиевый дистиллят из емкости РЕ-2 подается в ректификационную колонну РК-3. В колонне происходит концентрирование оксотрихлорида ванадия. Пары, выходящие из колонны, конденсируются и охлаждаются в дефлегматоре, жидкость поступает в рефлюксную емкость РЕ-3. Из нее часть жидкости в качестве флегмы подается на орошение колонны РК-3, а другая часть, вторичный ванадиевый дистиллят, отбирается в емкость Е-2. Нижний продукт колонны РК-3, содержащий преимущественно $TiCl_4$ и $VOCl_3$, поступает в куб-испаритель К-3, откуда отбирается в колонну РК-2. Обогрев колонны РК-3 осуществляется с помощью куба-испарителя К-3 электричеством. Состав примесей в ТТТ не является постоянным. Поэтому, для получения $VOCl_3$ требуемого качества, предусмотрена ректификационная колонна РК-4. В этой колонне происходит окончательная очистка $VOCl_3$. Пары, выходящие из колонны РК-4 конденсируются и охлаждаются в дефлегматоре, а жидкость поступает в рефлюксную емкость РЕ-4. Из нее часть жидкости в качестве флегмы подается на орошение колонны РК-4, а другая часть, в зависимости от анализа: при высоком содержании легколетучих примесей – направляется на повторную переработку в ректификационную колонну РК-1, а при низком, очищенный $VOCl_3$ – в емкость Е-3, откуда передается на склад готовой продукции. Обогрев колонны РК-4 осуществляется с помощью куба-испарителя К-4 электричеством. В описанном процессе совершенно отсутствует теплоэнергетическая интеграция. Действительно, сеточная диаграмма показывает только утилитные операции нагрева и охлаждения технологических потоков (рис. 2).

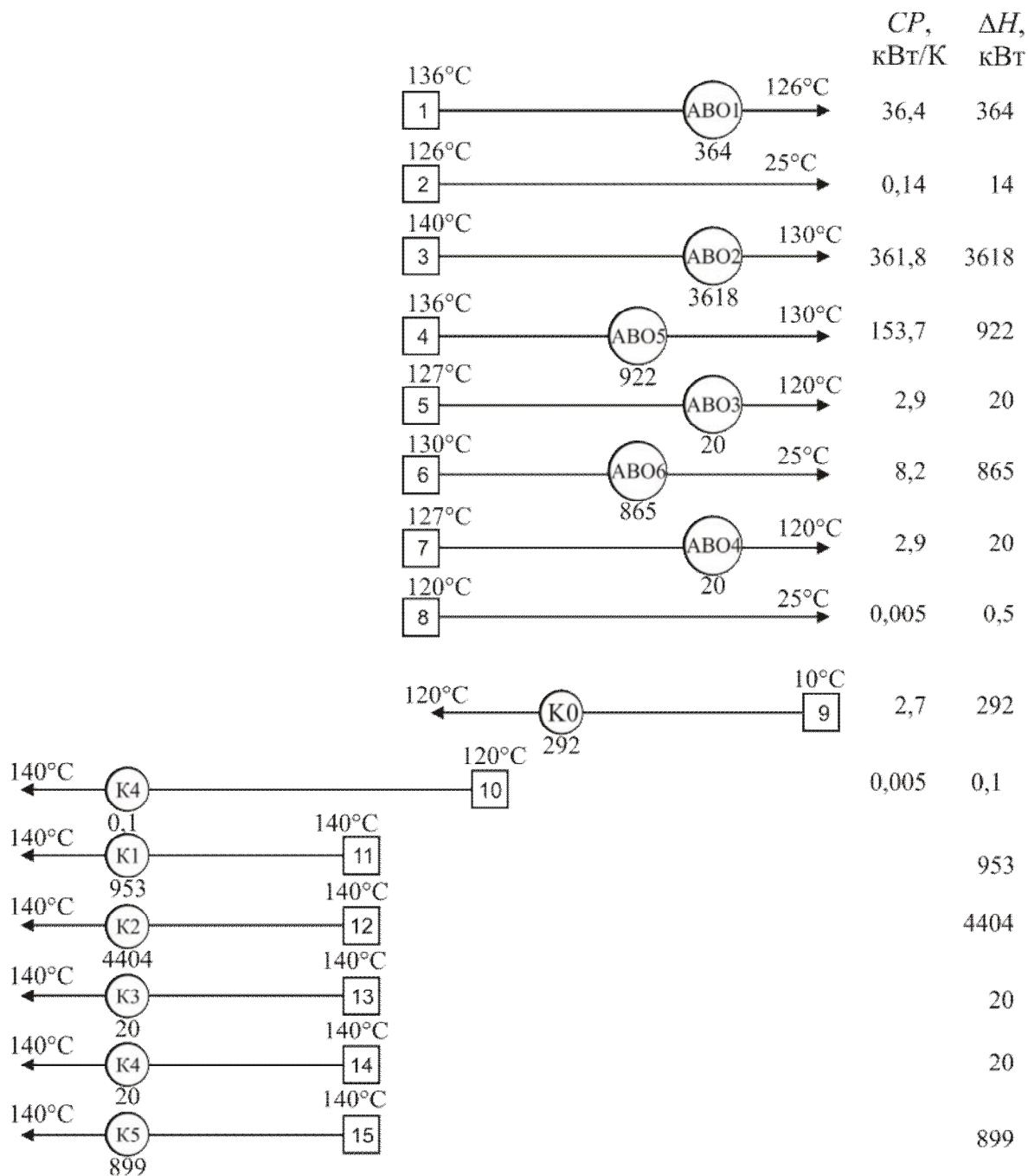


Рис. 2. Сеточная диаграмма существующей в настоящее время системы теплообмена процесса очистки тетрахлорида титана. АВО-1–6 – аппарат воздушного охлаждения; К-1–5 – электрический подогреватель куба; T – ракуперативный теплообменный аппарат; CP – потоковые теплоемкости, кВт/К; ΔH – изменение потокового теплосодержания, кВт. Внизу под размещениями теплообменных аппаратов показаны их тепловые нагрузки в кВт.

Анализ технологической схемы и литературы [3–5, 6–8] позволил определить теплофизические и потоковые данные технологических потоков рассматриваемого процесса и представить их в виде потоковой таблицы, которая является цифровым отображением процесса (таблица). Детальное описание потоков приведено в работе [13].

Таблица
Потоковые данные технологических потоков, включенных в интеграцию для существующего в настоящее время процесса очистки тетрахлорида титана

№	Название потока	Тип	T_s , °C	T_t , °C	G , кг/ч	C , кДж/(кг·°C)	CP , кВт/°C	r , кДж/кг	ΔH , кВт	α , кВт/(м ² ·К)
1,1	КЛП, охлаждение пара (5)*	гор	136	134	6600	0,528	0,968		1,94	1
1,2	КЛП, конденсация пара в АВО-1	гор	134	134	6600			190,97	350,12	1
1,3	КЛП, жидкость (8)	гор	134	126	6600	0,804	1,475		11,80	1
2	TiCl ₄ и легкокипящие примеси с установки (7)	гор	126	25	600	0,804	0,134		13,54	1
3,1	Ванадиевый дистиллят-1, охлаждение пара (11 – 18)	гор	140	138	65759	0,553	10,103		20,21	1
3,2	Ванадиевый дистиллят-1, конденсация пара в АВО-2	гор	138	138	65759			190,97	3488,4	1
3,3	Ванадиевый дистиллят-1, жидкость в РЕ-2 (17)	гор	138	136	5921	0,804	1,323		2,65	1
3,4	Ванадиевый дистиллят-1, жидкость из АВО-2 (19)	гор	138	130	59838	0,804	13,372		106,98	1
4,1	Очищенный тетрахлорид титана, охлаждение пара (22)	гор	136	134	17000	0,532	2,513		5,03	1
4,2	Очищенный тетрахлорид титана, конденсация пара в АВО-5	гор	134	134	17000			190,97	901,82	1
4,3	Очищенный тетрахлорид титана, жидкость (24)	гор	134	130	17000	0,804	3,799		15,20	1
5,1	Ванадиевый дистиллят-2, охлаждение пара (33)	гор	127	125	362	0,553	0,056		0,11	1
5,2	Ванадиевый дистиллят-2, конденсация пара в АВО-3	гор	125	125	362			190,97	19,19	1
5,3	Ванадиевый дистиллят-2, жидкость (36)	гор	125	120	362	0,804	0,081		0,40	1
6,1	Очищенный тетрахлорид титана, гор. продукция, охлаждение пара (25)	гор	130	128	11322	0,532	1,674		3,35	1

Продолжение таблицы

6,2	Очищенный тетрахлорид титана, гот. продукция, конденсация пара в АВО-6	гор	128	128	1322			190,97	600,60	1
16,3	Очищенный тетрахлорид титана, гот. продукция, жидкость (32)	гор	128	25	11322	0,804	2,530		260,59	1
7,1	Очищенный VOCl ₃ , охлаждение пара (39)	гор	127	125	362	0,553	0,056		0,11	1
7,2	Очищенный VOCl ₃ , конденсация пара в АВО-4	гор	125	125	362			190,97	19,19	1
7,3	Очищенный VOCl ₃ , жидкость в РЕ-4 (42)	гор	125	120	362	0,804	0,081		0,40	1
8	Очищенный VOCl ₃ , жидкость, гот. продукция (46)	гор	120	25	24	0,804	0,005		0,51	1
9	TTT, жидкость (1 – 2)	хол	10	120	12000	0,796	2,654		291,90	1
10	Очищенный ванадиевый дистиллят, жидкость, подогрев (35)	хол	120	140	24	0,804	0,005		0,11	1
11	Кубовый остаток РК-1 (27)	хол	140	140	17973			190,97	953,41	1
12	Кубовый остаток РК-2 (29)	хол	140	140	83013			190,97	4403,7 1	1
13	Кубовый остаток РК-3 (38)	хол	140	140	377			190,97	20,02	1
14	Кубовый остаток РК-4 (44)	хол	140	140	377			190,97	20,02	1
15	Кубовый остаток ДК (31)	хол	140	140	16944			190,97	898,87	1

*) Номера потоков на схеме (рис. 1).

Определение энергосберегающего потенциала. Используя энергетехнологическую схему процесса и потоковую таблицу, построим на энталпийно-температурной плоскости составные кривые горячих и холодных технологических потоков [9–11] (рис. 3). Проекция составной кривой горячих технологических потоков (горячей составной кривой) на энталпийную ось показывает величину мощности, которую необходимо отвести от процесса для его выполнения, т.е. значение мощности холодных утилит – Q_C . Проекция составной кривой холодных технологических потоков (холодной составной кривой) на энталпийную ось показывает величину мощности, которую необходимо подвести к процессу для его выполнения – т.е. значение мощности горячих утилит – Q_H .

Для снижения энергопотребления в химико-технологической системе (ХТС) необходимо уменьшение минимальной разности температур

ΔT_{\min} между теплоносителями в теплообменных аппаратах. Это достигается путем сближения составных кривых вдоль энталпийной оси. Значение ΔT_{\min} , которое может быть достигнуто в теплообменной сети ХТС, определяется как спецификацией теплообменного оборудования, так и теплофизическими свойствами теплоносителей, которые, в свою очередь, конечно, влияют на выбор спецификации теплообменного оборудования.

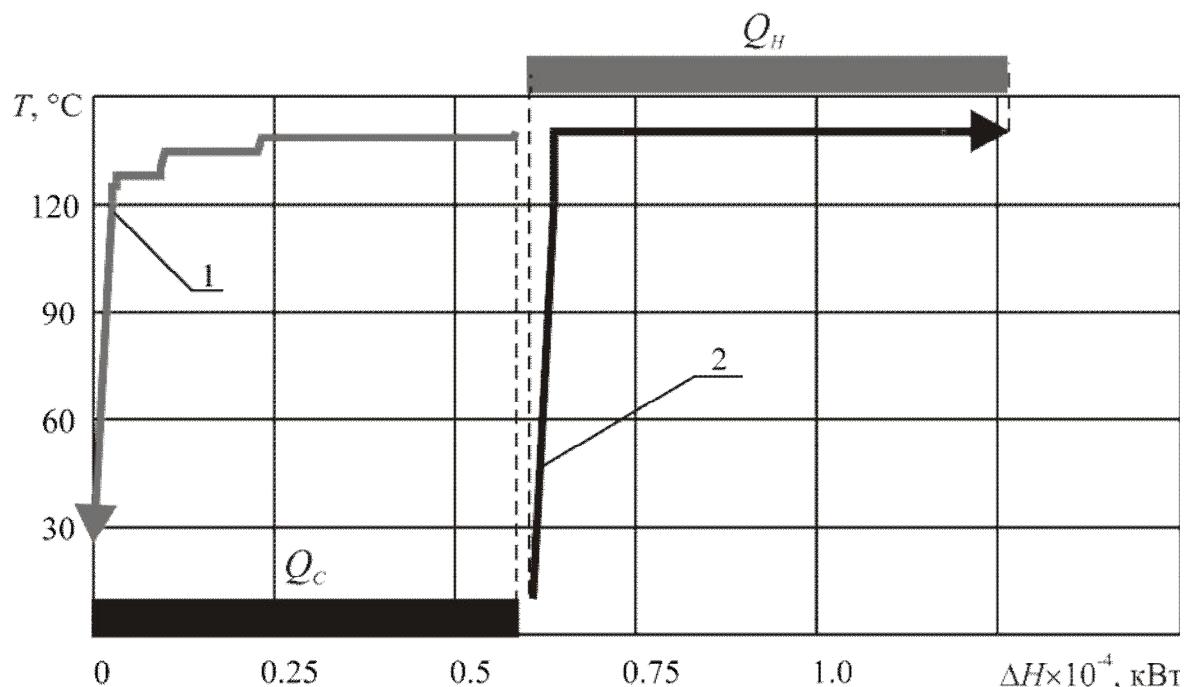


Рис. 3. Составные кривые процесса очистки четыреххлористого титана для процесса без рекуперации тепловой энергии. 1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков; Q_H , Q_C – потребляемая мощность горячих утилит, холодных утилит и мощность рекуперации. $Q_H \approx 6590$ кВт, $Q_C \approx 5822$ кВт

Для того чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономически значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта.

Стоимость горячих утилит, использованных в процессе, оценим исходя из величины тарифа для промышленных предприятий Украины: 93.46 коп за кВт/час, что ведет к стоимости горячих утилит ~ 980 долл. США за 1 кВт/год.

Стоимость холодных утилит принимаем стоимости природного газа. В настоящее время эта величина составляет значение ~ 520 долл. США за 1000 м^3 , что дает значения 47 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 [19]. Итак, капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением [20]:

$$\text{Кап. стоимость} = A_T + B_T(S)^c, \quad (1)$$

где $A_T = 40000$ долл. США — стоимость установки одного теплообменного аппарата, для пластинчатых теплообменных аппаратов $A_T = 5000$ долл. США; B_T — коэффициент, эквивалентный стоимости 1 м^2 площади поверхности теплообмена, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов $B_T = 800$, для пластинчатых $B_T = 1000$; S — площадь поверхности теплообмена теплообменного аппарата; c — коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности теплообмена. Для кожухотрубчатых теплообменников $c = 0.8$.

Будем считать, что для выполнения проекта предприятие берет в банке кредит сроком на 5 лет с 10% кредитной ставкой. Для расчета общей целевой площади поверхности теплообмена будем использовать потоковые данные, приведенные в таблице, к которым добавим характерные значения коэффициентов теплоотдачи технологических потоков.

Расчет дисконтированных величин стоимостей проекта реконструкции [9, 12] процесса очистки тетрахлорида титана позволяет определить значение минимальной разности температур между теплоносителями в будущей системе рекуперации тепловой энергии с учётом существующего теплообменного оборудования, $\Delta T_{\min} \approx 2^\circ\text{C}$ (рис. 4).

Построим составные кривые для $\Delta T_{\min} = 2^\circ\text{C}$ (рис. 5). Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, раной 140°C , и соответственно для холодных потоков — 138°C . Составные кривые показывают, что горячие утилиты при этом приобретают значение равное $Q_{H\min} = 6296.1$ кВт. Холодные утилиты уменьшаться до величины $Q_{C\min} = 5528.1$ кВт. При этом рекуперация тепловой энергии станет

равной $Q_{REC} \approx 293.5$ кВт (рис. 5), которая и является выражением энергосберегающего потенциала.

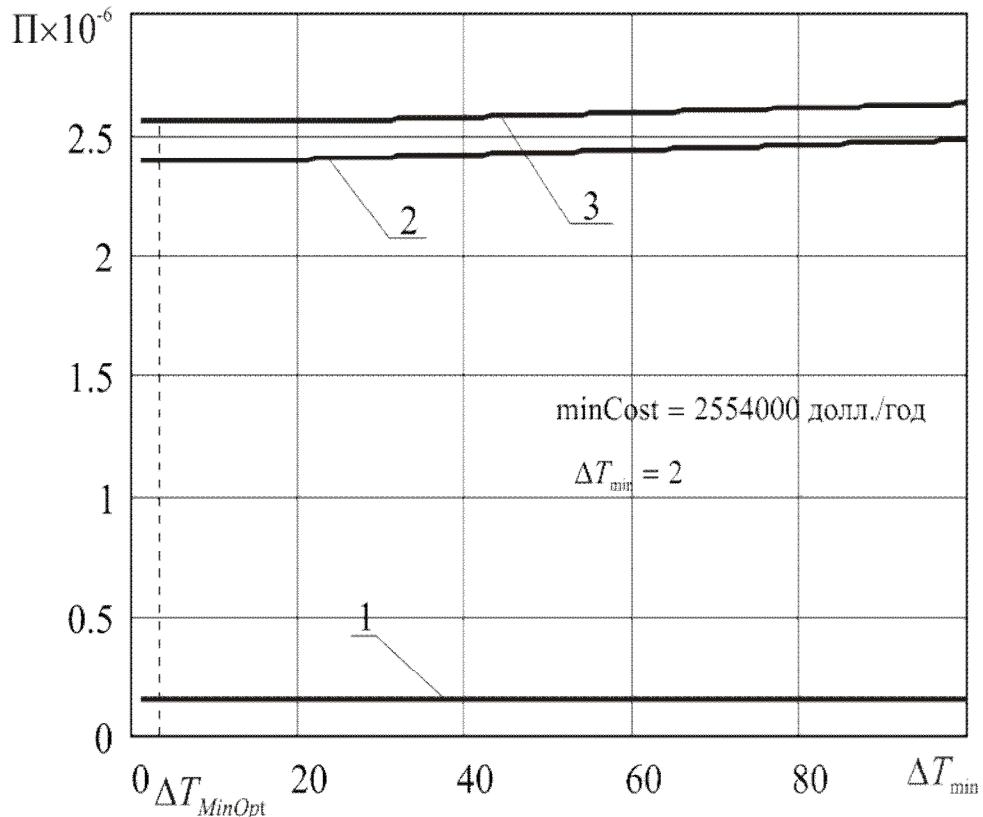


Рис. 4. Приведенная (дисконтированная) стоимость проекта реконструкции системы теплообмена процесса очистки тетрахлорида титана. 1 – приведенные капитальные затраты; 2 – годовая стоимость энергии; 3 – общая приведенная стоимость проекта реконструкции

Принимая во внимание стоимость горячих и холодных утилит в процессе очистки тетрахлорида титана, получаем величину возможной годовой прибыли равной ~ 300 тыс. долл США.

Пинч-проектирование.

Применяя методы пинч-проектирования [16] строим сеточную диаграмму теплообменной системы для интегрированного процесса с минимальной разностью температур между теплоносителями, $\Delta T_{min} = 2^\circ\text{C}$. Рекуперации тепловой энергии на составных кривых (рис. 5) на сеточной диаграмме выразится установкой двух рекуперативных теплообменных аппаратов (рис. 6). Мощность теплообменника T2 составляет $3 \times 10^{-2}\%$ от

общего значения рекуперации тепловой энергии. Поэтому при синтезе энерготехнологической схемы его можно исключить (рис. 7).

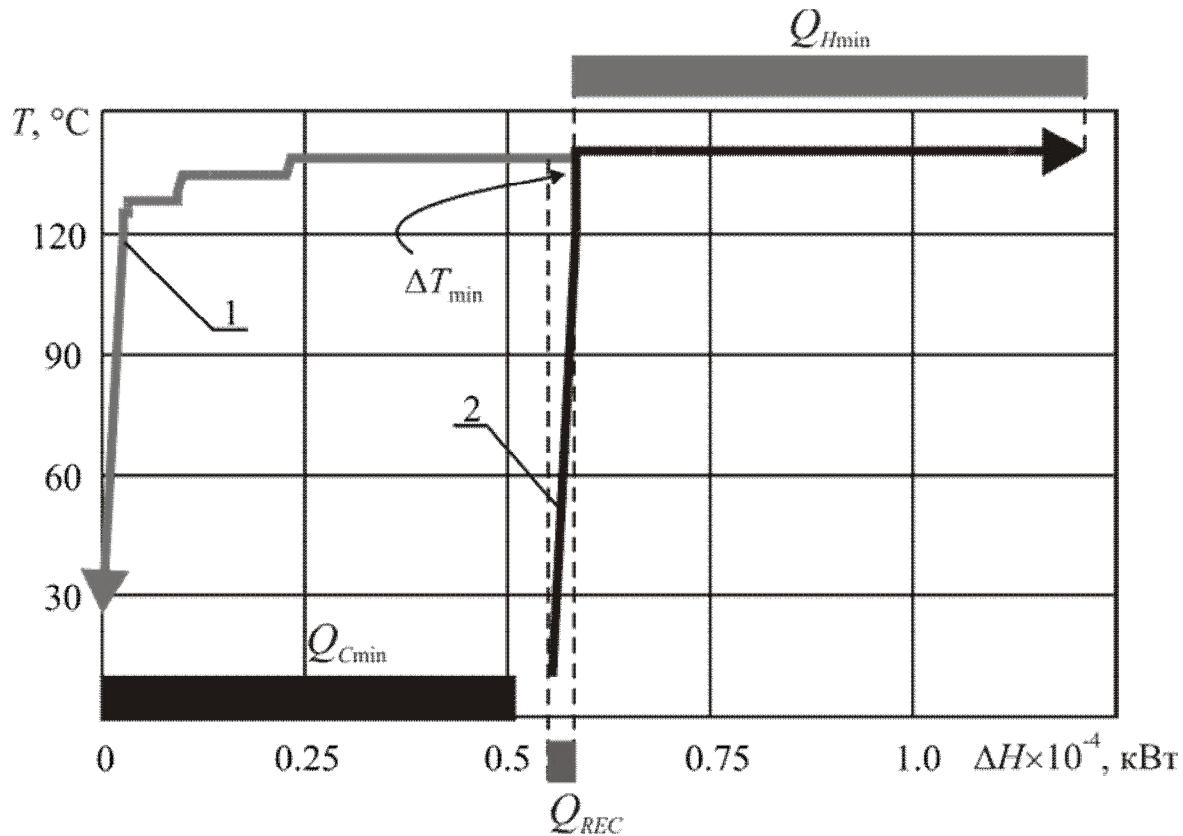


Рис. 5. Составные кривые системы теплообмена процесса очистки четыреххлористого титана с углубленной тепловой интеграцией. 1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков; $Q_{H\min}$, $Q_{C\min}$, Q_{REC} – целевые значения потребляемой мощности горячих утилит, холодных утилит и мощность рекуперации. $Q_{H\min}=6296.2$ кВт, $Q_{C\min}=5528.1$ кВт, $Q_{REC}\approx 293.5$ кВт, $\Delta T_{\min}=2^{\circ}\text{C}$

Оценка площади поверхности теплообменного аппарата Т1 дает значение $\sim 10 \text{ м}^2$. Минимальная разность температур между теплоносителями на этом теплообменнике равна 20°C , а такая разность температур достижима на кожухотрубчатых аппаратах. Поэтому для оценки капиталложений и срока окупаемости предполагаем, что на размещении Т1 будет установлен кожухотрубчатый теплообменный аппарат. Стоимость такого аппарата согласно (1) будет равна 48000 долл. США. Следовательно срок окупаемости проекта пинч-интеграции будет равен 2 месяцам.

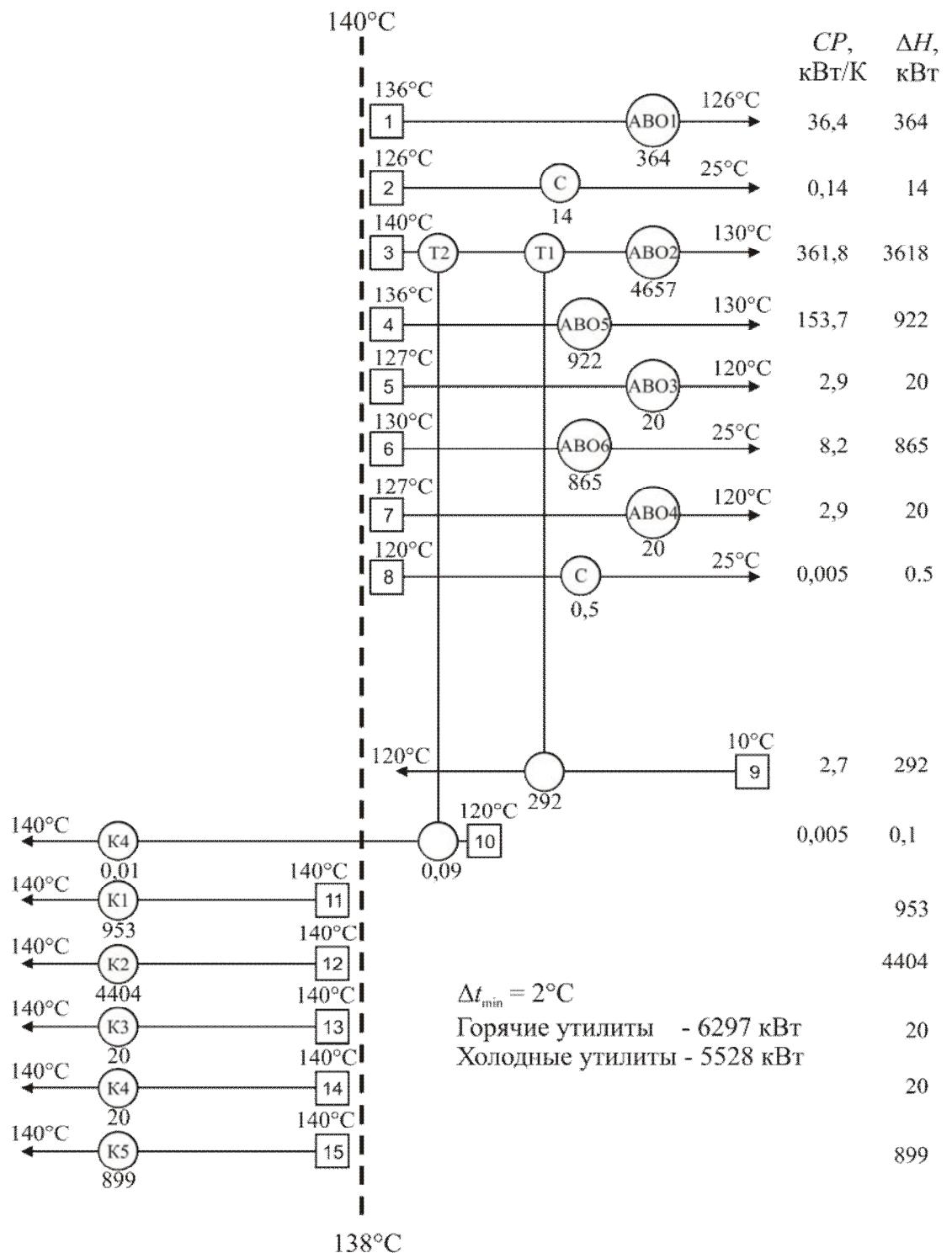


Рис. 6. Сеточная диаграмма традиционного пинч-проекта системы теплообмена.
 $Q_{H\min} = 6296.2$ кВт, $Q_{C\min} = 5528.1$ кВт, $Q_{REC} \approx 293.5$ кВт, $\Delta T_{\min} = 2^{\circ}\text{C}$.

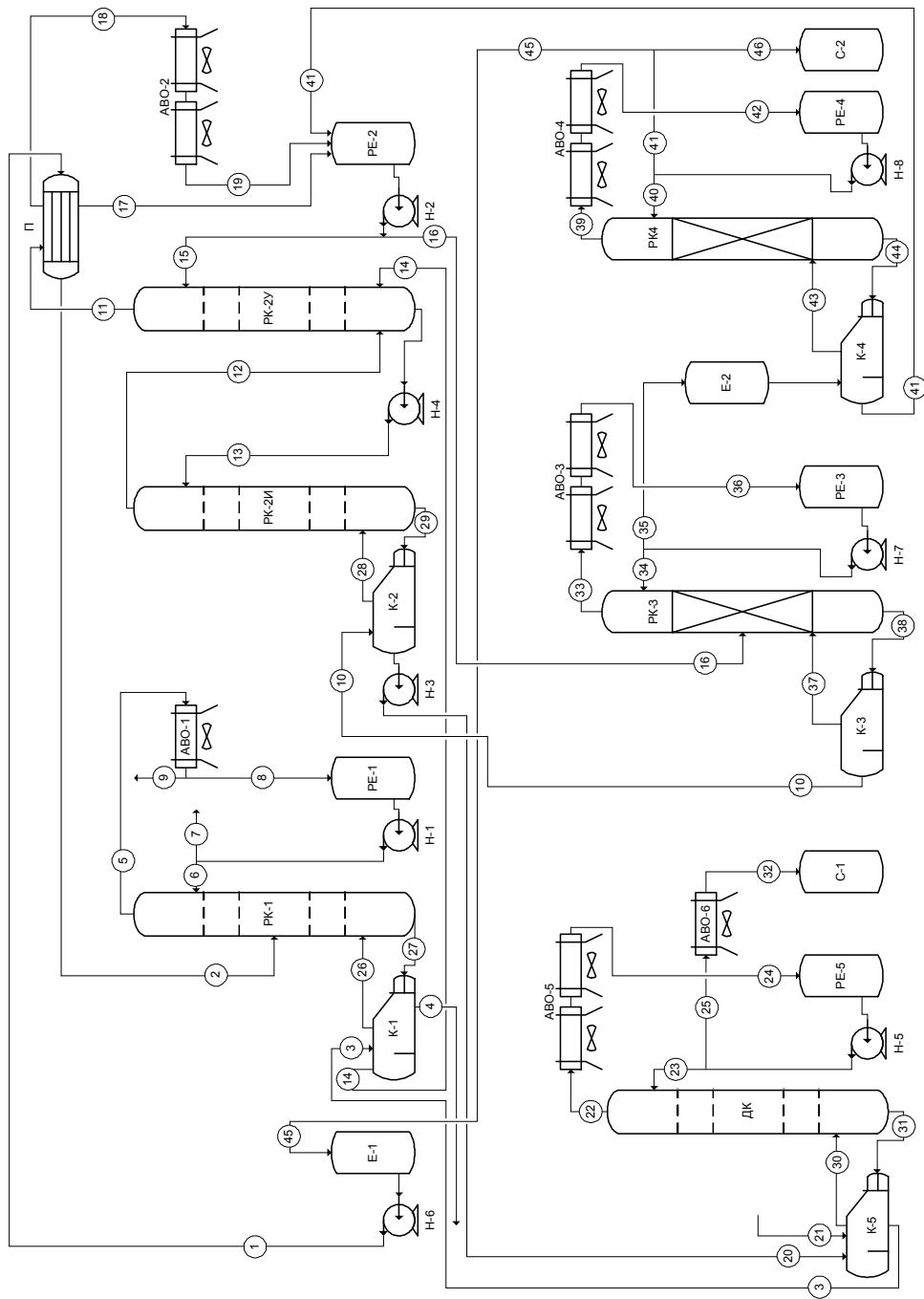


Рис. 7. Интегрированная принципиальная энергетехнологическая схема процесса очистки тетрахлорида титана. Е-1,2 – емкость; С-1,2 – сборник; Н-1-8 – сборник; К-1-5 – насос; К-1-5 – теплообменник; ДК – дистилляционная колонна; РК-1,3,4 – ректификационная колонна; РК-2И, РК-2У – ректификационные колонны – исчерпывающая и укрепляющая (разрезная колонна); П – теплообменник; АВО-1-5 – аппарат воздушного охлаждения; РЕ-1-5 – рефлюксная емкость.

Выводы

Определены технологические потоки, которые могут участвовать в теплоэнергетической интеграции процесса очистки четыреххлористого титана методом ректификации с одновременным получением оксотрихlorida ванадия, и найдены их технологические параметры.

С помощью аппарата составных кривых определен энергосберегающий пинч-потенциал процесса и целевые энергетические значения. В денежном выражении потенциал составляет величину годовой прибыли ~ 300 тыс. долл. США в год.

Синтезирована энерготехнологическая схема интегрированного процесса, в которой достигаются целевые значения. Срок окупаемости при внедрении интегрированной энерготехнологической схемы равен ≈ 2 месяца.

Список литературы: 1. Байбаков М.К. Производство четыреххлористого титана / М.К. Байбаков, В.Д. Попов, И.М. Чепресов. – М.: Металлургия, 1987. – 128 с. 2. Eylon D. Titanium Technology in the USA – an Overview / D. Eylon, S.R. Seagle. J. Mater. Sci. Technol. – 2001. – Vol. 17, № 4. – P. 439–443. 3. Ремизов Г.О. Перспективы развития титановой промышленности на Украине / Г.О. Ремизов, В.Я. Саенко, Я.В. Белоконь. – Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції) – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – С. 297-307. 4. Войтович Б.А. Физико-химические основы разделения продуктов хлорирования титансодержащих материалов / Б.А. Войтович, А.С. Барабанова. – К.: Наукова думка, 1969. – 608 с. 5. Крамник В.Ю. Металлургия титана / В.Ю. Крамник. – М.: Металлургия, 1968. – 480 с. 6. Ульев Л.М. Определение энергосберегающего потенциала разделения ШФЛУ на центральной газофракционирующей установке / Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, Е.В. Поливода // ВІСНИК Національного технічного університету «ХПІ». – 2009, Випуск 40. – С. 21–32. 7. Ульев Л.М. Пинч-диагностика и моделирование процесса разделения широкой фракции легких углеводородов / Л.М. Ульев, Е.В. Поливода – Інтегровані технології та енергозбереження. – 2010, – № 4. – С. 34 – 40. 8. Ульев Л.М. Энергосберегающий потенциал процесса гидроочистки на установке каталитического риформинга / Л.М. Ульев, Д.Д. Нечипоренко // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2011, – № 2. – С. 20 – 28. 9. Ульев Л.М. Визначення потенціалу енергозбереження і значення кількості шкідливих викидів установки первинної переробки нафти / Л.М. Ульев, Л.О. Мельниковська

// Вісник Харківського університету імені В.Н. Каразіна. Сер.: Екологія. – 2011. – № 944. Вип. 6.– С. 103–111. **10.** Ульєв Л.М. Теплоенергетическая интеграция блока гидроочистки сырья установки Л-35-11/600 / Л.М. Ульєв, Д.Д. Нечипоренко // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2011, – № 3. – С. 3–7. **11.** Ульєв Л.М. Економічно обґрунтована теплова інтеграція процесу очищення коксового газу від бензольних вуглеводнів / Л.М. Ульєв, С.О. Болдирєв, М.А. Васильєв – Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів». – Харків: НТУ «ХПІ» – 2011. – № 21. – С. 125–132. **12.** Ульєв Л.М. Определение энергосберегающего потенциала для процесса очистки целевого продукта при производстве пигментной двуокиси титана / Л.М. Ульєв, А.А. Ковалъчук // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів». – Харків: НТУ «ХПІ» – 2012. – № 10. – С. 106–115. **13.** Сивак В.В. Экстракция данных для теплоенергетической интеграции процесса очистки четыреххлористого титана методом ректификации / В.В. Сивак, Л.М. Ульєв, А.Н. Сулима. // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2011, – № 3. – С. 15–19. **14.** Музгин В.Н. Аналитическая химия ванадия / В.Н. Музгин, Л.Б. Хамзина, В.Л. Золотавин, И.Я. Безруков. // М.: Наука, – 1981. – 870 с. **15.** Гармата В.А. Титан: Свойства, сырьевая база, физико-химические основы и способы получения / В.А. Гармата, А.Н. Петрунько, Н.В. Галицкий. // М.: Металлургия, 1983. – 558 с. **16.** Основы интеграции тепловых процессов / [Смит Р., Товажнянский Л.Л, Клемеш Й. Капустенко П.А., Ульев Л.М.]. – Х.: ХГПУ. 2000. – 457 с. **17.** Smith R. Chemical Process Design and Integration / R. Smith – Chichester: John Wiley & Sons Ltd. – 2005. – 688 p. **18.** Kemp I.C. Pinch Analysis and Process Integration / I.C. Kemp – Oxford. Elsevier. – 2007. – 396 p. **19.** Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы / [Капустенко П.А., Кузин А.К., Макаровский Е.Л., Товажнянский Л.Л., Ульев Л.М., Черная Е.Б.]. – Харьков. ООО Издательский дом «Вокруг цвета». – 2004. – 312 с. **20.** Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems / R. Nordman – Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. – 2005. – 77 p.

Поступила в редакцию 24.07.12

Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
П.А. КАПУСТЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
О.П. АРСЕНЬЕВА, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,
А.П. ЮЗБАШЬЯН, студентка, НТУ «ХПИ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО И КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО ПОДОГРЕВА НЕФТИ

Актуальність теми обумовлена тим, що для більшості підприємств, в тому числі і нафтопереробних, що використовують теплообмінне обладнання, характерна висока матеріаломісткість останнього, що пов'язано з використанням давно застарілих трубчастих теплообмінних апаратів. Тому як ніколи актуальна задача заміни старого теплообмінного устаткування новим сучасним ресурсо- та енергозберігаючим, а саме, пластинчастим теплообмінним обладнанням

Актуальность темы обусловлена тем, что для большинства предприятий, в том числе и нефтеперерабатывающих, использующих теплообменное оборудование, характерна высокая материалоемкость последнего, что связано с использованием давно устаревших трубчатых теплообменных аппаратов. Поэтому как никогда актуальна задача замены старого теплообменного оборудования новым современным ресурсо- и энергосберегающим, а именно, пластинчатым теплообменным оборудованием

The relevance of the topic is determined by the fact that high material consumption of the equipment is characteristic for most enterprises including oil refineries that use heat transfer equipment, which is associated with the use of long-dated tube heat exchangers. Therefore, the task of exchanging of the old heat exchange equipment with the new modern resource- and energy-saving one, specifically a plate heat exchanger equipment, is more than ever urgent

Постановка проблемы и задача исследований.
Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) являются крупнейшими потребителями топливно-энергетических ресурсов. Эффективность и рациональность их использования в процессах переработки нефти во многом определяется за счет эффективности работы технологического оборудования завода. Однако технологические установки действующих НПЗ, построены в большинстве случаев много лет назад и не отвечают современным требованиям по качеству продукции, безопасности, уровню автоматизации управления процессами и т.д. [1].

Для удовлетворения современным требованиям существующие установки подвергаются реконструкции. В ходе такой реконструкции

капиталовложения в новое оборудование должны быть сведены к минимуму путем наиболее полного использования уже имеющегося оборудования.

Зачастую существующее технологическое оборудование на установках НПЗ не обеспечивает необходимые рабочие параметры даже после оптимизации, и экономически целесообразным становится внедрение высокоэффективного ресурсосберегающего оборудования.

Во многих случаях наряду с повышением тепловой эффективности такого оборудования необходимо решать и другие не менее важные задачи: снижение металлоемкости, повышение эксплуатационной надежности и ремонтопригодности [2].

Поэтому необходимо провести анализ по применению современного, ресурсо- и энергосберегающего пластинчатого теплообменного оборудования по сравнению с используемым кожухотрубчатым и на основе полученных данных сделать вывод о целесообразности его замены пластинчатыми теплообменниками.

Описание реконструированной схемы энергоэффективного блока первичного подогрева нефти. Использовав расчет пинча методом каскада и построения составных кривых процесса, который существует [3] и интегрированного процесса можно реконструировать технологическую схему энергоэффективного блока первичного подогрева нефти на установке АВТ А12/2, как показано на рис. 1.

Благодаря расчету пинча и построению диаграммы составных кривых существующего процесса и интегрированного процесса, был создан проект реконструкции блока первичного подогрева нефти на установке АВТ А12/2, как показано на рис. 1. Сырая нефть из резервуаров по трубопроводу подается насосами под давлением 0,2-1,0 МПа на прием сырьевых насосов. После насосов нефть четырьмя потоками, через теплообменники смешивается и поступает еще на один теплообменник Т-7. После него сырая нефть направляется в электродегидратор первой степени ЭД-1. Первый поток подогревается в теплообменниках Т-10, второй – Т-8; третий – Т-3, Т-5; четвертый – Т-2. В качестве горячих теплоносителей используются продукты раздела с ректификационных колонн, а именно вакуумный газойль (прокачивается через Т-10), мазут (Т-8), ЦО К-3 (Т-3), ЦО К-2, 2а (Т-5) и дизельное

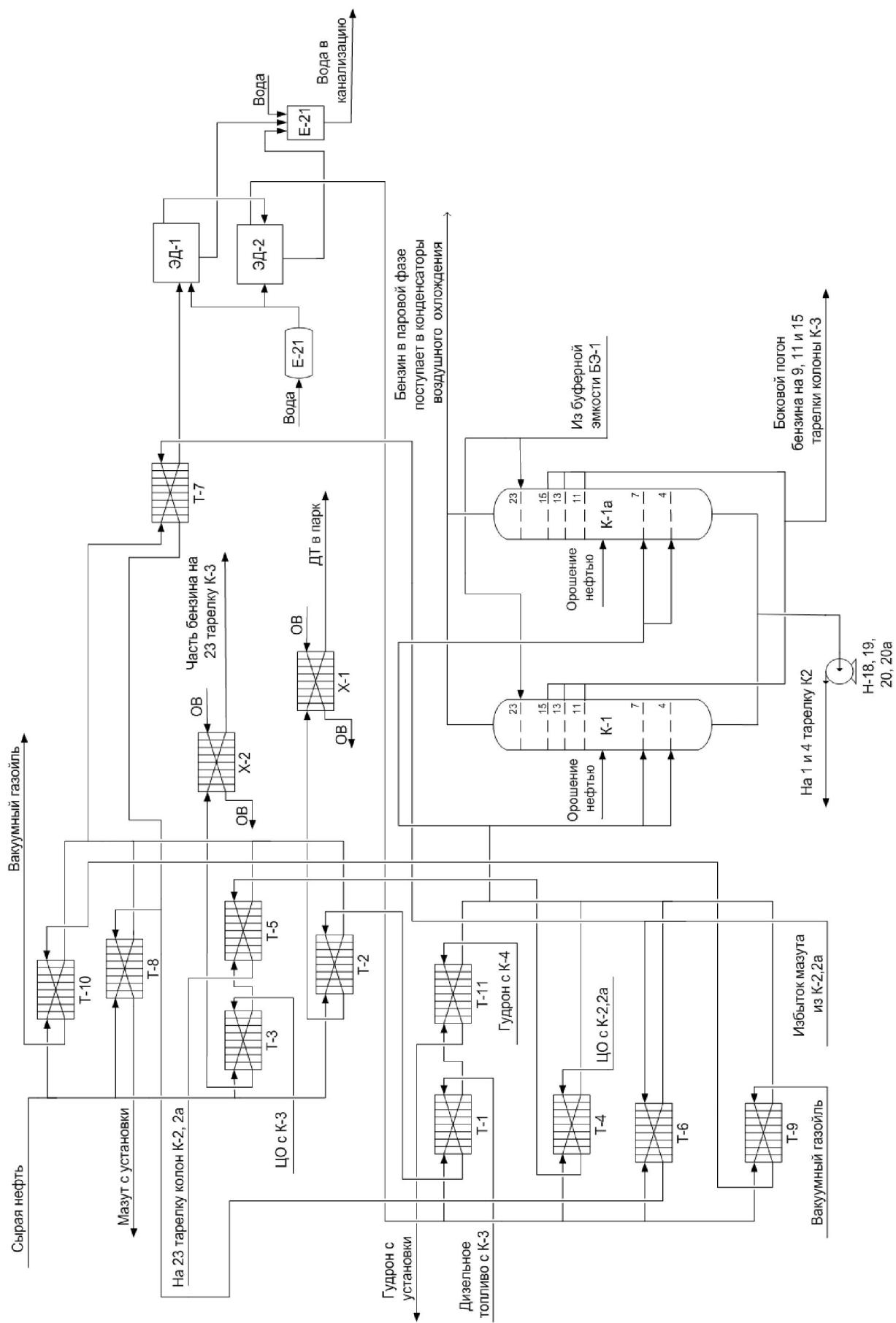


Рис. 1. Проект реконструкции блока первичного подогрева нефти

топливо (Т-2). Нефть нагревается в теплообменниках до $t = 80\text{--}160$ °С. В ЭД-1 нагретая нефть вводится через маточники, создающие равномерный поток в электрическом поле снизу вверх. В ЭД-1 благодаря полю высокого напряжения происходит частичное разрушение эмульсии и отделения нефти от воды. Частично обессоленная и обезвоженная нефть с верха ЭД-1 через смеситель направляется в электродегидратор второй степени ЭД-2. После электродегидратора второй степени ЭД-2 обессоленная и обезвоженная нефть поступает в колонны К-1, 1а четырьмя потоками. Первый проходит через Т-1 и Т-11, второй – Т-4, третий – Т-6, четвертый – Т-9. Затем эти потоки смешиваются и, с температурой 214 °С, поступают на 4 и 7 тарелку колон К-1, К-1а.

В атмосферных колоннах К-1, К-1а происходит отбензиневание нефти. Бензин в паровой фазе поступает в конденсаторы воздушного охлаждения, а далее поступает в буферную емкость БЕ-1. Для поддержания заданной температуры верха К-1, К-1а на 23 тарелку подается острое орошение с линии откачки бензина в парк. Температура входа острого орошения в колонну К-1, К-1а 40-60 °С. С 11, 13, 15 тарелок К-1, К-1а выводится боковой погон фракции бензина, который самотеком поступает на колонну К-3. В качестве горячего теплоносителя в теплообменник Т-1 поступает дизельное топливо с колоны К-3.

В Т-11 нагрев обессоленной нефти происходит за счет гудрона из К-4; в Т-4 – ЦО К-2, 2а; в Т-6 – мазут; в Т-9 – вакуумный газойль.

Проектирование в программной среде UniSim Design. После проведения пинч-проектирования было определено количество и позиции теплообменного оборудования, а также мощность, которую они потребляют. Так как данный проект реконструкции может быть использован при проектировании новых нефтеперерабатывающих заводов, главной задачей является сравнение кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов.

Для более точного сравнения, с помощью программной среды UniSim Design было выполнено моделирование блока первичного подогрева нефти. Это программный пакет, предназначен для моделирования в стационарном режиме, проектирования химико-технологических производств, контроля производительности оборудования, оптимизация и бизнес-планирование в области добычи и

переработки углеводородов и нефтехимии [4]. Программный пакет UniSim Design построен на основе надежных и проверенных методов расчета технологических процессов. В ходе моделирования мы получили нагрузку на теплообменный аппарат, начальные и конечные температуры по горячей и холодной стороне, значение коэффициента теплопередачи и среднюю логарифмическую разность температур.

На основе полученных данных, используя формулу 1, рассчитали необходимую площадь теплообмена

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_{ln}} \quad (1)$$

где Q – нагрузка теплообменного аппарата, что связывает холодный и горячий поток; K – коэффициент теплопередачи между холодным и горячим потоками; ΔT_{ln} – средняя логарифмическая разность температур холодного и горячего потоков.

Полученные данные представлены в таблице 1. Из таблицы видно, что необходимая площадь рекуперативных теплообменников составляет 6233 м^2 , а холодильников – 522 м^2 . В общем, необходимо 6785 м^2 кожухотрубчатых теплообменников. Ориентировочно, цена за квадратный метр составляет 4000 грн., установка одного аппарата – 40 тыс. грн.

Расчет теплообменного оборудования с помощью программы CAS200. Проводя сравнительный анализ по применению теплообменников мы используем пластинчатые теплообменники фирмы Alfa Laval. Для более точного сравнения использовались полученные из UniSim Design данные по теплофизическими свойствам потоков, участвующих в теплообмене. На основе этих данных были созданы потоки в среде CAS200. Так как мы имеем дело с нефтепереработкой использовался теплообменник типа компаблок (рис. 2). Такой выбор обусловлен хорошими результатами при работе с агрессивным средам и в условиях высоких температур. Компаблок представлен шестью моделями: CP15, CP20, CPL30, CPL40, CPL50 и CPL75 с площадью теплообмена от $0,7 \text{ м}^2$ до 320 м^2 . Каждая модель имеет свой стандартный набор пластин, удовлетворяющий самым различным технологическим требованиям [5]. Задав температуры, расходы, давления по горячей и холодной стороне были получены характеристики компаблоков (табл. 2).

Таблица 1

Определение площади кожухотрубчатых теплообменников

ТА	Горячий поток			Холодный поток			$K, \frac{kBt}{m^2 \cdot C}$	$\Delta T_{ln}, ^\circ C$	Q, kBt	S, m^2
	Название	Твх	Твых	Название	Твх	Твых				
Т-1	Дизельное топливо	229	173	Обессоленная нефть	112	168	0,16	61	3148	323
Т-2	Дизельное топливо	173	74,86	Сырая нефть	10	112	0,089	62,91	4866	869
Т-3	ЦО К-3	165	125,3	Сырая нефть	10	83	0,115	97,7	2145	191
Т-4	ЦО К-2,2а	240	168,8	Обессоленная нефть	112	175	0,085	60,8	1739	336
Т-5	ЦО К-2,2а	168,8	126,3	Сырая нефть	83	112	0,065	49,74	950	294
Т-6	Мазут	312	167,5	Обессоленная нефть	112	246,2	0,147	60,5	8684	976
Т-7	Мазут	312	167,5	Сырая нефть	112	118	0,03	110,67	1040	313
Т-8	Мазут	167,5	80,63	Сырая нефть	10	112	0,081	62,76	4891	962
Т-9	Газойль	300	171,5	Обессоленная нефть	112	239	0,108	60,25	4718	725
Т-10	Газойль	171,5	66,47	Сырая нефть	10	112	0,051	57,97	3208	1085
Т-11	Гудрон	336	244,1	Обессоленная нефть	168	181	0,044	110,91	773,6	159
Х-1	Газойль	74,86	58	Вода	15	37,4	0,118	40,17	751	159
Х-2	ЦО К-3	125,3	74	Вода	15	90,52	0,141	45,85	2543	393

Таблица 2

Характеристика теплообменников фирмы Alfa Laval

ТА	Горячий поток			Холодный поток			ΔT_{ln} , °C	Тип ТА	$K_{kBT / (M^2 C)}$	S, M^2	Кол-во пластин	Группировка
	Название	Твх	Твых	Название	Твх	Твых						
Т-1	Диз. топливо	229	173	Обессол. нефть	112	168	3148	61	CPL50	1,233	42,41	152
Т-2	Диз. топливо	173	75,3	Сырая нефть	10	112	4841	63,1	CPL50	1,101	70,31	252
Т-3	ЦО К-3	165	125,5	Сырая нефть	10	83	2136	97,8	CPL30	1,499	14,78	132
Т-4	ЦО К-2,2а	240	168,8	Обессол. нефть	112	175	1739	60,8	CPL30	1,600	18,14	162
Т-5	ЦО К-2,2а	168,8	126,5	Сырая нефть	83	112	942,7	49,9	CPL30	1,300	14,78	132
Т-6	Мазут	312	167,9	Обессол. нефть	112	246,2	8685	60,6	CPL75	0,869	166,1	252
Т-7	Мазут	312	166,7	Сырая нефть	112	118	1046	110,1	CPL30	1,060	9,148	82
Т-8	Мазут	167,5	81	Сырая нефть	10	112	4866	63	CPL50	1,108	70,31	252
Т-9	Газойль	300	171,6	Обессол. нефть	112	239	4718	60,3	CPL50	1,408	56,36	202
Т-10	Газойль	171,6	67,1	Сырая нефть	10	112	3192	58,3	CPL50	0,984	56,36	202
Т-11	Гудрон	336	244,1	Обессол. нефть	168	181	774,2	110,9	CP20	1,424	5,002	82
X-1	Газойль	75,3	58	Вода	15	38,8	774,3	39,7	CPL30	1,741	11,42	102
X-2	ЦО К-3	125,5	74	Вода	15	93,4	2551	44,2	CPL30	3,236	18,14	162

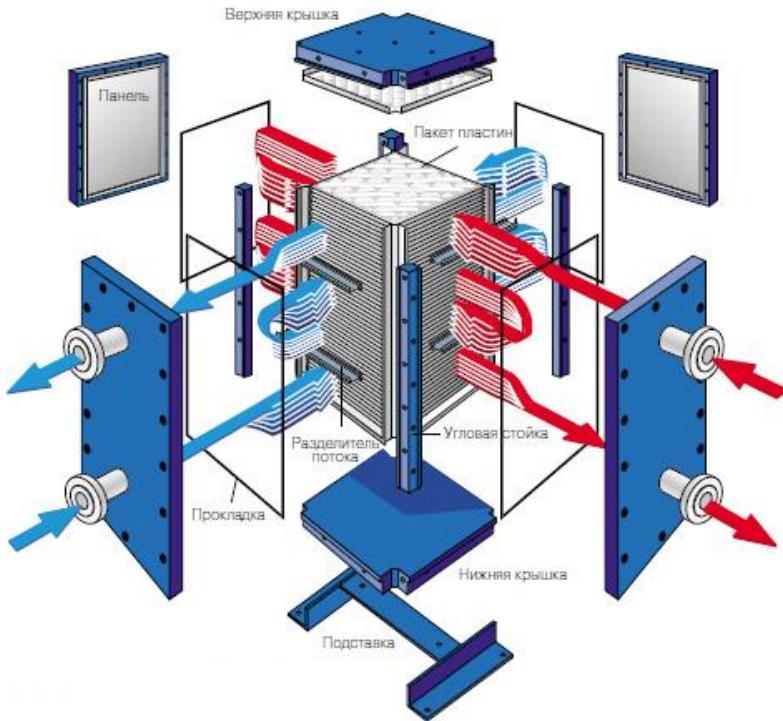


Рис. 2. Конструкция сварного теплообменного аппарата

Для реконструкции блока первичного подогрева нефти понадобится (табл. 3):

Таблица 3

Необходимое оборудование для реконструкции

	CP20	CPL30	CPL50	CPL75
Количество ТА	1	6	5	1
Площадь, м ²	5,002	86,444	295,75	166,1
Количество пластин	82	772	1060	252

Площадь рекуперативных теплообменников – 523,7 м²; площадь холодильников – 29,56 м²; общая площадь теплообмена – 553,26 м².

В настоящей работе расчеты пластинчатых теплообменных аппаратов выполнены без учета термического сопротивления поверхности теплопередачи. Как показано в работе [5] эти загрязнения значительно ниже чем в кожухотрубчатых аппаратах. Однако загрязнения могут все же снизить реальные коэффициенты теплопередачи. Данная проблема будет более детально рассмотрена в дальнейшей работе.

Таким образом для более наглядной демонстрации полученных данных приведем их в табличном виде (табл. 4)

Таблица 4

Сравнительная характеристика теплообменников

	Кожухотрубчатые ТА	Пластинчатые ТА
Среднее значение К, кВт	0,1	1,4
Площадь рекуперативных ТА, м ²	6233	523,7
Площадь холодильников, м ²	552	29,56
Общая стоимость, грн	6785	553,26
Стоимость 1 м ² , грн	4000	CP20 – 40 000 CPL30 – 35 000 CPL50 – 25 000 CPL75 – 23 000
Общая стоимость ТА, грн	27 600 000	15 117 178

Выводы.

1. Данные по сравнительной характеристики использования в блоке первичного подогрева нефти кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников показывают, что применение пластинчатого теплообменного оборудования, в данном случае рассмотрены теплообменники фирмы Alfa Laval, целесообразно как с точки зрения закупки и установки (почти в 2 раза дешевле) так и по коэффициенту теплопередачи (в 14 раз больше).

2. Еще одним из не менее важных факторов, которых может повлиять на выбор теплообменника является его габаритные размеры. Компаблок весьма компактный теплообменник и он занимает небольшое пространство и не требует фундамента (рис. 2).

3. Применение там, где это возможно пластинчатых теплообменников обеспечивает не только высокую эффективность теплообмена и экономичность, но и компактность, надежности, простоту обслуживания и переналадки.

Список литературы: 1. Уильям Д. Леффлер. Переработка нефти / Уильям Д. Леффлер. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес». 2004. – 223 с. 2. Клемеш Й. Реконструкция тепловой сети установки первичной переработки нефти с помощью пинч-анализа / Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, Н.Д. Андрейчук, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, А.Ю. Перевертайленко, Б.Д. Зулин // Тези доповідей IX міжнародної конференції «Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв». Ч. 2. Теплові процеси. Одеса. – 1996. – с. 46. 3. Л.М. Ульев, А.П. Юзбашьян. Экстракция потоковых данных на установке первичной переработки нефти на АВТ А12/2 при режиме работы с вакуумным блоком // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011, Выпуск 21. – С. 118–125. 4. Plesu V. Retrofit solutions in crude distillation plant using process simulation and process integration / Plesu V., Bumbac G., Tacu-Marcov C., Ivanescu I., Popescu D.C. // 8th Conference on process integration, modeling and optimization for energy saving and pollution reduction. PRES'05. Chemical engineering transactions, 2005. Vol. 7. P. 169–174. 5. Пластинчатые теплообменники в промышленности: Учеб. Пособие / Под общ. ред. Л.Л. Товажнянского. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 232 с. – На русск. яз.

Поступила в редакцию 04.04.12

УДК 661.961.1

В.Б. ТРОШЕНЬКИН, канд. техн. наук, ИПМаш НАНУ, Харьков,
Н.Н. ЗИПУННИКОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
Б.А. ТРОШЕНЬКИН, докт. техн. наук, ИПМаш НАНУ, Харьков

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИ ВЫТЕСНЕНИИ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ АЛЮМИНИЕВЫМИ И АЛЮМОКРЕМНИЕВЫМИ СПЛАВАМИ

Встановлені значення електродного потенціалу для активованого алюмінію і сплавів на основі кремнію та алюмінію при взаємодії з водою. Вивчено вплив добавок заліза, титану, марганцю і цинку в алюомокремнієвих сплавах на процес виділення водню з води. Визначені значення енергії активації для реакцій сплавів з водою

Установлены значения электродного потенциала для активированного алюминия и сплавов на основе кремния и алюминия при взаимодействии с водой. Изучено влияние добавок железа, титана, марганца и цинка в алюомокремниевых сплавах на процесс выделения водорода из воды. Определены значения энергии активации для реакций сплавов с водой

The electrode potential for the activated aluminum and alloys of silicon and aluminum by reaction with water are rated. The influence of admixtures of iron, titanium, manganese and zinc in aluminum-silicic alloys on the process of hydrogen getting from water are studied. The values of activation energy for the reactions of the alloys with water are determined

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

Наиболее перспективным способом производства водорода в автономных условиях является получение водорода из воды с использованием сплавов [1]. Определение значений электродных потенциалов при взаимодействии сплавов с водой даст возможность достоверно оценить кинетику процесса вытеснения водорода из воды алюминиевыми и алюомокремниевыми сплавами.

Исследование кинетики взаимодействия с водой алюминия, активированного индием, галлием и оловом позволили создать наиболее активный сплав АГ5О5И5 (масс. %: Al – 85, Ga – 5, Sn – 5, In – 5) [2]. Выбор режимов эксплуатации водородных генераторов должен учитывать условия, обеспечивающие высокую скорость выделения водорода и свободное разделение продуктов реакции. В связи с этим изучена скорость выделения водорода потенциометрическим методом и исследовано влияние начальных условий процесса на формирование, и отделение гидроксидов алюминия.

Изложение основного материала исследований.

При производстве, транспортировке и хранении активированный

алюминий неизбежно соприкасается с атмосферным воздухом. Поскольку воздух содержит влагу, то при этом начинается реакция образования оксида алюминия и водорода. Степень превращения образцов сплавов с окружающим воздухом определяется по уравнению

$$\alpha = \frac{G_0 - G}{G_0}, \quad (1)$$

где G_0 – начальный вес чистого алюминия, кг; G – текущий вес чистого алюминия, кг.

При химических реакциях с участием газовой фазы характерными параметрами при низких давлениях является парциальное давление или концентрация, которые в данном случае зависят от относительной влажности воздуха (ϕ). На рисунке 1 представлены экспериментальные данные зависимости степени превращения от времени реакции кусков сплава АГ5О5И5 с атмосферным воздухом (с участием Петрова Л.А.).

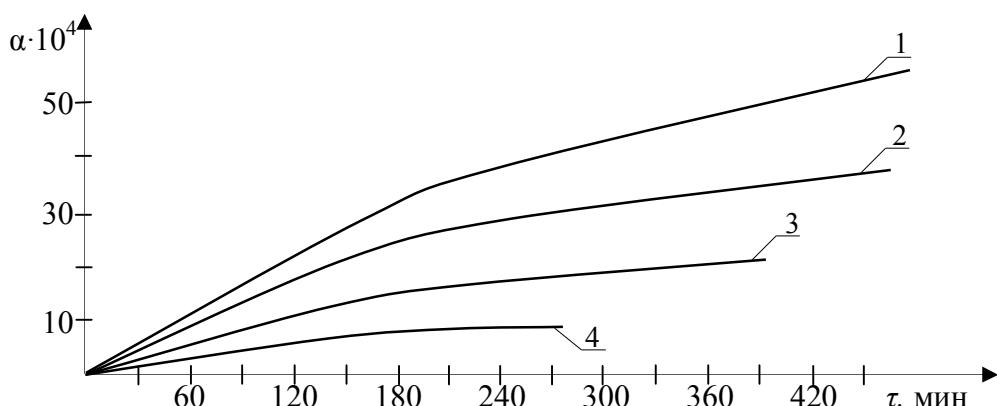


Рис. 1. Зависимость степени превращения от времени реакции сплава АГ5О5И5 с атмосферным воздухом: 1 – $\phi = 65\%$, $t = 16,5^\circ\text{C}$, $G_0 = 3,388 \text{ г.}$; 2 – $\phi = 65\%$, $t = 16,5^\circ\text{C}$, $G_0 = 4,248 \text{ г.}$; 3 – $\phi = 72\%$, $t = 16,5^\circ\text{C}$, $G_0 = 12,651 \text{ г.}$; 4 – $\phi = 50\%$, $t = 16^\circ\text{C}$, $G_0 = 4,1 \text{ г.}$

Образцы сплава АГ5О5И5 (поз. 1,2,4 – рис. 1) – куски овальной формы с наибольшим размером около 1,5 см. Образец (поз. 3 – рис. 1) – цилиндрический бруск из литого алюминия с диаметром 4 см и высотой 0,3 см. При топохимических реакциях скорость превращения возрастает с уменьшением размеров образцов, увеличением температуры и концентрации газообразного компонента.

По данным опытов была рассчитана степень превращения частиц

различных размеров. Разработаны следующие рекомендации по хранению алюминиевых сплавов (при этом предполагалось, что допустимая степень превращения не превышает 10 %): 1. для частиц алюминия размером до 10 микрон недопустимо пребывание на воздухе при любой влажности и температуре; 2. для частиц размером 70–100 микрон при температуре менее 16 °С и концентрации водяного пара менее шести грамм на кубический метр допустимо пребывание на воздухе в течение нескольких минут; 3. при тех же условиях для кускового литого алюминия с минимальным размером не менее двух сантиметров допустимо время пребывания на воздухе до одного года.

Определение электродного потенциала выполнено по рекомендациям Сахарова Б. П. и Цихановской И. В., которые в свою очередь базируются на общепринятой методике [3, 4]. Опыты проведены при температуре 20–60 °С, навеске свежеразмолотого активированного алюминия в 1 г с дисперсным составом $(0,1\text{--}1,6)\cdot10^{-3}$ м, избытке воды $\alpha = 5\text{--}50$ и pH среды 6,01–10,1. Типичные зависимости электродного потенциала от времени представлены на рисунках 2 и 3.

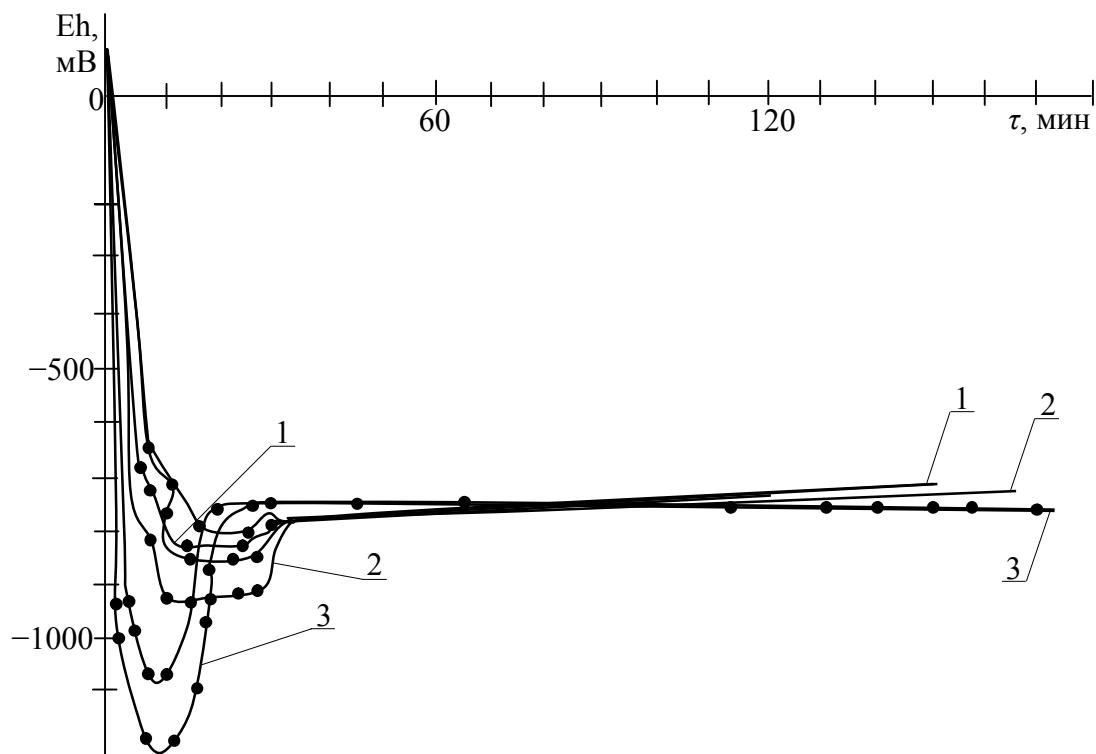


Рис. 2. Зависимость электродного потенциала от времени при $t = 40$ °С и количестве воды, мл.: 1 – 60; 2 – 40; 3 – 20

Электродный потенциал изменяется от значений, соответствующих чистому алюминию с оксидной пленкой на поверхности, до величин, близких к стандартному электродному потенциалу [5]. Колебания потенциала между максимальным и минимальным значениями объясняются повышенной растворимостью гидроксида алюминия, поскольку не прошел процесс «старения», заключающийся в перекристаллизации.

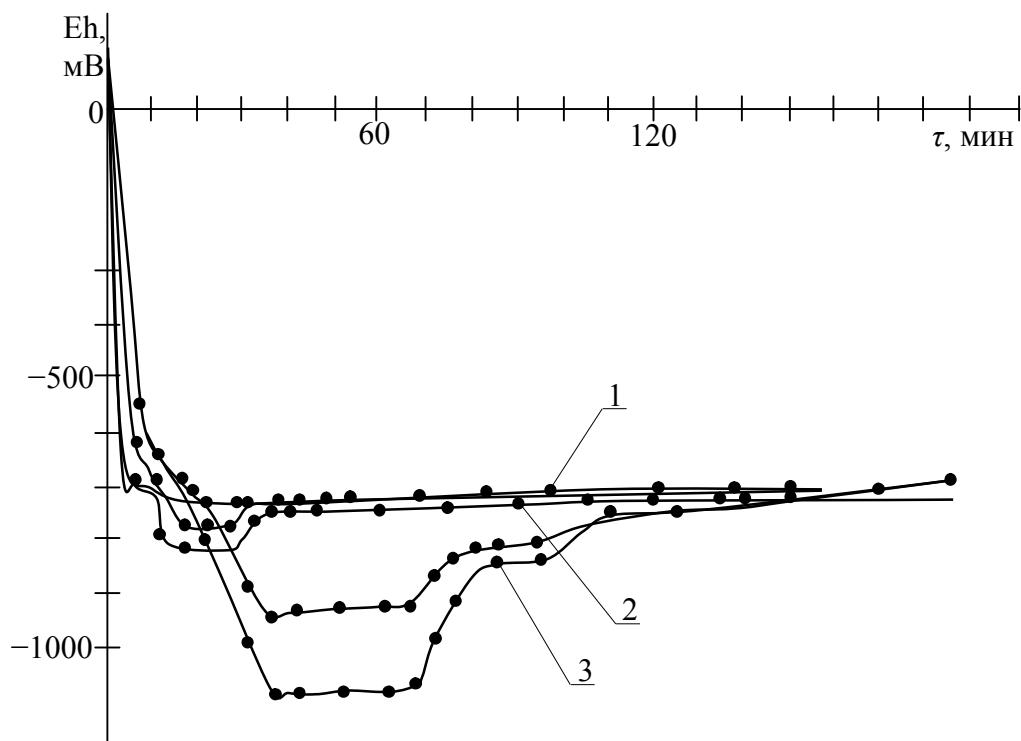


Рис. 3. Зависимость электродного потенциала от времени при 60 мл и температуре, °C: 1 – 60; 2 – 40; 3 – 20

После завершения процесса „старения” электродный потенциал стабилизируется и в течение 1–3 часов остается постоянным на уровне (-700) - (-760) мВ. Увеличение количества воды и температуры приводит к сдвигу потенциала в положительную область и уменьшению неустойчивой зоны. С учетом этих факторов продукты необходимо выдерживать определенное время до завершения процесса старения и укрупнения частиц гидроксида. Затем их можно фильтровать и подвергать дальнейшей переработке. Измеренные значения pH среды (6,01–10,1) и электродного потенциала (-600) - (-1300) мВ соответствуют области пассивности диаграммы Пурбэ,

в которой продуктами реакций алюминия с водой является бемит и байерит [6, 7]. Предварительная серия опытов позволила обоснованно выбрать сплавы для дальнейших исследований и получить точные кинетические характеристики реакции с использованием активированного алюминия. Данная реакция послужила эталоном для сравнения реакций алюмокремниевых сплавов с водой [8–11].

Алюминиевые сплавы с добавками кальция и магния, а также алюмокремниевые сплавы менее подвержены окислению при хранении. Опыты по получению водорода с помощью сплава АКМ (Ca – 0,8 – 2 %; Mg – 0,8 – 2 %; Al – остальное) проведены в кинетическом реакторе ($V_p = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$) при взаимодействии с водным раствором NaOH от 5 до 10 % и температуре реакции от 25 до 90 °C, дисперсный состав сплава 0,05-0,16 мм. Период полуреакции фракции 0,05 мм при концентрации щелочи 5 % и температуре 25 °C в 2,1 раза меньше, чем для фракции 0,16 мм.

При высоких температурах влияние дисперсного состава сказывается слабее. Сплав АКМ примерно в 15 раз более активен, чем сплав АС (Al – 66,7 %; Si – 33,3 %) [8] и примерно в 2 раза активнее сплава АСД-1 (Al – 99 %; Ti – 1 %) [12]. pH среды во время реакции АКМ с водой незначительно возрастает (с 11,32 до 11,92), а затем снижается до 11,64. Электродный потенциал процесса снижается от (-122) мВ до (-1035) мВ, а затем повышается до (-1029) мВ. Максимальные значения электродного потенциала сплава АКМ менее электроотрицательны, чем у активированного алюминия.

Значение pH и электродного потенциала при 10 % NaOH проходят через экстремум следующим образом:

для сплава АС 15 (масс. %: Al – 85-90; Si – 10-15 %), дисперсный состав $(0,05-0,16) \cdot 10^{-3}$ м: pH = 11,32; 11,77; 11,58; Eh = (-122); (-1041); (-1026) мВ;

для сплава АС 25 (масс. %: Al – 75 - 80; Si – 20 -25 %), дисперсный состав $(0,05-0,16) \cdot 10^{-3}$ м: pH = 11,33; 11,76; 11,57; Eh = (-122); (-1035); (-1032) мВ;

для сплава АС 40 (масс. %: Si – 15 - 40 %; Fe – 1 - 4; Ti – 1 - 3; Mn – 0,5 - 3,5; Zn – 0,5 - 1; Al – ост.), дисперсный состав $(0,1-0,16) \cdot 10^{-3}$ м: pH = 11,32; 11,74; 11,63; Eh = (-122); (-1035); (-1029) мВ.

Значение pH и электродный потенциал алюмокремниевых сплавов незначительно отличается от значений pH и электродного потенциала алюминиевого сплава с добавками кальция и магния.

По значениям констант скоростей определена эффективная энергия активации E_a [13]:

$$\lg \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2} \right), \quad (2)$$

где E_a – энергия активации, кДж/моль; $R = 8,314$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная; T_1 , T_2 – начальная и конечная температуры реакции, °C; K_{T_1} , K_{T_2} – константы равновесия.

Энергия активации реакций сплавов с 5 %-м раствором NaOH в температурном интервале 25-90 °C изменяется в пределах:

$E_a = 28,12 - 30,92$ кДж/моль для сплава АС 15;

$E_a = 13,0 - 23,03$ кДж/моль для сплава АС 25;

$E_a = 10,52 - 20,37$ кДж/моль для сплава АС 40.

При концентрации раствора гидроксида натрия, равной 5 % с уменьшением размера частиц от 0,16 до 0,05 мм (и менее) энергия активации возрастает с 33,65 кДж/моль до 45,63 кДж/моль, а при 10 %-ном растворе NaOH с 25,43 до 49,46 кДж/моль. Наблюданное увеличение энергии активации обусловлено, по-видимому, частичным окислением мелких фракций при хранении и размоле сплавов. Скорость газовыделения падает при повышении содержания кремния с 10–15 % до 20–25 %. Это явления устраняется при введении в сплав железа, марганца, цинка и титана. Несмотря на увеличение содержания кремния до 40 %, добавки перечисленных металлов позволяют сохранить выход водорода таким же, как у алюмокремниевого сплава с содержанием кремния 10-15 %.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.

1. Исследован процесс получения водорода из воды с использованием алюминиевых и алюмокремниевых сплавов. Установлено, что хранение алюминия, активированного индием, галлием и оловом, на открытом воздухе недопустимо. Окисление частиц сплава с размером 70-100 микрон происходит в течение нескольких минут. Для кусков литого алюминия с минимальным размером не менее 2 см. допустимо время пребывания на воздухе до одного года. Найдена зависимость для расчета окисления сплава при атмосферных условиях.

2. Определены значения электродного потенциала для алюминиевых и

алюмокремниевых сплавов с водой. Электродный потенциал в начальный период времени снижается до $(-1000) - (-1300)$ мВ, а затем несколько возрастает и далее остается постоянным в интервале $(-700) - (-760)$ мВ. Увеличение количества воды и температуры приводит к сдвигу электродного потенциала в положительную область.

3. По значениям констант скоростей определена эффективная энергия активации (E_a) для сплавов АС 15, АС 25, АС 40. При концентрации раствора едкого натрия, равной 5 % с уменьшением размера частиц от 0,16 до 0,05 мм энергия активации возрастает в 1,4 раза, а при 10 % NaOH повышается в 2 раза.

4. Наличие добавок железа, марганца, цинка и титана в алюмокремниевых сплавах позволяет сохранить выход водорода, несмотря на повышение содержания кремния в сплавах до 40 %.

Список литературы: 1. Троицкий В. Б. Получение водорода из воды с использованием сплава ферросиликоалюминия / Троицкий В. Б., Ткач Г. А., Троицкий Б. А., Зубарев Б. Н. // Препр. НАН Украины, 1996. Ин-т проблем машиностроения. № 96. – 28 с. 2. А. с. 535364 СССР, МКИ СОИВ 3/08. Сплав на основе алюминия для получения водорода / Д. В. Сокольский, Л. Ф. Козин, В. П. Бармин, А. Н. Подгорный, И. А. Варшавский, Р. Г. Сармурзина, Е. Оспанов (СССР). – № 2185102/02; заявл. 27.10.75; опубл. 26.11.76, Бюл. № 42. 3. Левин А. И., Помосов А. В. Лабораторный практикум по теоретической электрохимии. – М.: Металлургия, – 1979. – 312 с. 4. Шаталов А. Я., Маршаков И. К. Практикум по физической химии. – М.: Высшая школа, 1975. – 288 с. 5. Томашов Н. Д., Чернова Г. П. Пассивность и защита металлов от коррозии. – М.: Наука, 1965. – 208 с. 6. Pourbaix M. Atlas of Electrochemical equilibria in aqueous Solution. Oxford: Pergamon Press. – 1996. – 664 р. 7. Латимер А. Г. Растворение алюминия в растворе едкого натра // Журнал прикладной химии. – 1957. – Т. 30 – № 9 – С. 1861-1863. 8. Троицкий Б. А. Циркуляционные и пленочные испарители и водородные реакторы. – Киев: Наук. думка, 1985. – 174 с. 9. Троицкий Б. А., Долгих Т. Н. Термодинамика и кинетика образования водорода при взаимодействии сплавов алюминия с водой // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Атом. – водородная энергетика и технология. 1982. – Вып. 3(13). – С. 51–52. 10. Долгих Т. Н., Троицкий Б. А. Исследование образования водорода при взаимодействии сплавов алюминия с водой // Проблемы машиностроения. – 1983. – вып. 20. – С. 70–72. 11. Троицкий Б. А., Редько В. В., Гиль З. П., Лупандин А. А. Повышение эффективности генерации водорода при взаимодействии кремниевых сплавов с водой // Тез. докл. Всесоюзной научной конференции Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств. 11-13 июня – 1985 – Харьков. – ч. 4. – С. 124–125. 12. Баженов М. В. Алюминиевый прокат и порошки / Баженов М. Ф., Байчман С. Г., Карпачев Д. Г. – М.: Металлургия, 1980. – 96 с. 13. Г. В. Акимов // Werkstoffe und corrosion. – 1959. – 10. – № 6. – 383 с.

Поступила в редакцию 07.06.12

УДК 664.5: 662.6

Л.М. УЛЬЕВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
К.И. СТАВРОВА, студентка, НТУ «ХПИ»

ПИНЧ-ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА НА ПЯТИКОЛОННОМ АГРЕГАТЕ

В даній роботі розглядається п'ятиколонний агрегат виробництва спирту, який є типовим для підприємств харчової промисловості. За допомогою методу пінч-проектування показана можливість скорочення споживання пари на 7.6 % та холодних утиліт на 10.1 %

В данной работе рассматривается пятиколонная установка спирта на типичных предприятиях пищевой промышленности. С помощью метода пинч-проектирования показана возможность сокращения потребления пара на 7.6 % и холодных утилит на 10.1%

In this work five column alcohol distillation section at typical food industry enterprises is considered. With help of pinch-designing there is shown an ability of steam reduction by 7.6 % and the cool utility consumption by 10.1 %

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. Экономический кризис, усугубляющийся в Украине постоянным подорожанием энергоносителей, заставляет представителей все большего количества отраслей пищевой промышленности задуматься о внедрении энергосберегающих технологий и использовании альтернативных видов топлива.

Сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов в промышленности сопряжено с широкомасштабной реализацией современных энергосберегающих технологий, созданием высокоэффективных энерготехнологических комплексов.

Применение Пинч-анализа при проектировании и реконструкции теплообменных сетей промышленных процессов позволяет получить значения мощности энергии, потребляемых от внешних энергоносителей на уровне термодинамически обусловленных минимальных величин. Использование Пинч-анализа позволяет определить:

- оптимальные значения холодных и горячих утилит,

- количество теплообменных аппаратов в сети теплообмена,
 - оптимальную площадь поверхности теплообмена,
 - приведенную стоимость
- еще до выполнения самого проекта теплообменной сети.

Применение методов Пинч-анализа дает возможность оптимизировать энергопотребление в пределах территориальных производственных комплексов, состоящих из большого числа производственных процессов и потребление энергии от общей утилитной системы. В среднем реализация таких проектов позволяет уменьшить энергопотребление приблизительно на 30% со снижением вредных выбросов на 25 – 30%. Срок окупаемости данных проектов, как правило, не превышает одного года [1].

Широкое распространение и применение Пинч-технологий в последние два десятилетия позволило значительно улучшить энергетическую и эксплуатационную эффективность промышленных установок во всем мире.

Ни один из применяемых на сегодняшний день методов энерготехнологического аудита и проектирования тепломассообменных сетей не позволяет достичь тех результатов, получение которых возможно с использованием Пинч-метода [2].

Анализ исследований и публикаций. В производстве спирта, потребление пара и охлаждающей воды в процессе ректификации составляет 60-70 % от общего потребления процесса. Большая часть тепла теряется и забирается охлаждающей водой, а часть сточных вод сливается. Именно поэтому уменьшение потребления энергии и охлаждающей воды обеспечивает развитие наиболее эффективного производства [3]. Уменьшение удельных энергозатрат при производстве этанола позитивно влияет не только на конкурентоспособность производителя, но и на окружающую среду, вследствие уменьшения выбросов вредных веществ и эмиссии парниковых газов [4–6].

Теплоэнергетическая интеграция. Пятиколонный агрегат производства спирта является типичным для производств пищевой промышленности. Установка состоит из 5 колонн: бражная, эпюрационная, ректификационная, колонна конечной очистки и колонны концентрирования смесей. Колонны обогреваются непосредственно

острым паром, который подается в низ колонн. Исходное сырье (брата), проходя последовательно через колонны, очищается от примесей, таких как барда, метанол, сивушные масла, альдегиды и т.д., и из последней колонны выходит непосредственно 96% этиловый спирт (рис.1). В системе присутствует также один теплообменный аппарат – Е1.

Во время исследования установки было определено 16 горячих и 7 холодных потоков и их основные параметры. Характеристика потоков приведена в следующем порядке:

1. Спиртовой 96% пар после конденсации. Выходит из ректификационной колонны К3, проходит через теплообменный аппарат Е1, конденсируется в С1 и С2 и направляется в С3. $T_{\text{нач}}=78.9^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=77.9^{\circ}\text{C}$.
2. Спиртовой пар ректификационной колонны после конденсации. Выходит из конденсаторов С3 и С4 и поступает на С5. $T_{\text{нач}}=78.9^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=78^{\circ}\text{C}$.
3. Спиртовой пар ректификационной колонны после конденсации. Выходит из конденсатора С5 и поступает на С6. $T_{\text{нач}}=78^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=77^{\circ}\text{C}$.
4. Спиртовой пар ректификационной колонны после конденсации. Выходит из конденсаторов С6 и С7 и возвращается в колонну. $T_{\text{нач}}=77^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=38^{\circ}\text{C}$.
5. Спиртовой 96% пар после конденсации. Выходит из колонны концентрирования смесей и конденсируется в С8 и С9, после чего направляется в С10. $T_{\text{нач}}=79.4^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=78^{\circ}\text{C}$.
6. Спиртовой пар колонны концентрирования смесей после конденсации. Выходит из конденсатора С10 и направляется в С11. $T_{\text{нач}}=78^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=64^{\circ}\text{C}$.
7. Спиртовой пар колонны концентрирования смесей после конденсации. Выходит из конденсатора С11 и возвращается в колонну. $T_{\text{нач}}=64^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=29^{\circ}\text{C}$.
8. Спиртовой 80.26 % пар после конденсации. Выходит из колонны конечной очистки и конденсируется в С12 и С13, после чего направляется на С14. $T_{\text{нач}}=94.3^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=87^{\circ}\text{C}$.
9. Спиртовой пар колонны конечной очистки после конденсации. Выходит из конденсаторов С14 и С15 и возвращается в колонну. $T_{\text{нач}}=87^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=28^{\circ}\text{C}$.

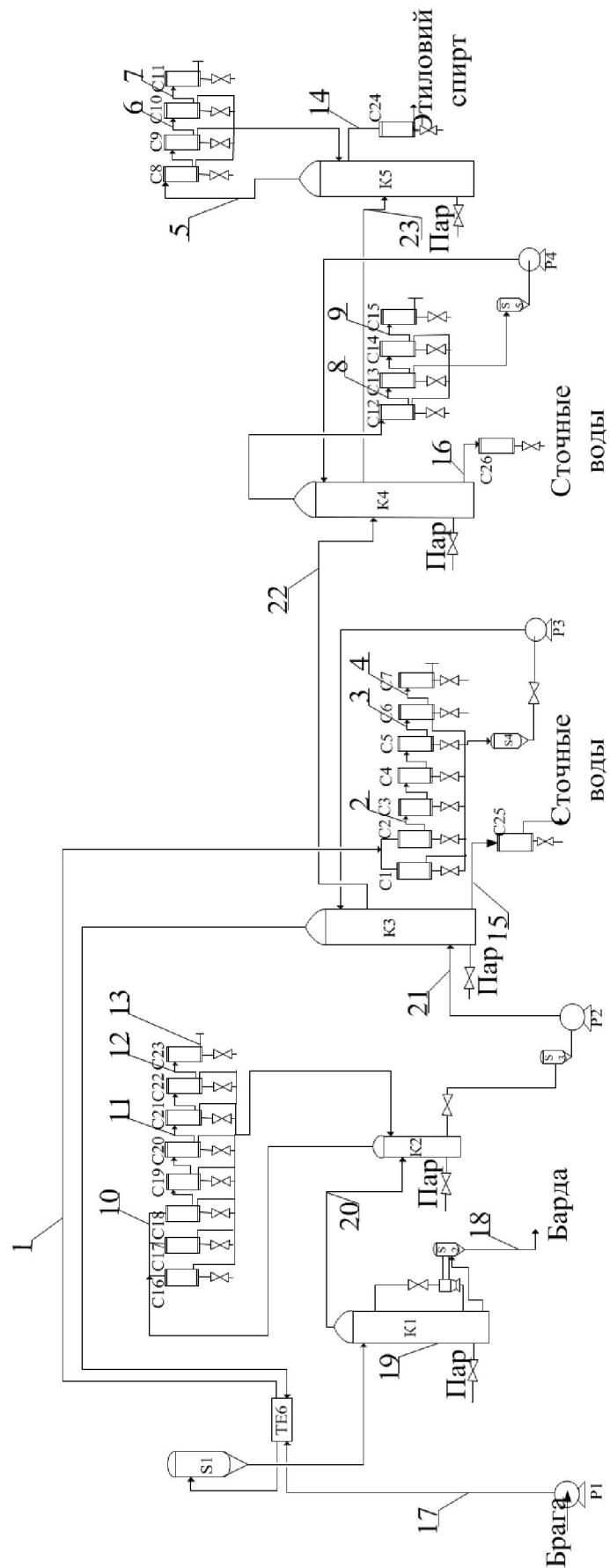


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема 5 колонной установки производства спирта:
P1-P4 – насосы; E1 – теплообменник; S1-S5 – сепараторы; K1 – бражная колонна; K2 – эпирационная колонна;
K3 – ректификационная колонна; K4 – колонна конечной очистки; K5 – колонна концентрации смесей;
C1-C26 – конденсаторы; 1-23 – номера потоков.

10. Спиртовой 96% пар после конденсации. Выходит из эпюрационной колонны и конденсируется в C16, C17 и C18, после чего направляется на C19. $T_{\text{нач}}=78.5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=77.5^{\circ}\text{C}$.
11. Спиртовой пар эпюрационной колонны. Выходит из конденсаторов C19 и C20 и направляется на C21. $T_{\text{нач}}=78.5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=77^{\circ}\text{C}$.
12. Спиртовой пар эпюрационной колонны. Выходит из конденсаторов C21 и C22, после чего направляется к C23. $T_{\text{нач}}=77^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=65^{\circ}\text{C}$.
13. Спиртовой пар эпюрационной колонны. Выходит из конденсатора C23 и возвращается в колонну. $T_{\text{нач}}=65^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=36^{\circ}\text{C}$.
14. Конечный 95.5 % спирт. Выходит из колонны концентрирования смесей, охлаждается в C24 и поступает в емкость для хранения конечного продукта. $t_{\text{нач}}=78.3^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=20^{\circ}\text{C}$.
15. Сточные воды. Выходит из колонны конечной очистки, охлаждается в C25 и сливается. $T_{\text{нач}}=111.2^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=29^{\circ}\text{C}$.
16. Сточные воды. Выходит из колонны конечной очистки, охлаждается в C26 и сливается. $T_{\text{нач}}=110.7^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=29^{\circ}\text{C}$.
17. Брага 11.35%. Поступает в теплообменный аппарат E1, и после очистки через сепаратор S1 входить в смесительную колонну. $T_{\text{нач}}=29^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=87.4^{\circ}\text{C}$.
18. Подогрев барды. Барда из бражной колонны очищается в сепараторе S2 и собирается в специальные емкости. $T_{\text{нач}}=80^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=98^{\circ}\text{C}$.
19. Подогрев барды. Осуществляется в бражной колонне. $T_{\text{нач}}=109.1^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=110.1^{\circ}\text{C}$.
20. Подогрев смеси. Выходит из бражной колонны и поступает в эпюрационную колонну, где и осуществляется подогрев. $T_{\text{нач}}=85.2^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=86.2^{\circ}\text{C}$.
21. Подогрев альдегидной жидкости. Выходит из эпюрационной колонны и поступает в ректификационную колонну, где и осуществляется подогрев. $T_{\text{нач}}=95.4^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=96.4^{\circ}\text{C}$.
22. Подогрев жидкого спирта. Выходит из ректификационной колонны и поступает в колонну конечной очистки, где и осуществляется подогрев. $t_{\text{нач}}=111.2^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=112.2^{\circ}\text{C}$.

23. Подогрев разведенного спирта. Выходит из колонны конечной очистки и поступает в колонну концентрирования смесей, где и осуществляется подогрев. $T_{\text{нач}}=110.7^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кон}}=111.7^{\circ}\text{C}$.

Для дальнейшего анализа необходимо определить значение мощности рекуперации для существующего процесса. На данный момент, есть только один теплообменный аппарат, который принимает участие в рекуперации – Е1. В таблице приведен перечень определенных параметров для данных потоков.

Таблица
Потоковые данные технологических потоков, включенных в интеграцию
для 5 колонной установки производства спирта

№	Поток	Тип	T_s , $^{\circ}\text{C}$	T_t , $^{\circ}\text{C}$	CP , кВт/ $^{\circ}\text{C}$	α , кВт/м 2	ΔH , кВт	G, кг/с
1	Спиртовой 96% пар ректиф. колонны после С1 и С2	гор	78.9	77.9	3819	8000	3819	1.66
2	Спиртовой пар ректиф. колонны после С3 и С4	гор	78.9	78.0	1140.40	8000	1026.4	0.44
3	Спиртовой пар ректиф. колонны после С5	гор	78.0	77.0	263.30	8000	263.30	0.11
4	Спиртовой пар ректиф. колонны после С6 и С7	гор	77.0	38.0	5.24	3000	204.5	0.002
5	Спиртовой 96% пар из колонны концентр. смесей после С8 и С9	гор	79.4	78.0	2988.29	7000	4183.6	1.80
6	Спиртовой пар из колонны концентрирования смесей после С10	гор	78.0	64.0	50.01	3000	826.1	0.36
7	Спиртовой пар из колонны концентрирования смесей после С11	гор	64.0	29.0	1.47	3000	51.53	0.02
8	Спиртовой 80.26% пар из колонны конечн. очистки после С12, С13	гор	94.3	87.0	291.26	3000	2126.2	0.92
9	Спиртовой пар из ко- лонны конечн. очист- ки после С14, С15	гор	87.0	28.0	6.48	3000	382.2	0.16

Продолжение таблицы

10	Спиртовой пар из эпюрац. колонны после C16, C17, C18	гор	78.5	77.5	3606.2	7000	3606.2	1.57
11	Спиртовой пар из эпюрац. колонны после C19 и C20	гор	78.5	77.0	1331.1	7000	1996.7	0.87
12	Спиртовой пар из эпюрац. колонны после C21 и C22	гор	77.0	66.0	62.79	3000	941.8	0.45
13	Спиртовой пар из эпюрац. колонны после C23	гор	65.0	36.0	1.44	3000	41.90	0.02
14	Конечный спирт	гор	78.3	20.0	4.08	3000	238.1	1.45
15	Сточные воды из ректификац. колонны	гор	111. 2	29.0	19.17	2600	1575.8	4.64
16	Сточные воды из колонны конечной очистки	гор	110. 7	29.0	14.87	2600	1214.9	3.65
17	Брага 11.35%	хол	29.0	87.4	44.08	2000	2574.4	11.20
18	Подогрев отходов	хол	80.0	98.0	26.64	2000	479.52	8.53
19	Подогрев браги в бражной колонне	хол	109	110.1	6112.8	2000	6112.8	2.65
20	Подогрев смеси в эпюрац. колонне	хол	85.2	86.2	747.0	2000	747.0	0.32
21	Подогрев альдег. жидкости	хол	95.4	96.4	1853.7	2000	1853.7	0.8
22	Подогрев жидкого спирта в колонне конечной очистки	хол	111. 2	112.2	6551.8	2000	6551.8	2.85
23	Подогрев разведенного спирта	хол	110. 7	111.7	6545.6	2000	6545.6	2.84

На основе таблицы была построена сеточная диаграмма, на которой располагаются горячие и холодные потоки, согласно с температурными интервалами (рис.2).

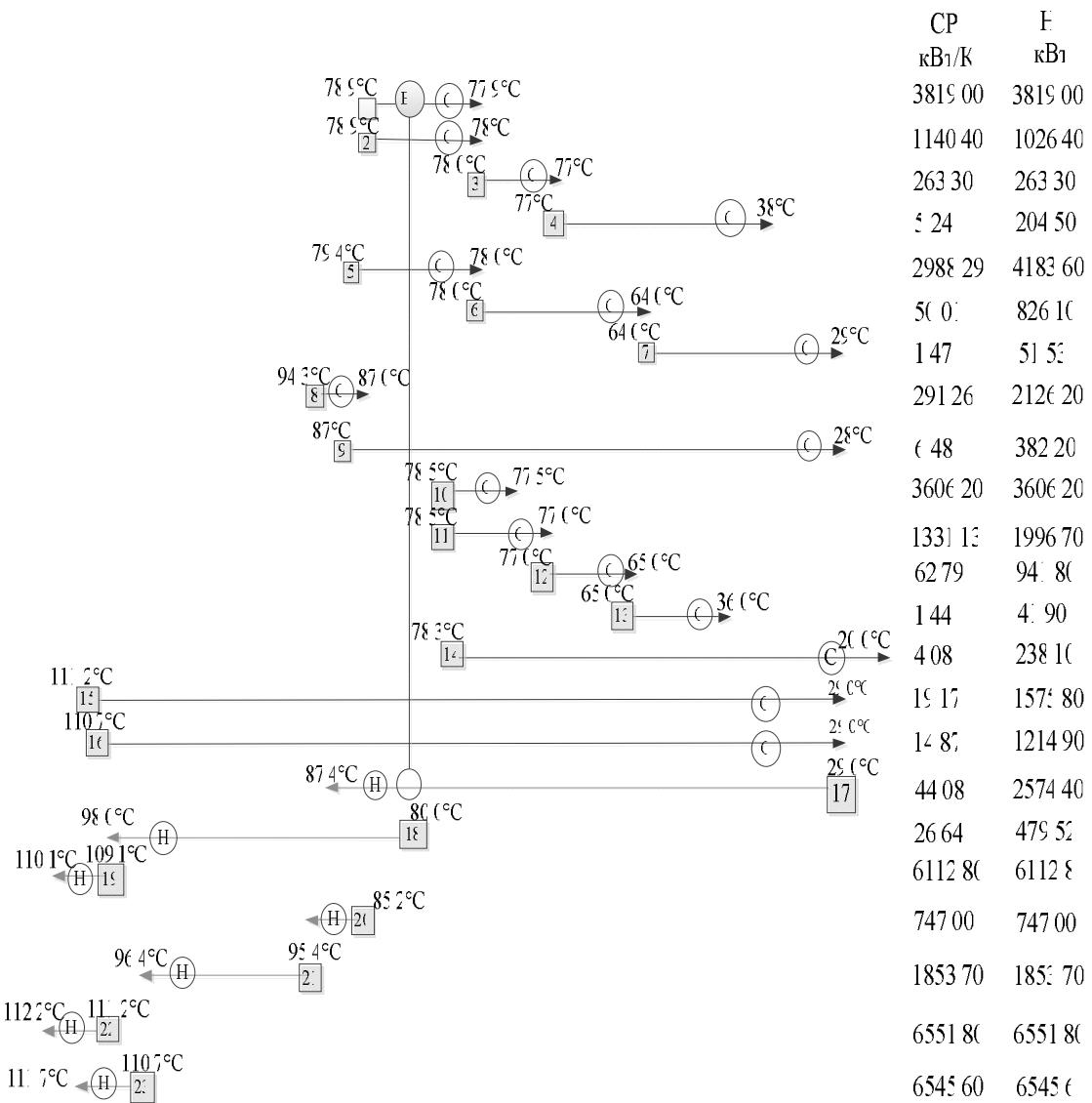


Рис. 2. Существующая система теплообмена на установке:

1 – 16 – горячие потоки; 17 – 23 – холодные потоки;
 CP – потоковая теплоемкость; ΔH – тепловые нагрузки для каждого потока

Как видно из диаграммы, система имеет большое количество горячих (пар) и холодных (охлаждающая вода) утилит, что обеспечивает системе не оптимальную рекуперации энергии.

На основе имеющихся данных построим составные кривые процесса (рис.3). Составные кривые содержат большой объем информации о

системе технологических потоков, утилитной системе и эффективности использования тепловой энергии в процессе.

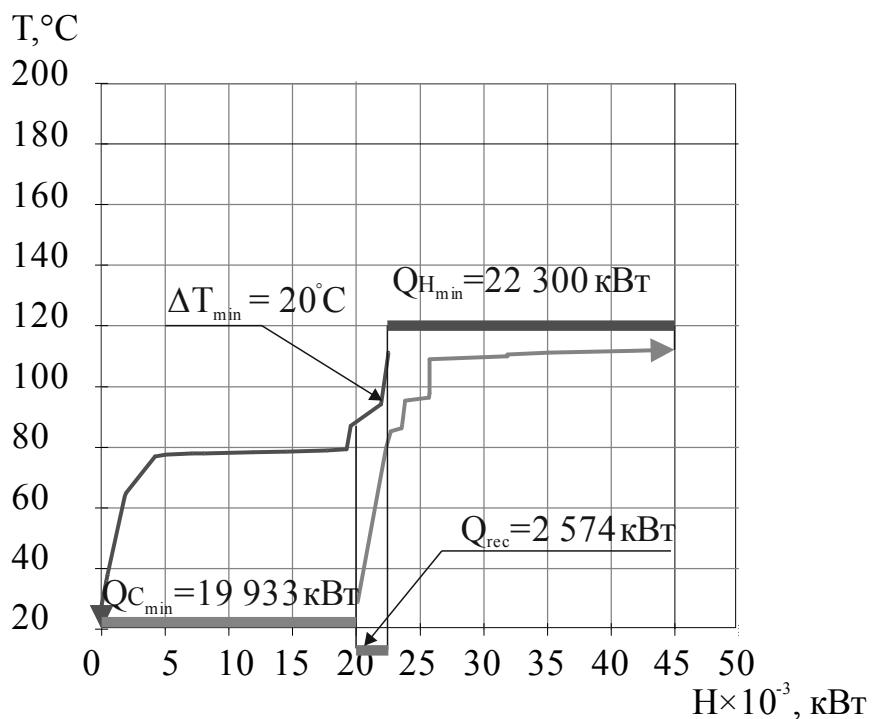


Рис. 3. Составные кривые существующего процесса

$Q_{H\min}$ – горячие утилиты; $Q_{C\min}$ – холодные утилиты, Q_{rec} – значение рекуперированной энергии

Проекция горячей кривой на энталпийную ось 19 933 кВт – это нерекуперированный участок, который требует охлаждения извне, то есть это величина мощности, необходимая для холодных утилит.

Проекция холодной кривой на энталпийную ось – 22 300 кВт, и эта часть потока также нуждается в подогреве извне, то есть равна мощности подводимого горячего пара.

Участок, на котором горячая и холодная составные кривые совпадают, является той частью энергии процесса, который рекуперируется, и равен, соответственно, нагрузке на единственный установленный теплообменный аппарат Е1 - 2574 кВт.

Минимальная разница температур при этом составляет $\Delta T_{\min} = 20^\circ\text{C}$.

Сдвигая составные кривые можно увеличить рекуперацию тепловой энергии, уменьшая при этом ΔT_{min} в теплообменной сети, и потребление энергии от внешних утилит. Современные компактные пластинчатые теплообменные аппараты, которые будут устанавливаться в процессе реализации проекта, позволяют осуществлять теплообмен при минимальной разнице температур в 2 °C. Это позволяет нам сдвигать составные кривые так, чтобы разница температур в точке пинча была 2 °C. Таким образом, осуществляется максимальная рекуперация тепловой энергии в данной схеме производства спирта. Принимаем значение $\Delta T_{min} = 2$ °C и с помощью каскадного метода определяем точки пинча для холодных и горячих потоков $T_{C\ pin} = 95,4$ °C, $T_{H\ pin} = 97,4$ °C. На основании новых полученных данных строим составные кривые для $\Delta T_{min} = 2$ °C (рис. 4). Как видно, потребление горячих и холодных утилит уменьшилось

Используя полученные данные, строим новую сеточную диаграмму (рис. 5). При проектировании новой схемы, необходимо придерживаться СР, ΔН и ΔТ правил, а также запретить перенос теплоты через пинч.

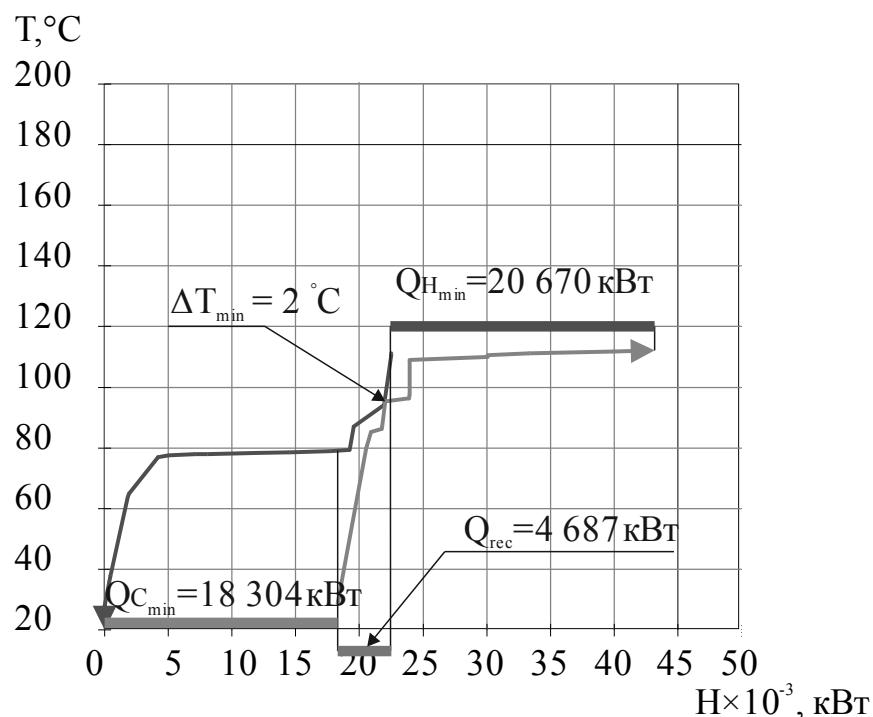


Рис. 4. Составные кривые для $\Delta T_{min} = 2$ °C

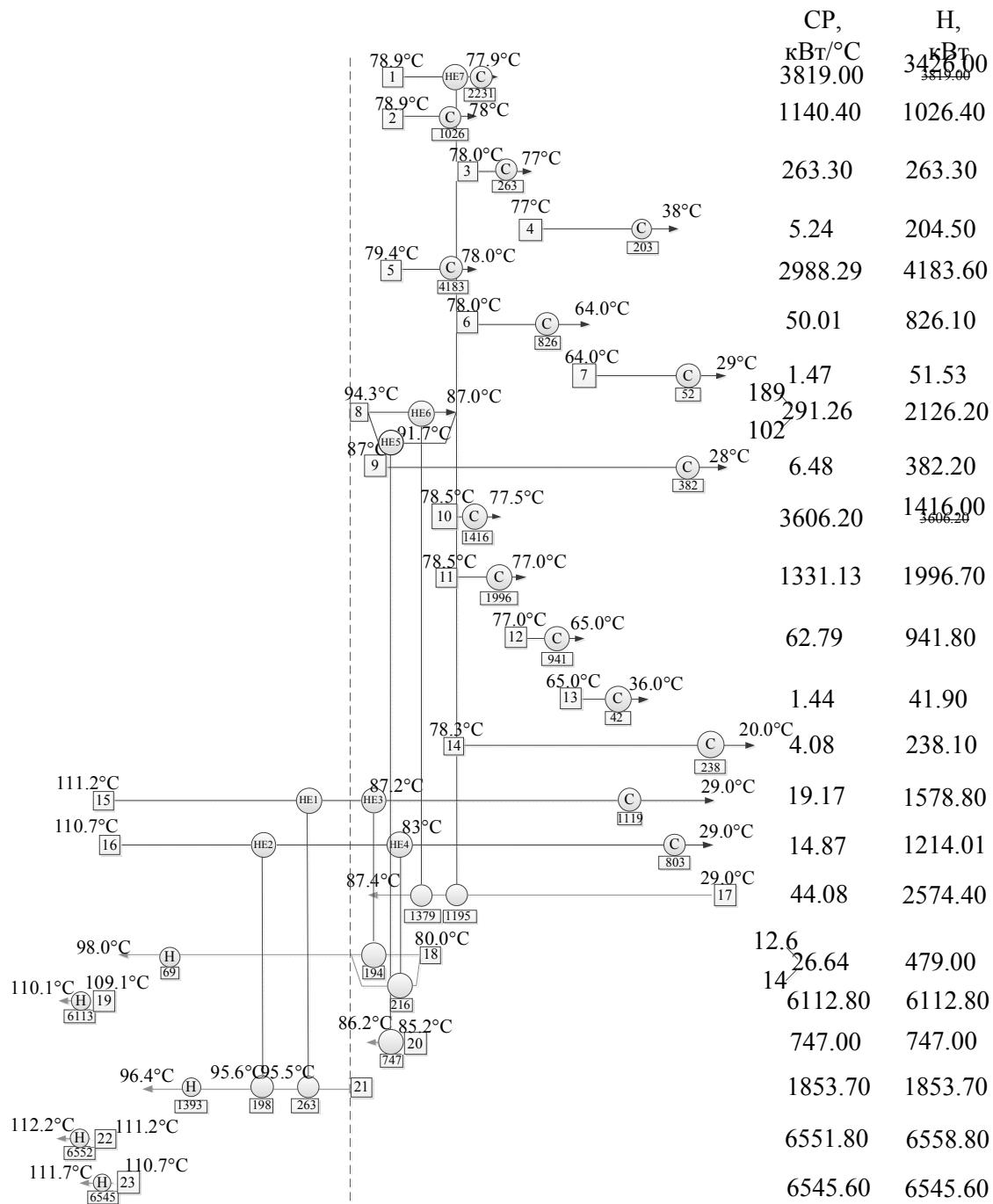


Рис. 5. Сеточная диаграмма для интегрированного процесса производства этанола

Используя полученную сеточную диаграмму пинч-проекта системы рекуперации тепловой энергии, построим новую принципиальную схему производства этанола (рис.6). Дополнительно устанавливаем 6 рекуперативных теплообменных аппарата.

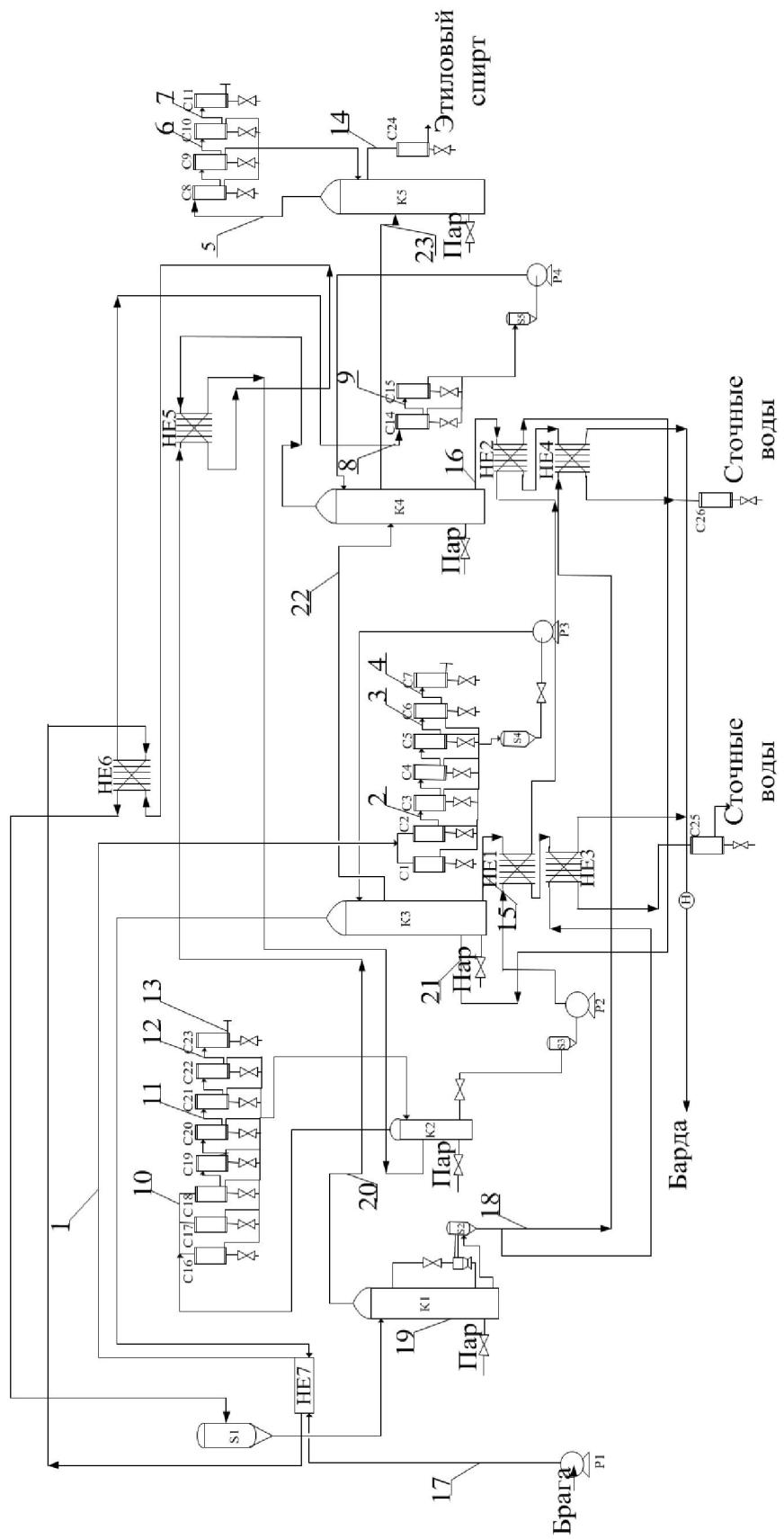


Рис. 6. Принципиальная технологическая схема производства спирта после реконструкции.

Заключение.

На основании детального анализа технологической схемы процесса производства спирта на пятиколонном агрегате определены технологические потоки, которые могут участвовать в теплоэнергетической интеграции процесса, а также определены их технологические параметры.

Построена потоковая таблица данных, которая является цифровым образом системы рекуперации тепловой энергии и основой для интеграции процесса.

Применяя методы пинч-проектирования удалось существенно снизить энергопотребление горячих утилит на величину 1 693 кВт, а холодных – на 2 009 кВт, что составляет 7.6% по горячими утилитам и 10.1 % по холодными.

Согласно экономическим расчетам, потенциал энергосбережения составляет 3 782 240 грн на год. Срок окупаемости предложенного проекта реконструкции составит приблизительно 1.5 года.

Список литературы: 1. Сайт компании «Содружество-Т»: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sodr-t.kharkiv.com/> 2. Сайт компании аудиторско-консалтинговой группы «СВ-Аудит»: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sv-audit.ru> 3. ZhaolinGu. Retrofitting of a distillery based on process synthesis / ZhaolinGu, Zhonghua Tao, Nan Xu // Energy conversion and management. Xi'an, China. – 2006. – 9 с. 4. Яровенко В.Л. Справочник по производству спирта / Яровенко В.Л., Устинников Б.А. – М: Легкая и пищевая промышленность, – 1981. – 57 с. 5. Основы интеграции тепловых процессов / [Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М.]. – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2008 – 260 с. 6. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, – 1984. – 15–21 с.

Поступила в редакцию 23.07.12

И.В. ПИТАК, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,
В.Ф. МОИСЕЕВ, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
П.В. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО АППАРАТА

Определено внутреннее содержание жидкой фазы в аппарате, сравнительная оценка аппаратов по количеству затрачиваемой энергии, мощности аппарата от объемного содержания жидкой фазы в аппарате, эффективность очистки в роторном вихревом аппарате

Визначено внутрішній вміст рідкої фази в апараті, порівняльна оцінка апаратів за кількістю енергії, що витрачається, потужності апарату від об'ємного вмісту рідкої фази в апараті, ефективність очищення в роторному вихровому апараті

Defined by the inner content of the liquid phase in the apparatus, a comparative evaluation of the number of units of energy used, the power unit of the volume content of liquid phase in the apparatus, the effectiveness of treatment in a rotary vortex machine

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями. Количество удерживаемой жидкости является важной гидродинамической характеристикой, которая влияет как на гидравлическое сопротивление аппарата, так и на эффективность пылеулавливания и массообмен. В роторном вихревом аппарате жидкость находится как в виде пленки так и в виде капель жидкости. Площадь поверхности контакта фаз влияет на эффективность осаждения частичек пыли.

Изложение основного материала исследований. Определение количества жидкой фазы, которая удерживалась в аппарате осуществлялась методом отсечки, а именно. Включали аппарат, через некоторое время начинали подавать жидкость в аппарата, дождавшись пока установится режим работы аппарата с необходимым расходом жидкости прекращали подачу воды (закрывали вентиль), а к напорному патрубку подставляли емкость для сбора жидкости, которая отводилась в некоторую единицу времени. Засекали время за которое жидкость выводилась из аппарата и змерялся объем жидкости ,которая

удерживалась в аппарате. После соответствующих опытов была получена зависимость объемной доли жидкой фазы в аппарате от отношения объемного расхода жидкой фазы, которая подается в аппарат, отнесенного квадрата объемного расхода воздуха (рис. 1). Из приведенных зависимостей видно, что работа аппарата с объемной долей жидкой фазы в аппарате больше чем 12 % становится неустойчивой, так как наблюдалась тенденция к «захлебыванию». Уравнения, которые приведены на графике описывают исследовательские точки с относительной погрешностью $\pm 10\%$ в диапазоне до 0,01. Объемная доля жидкой фазы в аппарате с направляющими элементами меньше чем в аппарате с гладкой проточной частью при одинаковых режимных параметрах. Это связано с повышенным выносом капель жидкости, которые образуются.

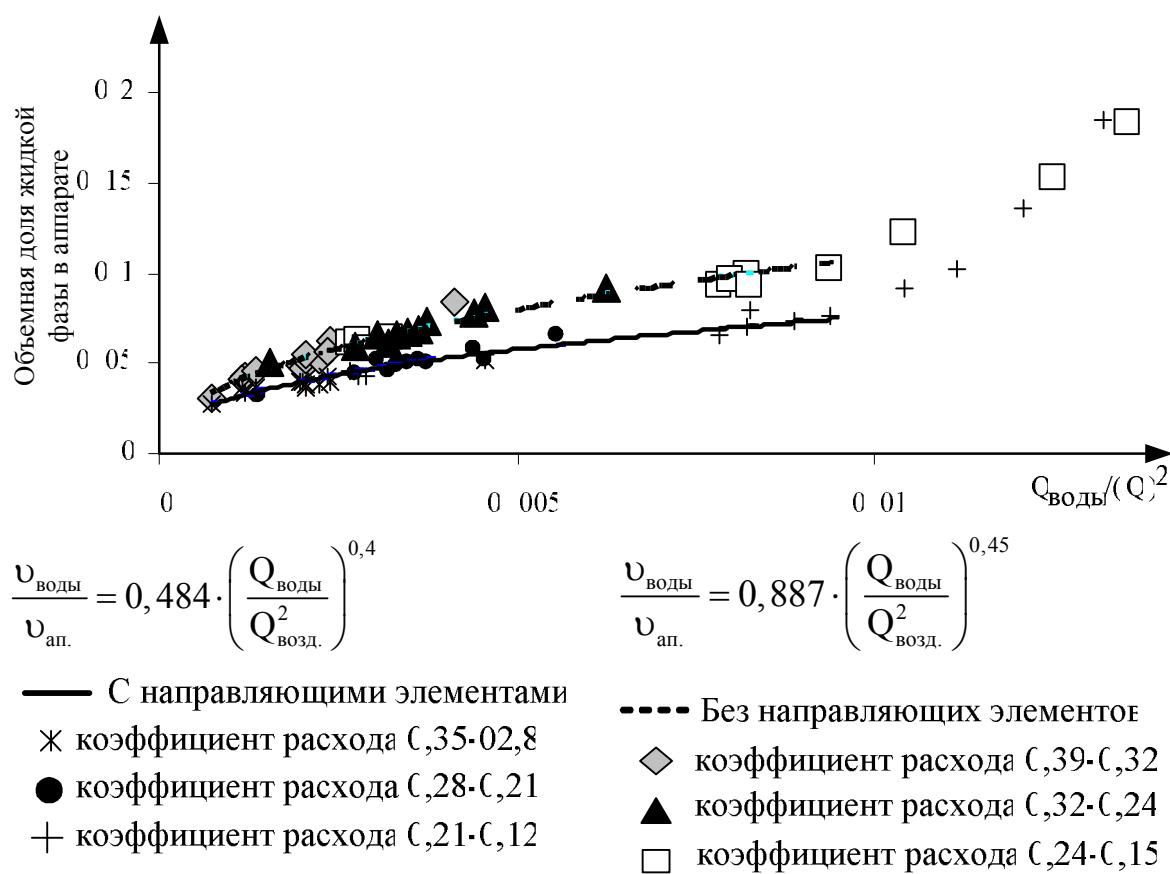


Рис. 1. Влияние режимных параметров на объемную долю жидкой фазы в аппарате

На рис. 2 полученная зависимость мощности аппарата от объемного содержимого жидкой фазы в аппарате. Для построения данного графика измеряли значения мощности аппарата с гладкой проточной частью и аппарата с установленными направляющими элементами. Значения мощности аппарата измеряли без воды и с водой различным расходом. При малом содержимом жидкой фазы в аппарате, который отвечает вязкому движению жидкой фазы значения мощности одинаковы.

Но с увеличением содержания жидкой фазы в аппарате с гладкой проточной частью наблюдается более значительное увеличение мощности, чем в аппарате с направляющими элементами. Это говорит о том, что в аппарате с гладкой проточной частью внутренний расход воды, который взаимодействует с колесом больше. Однако это взаимодействие происходит в области разделителя. Таким образом, каплеобразование в аппарате с гладкой проточной частью происходит более интенсивно в области всасывающего патрубка, а не по всей длине проточной части как это происходит в аппарате с направляющими элементами.

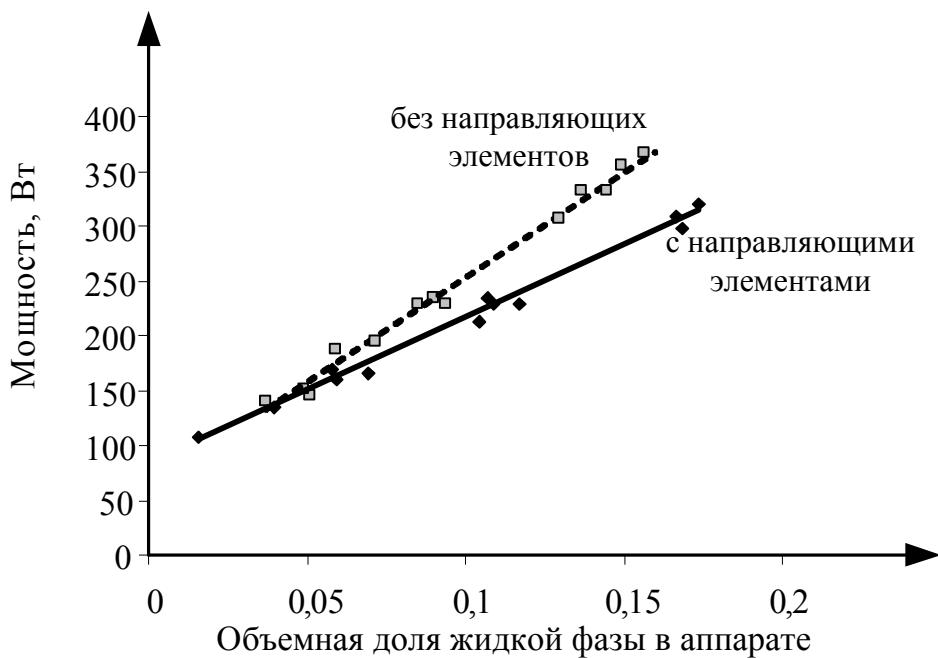


Рис. 2. Зависимость мощности аппарата от объемной доли жидкой фазы в аппарате

Эксперименты по исследованию улавливания пыли проводились на двух модельных системах: цементной пыли и дыме. Цементная пыль является относительно грубо дисперсной системой с преимуществом частиц размером больше 5 мкм. Такая пыль может быть задержана как за счет центробежного механизма так и за счет капельного улавливания. Дым представлен в основном частицами меньше 0,5 мкм. Такие частицы лишь в некоторой степени могут быть уловленные капельным захватом, а в основном, за счет диффузии, которая сближает улавливание частиц дыма и масообмен [1–4].

Воздух, забираемый аспиратором из атмосферы, проходил через фильтр АФА ВП-10, закрепленный в «открытом» аллонже гайкой. Скорость прохождения воздуха контролировалась ротаметром и регулировалась зажимом (краном), установленном на тройнике. При этом следовали методике о проведении отбора проб. При этом придерживались следующего порядка: устанавливали аллонж у места пробы; соединяли его резиновыми шлангами с расходомером и аспиратором; проверяли работу установки и особенно плотность герметизации на участке между аллонжем и расходомером; вставляли фильтр АФА в аллонж и плотно прижимали его гайкой; включали аспиратор и устанавливали необходимую скорость, отметив время начала отбора пробы; выключали аспиратор после отбора пробы; вынимали фильтр из аллонжа и делали соответствующую запись в журнале.

Порядок проведения анализа следующий:

- вынимали за выступ фильтр из бумажной кассеты;
- вскрывали пакетик из кальки и развертывали защитные кольца; с помощью пинцета складывали фильтр и помещали его в центр чашечки весов;
- взвешивали фильтр без защитных колец;
- взвешенный фильтр осторожно расправляли за края и вновь помещали в защитные кольца; укладывали фильтр в пакетик из кальки;
- на месте отбора пробы вынимали фильтр из пакетика, вставляли в аллонж и крепко закрепляли в нем;
- выключали установку и отбирали пробу;
- после отбора пробы вынимали фильтр из аллонжа за выступы

защитного кольца;

- освобождали фильтр от защитных колец, сворачивали его уловленным осадком внутрь, помещали в пакетик из кальки и переносили к месту взвешивания; перед повторным взвешиванием фильтр вынимали из пакетика и выдерживали его в течение 10 – 20 мин в условиях первоначального взвешивания;

- взвешивали фильтр; по результатам опыта и взвешивания вычисляли весовую концентрацию в месте отбора пробы.

На рис. 3 представлена зависимость эффективности улавливания пыли от объемной доли жидкой фазы в аппарате (модельная система цементная пыль). Эффективность очистки в аппарате базовой конструкции и с установленными направляющими элементами была достигнута 99 %, но с разной объемной долей жидкой фазы в аппарате, который обуславливает рост затрат энергии на очистку.

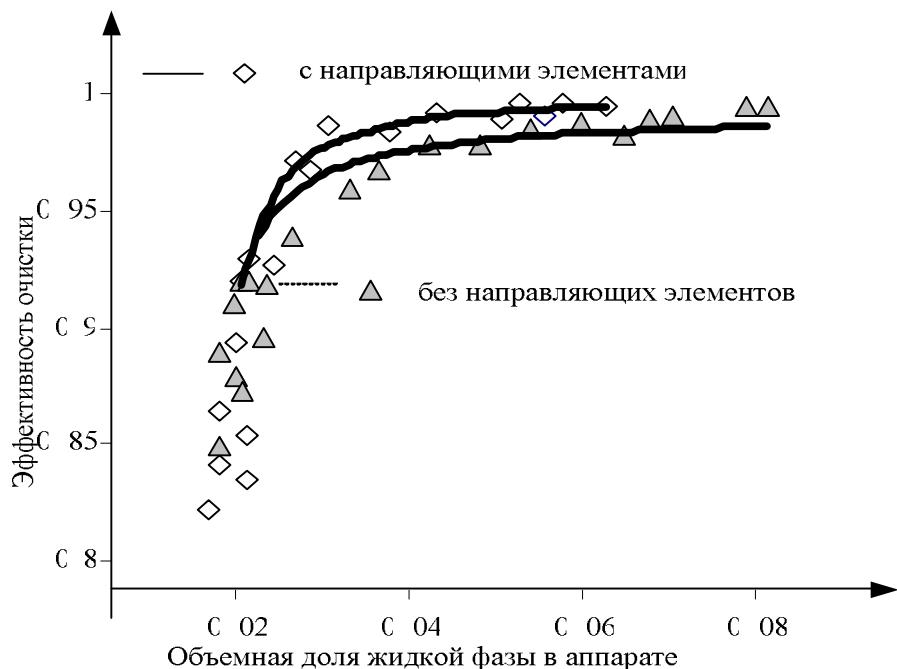


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки от объемного содержания жидкой фазы в аппарате (модельная система – цементная пыль)

При улавливании дыма преимущество аппарата с направляющими элементами становится более выразительным. Это подтверждает отличие механизма улавливания пыли (рис. 4).

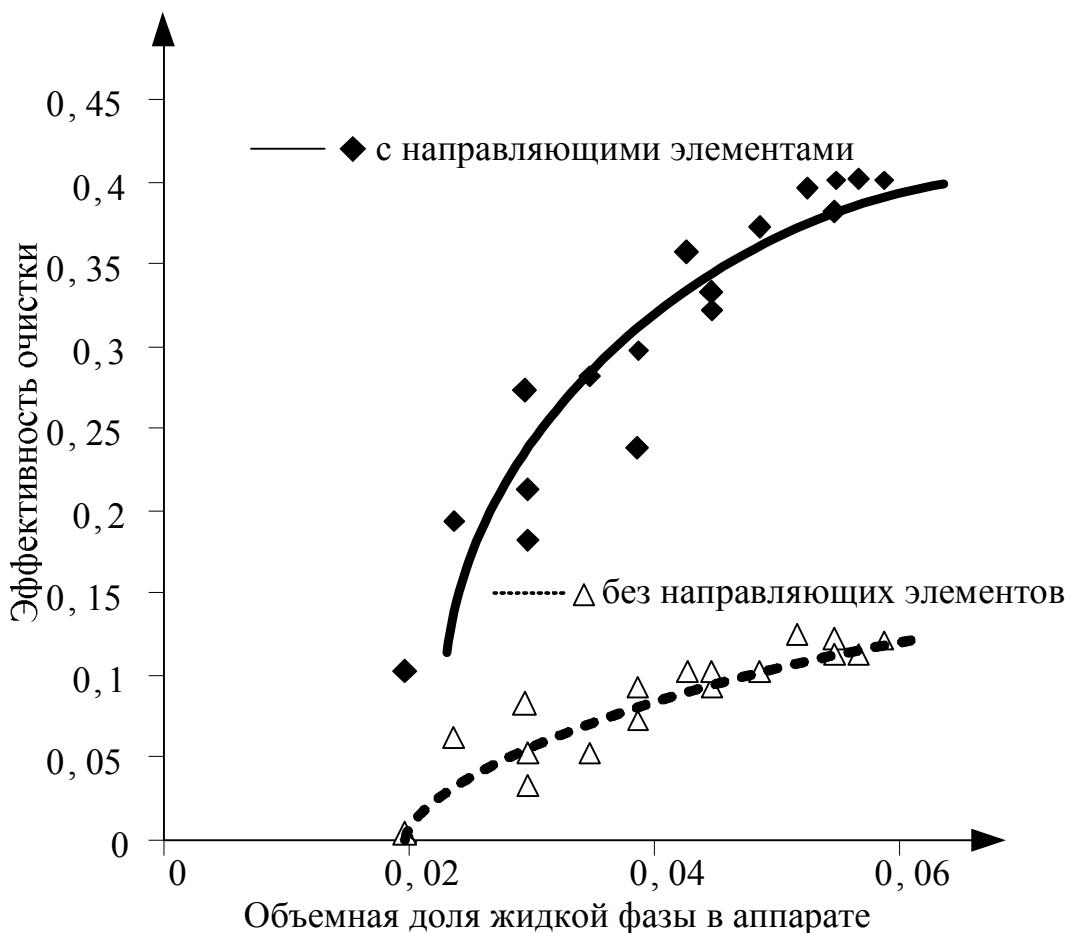


Рис. 4. Зависимость эффективности очистки от объемного содержания жидкой фазы в аппарате (модельная система – дым)

Уравнение приведенное в работе описывает результаты экспериментальных данных с погрешностью $\pm 20\%$. Для улавливания загрязняющих пылевидных веществ одной и той же концентрации повышение эффективности сопровождается ростом энергопотребления; для улавливания более мелких частиц также затрачивается больше энергии при той же эффективности.

На рис. 5 представлена сравнительная оценка аппаратов по количеству затрачиваемой энергии. Для сравнения были выбраны аппараты для очистки воздуха от пыли, размеры частиц которых составляют $\sim 3\text{--}5 \mu\text{м}$: роторный вихревой аппарат с гладкой проточной частью, роторный вихревой аппарат с направляющими элементами; батарейный циклон; центробежный скруббер; центробежно-барботажный аппарат и пенный аппарат.

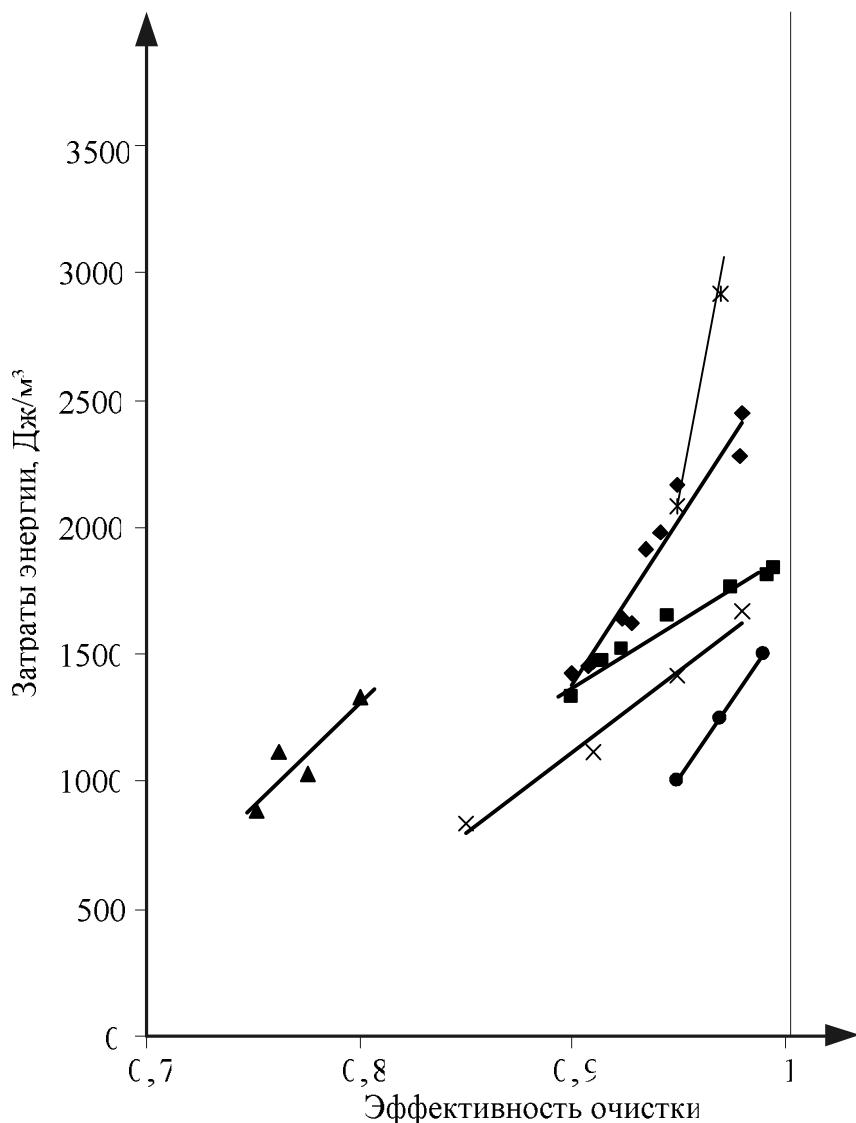


Рис. 5. Сравнительная характеристика аппаратов мокрой очистки газов от количества затрачиваемой энергии: ◆ – роторный вихревой аппарат без направляющих элементов; ■ – роторный вихревой аппарат с направляющими элементами; ▲ – батарейный циклон; × – центробежный скруббер; ● – пенний аппарат; * – центробежно-барботажный аппарат

Все рассмотренные аппараты, предназначены для мокрой очистки газов достигают максимальной эффективности очистки, но с разным количеством затрат энергии.

Аппарат с направляющими элементами достигает максимальной эффективности очистки с затратами энергии на 40 % меньше чем аппарат с гладкой проточной частью.

Основные выводы.

Описаны параметры, характеризующие условия эксплуатации опытно-промышленной установки роторно вихревого аппарата. Представлена сравнительная характеристика аппаратов мокрой очистки газов от пыли с диаметром частиц от 3 до 5 мкм. Выявлено, что все рассматриваемые аппараты достигают максимальной эффективности очистки, кроме батарейного циклона, но с различной затратой электроэнергии. В данном случае особый интерес представлял РВА с гладкой проточной частью и РВА с установленными направляющими элементами. Установлено, что РВА с гладкой проточной частью достигает максимальной эффективности очистки с затратами энергии на 40% больше чем РВА с установленными направляющими элементами. Установка направляющих элементов на поверхности проточной части изменила характер работы аппарата. Вместо движущейся пленки по проточной части аппарата наблюдалось образование большого количества капель. Установлено, что объемная доля жидкой фазы в аппарате с направляющими элементами меньше чем в аппарате с гладкой проточной частью при одинаковых режимных параметрах. Это связано с повышенным выносом образующихся капель жидкости. Экспериментально подтверждено, что внутренний расход жидкой фазы превышает расход подаваемой в аппарат жидкой фазы. Это является важным для обеспечения высокой эффективности очистки воздуха от пыли путем ее захвата каплями жидкой фазы.

Список литературы: 1. Питак И.В. Определение эффективности очистки газовоздушного потока в роторном массообменном аппарате / И.В. Питак, А.Г. Трошин, В.Ф. Мусеев // Східно-Європейський журнал передових технологій – Х.: Технологічний центр, – 2007, № 5/4 (29) – с. 9–12. 2. И.В. Питак. Гидравлическая характеристика роторного массообменного аппарата. / И.В. Питак, А.Г. Трошин, В.Ф. Мусеев, А.В. Сурков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Х.: НТУ «ХПІ», – 2007. – №32. – С. 93–100. 3. Трошин А.Г. О режимах движения жидкой фазы в роторном вихревом массообменном аппарате / Трошин А.Г., Питак И.В // Інтегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. – Х.: Національний технічний університет «ХПІ», – 2007. – №4. – С. 31–37. 4. И.В. Питак. Аппарат для проведения процессов абсорбции и газоочистки / И.В. Питак, П.П. Хусточкин, В.Ф. Мусеев, В.П. Шапорев // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ» – 2005. – №9. – С. 3–6.

Поступила в редакцию 14.06.2012

Л.М. УЛЬЄВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
Д.О. НЕЧИПОРЕНКО, аспірантка, НТУ «ХПІ»,
В.О. МОРОЗ, студент, НТУ «ХПІ».,

ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ПРОЦЕСІВ ГІДРОЧИСТКИ ТА ДЕЕТАНІЗАЦІЇ І СТАБІЛІЗАЦІЇ КАТАЛІЗАТУ НА УСТАНОВЦІ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

В даному проекті розглянуті блоки гідроочищення сировини, деетанізації та стабілізації катализату установки каталітичного ріформінгу Л-35-11/600. Визначені технологічні потоки, які можуть бути включені в теплову інтеграцію, наведено їх основні характеристики. Складена таблиця потокових даних, побудована сіткова діаграма і складові криві існуючого процесу

В данном проекте рассмотрены блоки гидроочистки сырья, деэтанизации и стабилизации катализата установки каталитического риформинга Л-35-11/600. Определены технологические потоки, которые могут быть включены в тепловую интеграцию, приведены их основные характеристики. Составлена таблица потоковых данных, построена сеточная диаграмма и составные кривые существующего процесса

In this project were considered hydrotreating, deetanization and stabilizing catalysts blocks of catalytic reforming unit L-35-11/600. Process streams that could be included in the heat integration have been identified, their main characteristics were given. Stream table was compiled; grid diagram and composite curves of the existing process were built

Вступ. Метою написання статті є висвітлення етапу збору та уточнення необхідних даних для початку реконструкції системи процесів гідроочищення сировини, деетанізації і стабілізації катализату за допомогою пінч-методу. Актуальність теми зумовлено тим, що від точності початкових даних залежить якість інтеграції технологічної схеми. Оскільки нафтопереробні заводи України були побудовані у часи досить низьких цін на енергоносії, у наш час вони працюють у неоптимальному режимі. Завдяки цьому питоме енергоспоживання на цих підприємствах у три, чотири рази вище ніж у технологічно розвинутих країнах. В наш час, коли ціни на енергію зросли, питання енергозбереження для промислових підприємств являється життєво необхідним [1–3].

Шляхи і методи зниження питомого енергоспоживання відомі, і в останні два десятиліття отримали широке розповсюдження в індустріально розвинених країнах. Перш за все, це методи інтеграції процесів і, зокрема, метод пінч-аналізу.

Методи пінч-аналізу ефективні як у проектуванні нових промислових підприємств, так і при реконструкції вже працюючих заводів. Використання методу пінч-аналізу в середньому призводить до зниження споживання енергії на 30–50% [4].

Основний матеріал дослідження. Установка каталітичного ріформінгу призначена для переробки широкої фракції прямогінних бензинів з температурою 85–180 °C на високооктанові компоненти автомобільних бензинів або для виділення з них індивідуальних ароматичних вуглеводнів [5]. Процес каталітичного ріформінгу проходить у три основні етапи: гідроочищення, каталітичного ріформінгу, деетанізації і стабілізації катализатору.

На першому етапі із сировини видаляються сірчаних та азоткислотовмісних сполук. На другому етапі проходить ароматизація сировини на платиноренієвому катализаторі. На третьому етапі катализат потрапляє в колону стабілізації, де відділяється від вуглеводних газів.

Опис процесу та збір необхідних даних. У представлений роботі більш детально проведено обстеження блоків гідроочищення, деетанізації і стабілізації катализатору (рис. 1).

Сировина – прямогінний бензин з промпарку через фільтр Ф-1 надходить на прийом сировинних насосів Н-1, Н-2 і під тиском до 4,9 МПа подається у фільтр Ф-2, а потім у трійник змішання з водневмістним газом, який циркулює від компресорів ПК-1 (2).

Свіжий водневмістний газ надходить з викидів циркуляційних компресорів ріформінгу ПК-3, 4 в лінію викиду циркуляційних компресорів гідроочищення або з викидів ПК-3, 4 на прийом ПК-1 (2).

Суміш сировини і водневмістного газу подається в міжтрубний простір чотирьох послідовно розташованих теплообмінників Т-1/1, Т-1/2, Т-1/3, Т-1/4, в яких нагрівається до температури 50 °C і далі надходить в піч П-1.

З печі П-1 газосировинна суміш з температурою 300–350 °C направляється в реактор Р-1. У реакторі Р-1 на алюмокобальтмолібденовому катализаторі у присутності водню відбувається гідроочистка сировини.

З реактора Р-1 газопродуктова суміш під тиском 2,5–4 МПа і температурою 300–350 °C поступає в якості теплоносія в ребайлери Т-3,

відпарної колони К-1. У підігрівачі Т-3 суміш гідрогенізатів з газом охолоджується до температури 240–305 °С. Далі суміш проходить трубний простір теплообмінників Т-1/4, Т-1/3, Т-1/2, Т-1/1, охолоджується до температури 150 °С, суміш надходить в повітряні холодильники ХВО-101/1,2 і ХВО-201/1,2, охолоджується до температури 115 °С. Після охолодження суміш надходить у сепаратор високого тиску С-1. У сепараторі С-1 газ відокремлюється від рідини і направляється на охолодження до 35 °С в холодильник Х-1, після чого поступає в абсорбер К-2. Водневмістний газ з абсорбера К-2 подається в сепаратор С-5 і далі на прийом циркуляційних компресорів ПК-1 (2), з яких знову направляється у трійник змішання з сировиною.

Рідка фаза з сепаратора С-5 через клапан-регулятор скидається у факельний трубопровід установки або направляється до колони К-3. Рідка фаза з К-2 скидається в лінію нестабільного гідрогенізату з С-1 в Т-2, 2а. Рідка фаза, з частково розчиненими в ній газами, знизу сепаратора С-1 через теплообмінники Т-2, 2а надходить у колону К-1.

При температурі низу до 270 °С і тиску до 1,4 МПа в К-1 здійснюється стабілізація гідрогенізатів до залишкового вмісту сумарної сірки у ньому не вище 0,00005 % по масовій частці і, відпарювання води.

Парогазова суміш зверху колони К-1 з температурою до 150 °С проходить повітряний холодильник ХВО-202, конденсатор-холодильник ХК-1 або ХК-1а, в яких частково конденсується і охолоджується до температури 45 °С, і надходить у сепаратор С-2.

Рідка фаза – легкий бензин, з сепаратора С-2 направляється в К-6, каталізат або в лінію головки з блоку вторинної перегонки бензинів установки АВТ-2. Віддалена від бензину вода знизу сепаратора С-2 скидається в лінію № 29.

Вуглеводневий газ зверху сепаратора С-2 направляється в абсорбер К-3. Тиск у системі К-1, ХК-1, 1а, С-2 підтримується постійним. Вуглеводневий газ зверху абсорбера К-3 прямує до фракціонуючого абсорбера К-6 відділення деетанізації каталізата або в паливну лінію установки. Рідка фаза з К-3 направляється в ємність Е-5.

Звільнений від H_2S і води гідрогенізат, знизу відпарної колони К-1, через підігрівач Т-3 з температурою до 270 °С направляється в міжтрубний простір теплообмінників Т-2, 2а, звідки надходить у

холодильник повітряного охолодження ХВО-112/1,2, а потім – на прийом насосів реформінгу Н-3, Н-4.

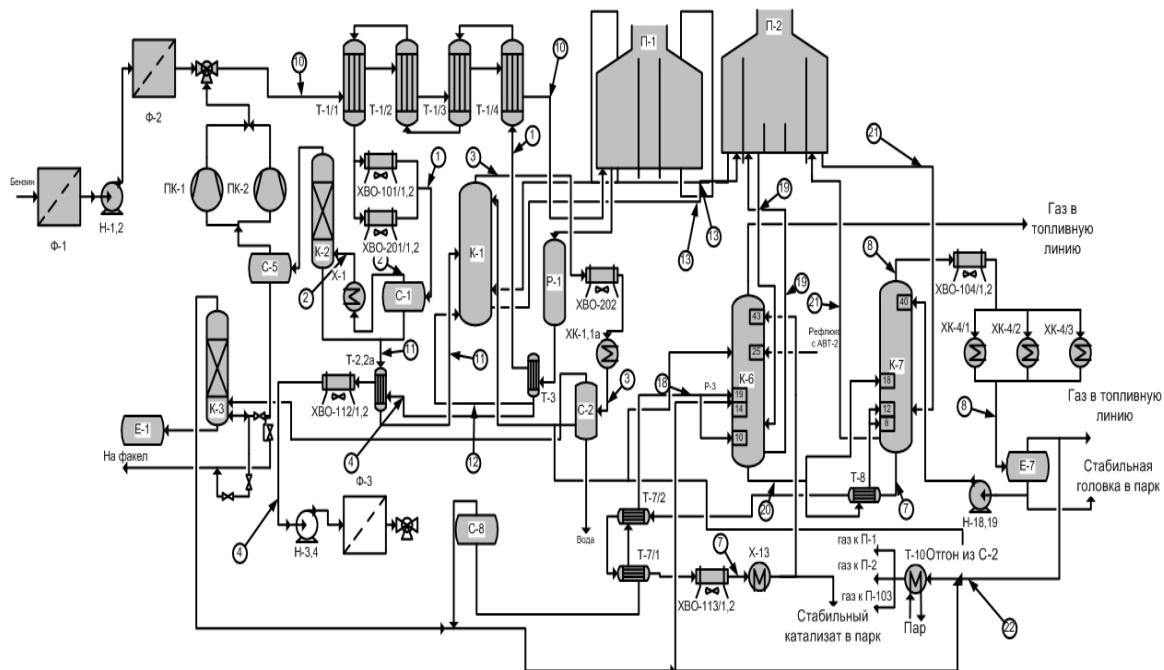


Рис. 1. Блоки гідроочищення сировини та деетанізації і стабілізації каталізата технологічної схеми установки Л-35-11/600

Вуглеводневий газ зверху сепаратора С-8 прямує разом з вуглеводневим газом абсорбера гідроочистки К-3 до фракціюючого абсорбера К-6 на 14-у тарілку. Схемою передбачена можливість подачі газу з сепаратора С-8 у випарну колону К-1 для поліпшення умов випарювання в К-1. Знизу сепаратора С-8 нестабільний катализат направляється в міжтрубний простір теплообмінників Т-7/1, Т-7/2, де за рахунок теплообміну зі стабільним катализатом, нагрівається до температури 150 °C і потрапляє на 10-у тарілку абсорбера К-6.

Частина нестабільного каталізату знизу С-8, в якості абсорбенту, подається на 19-у тарілку фракціонуючого абсорбера К-6. На 25-у тарілку в К-6 подається рефлюкс зі стабілізатора К-4 установки АВТ-2.

У фракціонуючому абсорбери К-6, який являє собою вертикальний циліндричний апарат з 48-у 8-подібними тарілками при тиску 0,8 – 0,2 МПа та температурою низу колони 110–160 °C і верху 28–40°C відбувається деетанізація нестабільного катализата.

Одночасно з вуглеводневого газу, який потрапляє з К-3 в К-6, абсорбується вуглеводні від С-3 і вище. Зверху абсорбера К-6 «сухий газ» потрапляє на газову гребінку установки чи в паливну мережу підприємства.

Постійна кількість деетанізованого нестабільного бензину знизу абсорбера К-6 (катализат) прокачується через піч П-2 (конвекційна частина) і з температурою до 225 °C входить в нижню частину К-6 для підтримання в ній температури.

Балансовий надлишок нестабільного катализату знизу колони К-6 закачується через теплообмінник Т-8, підігрівається до 185–195 °C і прямує на 8, 12 тарілки К-7. Частина балансового надлишку по окремій лінії поступає на 18-ю тарілку К-7, мимо теплообмінника.

В колоні К-7 відбувається стабілізація катализату при двох режимах: дебутанізація – температура верху 56–60 °C, температура низу 180–230 °C та тиск 1,0–1,2 МПа; депропанізація – температура верху 50–78 °C, температура низу 180–235 °C та тиск 1,4–1,65 МПа.

Верхній продукт колони К-7, стабільна «головка» проходить через ХПО-104/1,2 і конденсатори-холодильники ХК-4/1,2,3, де конденсується і охолоджується до температури 35 °C, після чого потрапляє до ємкості Е-7. Відділившись в Е-7 газ прямує в паливну лінію установки.

Стабільна головка знизу ємкості Е-7 потрапляє на отримання центробіжних насосів Н-18, Н-19, які подають постійну кількість стабільної (в якості зрошення) у верхню частину колони К-7, а балансовий надлишок по рівню Е-7 відкачується у товарний парк.

Підігрів низу колони К-7 здійснюється за рахунок циркуляції через секцію печі П-2 частини стабільного катализату, який відбирається знизу колони насосами Н-15, Н-16.

Балансовий надлишок стабільного бензину по рівню в колоні К-7 потрапляє в трубний простір теплообмінників Т-8, Т-7/2, Т-7/1, а потім направляється в холодильник повітряного охолодження ХПО-113/1,2, холодильник Х-13, де охолоджується до температури 35–45 °C і скидається до товарного парку.

Використовуючи результати вивчення технологічної схеми, регламенту, було складено таблицю потокових даних (Таблиця).

Таблиця

Система потоків для аналізу енергоспоживання блоків гідроочищення сировини, деетанізації та стабілізації каталізату установки каталітичного ріформінгу Л-35-

11/600

№	Назва потоку	тип	T_S , °C	T_T , °C	G , т/ч	CP , кВт/К	α , кВт/(м²·К)	ΔH , кВт	CP , кВт/К
1	Нестабильный гидрогенизат из Р-1	гор	309	250	56,22	59,33	0,28	12216,9	50,69
			250	200		54,11			
			200	150		49,43			
			150	100		44,67			
			100	68		40,81			
2	Газ из С-1	гор	68	22	6,68	4,68	0,06	215,22	4,68
3	Охлаждение паров К-1	гор	93	50	13,91	9,74	0,02	816,14	14,84
3,2			50	50			1		
3,3			50	38		8,97	0,4		
4	Стабильный гидрогенизат из К-1	гор	210	150	46,77	44,26	0,1	3896,69	41,45
			150	116		36,51			
5	Стабильный катализат из К-7	гор	177	150	40,24	33,18	0,6	4303,60	28,13
			150	100		30,12			
			100	50		26,07			
			50	24		23,00			
6	Охлаждение паров К-7	гор	57	35	17,29	12,10	0,02	681,80	25,25
6,2			35	35			1		
6,3			35	30		11,06	0,1		
7	Сырье гидроочистки	хол	42	100	56,22	39,58	0,28	13261,16	-49,48
			100	150		44,65			
			150	200		49,40			
			200	250		54,07			
			250	310		59,33			
8	Загрузка К-1	хол	68	106	49,95	35,44	0,1	1346,93	35,44
9	Ребойлер К-1	хол	210	210	34,01		0,12	2551,37	0
10	Горячая струя К-1	хол	206	211	81,69	82,54	0,6	412,68	82,53
11	Загрузка К-6	хол	38	130	32,00	21,32	0,6	1961,29	21,32
12	Горячая струя К-6	хол	130	154	22,59	17,65	0,6	423,61	17,65
13	Загрузка К-7	хол	128	150	41,42	32,19	0,6	708,35	32,19
14	Горячая струя К-7	хол	177	233	41,41	37,62	0,6	2106,94	37,62
15	Газ к печам	хол	23	144	2,98	2,08	0,06	252,09	2,083

У цій таблиці представлені такі характеристики потоків як: початкова та кінцева температури, витрата потоку, теплота пароутворення, потокова теплоємність, теплове навантаження і коефіцієнт тепловіддачі.

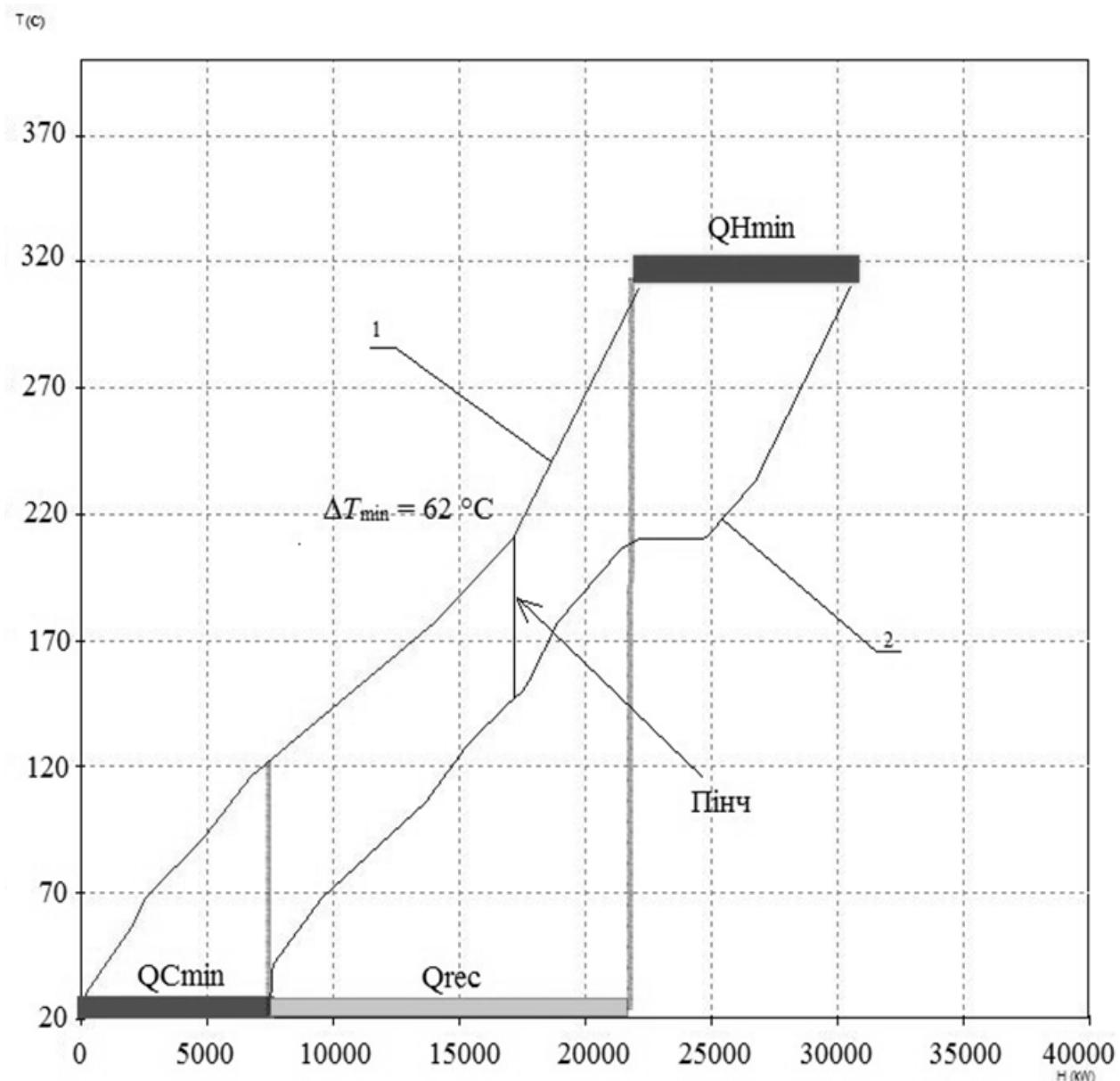


Рис. 2. Складові криві існуючого процесу гідроочищення сировини:
1 – складова крива гарячих потоків; 2 – складова крива холодних потоків; Q_{Hmin} ,
 Q_{Cmin} , Q_{rec} – потужність, яка споживається гарячих утиліт, холодних утиліт і
потужність рекуперації. $Q_{\text{Hmin}} = 8,5 \text{ МВт}$, $Q_{\text{Cmin}} = 7,8 \text{ МВт}$, $Q_{\text{rec}} = 15 \text{ МВт}$

На підставі обстеження технологічної схеми була побудована сіткова діаграма, були визначені теплообмінні зв'язки між технологічними потоками. А також була розрахована потужність рекуперації теплоти, яка склала 15 МВт. [6, 7]. За допомогою таблиці потокових даних в програмному забезпеченні «Hint» були побудовані складові криві. Складові криві розташовуються на температурно-ентальпійній діаграмі таким чином, щоб потужність рекуперації становила 15 МВт (рис. 2). За складовими кривими визначаємо корисне мінімальне значення гарячих і холодних утиліт, що становить 8,5 МВт для гарячих утиліт і 7,8 МВт для холодних утиліт. Крім усього іншого складові криві дозволяють визначити ΔT_{\min} для існуючої системи теплообміну, яке в існуючому проекті становить 62 °С.

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

В результаті проведеного дослідження технологічної схеми блоків гідроочищення сировини та деетанізації і стабілізації каталізату були екстраговані необхідні потокові дані. У майбутньому ці результати послужать основою для інтеграції існуючого процесу та розрахунку енергоефективності процесу.

Список літератури: 1. Сміт Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Сміт, Й. Клемеш, Л. Л. Товажнянский, П. А. Капустенко, Л. М. Ульев. – М, 2004. – 458 с. 2. Мешалкин В.П. Основы теории ресурсосберегающих химико-технологических систем. Учебное пособие / В.П. Мешалкин, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко / – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2006. – 412 с. 3. Дови В.Г. Основы экономики ресурсосберегающих интегрированных хими-ко-технологических систем и окружающей среды / В.Г. Дови, Л. Пуйджсанер, Р. Сміт, В.П. Мешалкин / DICHEP, Universita degli Studi di Genova, Italy, 1999. – 444р. 4. Товажнянский Л.Л. Теплоэнергетическая интеграция химико-технологических процессов – инструмент энергосбережения и уменьшение вредных выбросов / Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев // Матеріали III Українського екологічного конгресу – К: Центр екологічної освіти та інформації, – 2009, с. 193–197. 5. Лефлер У. Переработка нефти – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 224с. 6. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. – 2005. – 77 р. 7. Товажнянский Л.Л. Алгоритм построения составных кривых технологических процессов для определения энергетической эффективности предприятий / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, Б.Д. Зулин // Междунар. конф. «Математические методы в химии и химической технологии», ММХ-10. Тезисы докладов. Тула. – 1996. – с. 74–75.

Поступила в редколлегию 21.07.12

O.М. ФІЛЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»,
П.В. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»,
В.Ф. МОЇСЕЄВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»

ВИЗНАЧЕННЯ БРИЗКОВІДНЕСЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ГРАНИЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО КОНТАКТНОГО ПРИСТОЮ

В статті досліджено роботу комбінованого контактного пристрою що працює в режимі підвищеної турбулізації і складається із регулярної рулонної насадки в комбінації із провальними дірчастими тарілками. Розглянуто вплив швидкості руху газу, щільності зрошення, площині вільного перетину решіток та діаметру решіток на бризковіднесення та визначені параметри граничного режиму роботи комбінованого контактного пристрою. По результатам дослідження виведені розрахункові формули

В статье исследована работа комбинированного контактного устройства что работает в режиме повышенной турбулизации и состоит из регулярной рулонной насадки в комбинации с провальными дырчатыми тарелками. Рассмотрено влияние скорости движения газа, плотности орошения, площади свободного пересечения решеток и диаметра решеток, на брызгонос и определены параметры предельного режима работы комбинированного контактного устройства. По результатам исследования выведены расчетные формулы

In the article work of the combined contact device is investigational that works in the mode of enhanceable turbulization and consists of regular roll attachment in combination with failure hole piattis. Influence of rate of movement of gas, closenesses of irrigation, areas of the free crossing of grates and diameter of grates, is considered, on entrainment the parameters of the maximum mode of operations of the combined contact device are certain. On results research calculation formulas are shown out

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науково-практичними завданнями.

Важливою характеристикою для колонних апаратів є бризковіднесення. [1, 3].

При досліджені роботи комбінованого контактного пристрою (рис. 1) що працює в режимі підвищеної турбулізації і складається із регулярної рулонної насадки в комбінації із тарілками вдалося отримати однорідну, високотурбулезовану структуру. Це було досягнуто за рахунок скручування газових та рідинних потоків і відповідно рівномірного розподілу по всій площині перетину апарату, нівелювання

розгойдування газорідинного шару, що в свою чергу призвело до зменшення бризків та збільшення поверхні тепломасо-обміну.

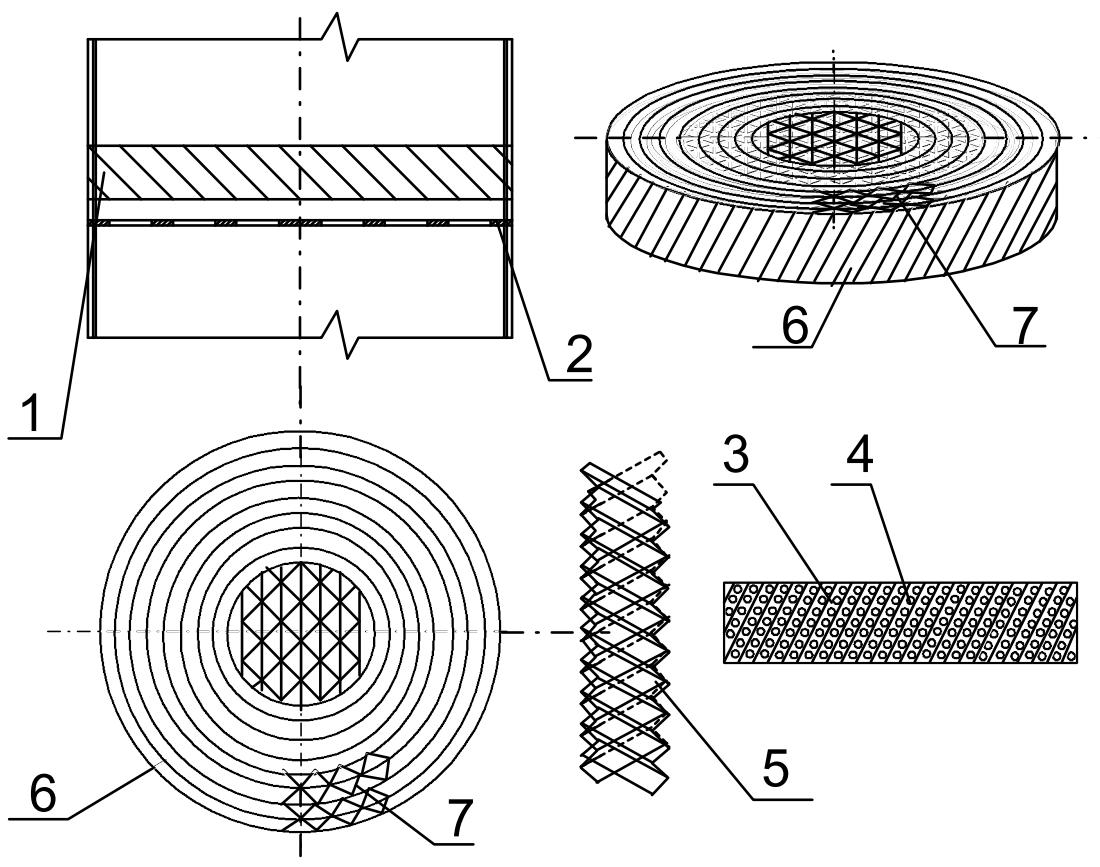


Рис. 1. Загальний вид досліджуваного контактного пристрою з використанням насадки Н1. 1 – регулярна насадка, 2 – дірчаста провальна тарілка, 3 – гофрована перфорована смуга, 4 – отвори, 5 – фрагмент розташування смуг в насадці, 6 – регулярна насадка, 7 – фрагмент розташування закручених смуг

Викладання основного матеріалу дослідження.

Дослідження показали, що висота піни в комбінованому контактному пристрії більша ніж на звичайних тарілках при тотожних параметрах. Оскільки в ККП спостерігалися режими високотурбулізованої газорідинної системи, спостерігалось явище бризковіднесення.

Дослідження бризковіднесення проводилось в залежності від основних параметрів що впливають на газорідинний шар в ККП. До них належать $W_{\tilde{a}}, L_0, S_0, d_e$.

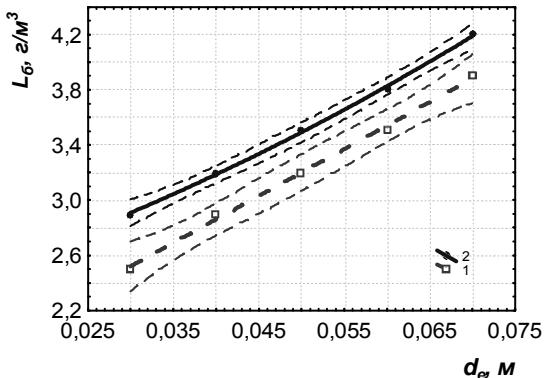


Рис. 2. Залежність питомого бризковіднесення від еквівалентного діаметру отворів: $L_0 = 5 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$,
1 – $S_0 = 0,30 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $W_r = 3 \text{ м}/\text{с}$;
2 – $S_0 = 0,40 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $W_r = 3 \text{ м}/\text{с}$

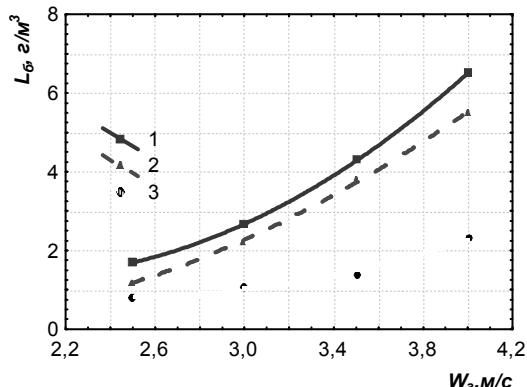


Рис. 3. Залежність питомого бризковіднесення від швидкості газу:
 $L_0 = 5 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$, 1 – $S_0 = 0,37 \text{ м}^2/\text{м}^2$,
 $d_e = 0,03 \text{ м}$; 2 – $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$,
 $d_e = 0,03 \text{ м}$; 3 – $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $d_e = 0,03 \text{ м}$ – використання двох насадок Н1

На рис 2. можна побачити, що чим більші отвори в тарілці ККП – тим більше бризковіднесення. Це можна пояснити тим, що при збільшенні отворів відбувається збільшення кінетичної сили, що при взаємодії із насадкою Н1 утворює газові вихори більших діаметрів. Звідси – зростає кінетична енергія всього пінного шару, в результаті чого відбувається відрив крапель.

Значний вплив на бризковіднесення має швидкість газу у вільному перетині (рис 3.). При зростанні швидкості газу до 3,5 м/с верхній шар піни починає розтягуватися, і тим самим під дією кінетичної енергії газу починає руйнуватися.

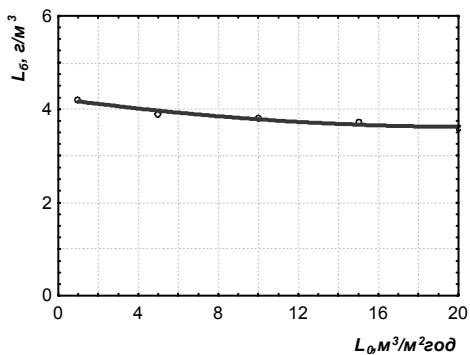


Рис. 4. Залежність питомого бризковіднесення від щільності зрошення: $W_r = 3 \text{ м}/\text{с}$; $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $d_e = 0,04 \text{ м}$

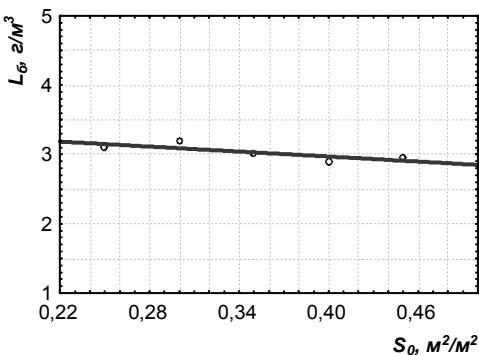


Рис. 5. Залежність питомого бризковіднесення від площини вільного перетину: $W_r = 3 \text{ м}/\text{с}$; $S_0 = 0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $d_e = 0,04 \text{ м}$

На підставі проведених досліджень була розроблена фізична модель виникнення бризковіднесення і отримана розрахункова залежність. Відмітною особливістю отриманих розрахункових залежностей являється те, що вони дозволяють визначити величину бризковіднесення і дозволяють застосувати отримані залежності для широкого кола умов роботи ККП з насадкою Н1.

Аналіз процесів, що відбуваються в ККП, дозволив розробити наступну фізичну модель формування бризковіднесення:

- утворення крапель рідини відбувається при дробленні крапель рідини в отворах тарілки, ламелях насадки Н1 та при руйнуванні крупних і дрібних газових агрегатів та бульбашок в верхній частині пінного шару;

- частина крапель, діаметр яких менше діаметру витаючих крапель, відноситься потоком повітря, складаючи собою частину віднесення, що транспортується;

- ті краплі, діаметр яких більше діаметру витаючих крапель, повертаються на ККП і беруть участь у формуванні пінного шару;

- невелика частина крапель сепарується, але в цілому закономірності дроблення крапель визначаються процесами взаємодії потоків газу і рідини в отворах тарілки і ламелях регулярної насадки Н1.

Отже, кількісна величина бризко віднесення описується наступним емпіричним рівнянням, $\text{г}/\text{м}^3$:

$$L_{\dot{a}} = 0,12 W_{\dot{a}}^{2,25} d_y^{0,36} S_0^{-0,18} \quad (1)$$

При встановленні регулярної насадки в верхній частині шару, заглибленої на 15 см спостерігалося значне скорочення бризків, оскільки газорідинний потік мав повторне скручування та напрям газу і рідини під кутом до апарату.

Величина бризковіднесення на крупно дірчастих решітках з використанням двох насадок Н1 описується наступним рівнянням, $\text{г}/\text{м}^3$,

$$L_{\dot{a}(2)} = 0,18 W_{\dot{a}}^{1,65} d_y^{0,45} S_0^{-0,20} \quad (2)$$

Отже, проаналізувавши рівняння 1, 2, можна зробити висновок, що найбільший вплив на бризковіднесення в ККП має швидкість газу у вільному перетині, навіть при подвійній стабілізації пінного шару. Похибка при розрахунках бризковіднесення за рівняннями 1, 2 складає $\pm 15\%$.

При дослідженні провалу рідини в ККП з насадкою Н1 спостерігали рівномірне стікання рідини по всій площині тарілки. Це обумовлено конструкцією насадки Н1, яка створює рівномірно направленний рух газорідинної системи на полотні тарілки, завдяки закручуванню потоків навколо осі апарату та завдяки рівномірному розподілу газорідинної системи.

Точно встановити в якому саме отворі відбудеться протікання рідини не вдалося, воно носило випадковий характер. Стікання рідини в отворах тарілки залежить від багатьох перемінних [1, 2]: швидкості газу в повному перетині апарату і отворах тарілки, висоти початкового шару рідини, діаметру отворів та їх форми, вільного перетину тарілки, товщини тарілки, фізичних властивостей рідини та газу, висоти піни та інше. При вивчені граничних режимів роботи ККП було встановлено, що виникнення газорідинного шару в комбінованому контактному пристрії відбувається при більш високих швидкостях газу в порівнянні із звичайними дірбнодірчастими і крупнодірчастими провальними тарілками.

З підвищеннем щільності зрошування відбувається зменшення швидкостей газу, при яких на тарілках виникає газорідинний шар. Збільшення вільного перерізу тарілок призводить до пропорційного зростання нижніх граничних швидкостей газу. Ріст верхньої межі роботи при підвищенні вільного перерізу тарілок відстає від зростання нижньої межі роботи. Це пояснюється тим, що виникнення газорідинного шару в ККП і переход від струменевого режиму до режиму вільної турбулентності визначається процесами, що відбуваються а отворах перфорації, а верхня межа роботи обмежується інтенсивним бризковіднесенням. В цьому випадку значну роль грає і швидкість газу в апараті.

Аналіз літературних даних показав, що для розрахунку нижньої межі роботи апарату можливе використання відомого рівняння авторів

роботи [3, 4], модифікованого нами :

$$W_0 = 0,145 \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{0,5} S_0 (1 - \tau) \quad (3)$$

де S_0 – вільний перетин тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^2$; ρ_L, ρ_G – щільності рідини та газу, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ – доля перетину отворів яка зайнята рідиною що стікає, $\text{м}^2/\text{м}^2$; $\kappa = 0,145$ – емпіричний коефіцієнт в ККП що враховує режим вступу в роботу.

З представлених на рис. 6 даних видно, що використання насадки Н1 значно зменшує швидкості газу, що відповідають нижній межі роботи крупнодірчастих провальних тарілок. Це пояснюється тим, що наявність стабілізатора сприяє рівномірному розподілу потоків газу і рідини по перерізу апарату і, найголовніше, перешкоджає байпасній течії їх потоків.

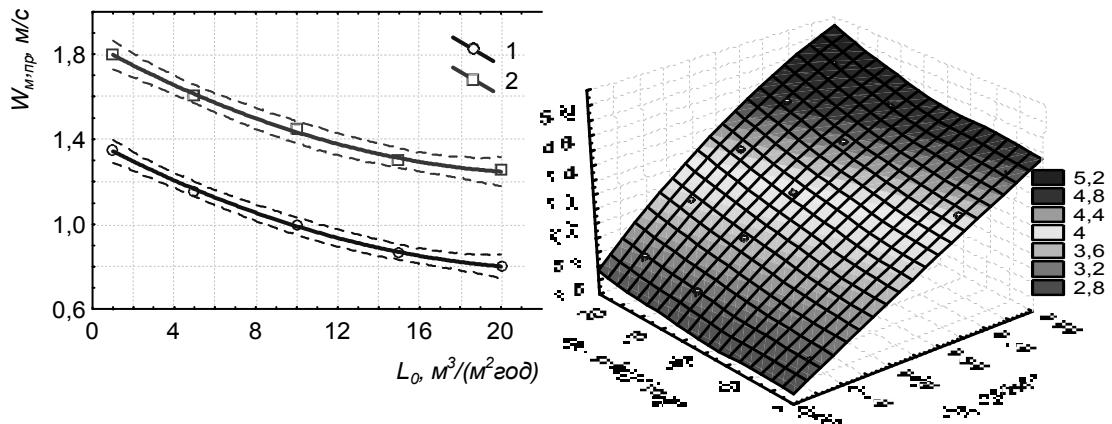


Рис. 6. Залежність критичної швидкості від щільності зрошення в ККП: 1 – при $\kappa=0,185$, 2 – $\kappa=0,145$. $d_0 = 0,04\text{м}$.

Рис. 7 Залежність верхньої межі роботи комбінованого контактного пристрою від вільного перетину тарілки: $d_0 = 0,04\text{м}$, L_0 : 1–5 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$, 2–15 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$, 3 – 20 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$

Виявлено, що верхня межа роботи досліджуваного типу тарілок залежить від вільного перерізу тарілок і щільності зрошування. Причому підвищення щільності зрошування і швидкості газу призводить до зростання верхньої межі роботи.

Приведені на рис. 6. дані свідчать про те, що з ростом щільності зрошування верхня межа роботи трохи збільшується, а зростання вільного перерізу також призводить до підвищення верхньої межі роботи.

Для визначення верхньої межі роботи було отримано емпіричне рівняння, справедливе для системи вода-повітря і систем близьких до цієї системи по фізико-хімічних властивостей:

$$W_0 = 5S_0^{0,45}L_0^{0,12} \quad (4)$$

де L_0 – щільність зрошування, $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год})$; S_0 – вільний переріз тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^2$.

Приведені на рис. 7 дані свідчать, що граничні швидкості газу можуть досягати 4...5,5 м/с, що говорить про високу продуктивність цієї конструкції апарату по газу. Похибка при розрахунках бризковіднесення за рівняннями 3, 4 складає $\pm 15\%$.

Висновки.

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень гідродинамічних характеристик роботи комбінованого контактного пристрою було: описано механізм формування бризковіднесення в комбінованому контактному пристрої та отримані емпіричні залежності; отримані емпіричні залежності для визначення нижньої та верхньої межі роботи комбінованого контактного пристрою.

Список літератури: 1. Пенный способ обработки газов и жидкостей./ М.Е. Позин, И.П. Мухленов, Е.С. Тумаркина и др. Труды ЛТИ им. Ленсовета. – Вып.31. – Л.: Госхимиздат, – 1955. – 258 с. 2. Zenz T.A., Stone L., Crane M. Hydrocarbon Process, – 1967, v. 46, № 12, p. 138–142. 3. Л.Е. Сум-Шик. / Газосодержание и высота барботажного слоя на беспереливных тарелках. // Химическая промышленность, – 1968. – № 2, – С.146 – 149. 4. Шарафиеев А.Ш. Гидродинамика и массообмен на крупнодырчатых провальных тарелках со стабилизатором газожидкостного слоя активного типа.: автореф. дис. на получение научн. степени канд.техн.наук: спец 05.17.08. «Процессы и оборудование химической технологии» / А.Ш. Шарафиеев, [ЮКГУ]. – Х., – 2000. – 27 с.

Надійшла до редколегії 11.06.12

УДК 658.28:665.63:338.44

Л.М. УЛЬЄВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
М.В. ІЛЬЧЕНКО, студентка, НТУ «ХПІ».

ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНОГО ПОДІЛУ НАФТИ НА УСТАНОВЦІ ТИПУ АВТ

Актуальність даної теми обумовлено тем, що нефтеперероблюючий процес являється одним із більш енергоемких процесів і рівень енергозатрат впливає на собівартість готової продукції. Целью даного проекта заключається в дослідженні блока атмосферного розділення нафти на установку типу АВТ та визначення всіх технологіческих потоків, необхідних для теплоенергетичної інтеграції.

Актуальність даної теми зумовлено тим, що нафтопереробний процес являється одним з найбільш енергоємних процесів і рівень енерговитрат впливає на собівартість готовою продукції. Метою даного проекту полягає в дослідженні блоку атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ і визначення всіх технологіческих потоків, які необхідні для теплоенергетичної інтеграції.

Relevance of the topic due to the fact that oil processing are used more energy and the level of energy consumption is largely influenced by the cost of finished productions. The aim of this project was to research the atmospheric block division of oil at the facility such as AVT and definition all of technological flows that can be used for the heat integration.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науково-практичними завданнями. Нафтопереробка і нафтохімія є енергоємними виробництвами. Залежно від глибини переробки нафти, її складу, асортименту і якості цільових продуктів, технічного рівня устаткування і інших чинників витрати енергії на власні потреби нафтопереробних заводів еквівалентна 6–10 % нафти, що переробляється[1]. Із загальної кількості споживаної енергії 55–65 % припадає на частку технологічного палива, 30–35 % – на теплову і 8–12 % – на електричну енергію. Скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів в промисловості зв'язане з широкомасштабною реалізацією сучасних енергозбережежних технологій, створенням високоефективних енерготехнологічних комплексів [2].

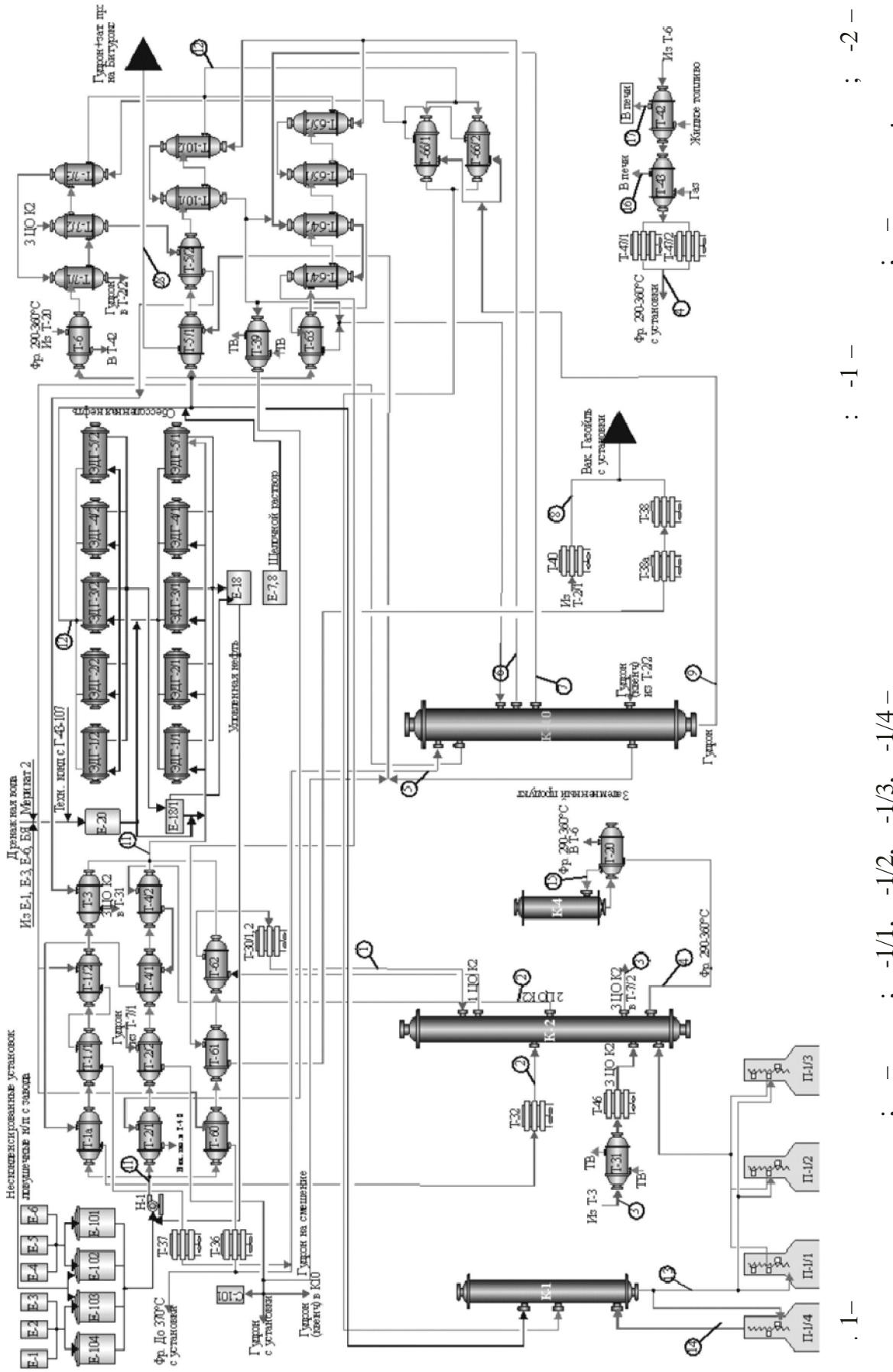
Зростання цін на енергію спонукає економніше використовувати енергоресурси для зменшення загальних витрат. Оскільки на українських НПЗ більша частина технологічних установ будувались у 60-х і 70-х роках (коли економії енергії на підприємствах не придавали значення) – енергоспоживання в основних процесах нафтопереробки та нафтохімії на 30 – 60 % вище, ніж в розвинених країнах[3]. Значно зменшилися темпи зростання виробництва, а це означає, що зменшилися можливості введення в лад нових заводів і освоєння нових технологічних процесів, і увага прямує все більше у бік підвищення ефективності використання існуючого устаткування.

Установки первинної переробки нафти складають основу всіх НПЗ. На них виробляються практично всі компоненти моторних палив, змащувальних масел, сировини для вторинних процесів і для нафтохімічних виробництв. Проблемам підвищення ефективності роботи і інтенсифікації установок АВТ приділяється серйозна увага. Процеси первинної переробки нафти менш енергоємні, але атмосферновакуумний перегонці піддається вся нафта, що поступає на нафтопереробний завод, і витрачається тут близько 50 % сумарних енерговитрат [4].

Основними шляхами підвищення конкурентоспроможності вітчизняної нафтопереробки і нафтохімії є збільшення глибини переробки нафти і істотне зниження енергоємності всіх процесів. Зниження питомого енергоспоживання досягається шляхом модернізації окремих систем виробництва, установок і заводів в цілому, раціоналізації і вдосконалення виробничих операцій.

Постановка задачі. Сбір необхідних даних для початку проектування ефективної теплообмінної системи процесу атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ. Так як принципова технологічна схема була розроблена без утилізації тепла, то для зменшення енергоспоживання проект потребує реконструкції.

Основний матеріал дослідження. Блок атмосферного поділу нафти призначений для поділу підготовленої для переробки, після блоку ЕЛОУ, знесоленої та зневодненої нафти на фракції шляхом додаткового її нагрівання в трубчастих пічках з наступним однократним випаровуванням і ректифікацією в колонах К-1, К-2.



Початкова технологічна схема, її опис та збір необхідних даних.

На рис. 1 приведено технологічну схему блоку атмосферного поділу нафти. Знесолена, зневоднена на блоці ЕЛОУ та нагріта в кожухотрубчатих теплообмінниках до початку випаровування, а також “холодна” нафта після блоку ЕЛОУ, поступає двома потоками з Т-66/1,2 на 19 тарілку і двома вводами (з ЕДГ) на 11 тарілку колони К-1.

Відбензиненна нафта з низу колони двома потоками прокачується через піч П-1/4, де нагрівається в змійовиках до температури 296°C і повертається в колону К-1.

Кубовий залишок колони К-1 (відбензиненна нафта) дванадцятьма паралельними потоками прокачується через змійовики печей П-1/1,2,3, де нагрівається до температури 375°C і поступає двома вводами в атмосферну колону К-2.

Нагрів відбензиненної нафти в печах здійснюється за допомогою комбінованого згоряння на пальниках газоподібного та розпорошеного парою рідкого палива.

Відбензиненна нафта, нагріта в змійовиках печей П-1/1,2,3 до температури випаровування, об'єднується в колекторах на виході з печей і двома трансферними трубопроводами подається тангенціальними вводами на 46 тарілку колони К-2.

Частково відбензинена в процесі ректифікації нафта в атмосферній колонні К-2 розділяється на чотири фракції: фракція 130-180°C, фракція 180-230°C, фракція 230-290°C, фракція 290-360°C.

Фракція 290-360°C (важка дизельна фракція) із 39 тарілки насосами прокачується через ребайлор Т-20, теплообмінники Т-6, Т-42, Т-43, повітряні холодильники Т-47/1, Т-47/2, гребінку змішання дизельних фракцій і виводиться з установки.

Перед виводом фракцій дизельного палива 180-230°C, 230-290°C, 290-360°C і фракцій до 370°C (виводиться з колони К-10 вакуумного блоку) з установки відбувається їх змішування в колекторі гребінки змішання дизельних палив. В колоні К2 для зняття тепла та конденсації пару над зоною відбору цільових продуктів відбувається подача гострого та трьох циркуляційних зрошувань:

– 1-е циркуляційне зрошування – під відбором фракції 130-180°C в колону К-6;

– 2-е циркуляційне зрошування – під відбором фракції 180-230°C в колону К-7;

– 3-е циркуляційне зрошування – під відбором фракції 230-290°C в колону К-9.

З 15 тарілки колони К-2 перше циркуляційне зрошення (І Ц.З.) насосами прокачується через теплообмінник Т-62, де віддає своє тепло сирій нафті, далі через повітряні холодильники Т-30/1,2, де охолоджується до необхідної по якості одержуваних фракцій температури і подається двома вводами на 14 тарілку колони К-2.

Вивід другого циркуляційного зрошення (ІІ Ц.З.) відбувається з 25-ї тарілки К-2. ІІ Ц.З. прокачується через теплообмінники нагріву сирої нафти Т-4/2, Т-4/1, Т-1А, повітряний холодильник Т-32, де охолоджується до необхідної по якості одержуваних фракцій температури і повертається двома вводами на 24 та 26 тарілки і одним вводом на 25 тарілку К-2.

З 35-ї тарілки третє циркуляційне зрошення (ІІІ Ц.З.) колони К-2 насосом прокачується через теплообмінники нагріву нафти Т-7/2, Т-5/2, Т-3, далі через теплообмінник нагріву утилізаційної/теплофікаційної води Т-31, повітряний холодильник Т-46, де охолоджується до необхідної по якості одержуваних фракцій температури і повертається на 34-у тарілку К-2.

При довготривалому непрацюючому вакуумному блоці передбачена можливість подачі мазуту з Т-10/1 в Т-1/2, Т-1/1 і виводу через повітряний холодильник Т-37 з температурою до 90°C в лінію мазуту після Т-9 и Т-40. Існує можливість подачі мазуту від Т-65/1 на вхід Т-64/2 і по байпасу Т-60 на вхід Т-38. Частина мазуту після повітряних холодильників Т-40 або Т-9 відводиться:

– На торці типу “Тандем” насосів Н-21/1,2,3, Н-3/1,2,3, Н-7/1,2, де підтримується в лінії надлишковий тиск на торці 5-8 кгс/см²;

– На підживлення ємності К-11 схеми рідкого палива печей.

Використовувані кінцеві повітряні холодильники Т-9/1,2, Т-38, Т-38а, Т-40, Т-37 и Т-67/1,2 призначені для охолодження високов'язких продуктів і облаштовані регістрами підігріву повітря, що подається і лініями подачі пари 7 ати з метою розігріву продукту в оребрених трубах

секцій зі скиданням парового конденсату через конденсаторівідники в атмосферу.

В процесі роботи отримані дані технологічних потоків (табл.), які беруть участь у технології первинної перегонки нафти на установці типу АВТ. Наведена таблиця може послужити основою для проведення теплової інтеграції процесу.

Таблиця
Характеристика технологічних потоків процесу первинної перегонки нафти на установці типу АВТ

№	Назва потоку	Тип	T_S , °C	T_T , °C	M, т/год	C , кДж/(кг·К)	CP , кВт/К	ΔH , кВт	α , кВт/(м²·К)
1	1 ^е циркуляційне зрошування К-2	гар	173	86	100,55	2,3150	65,03	5657,8	0,50
2	2 ^е циркуляційне зрошування К-2	гар	220	114	171,12	2,4391	116,58	12357,4	0,50
3	3 ^е циркуляційне зрошування К-2	гар	280	126	88,18	2,5638	63,13	9722,4	0,50
4	Фракція 290-360°C	гар	340	64	13,31	2,4143	2623,3	0,30	0,30
5	ВЦЗ К-10	гар	145	49	300,28	2,1608	181,31	17405,6	0,40
6	1 НЦЗ К-10 в Т-10 и Т-63	гар	280	201	420,33	2,6214	307,65	24304,3	0,40
7	2 НЦЗ К-10 в Т-38	гар	280	86	61,31	2,4172	41,39	8029,6	0,40
8	Вак. Газойль від Т-40	гар	202	94	160,85	2,2929	103,02	11126,6	0,40
9	Гудрон від Т-2	гар	370	141	190,02	2,5519	135,38	31002,4	0,20
10	Сировина Бітурокс	гар	174	147	33,92	2,2322	21,15	571,0	0,20
11	Сира нафта	хол	22	140	701,00	2,1051	412,39	48662,3	0,30
12	Знесолена нафта	хол	137	247	638,93	2,5162	448,98	49387,9	0,30
13	Відбензиненна нафта	хол	250	375	691,03	2,9208	563,39	70423,8	0,6
14	Гаряча струя К-1	хол	250	296	190,39	2,7957	148,59	6835,2	0,60
15	Гаряча струя К-4	хол	133	151	23	2,6225	16,85	303,3	0,60
16	Газ в печі	хол	29	115	4,45	2,5200	3,12	267,9	0,10
17	Рідке паливо в печі	хол	91	112	5,14	2,0848	2,99	62,9	0,25

Аналіз існуючої теплообмінної системи. Використовуючи отримані технологічні потокові дані побудуємо популяцію гарячих та холодних потоків на сіткову діаграму існуючого процесу (рис. 2).

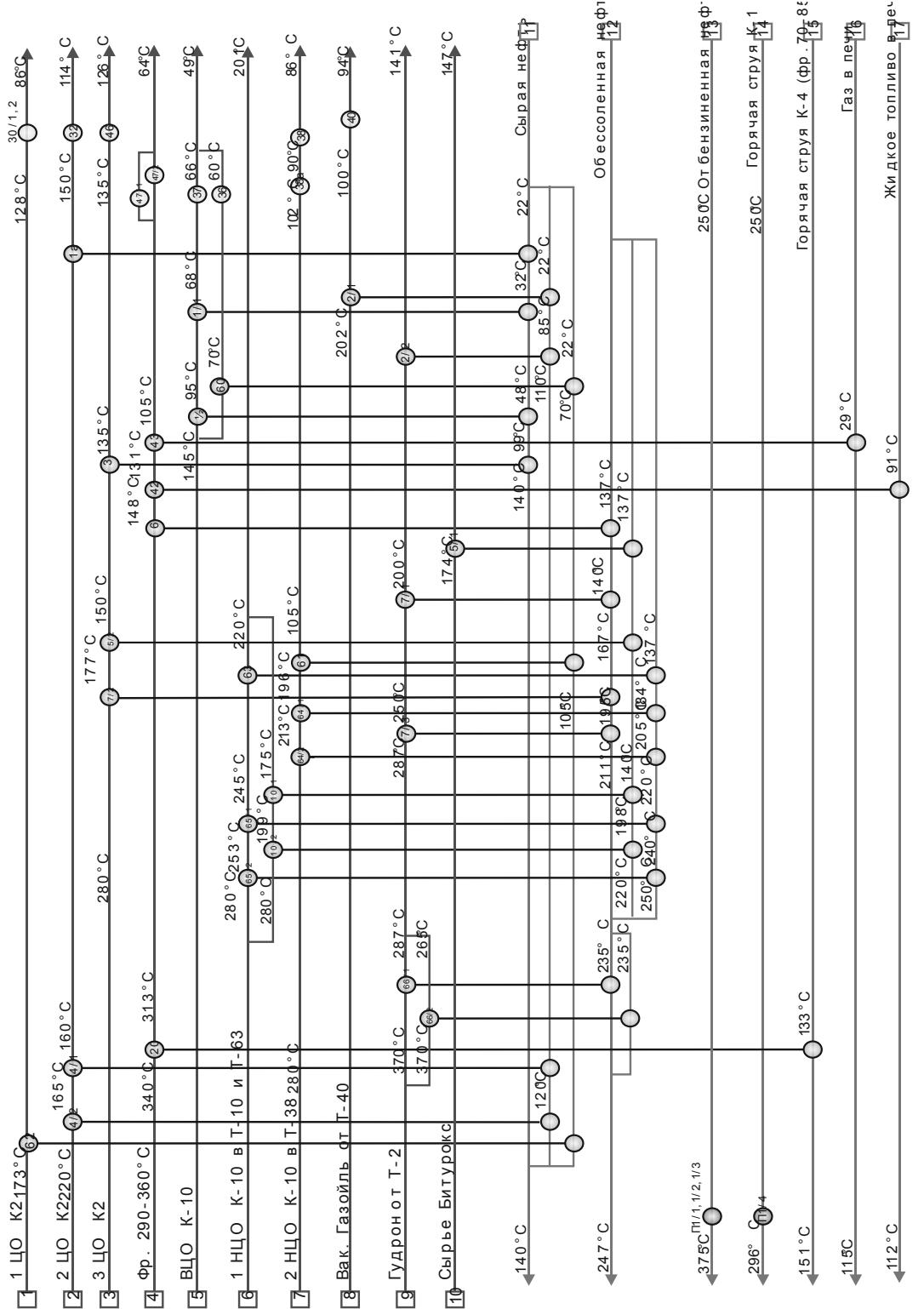


Рис. 2. Сіткова діаграма процесу, що існує: 1–10 – гарячі потоки; 11–17 – холодні потоки.

За вимірюними температурами технологічних потоків та їх потоковими теплоємкостями визначаємо навантаження кожного з рекуперативних теплообмінників [5].

Після визначення та підсумування теплових навантажень усіх теплообмінних апаратів отримано потужність рекуперації, що дорівнює приблизно 104 МВт. Потужність рекуперації теплової енергії є дуже важливим значенням при побудові складених кривих системи технологічних потоків діючого процесу.

Як що визначено потужність рекуперації теплової енергії досліджуваного процесу, то є можливість знаходження холодних і гарячих утиліт діючого процесу без прямого їх вимірювання. Це також дає додатковий контроль за якістю зібраних технологічних даних.

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Дослідивши процес первинної перегонки нафти на установці типу АВТ були отримані необхідні потокові дані, систематизовані та занесені до таблиці. За допомогою сіткової діаграми були розраховано кількість гарячих та холодних утиліт, що споживаються процесом та існуючу рекуперацію теплової енергії. Результати даної роботи можна використовувати для аналізу енергозберігаючого потенціалу та реконструкції існуючого процесу.

Список літератури: 1. Клименко В.Л. Энергоресурсы нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / В.Л. Клименко, Ю.В. Костерин. Л.: Химия. – 1985. – 256 с. 2. Степанов А.В. Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов при переработке углеводородов / А.В. Степанов, Н.И. Сульжик, В.С. Горюнов. – Киев: Техника. – 1989. – 170 с. 3. Ульев Л.М. Определение энергосберегающего потенциала разделения ШФЛУ на центральной газофракционирующей установке / Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, Е.В. Поливода // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2009, № 40, – С. 21–32. 4. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. Общие свойства и первичные методы переработки нефти и газа / И.Л. Гуревич. М.: Химия. – 1972. – 460 с.

Надійшла до редколегії 21.07.12

Л.М. УЛЬЕВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
Д.Д. НЕЧИПОРЕНКО, аспирант, НТУ «ХПИ»,
О.А. ЯЦЕНКО, преп.-ст., НТУ «ХПИ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЦЕССА ДЕЭТАНИЗАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600

Цель данного проекта заключается в том, чтобы уменьшить общие затраты на энергию и тем самым экономнее использовать энергоресурсы, что весьма существенно во времена роста цен на энергоносители. С помощью пинч-метода можно снизить потребление пара до 2107 кВт, а потребление мощности холодных утилит до 2105 кВт

Мета даного проекту полягає в тому, щоб зменшити загальні витрати на енергію і тим самим економніше використовувати енергоресурси, що має велике значення у часи збільшення цін на енергоносії. За допомогою пінч-методу можливо знизити споживання пара до 2107 кВт, а споживання потужності холодних утиліт до 2105 кВт

The aim of this project was to reduce overall energy costs and thus more economical to use energy that matter very much in days of rising energy prices. With the pinch method we can reduce the consumption of steam up to 2107 kW, and power consumption of cold utilities to 2105 kW

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научно-практическими заданиями. В настоящее время энергетическая ситуация в Украине критическая, прежде всего вследствие того, что обеспечение государства собственными ресурсами составляет около 37% [1]. Удельное энергопотребление промышленности Украины в 2-3 раза выше, чем в экономически развитых странах, что свидетельствует о наличии большого энергосберегающего потенциала предприятий.

Когда стоимость энергии резко возросла, и на Украине существует ее дефицит, вопрос экономии энергии для промышленных предприятий является крайне важным. Именно поэтому большинству украинских предприятий необходима реконструкция, а при строительстве новых – использование современных ресурсо- и энергосберегающих методов проектирования [2, 3].

Одним из таких методов является метод интеграции процессов и, в частности метод пинч-анализа [3]. Основной идеей пинч-анализа является поиск путей переноса теплоты от технологических потоков, которые не-

обходится охладить (горячие потоки) к потокам которые нужно нагреть (холодные потоки) через теплообменную сеть, при этом максимизировав рекуперацию тепловой энергии.

Анализ последних исследований и публикаций. Литературные данные, опубликованные в различных источниках [4–7], говорят, что применение пинч-анализа в среднем приводит к снижению удельного энергопотребления на 30–50% и значительно снижаются капитальные затраты при создании новых предприятий.

Поэтому применение методов теплоэнергетической интеграции практически на всех установках нефтеперерабатывающих заводах, построенных во времена относительно дешевых энергоносителей, приведет к значительному снижению удельного энергопотребления.

Так на установках первичной переработки нефти АВТ А12/2 производительностью 2млн. т. сырой нефти в год полезную нагрузку можно уменьшить с 50 МВт до 21 МВт. На установках АВТ А12/6 удельное потребление при пинч-реконструкции можно снизить на 65%. На установках АВТ-8 при производстве 5-6 млн. т. сырой нефти в год полезную тепловую нагрузку можно уменьшить на 22%. На установках каталитического крекинга удельное энергопотребление также можно уменьшить на 50%. Срок окупаемости проектов по реконструкции установок НПЗ, разработанных с использованием пинч-анализа, составит около 1 года.

Постановка задачи. Уменьшение удельных энергозатрат позитивно влияет не только на конкурентоспособность производителя, но и на окружающую среду вследствие уменьшения выбросов вредных веществ.

Поэтому в данной работе определяется энергосберегающий потенциал существующего процесса.

Основной материал исследования. Рассмотрев процесс деэтанизации и стабилизации катализата (рис.1) на установке каталитического риформинга Л-35-11/600 были найдены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению потребления энергии [8].

Для снижения энергопотребления в ХТС необходимо уменьшение минимальной разности температур ΔT_{min} между теплоносителями в теплообменных аппаратах.

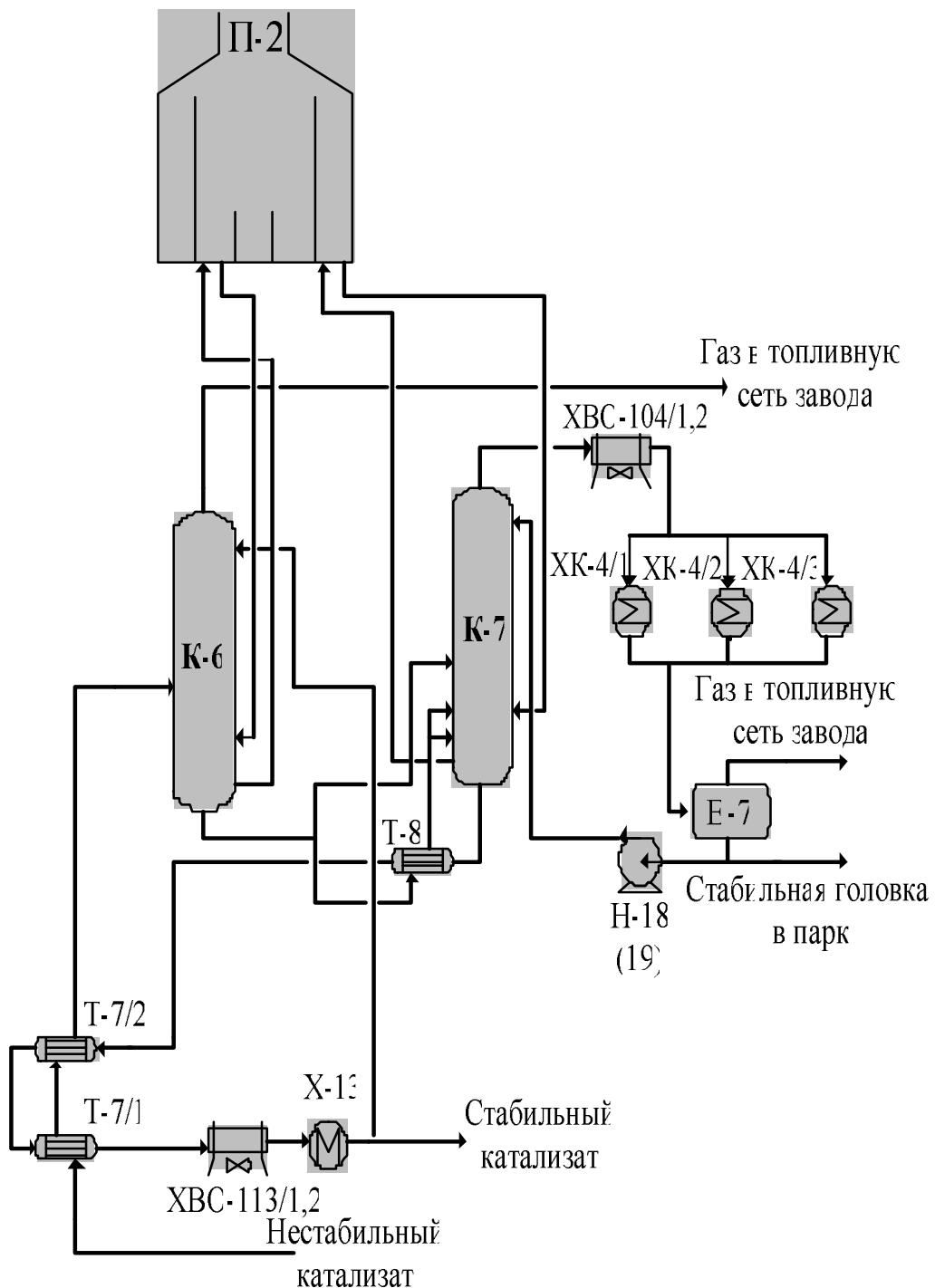


Рис. 1. Технологическая схема блока деэтанизации и стабилизации катализа установки Л-35-11/600: К-6 – фракционирующий абсорбер; К-7 – стабилизационная колона; Н – насосы; П-2 – печь стабилизации и газофракционирования; Т-7/1,2 – Т-8 – кожухотрубчатые теплообменные аппараты; Х – кожухотрубчатые холодильные аппараты; ХВО – холодильные аппараты воздушного охлаждения; Е – емкости

Чтобы экономически оптимально интегрировать схему, необходимо определить наиболее важные экономические моменты.

Во-первых, внедрение проекта предприятие несет разовые вложения (капитальные), которые связаны, прежде всего, с закупкой оборудования и его монтажом.

Используя цены на теплообменное оборудование, полученное от его производителей, можно еще до внедрения проекта-реконструкции оценить их капиталовложения и срок окупаемости.

Капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением [9]:

$$\text{Кап.стоимость} = A_t + B_t \cdot S^c$$

где A_t – стоимость установки одного теплообменного аппарата, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов $A_t = 5000$ долл. США; B_t – коэффициент, эквивалентный стоимости 1 m^2 площади поверхности теплообмена, $B_t = 500$; S – площадь поверхности теплообмена; c – коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности, $c = 0,87$.

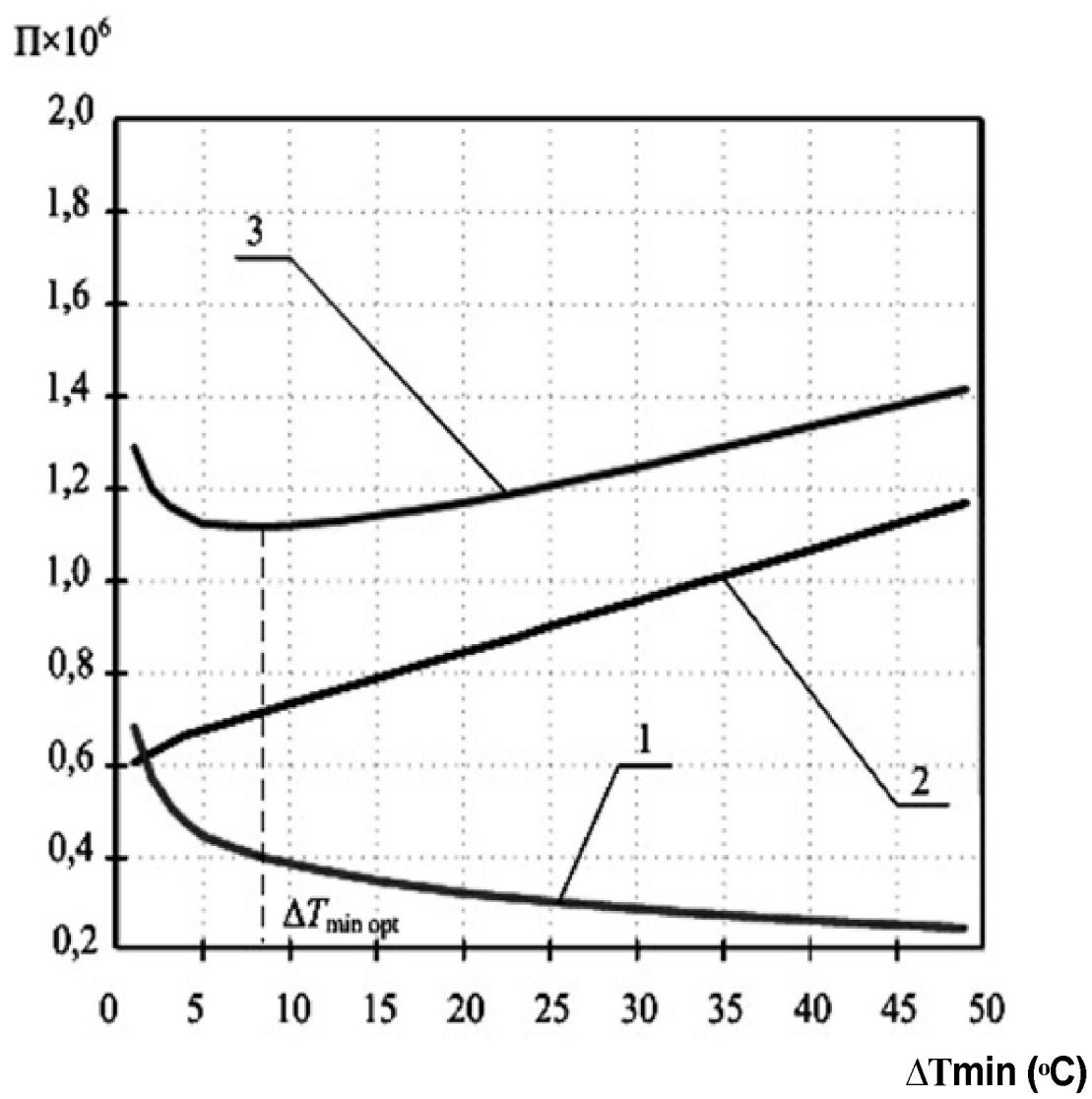
Во-вторых, необходимо учесть затраты на энергию. Современные тенденции рынка энергоносителей говорят, что их стоимость будет возрастать.

Стоимость горячих утилит, использованных в процессе, примем равной 330 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 33,0 долл. США за 1 кВт год.

Предположим, что для выполнения проекта-реконструкции предприятие берет в банке кредит на 5 лет под 10% годовых.

Оптимальное значения ΔT_{\min} было получено с помощью программы «Hint» [10], кривые зависимости приведенной стоимости от ΔT_{\min} представлены на рис. 2.



. 2.

$\Delta T_{\min}: 1 -$

; 2 -

; 3 -

. $\Delta T_{\min,\text{opt}} \approx 8^\circ$

$T_{\min},$, ,
1,15 . . .

$T_{\min} \in 5 \dots 10^\circ\text{C}$

(. 2).

,

T_{\min}

$5 \dots 10^\circ\text{C}$

$\Delta_{\min} = 8^\circ$ (. 3).

T (°C)

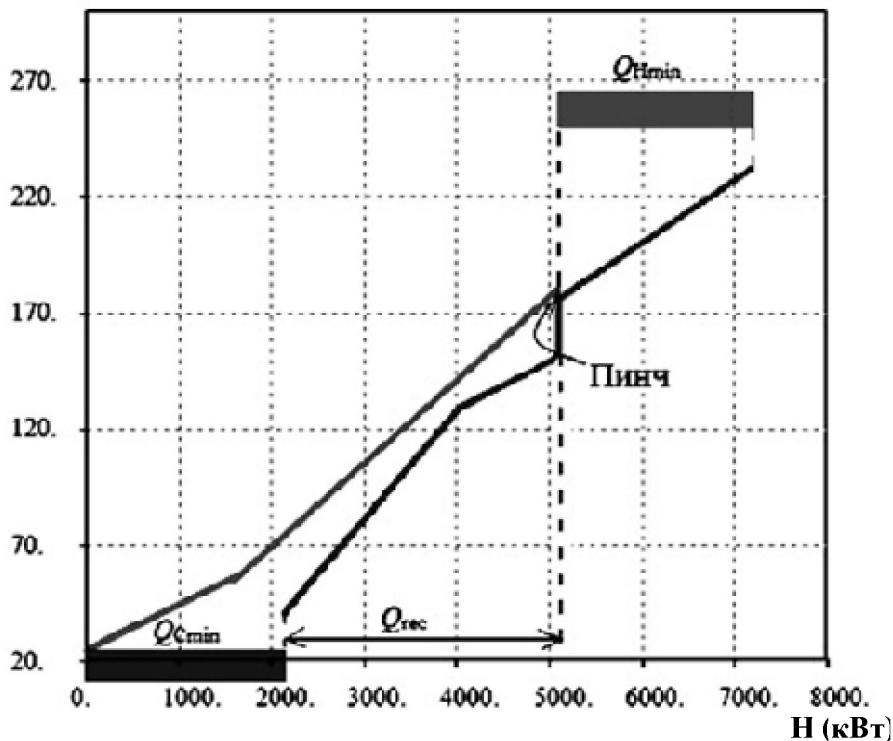


Рис. 3. Составные кривые процесса деэтанизации и стабилизации катализата, построенные для $\Delta T_{\min} = 8^{\circ}\text{C}$: $Q_{H\min}$, $Q_{C\min}$, Q_{rec} – потребляемая мощность горячих утилит, холодных утилит и мощность рекуперации

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной 185°C , и соответственно для холодных потоков – 177°C . Заметим, что количество горячих утилит $Q_{H\min}$ составит 2107 кВт, по холодным $Q_{C\min} = 2105$ кВт. Мощность рекуперации тепловой энергии при $\Delta T_{\min} = 8^{\circ}\text{C}$ достигнет значения $Q_{rec} = 2965$ кВт. В работе [8] были определены значения мощности горячих, холодных утилит и рекуперации теплоты в настоящее время $Q_{H\min} = 2612$ кВт, $Q_{C\min} = 2610$ кВт, $Q_{rec} = 2542$ кВт, что и позволяет определить энергосберегающий потенциал процесса. Наглядно энергосберегающий потенциал процесса деэтанизации и стабилизации катализата приведен в таблице.

Таблица

Сравнение энергопотребления в существующем и проектируемом процессе

	Существующий процесс, кВт	Интегрированный процесс, кВт	Уменьшение энергопотребления, %
Горячие утилиты	2612	2107	20
Холодные утилиты	2610	2105	20

Выводы. В результате обследования процесса дезтанизации и стабилизации катализата на установке переработки нефти Л-35-11/600 были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления. Достигнутая минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми, позволяет уменьшить энергопотребление.

Список литературы: 1. *Мешалкин В.П.* Основы теории ресурсосберегающих химико-технологических систем. Учебное пособие/ *В.П. Мешалкин, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко*/ – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2006. – 412с. 2. *Дови В.Г.* Основы экономии ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем и окружающей среды/ *В.Г. Дови, Л. Пуйджсанер, Р. Смит, В.П. Мешалкин*/ DICHEP, Universita degli Studi di Genova, Italy, – 1999. – 444р. 3. *Смит Р.* Основы интеграции тепловых процессов. Харьков: НТУ «ХПИ» / *Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев*. – Библиотека журнала ИТЭ. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2000. – 457 с. 4. *Plesu V.* Catalytic, reforming plant simulation for energy saving and rational use of hydrogen / *Plesu V., Baetens D., Bumbac G.*// 1th Conference on process integration, modeling and optimization for energy saving and pollution reduction. PRES'01. Chemical engineering translations, – 2001. – Vol. 2. – p. 489-492. 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. *Клемеш Й.* Применение метода пинч-анализа для проектирования энергосберегающих установок нефтепереработки / *Й. Клемеш, Ю.Т. Костенко, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, А.Ю. Перевертайленко, Б.Д. Зулин* // ТОХТ. – 1999. Т. 33, № 4. С. 420 – 431. 7. *Товажнянский Л.Л.* Построение составных кривых технологических процессов для определения энергетической эффективности предприятий / *Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, Б.Д. Зулин, Н.Д. Андрийчук* // Материалы межд. научно-техн. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье», microCAD'96. Ч. 1. Харьков. – 1996. – с. 179. 8. *Товажнянский Л.Л.* Теплоэнергетическая интеграция химико-технологических процессов – инструмент энергосбережения и уменьшение вредных выбросов / *Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев*/Матеріали III Українського екологічного конгресу – К: Центр екологічної освіти та інформації, – 2009, с. 193–197. 8. *Ульев Л.М.* Экстракция данных процесса дезтанизации и стабилизации катализата на установки каталитического риформинга/ *Л.М. Ульев, Д.Д. Нечипоренко, О.А. Яценко*// Вестник национально-технического университета «ХПИ» - 2012 №10, с. 79–84. 9. *Nordman R.* New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems / *R. Nordman* – Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. – 2005. – 77 р. 10. *Ульев Л.М.* Программное обеспечение для проектирования теплообменных сетей – HINT/ *Ульев Л.М., Яценко О.А.*// Вестник Национального технического университета «ХПИ» – 2012. – №10. – с. 61–72.

Поступила в редакцию 21.07.12

Л.М. УЛЬЕВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
Д.Д. НЕЧИПОРЕНКО, аспирантка, НТУ «ХПИ»,
О.Ю. ВАЛЕНОВА, студентка, НТУ «ХПИ»

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ В СЕКЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600

Цель данного проекта заключается в исследовании одного из блоков установки каталитического риформинга Л-35-11/600. В результате исследования были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления. Достигнута минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми, что позволяет уменьшить энергопотребление на установке на 8,2 МВт по сравнению с существующим процессом

Ціль даного проекту – обстеження процесу каталітичного риформінгу на установці переробки нафти Л-35-11/600. В результаті були виявлені недоліки існуючої теплообмінної системи, які призводять до збільшення енергоспоживання. Досягнуто мінімальну різницю температур між холодною та гарячою складовими кривими, що дозволяє зменшити енергоспоживання на установці на 8,2 МВт, в порівнянні з існуючою

A survey of the hydro resources in the installation of oil refining L-35-11/600 identified shortcomings of the existing heat exchange system, which lead to an increase in energy consumption. Reached a minimum temperature difference between hot and cold composite curves, which reduces power consumption by setting at 8,2 MW, as compared to the existing one

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

Украина располагает масштабным недоиспользуемым потенциалом энергосбережения, который по способности решать проблему обеспечения экономического роста страны сопоставим с приростом производства всех первичных энергетических ресурсов. Энергоемкость украинской экономики существенно превышает в расчете по паритету покупательной способности аналогичный показатель в США, в Японии и развитых странах Европейского Союза.

Нехватка энергии может стать существенным фактором сдерживания экономического роста страны. По оценке, до 2015 года

темпы снижения энергоемкости при отсутствии скоординированной государственной политики по энергоэффективности могут резко замедлиться. Это может привести к еще более динамичному росту спроса на энергоресурсы внутри страны. Запасов нефти и газа в Украине не достаточно, а увеличение объемов добычи углеводородов и развитие транспортной инфраструктуры требуют значительных инвестиций [1].

Меры по снижению энергоемкости за период 1998-2009 гг. оказались недостаточными для того, чтобы остановить динамичный рост спроса на энергию и мощность. Рост спроса на газ и на электроэнергию оказался выше предусмотренных «Энергетической стратегией Украины» значений.

Существует два пути решения возникшей проблемы:

первый – крайне капиталоемкий путь наращивания добычи нефти и газа и строительства новых объектов электrogенерации; второй – существенно менее затратный, связанный с обеспечением экономического роста в стране за счет повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Следует отметить, что на практике необходим симбиоз первого и второго вариантов с несомненным приоритетом энергоэффективности. В программе повышения энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов важную роль занимает пинч-метод с использованием составных тепловых кривых.

Литературные данные, опубликованные в различных источниках, говорят о том, что при использовании методов пинч-анализа, можно сократить энергопотребление на предприятия практически в 2 раза [2].

Ранее, в работе [3], было начато решение проблемы по энергосбережению на блоке каталитического риформинга установки Л-35-11/600. Были определены все технологические потоки, которые необходимы для интеграции процесса с помощью метода пинч-анализа. Построенная составная кривая выявила недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления.

Технологическая схема установки до интеграции. На рисунке 1 приведена технологическая схема процесса каталитического риформинга на установке Л-35-11/600.

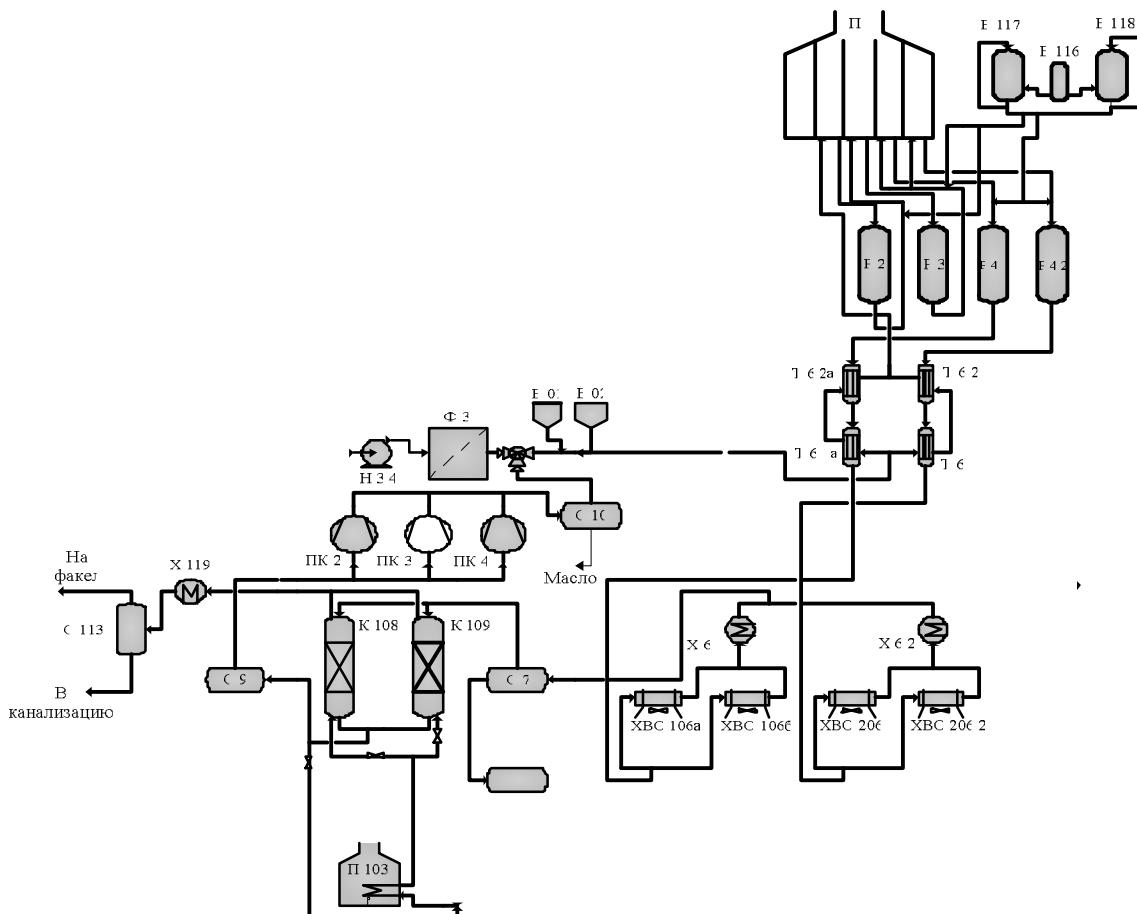


Рис. 1. Блок каталитического риформинга технологической схемы установки Л-35-11/600:

Н – насосы; П-1 – печь риформинга и гидроочистки; К-108, К-109 – адсорбера, Р-2 – Р-4/2 – реактор каталитического риформинга; С – сепараторы; Т-6/1, Т-6/2, Т-6/1а, Т-6/2а – кожухотрубчатые теплообменники; Х – кожухотрубчатые холодильники; ХВО – холодильники воздушного охлаждения; ХК – кожухотрубчатые конденсаторы; Ф – фильтры, Е – емкости.

Ранее в работе [3] после изучения регламента, обследования реальной технологической схемы и определения потоков, которые будут использованы при тепловой интеграции процесса, была составлена таблица потоковых данных. В этой таблице представлены такие характеристики потоков как: начальная и конечная температуры, расход

потока, теплота парообразования, потоковая теплоемкость, тепловая нагрузка и коэффициенты теплоотдачи (таблица).

Таблица

Система потоков для анализа энергопотребления блока каталитического риформинга установки Л-35-11/600

№	Название потока	тип	T_S , °C	T_T , °C	G , т/ч	CP , кВт/К	ΔH , кВт	α , кВт/(м ² ·К)
1	Продукт из Р-4/1	гор	482	400	44,186	46,86	3842,85	0,28
			400	300	44,186	42,58	4257,72	0,28
			300	200	44,186	37,90	3790,01	0,28
			200	100	44,186	33,23	3322,95	0,28
			100	31	44,186	29,26	2019,16	0,28
2	Продукт из Р-4/2	гор	482	400	44,186	46,86	3842,85	0,28
			400	300	44,186	42,58	4257,72	0,28
			300	200	44,186	37,90	3790,01	0,28
			200	100	44,186	33,23	3322,95	0,28
			100	44	44,186	29,57	1655,66	0,28
3	Сырье риформинга на Р-2	хол	84	100	88,371	64,30	1028,84	0,28
			100	200	88,371	70,25	7025,27	0,28
			200	300	88,371	80,57	8056,83	0,28
			300	400	88,371	90,88	9088,40	0,28
			400	492	88,371	100,77	9270,87	0,28
4	Сырье риформинга на Р-3	хол	441	492	88,371	102,85	5245,13	0,28
5	Сырье риформинга на Р-4/1	хол	466	492	44,186	52,07	1353,78	0,28
6	Сырье риформинга на Р-4/2	хол	466	492	44,186	52,07	1353,78	0,28

На основании обследования технологической схемы была построена сеточная диаграмма (рис.2).

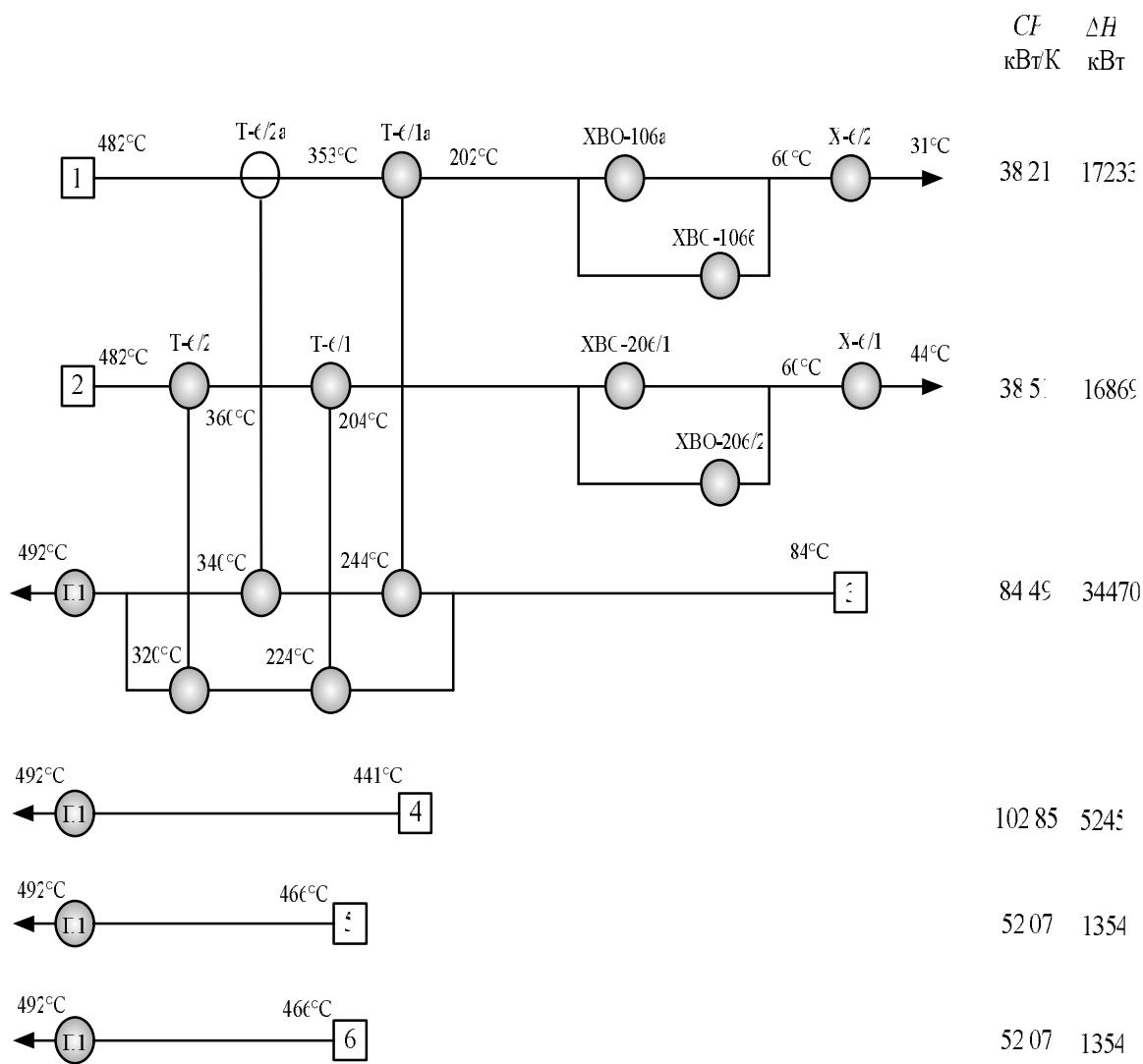


Рис. 2. Сеточная диаграмма существующего процесса:

1 – 2 – горячие потоки; 3 – 6 – холодные потоки;

CP – потоковая теплоемкость; ΔH – тепловые загрузки для каждого потока

На сеточной диаграмме были определены теплообменные связи между технологическими потоками, а также была посчитана мощность рекуперации теплоты, которая составила 21МВт. [4-6]

С помощью таблицы потоковых данных в программном обеспечении «Hint» были построены составные кривые (рис.3).

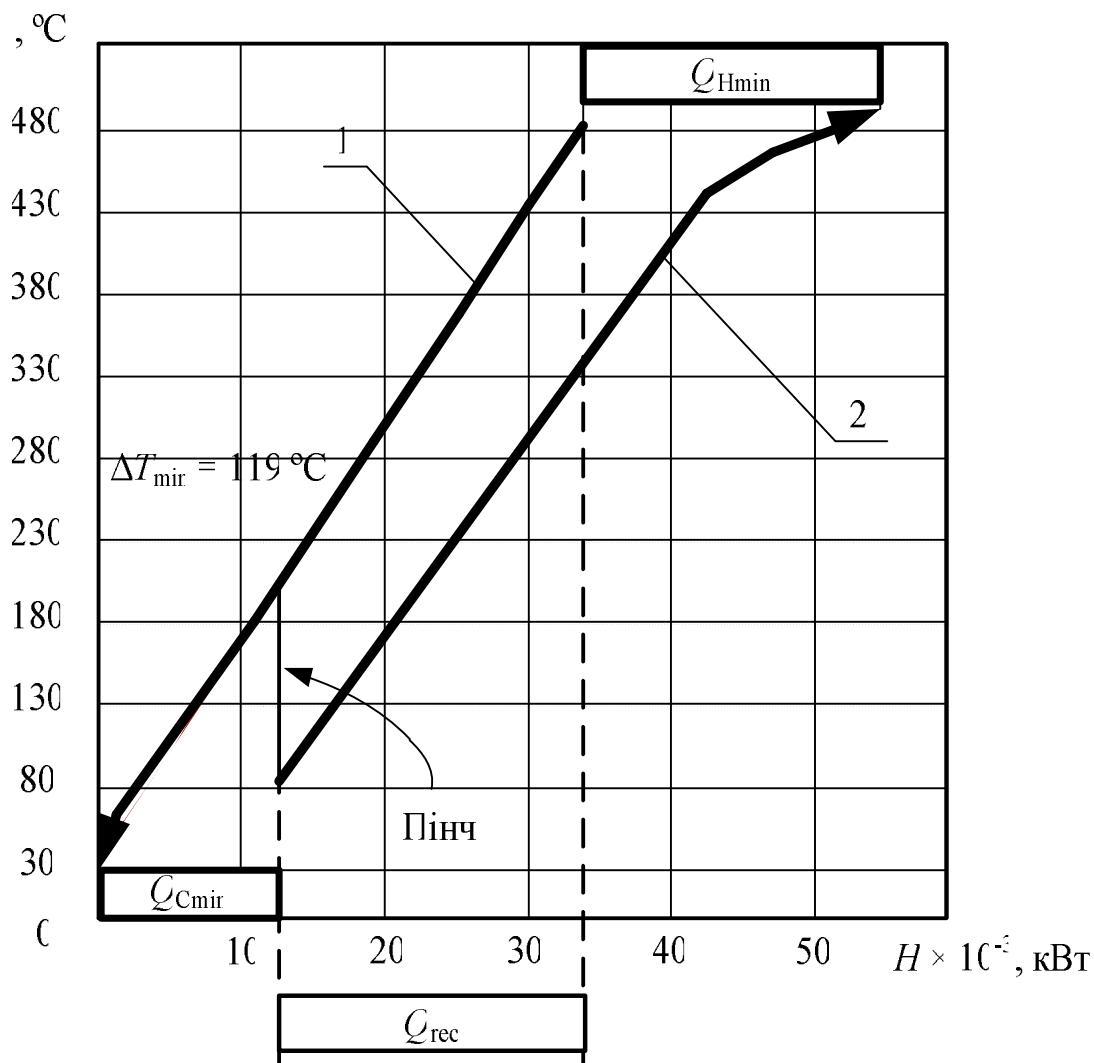


Рис. 3. Составные кривые существующего процесса
катализитического риформинга:

1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;
 $Q_{H\min}$, $Q_{C\min}$, Q_{rec} – мощность горячих утилит, холодных утилит и мощность
 рекуперации. $Q_{H\min} = 20,8 \text{ МВт}$, $Q_{C\min} = 12,7 \text{ МВт}$, $Q_{rec} = 21 \text{ МВт}$

Составные кривые располагаются на температурно-энталпийной диаграмме таким образом, чтобы мощность рекуперации составляла 21 МВт. По составным кривым определяем полезное минимальное значение горячих и холодных утилит, которое составляет $-20,8 \text{ МВт}$ для горячих утилит и $12,7 \text{ МВт}$ для холодных утилит. Кроме всего прочего составные кривые позволяют определить ΔT_{\min} для существующей системы теплообмена, которое в существующем проекте составляет 119 C . [3]

Наименьшее расстояние между кривыми по оси ординат – температурной оси показывается областью пинча выбранной системы технологических потоков. В нашем случае пинч локализуется на температурах: $T_{H \text{ pin}} = 203^\circ\text{C}$, $T_{C \text{ pin}} = 84^\circ\text{C}$. Разница температур в области пинча равна $\Delta T_{\min} = 119^\circ\text{C}$

Для снижения энергопотребления в химико-технологической системе (ХТС) необходимо уменьшение минимальной разности температур ΔT_{\min} между теплоносителями в теплообменных аппаратах. Это достигается путем сближения составных кривых вдоль энталпийной оси.

Для того, чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономически значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта.

Стоймость горячих утилит, использованных в процессе, примем равной 258 долл. США за 1 кВт год, с учетом того, что в году 8000 рабочих часов.

Стоймость холодных утилит принимаем на порядок меньшей, то есть 0,1 стоимости горячих утилит, что дает значения 25,8 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 [4]. 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^2 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 5 лет с 10% кредитной ставкой.

Расчет дисконтированных величин стоимостей проекта процесса гидроочистки сырья позволяет определить значение минимальной разности температур между теплоносителями в будущей системе рекуперации тепловой энергии с учётом существующего теплообменного оборудования, $\Delta T_{\min} \approx 8^{\circ}\text{C}$ (рис. 4).

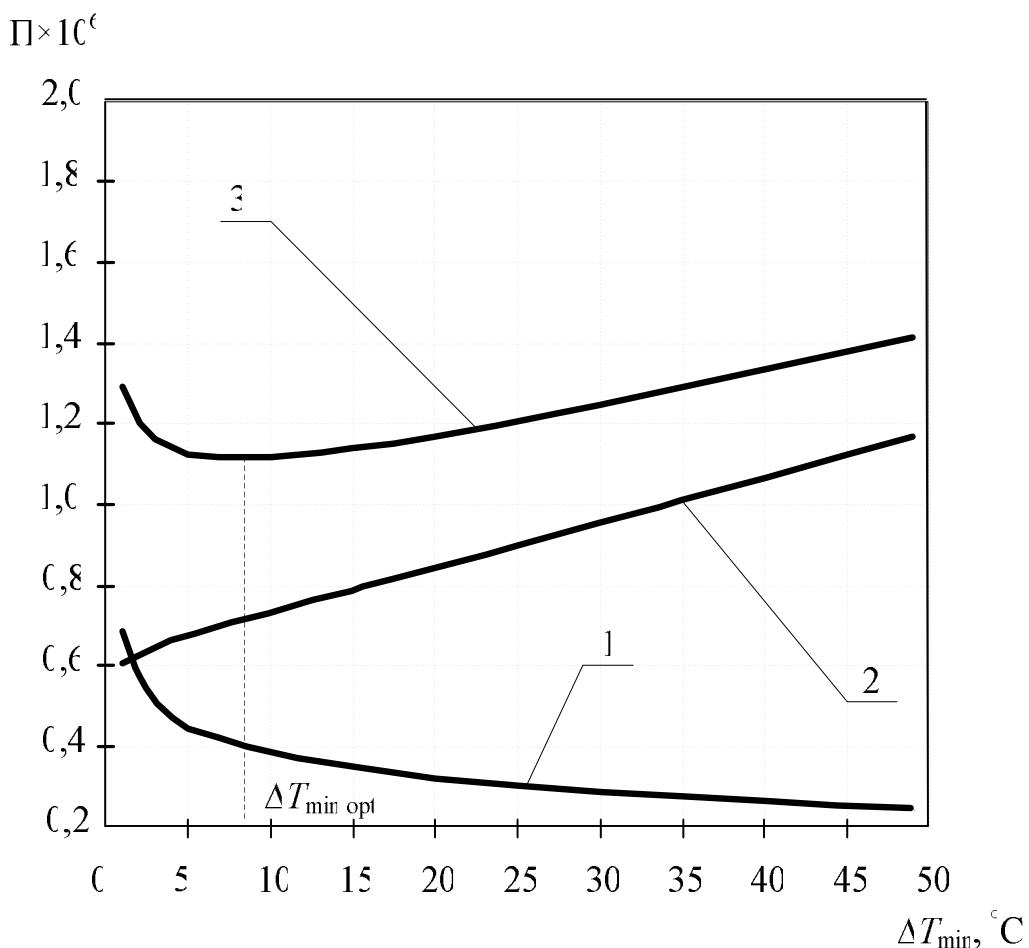


Рис. 4. Зависимость приведенной стоимости от ΔT_{\min}
1 – инвестиции в оборудование; 2 – энергия; 3 – общая стоимость.

$$\Delta T_{\min, \text{opt}} \approx 8^{\circ}\text{C}$$

Более детальный анализ области локализации ΔT_{\min} показывает нам, что величина общей дисконтированной стоимости проекта в диапазоне изменения $\Delta T_{\min} \in 5\dots10^{\circ}\text{C}$ меняется незначительно (рис. 4).

Это означает, что процесс каталитического реформинга, выполненный с системой теплообмена при ΔT_{\min} выбранном из интервала $5\dots10^{\circ}\text{C}$ будет работать в экономически оптимальном режиме.

Поэтому построим составные кривые для $\Delta T_{\min} = 8^{\circ}\text{C}$ (рис. 5).

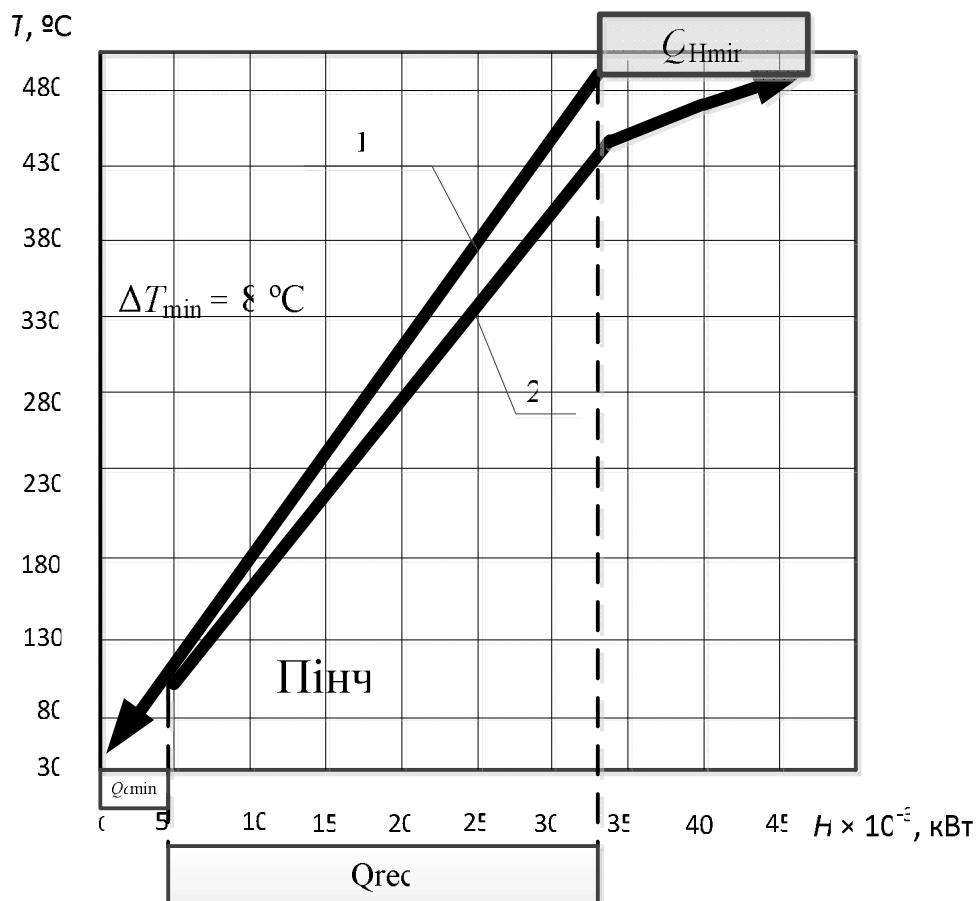


Рис. 5. Составные кривые процесса гидроочистки сырья, построенные для $\Delta T_{\min} = 8^{\circ}\text{C}$

1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;
 Q_{Hmin} , Q_{Cmin} , Q_{rec} – потребляемая мощность горячих утилит, холодных утилит и мощность рекуперации.

$$Q_{\text{Hmin}} = 13 \text{ МВт}, Q_{\text{Cmin}} = 4,8 \text{ МВт}, Q_{\text{rec}} = 29,2 \text{ МВт}$$

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной 92°C , и соответственно для холодных потоков – 84°C . Составные кривые показывают, что горячие утилиты приобретают значение равное $Q_{\text{Hmin}} = 13 \text{ МВт}$, что на 59% меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время. Значение холодных

утилит составляет $Q_{C\min} = 4,8$ 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 $Q_{\text{rec}} = 29,2$ 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.

Выводы.

В результате применения пинч-методов была получена сравнительная характеристика существующего процесса каталитического риформинга сырья и интегрированного процесса. Внедрение данной реконструированной схемы позволит снизить удельное энергопотребление горячих утилит на 8516 кВт, а холодных – на 8617 кВт, что составляет экономию 59% по горячим утилитами и 33% по холодным утилитам.

Список литературы: 1. Сайт энергосберегающих технологий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energo.kiev.ua/>. 2. Методичні вказівки для вивчення учебових матеріалів по розділу «Пінч-аналіз» за курсом «Вступ до спеціальності» для студентів хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Товажнянський Л.Л., Ульєв Л.М. – Харків: НТУ «ХПІ», – 2010. – 40 с. 3. Ульєв Л.М. Экстракция данных процесса каталитического риформинга на установке переработки нефти Л-35-11/600 / Л.М. Ульєв, Д.Д. Нечипоренко, О.Ю. Валенова // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2011, – №2. – С. 20 – 28. 4. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. – 2005. – 77 р. – с. 179. 5. Товажнянский Л.Л. Построение составных кривых технологических процессов для определения энергетической эффективности предприятий / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, Б.Д. Зулин, Н.Д. Андрийчук // Материалы межд. научно-техн. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье», microCAD'96. Ч. 1. Харьков. – 1996. 6. Товажнянский Л.Л. Алгоритм построения составных кривых технологических процессов для определения энергетической эффективности предприятий / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, Б.Д. Зулин // Междунар. конф. «Математические методы в химии и химической технологии», ММХ-10. Тезисы докладов. Тула. – 1996. – с. 74–75.

Поступила в редакцию 21.07.12

И. Н. ДЕМИДОВ, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
МУНИР ШАВКАТ САДИК, аспирант, НТУ «ХПИ»

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ГОРЮЧЕГО В УКРАИНЕ

В статье рассмотрены наиболее перспективные ресурсы жирового сырья для получения дизельного горючего. Показана возможность использовать в качестве сырья отходы масложировой промышленности и предприятий общественного питания. Описаны спиртовые компоненты для получения жирнокислых эфиров низкомолекулярных спиртов

У статті розглянуті найбільш перспективні ресурси жирової сировини для отримання дизельного пального. Показана можливість використовувати в якості сировини відходи масложирової промисловості і підприємств громадського харчування. Описано спиртові компоненти для отримання жирнокислих ефірів низькомолекулярних спиртів

This article considers the most promising resources of raw materials for obtaining biodiesel. Demonstrated the possibility using waste as a raw material oil industry and food manufacturers. We describe the alcohol components for producing fatty acid esters with low molecular weight of alcohol

Общая характеристика ситуации. В последнее время во многих странах Европы (Германия, Австрия, Италия, Франция и др.) ставилась задача увеличить выпуск дизельного горючего из возобновляемых источников сырья. На первое место в качестве одного из сырьевых компонентов выдвинулись жиры, прежде всего рапсовое масло [1]. Из них получали метиловые (реже этиловые) эфиры жирных кислот, неудачно называемые «биодизель»[2]. Однако, без правительственные дотаций и преференций такое производство нерентабельно[3]. С проявлением кризисных тенденций в мировой экономике возможности правительств различных стран в поддержке производства биодизеля уменьшаются. В результате рост производства этого вида горючего приостановился, а в некоторых странах даже уменьшился [4]. В Украине производство жирнокислых эфиров низкомолекулярных спиртов (ЖЭНС) базировалось на низкосортном подсолнечном масле, но и при этом балансировало на грани рентабельности. Более уверенно такое производство развивалось в фермерских хозяйствах, но при этом не было товарным, т.к. произведен-

ное горючее потреблялось внутри хозяйства, а его качество было весьма низким. Это объясняется тем, что затраты на производство такого горючего и на ремонт дизельного двигателя заметно меньше, чем затраты на схему, по которой нужно было получить кредит на горючее и приобрести это горючее по ценам. Очень важно, что производство такого горючего как раз и увеличиваются в период посевной и уборочной, т.е. тогда, когда потребность в нём особенно велика, а главное, что неудовлетворение этой потребности в сроки, оптимальные для сева или уборки грозят фермерам очень большими потерями. Тем не менее, в обозримой перспективе никто из экспертов не предсказывает снижение цены на растительные жиры до значений, при которых производство биодизеля станет рентабельным. Так имеет ли производство дизельного горючего на основе жирового сырья перспективы в Украине? Нам представляется ответ на этот вопрос положительным – да, имеет!

Какие доводы за то, что производство дизельного горючего на базе жирового сырья может развиваться в Украине. Прежде всего, необходимо рассматривать такое горючее не как альтернативное по отношению к нефтяному дизельному горючему, а как компонент, снижающий токсичность выхлопа при использовании добавки ЖЭНС к нефтяному горючему в количестве 2% – 5% [5] и лишь во вторую очередь можно говорить об экономии нефтепродуктов. При этом нет необходимости стремиться к увеличению доли ЖЭНС в горючем сверх 5 %. Это связано с тем, что дальнейшее увеличение доли ЖЭНС практически не приводит к улучшению экологических характеристик топлива (имеется в виду снижение токсичности выхлопа двигателя), а ресурсы жирового сырья – ограничены. Итак, рассмотрим, какие ресурсы жирового сырья представляются наиболее перспективными.

Ресурсы жирового сырья для получения дизельного горючего. Во всём мире как наиболее перспективные рассматриваются, прежде всего, отходы жиров. Такие отходы образуются при переработке растительных и животных жиров. Это, кроме прочего, позволит квалифицированно использовать отходы различных производств, что благоприятно скажется на окружающей среде. На сегодняшний день как весьма перспективный источник жирового сырья рассматриваются также микроводоросли [6]. Что касается микроводорослей, то во всём мире (прежде

всего это США, Австралия, наиболее развитые страны Евросоюза) идут интенсивные изыскания по исследованию возможности их хозяйственного использования, в том числе и для получения жиров. Потенциально микроводоросли имеют огромные возможности как источник жирового сырья. Так по данным [7] Департамент Энергетики США с 1978 года по 1996 года исследовал водоросли с высоким содержанием масла по программе «Aquatic Species Program». Исследователи пришли к выводу, что Калифорния, Гавайи и Нью-Мексико пригодны для промышленного производства водорослей в открытых прудах. В течение 6 лет водоросли выращивались в прудах площадью 1000 м. Пруд в Нью-Мексико показал высокую эффективность в биосорбции углекислого газа. Урожайность составила более 50 гр. водорослей с 1 м в день. При этом 200 тысяч гектаров прудов могут производить топливо, достаточное для годового потребления 5 % автомобилей США, указанные площади это менее 0,1 % земель США, пригодных для выращивания водорослей. Но водоросли можно выращивать не только в искусственных прудах, но и прямо в океане (при благоприятных погодных условиях), что и происходит в Калифорнии и Австралии. Данные по сравнительной эффективности различных культур, приведенные в таблице, взятой из [8], также говорят о преимуществе микроводорослей перед традиционными сельскохозяйственными культурами.

Таблица

Выход масла с 1 га посевной площади для различных культур

Вид растения	Урожайность	
	кг/га	л/га
Соя	375	446
Рапс	1000	1190
Подсолнечник	800	952
Кокосовая пальма	2260	2689
Масличная пальма	5000	5950
Микроводоросли, достигнутый результат	6894	7660
Микроводоросли, потенциальный результат	39916	47500

Однако, несмотря на уже имеющийся опыт промышленного получения микроводорослей и жиров из них на коммерческой основе, пока ещё в технологии выращивания микроводорослей достаточно нерешённых

проблем [7]. Производство микроводорослей может осуществляться не только в открытых водоёмах, что в условиях Украины означает его сезонность, а в связи с этим и существенное снижение урожайности, по сравнению со странами тропического пояса. Сейчас налажен выпуск установок, позволяющих выращивать микроводоросли в биореакторах, например, в Украине это компания ООО «Биодизель – Днепр». Наиболее эффективно такое производство с использованием сбросного тепла ТЭЦ. Однако и в таком варианте проблема ещё немало. Нужно найти надежные источники дешёвой энергии, недорогих питательных веществ (в том числе СО₂) и воды, и бороться с патогенными организмами, которые могут снижать эффективность культивирования, а также разработать и культивировать самые продуктивные виды водорослей [7]. Хочется отметить, что, несмотря на потенциальную эффективность и хорошие перспективы этого источника жиров, в ближайшие годы (а, возможно и десятки лет) в условиях Украины на него не стоит особенно рассчитывать.

Отходы масложировой промышленности и предприятий общественного питания более доступный ресурс, хотя для его использования потребуются значительные организационные усилия.

Рассмотрим самый многотоннажный отход переработки масел и жиров – соапстоки. В настоящее время эти отходы (после доведения их на заводах изготовителям до товарной формы) представляют собою смесь жиров (полных и неполных ацилглицеролов), жирных кислот и воды с относительно небольшим количеством фосфолипидов, белковых веществ и серной кислоты.

Таких отходов в Украине образуется около 10000 т/год в пересчёте на жирные кислоты [9]. Перерабатывать их в ЖЭНС можно по разным схемам. Наши исследования показывают, что наиболее целесообразными следует считать две из них. По первой схеме соапсток сушат от воды (отгонкой в вакууме), затем, желательно очистить полученную смесь от фосфолипидов, белковых веществ и других примесей адсорбционной очисткой. Очищенную смесь ацилглицеролов и жирных кислот (соапсток) подвергают алкоголизу с использованием кислотных катализаторов как гомогенных, например, серная кислота или толуолсульфокислота, так и гетерогенных, например, кислые ионообменные смолы. Схема такой переработки представлена на рис. 1.

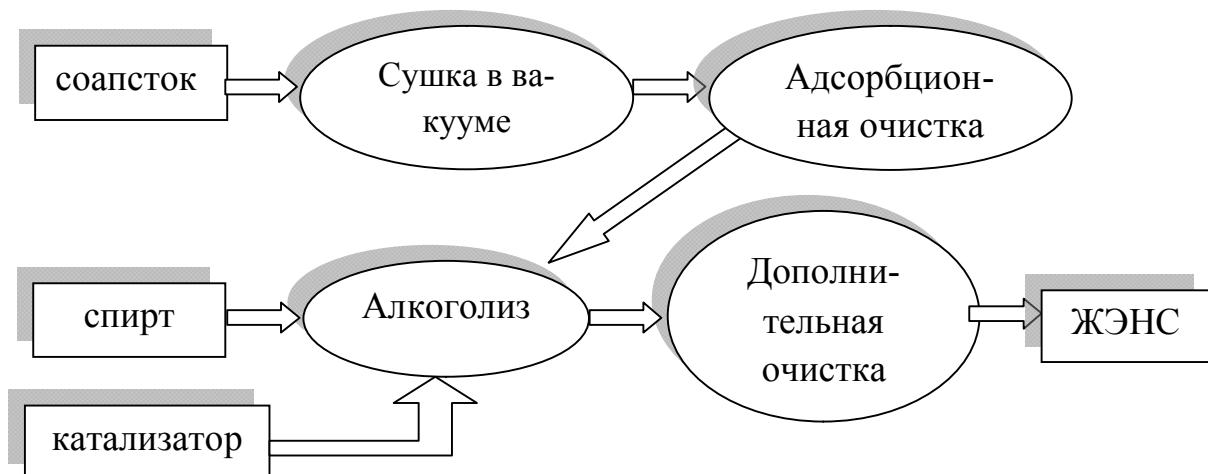


Рис. 1. Схема получения ЖЭНС из смеси ацилглициеролов и жирных кислот

Более предпочтительным представляется другой способ получения ЖЭНС. По второму способу необходимо провести как можно более полное омыление соапстока. Полученное мыло обработать кислотой (чаще всего серной). Образуется смесь жирных кислот и водного раствора сульфата натрия, которые разделяются отстоем (центрифугированием).

Жирные кислоты можно дочистить с помощью адсорбента от примесей. Затем прямой этерификацией смеси кислот спиртов в ходе катализитического процесса получить ЖЭНС. Схема получения ЖЭНС по второму способу представлена на рис. 2.

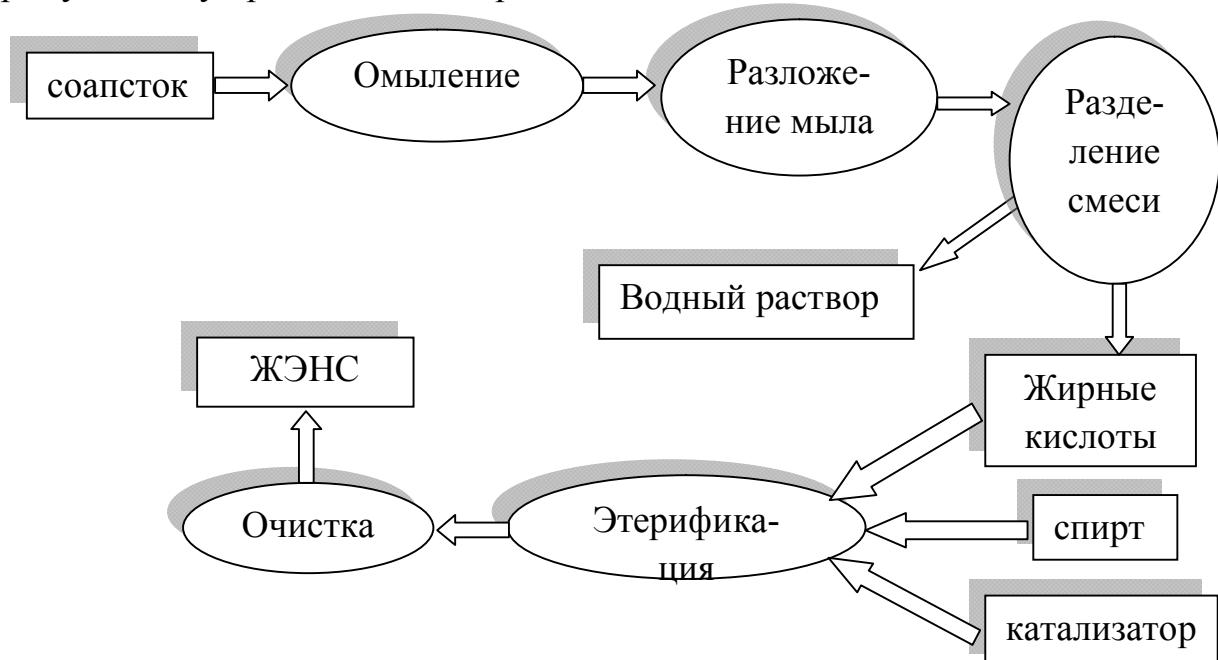


Рис. 2. Получение ЖЭНС из жирных кислот соапстока

При этом с технологической точки зрения более предпочтительным представляется использование гетерогенных катализаторов, особенно если процесс будет организован в непрерывном режиме.

Кроме жиров или жирных кислот для получения ЖЭНС необходим низкомолекулярный спирт. И если в относительно недалёком прошлом в качестве низкомолекулярного спирта использовался исключительно метиловый спирт, то в настоящее время рассматриваются и другие низкомолекулярные спирты. Реально, речь может идти о трёх спиртах. Это метиловый, этиловый, бутиловый спирты.

Спиртовые компоненты для получения ЖЭНС. В настоящее время наиболее популярным и широко используемым спиртом для получения ЖЭНС является метанол. Однако он обладает рядом недостатков, которые во всё большей мере перевешивают его преимущества. Метанол ядовит; его получают из природного газа (не возобновляемый источник сырья, который всё время дорожает и этот процесс продолжится в будущем). Ядовитость метанола опасна для окружающей среды и при гидролизе его жирнокислых эфиров, который может протекать при попадании этих эфиров в окружающую среду. Наконец, по цене он уже не так сильно отличается от этанола и бутанола, а в условиях Украины безакцизный этанол уже может быть дешевле метанола. Конечно, получение метиловых эфиров жирных кислот из ацилглицеролов осуществляется в простых условиях. Но переход на другое жировое сырьё, в частности на жирные кислоты (или сырьё с высоким содержанием жирных кислот) требует кислотного катализатора. При кислотном катализаторе технология получения метиловых эфиров нисколько не проще, чем с использованием других спиртов. Таким образом, при использовании в качестве жирового сырья жирных кислот или их смесей с ацилглицеролами, использование метанола не даёт никаких преимуществ. Вероятно, поэтому во многих странах этанол рассматривается как спирт, который придет на замену метанолу. У этанола есть ряд преимуществ. Его получают из возобновляемых источников сырья. Он гораздо менее ядовит, чем метанол. Его эфиры с жирными кислотами практически не отличаются по свойствам от метиловых эфиров жирных кислот. Для Украины этанол обладает ещё и тем преимуществом, что мощности по его производству загружены ~ на 50%, поэтому рост его производства не потребует значительных

капитальных вложений, создаст новые рабочие места, увеличит поступление налогов. Кроме того, во всём мире (и в Украине) этанол рассматривается как альтернативное горючее для двигателей с искровым зажиганием (альтернатива нефтяному бензину). В связи с последним обстоятельством производство биоэтанола в мире растёт очень быстрыми темпами, а цена на него постепенно снижается. Согласно отчетам Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), объем производства биоэтанола будет расти и к 2017 г. достигнет 125 млрд. л, что в 2 раза больше показателя 2007 г. В качестве примера специалисты FAO приводят успешное использование растительного топлива в Бразилии. Страна является крупнейшим в мире производителем биоэтанола. Около одного миллиона бразильских автомобилей работают на горючем, получаемом из сахарного тростника [10]. Очень важно и то, что для производства этанола по новым, так называемым «зелёным», технологиям можно использовать непищевое сырьё. В 2004 году в Канаде был построен первый пилотный завод по производству этанола мощностью 40 т/сутки из целлюлозы, где в качестве сырья используют кукурузные початки, солому и древесные опилки. 14 января 2008 компания «Дженерал моторз» объявила о партнерстве с компанией «Коската» в производстве целлюлозного этанола по цене 1 долл./галлон (0,27 долл./л). 2011 партнеры планируют запустить завод по производству целлюлозного этанола мощностью 13,5–27 млн.л этанола в год [11]. Аналогичные процессы идут и в Украине. Кабинет министров Украины разработал законопроект об обязательном добавлении производителями бензина биоэтанола в состав топлива, начиная со следующего года. Об этом сообщила пресс-служба Министерства энергетики и угольной промышленности со ссылкой на главу ведомства Юрия Бойко. Как сообщил Ю. Бойко, законопроектом предусмотрено, что содержание биоэтанола в бензинах должно составлять 5%, начиная с 2013 года, и 7% – с 2014 года [12]. Таким образом, недостатка в этаноле в Украине не будет.

Что касается технологии получения этиловых эфиров жирных кислот (ЭЭЖК), то она уже отработана в достаточной степени. Существуют и предлагаются на продажу установки для получения ЭЭЖК в промышленных количествах. Передовые позиции в производстве как ЭЭЖК

так и оборудования для этого процесса в Европе занимает Франция. Разумеется, как всякая технология, особенно относительно новая, технология получения ЭЭЖК нуждается в совершенствовании, и этот процесс активно развивается как во всём мире, так и в Украине.

Хотелось бы обратить внимание ещё на один спирт, это упомянутый выше бутанол. Во всём мире он позиционируется, прежде всего, как альтернатива нефтяному бензину и этанолу. Его называют горючим следующего поколения. Главными его преимуществами по сравнению с биоэтанолом являются более высокая энергонасыщенность и существенно более низкая гигроскопичность. Пока биобутанол дороже, чем биоэтанол, однако, в близком будущем эксперты прогнозируют сближение цен и даже более низкие цены для биобутанола, чем для биоэтанола. Важно, что и биобутанол получают по «зелёным» технологиям [13]. Технически нет никаких препятствий для производства биобутанола на украинских спиртзаводах. Об этом сообщил технический директор концерна «Укрспирт» Петр Бойко на Семинаре «Построение бизнеса в сфере производства и продаж топливного этанола», организатором которого выступила консалтинговая компания FuelAlternative. Производство биобутанола на украинских спиртзаводах могло бы упростить развитие топливного направления на предприятиях, поскольку исключило бы возможное нецелевое использование сырья и его попадание на рынок в виде нелегальной водки, – такое мнение высказали участники семинара. Семинар состоялся 12 декабря 2009 г. в Конча-Заспе (Киевская обл.) и собрал идеологов производства и трейдинга биоэтанола. Партнерами мероприятия выступили УкпНИИНП «МАСМА» и ОАО «ВНИПИНефть». С презентациями собственных проектов выступили компании «Техинсервис» (Украина), Maguin Interis (Франция), Delta-T (США) [14]. С точки зрения технологичности биобутанола при получении дизельного горючего – бутиловых эфиров жирных кислот (БЭЖК), то он выгодно отличается от этанола. Это отличие состоит в том, что при использовании жирового сырья с высоким содержанием жирных кислот, образующаяся вода отгоняется из реактора в виде азеотропной смеси с бутанолом. Последний, после отстоя может быть возвращён в реактор. Это сдвигает равновесие в сторону образования целевых продуктов и не требует разработки специальных приёмов для удаления реакционной воды. Совер-

шенствование технологии получения БЭЖК которое сейчас проводится в Украине, в частности по программе Национальной академии аграрных наук, в том числе и авторами данной статьи, направлено на поиск новых катализаторов и оптимизацию условий проведения процесса.

Выводы. 1. Производство биодизельного горючего в Украине может быть рентабельным в случае использования в качестве жировой компоненты отходов производства масложировой промышленности и предприятий общественного питания.

2. На нынешнем этапе производство жирокислых эфиров низкомолекулярных спиртов должно рассматриваться, прежде всего, с точки зрения экологии – снижение токсичности выхлопа двигателей, квалифицированного использования жировых отходов.

3. В качестве спиртового компонента в Украине самым перспективным спиртом сегодня может выступать этанол, а в недалёком будущем бутанол, получаемые по «зелёным» технологиям.

Список литературы: 1. Демидов И.Н. Получение дизельного топлива в Украине на основе возобновляемого сырья. / И.Н. Демидов // Зб. праць УкрНДІОЖ УААН, в. 1 – Х.: – 2007 – с. 25 – 31. 2. Девягин С.Н., Марков В.А., Семёнов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – Х.: Новое слово. – 2008. – 600с. 3. Яковлев В.А. Проблема получения высококачественных моторных топлив из биомассы растений. Состояние и перспективы. – Наука в Сибири. – 2008. – №12 (2647) – с. 7 - 19. 4. Демидов И.Н. Перспективные технологии в масложировой промышленности. / И.Н. Демидов // Науково-виробничий журнал «Олійно-жировий комплекс». – Днепропетровск. – 2008.– № 3. – с. 17 - 22. 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.1-6. 6. Демидов И.Н., Ничипорчук Е.В. Этанолиз 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. Мельников С.М., Шалыго Н.В. Хозяйственно полезные виды водорослей. В мире науки. – 2009. – № 3(75). – с. 38-42. 8. Новиков О.Н. Биотопливо следующего поколения. / http://www.igooeg.uspb.ru/page_14.htm 1. 9. <http://abercade.ru/research/analysis/2314.html>. Матер. комп. The Global Petroleum Club. 10. Олійно-жирова галузь України і Російської Федерації. Показники роботи за 9 місяців 2011 р., МР/Х., УкрНДІОЖНААН. – 2011. – №3. 11. <http://biodiesel.org.ua/index.php/2009/01/13/texnicheskix-prepyatstvij-dlya-proizvodstva-biobutanola-na-predpriyatiyax-ukrspirta-net/> 12. <http://vetrodvig.ru/p=1472>. 13. <http://www.bagnet.net/news/economics/179679>. 14. http://www.ecotoc.ru/liquid_biofuel/biobutanol/d72.

Поступила в редакцию 31.05.12

УДК 664.38

М.А ЛАБЕЙКО, мол. наук. співр., УкрНДІОЖ, Харків,
О.А. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, ст. наук. співр., НТУ «ХПІ»,
З.П. ФЕДЯКІНА, зав. відділом, УкрНДІОЖ, Харків,
П.Ф. ПЕТИК, канд. техн. наук, директор, УкрНДІОЖ, Харків

ОТРИМАННЯ БІЛКОВОГО ПРОДУКТУ З НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ВІТЧИЗНЯНОЇ СЕЛЕКЦІЇ

У статті представлено дані щодо фізико-хімічних показників насіння та складу ядра соняшнику різних сортів та гібридів української селекції. Завдяки м'яким режимам олієвидобування із безлужпинного ядра насіння соняшнику отримано харчовий шрот та досліджено його фізико-хімічні і органолептичні показники, а також амінокислотний склад білків

В статье представлены данные относительно физико-химических показателей семян и состава ядра подсолнечника разных сортов и гибридов украинской селекции. Благодаря мягким режимам маслодобывания из безлузгового ядра семян подсолнечника получен пищевой шрот и исследованы его физико-химические и органолептические показатели, а также аминокислотный состав белков

In the article information is presented in relation to the physical-chemical indexes of seed and composition of sunflower kernel of different sorts and hybrids of the Ukrainian selection. Due to the soft modes of fats production from the cover-free sunflower seed kernels of food meal is got and his physical-chemical and organoleptical indexes, and also amino acids composition of proteins, are investigated

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науково-практичними завданнями.

В Україні на сьогоднішній день у різних галузях народного господарства широко використовуються білкові добавки рослинного походження, які в основному імпортуються. Виробництво вітчизняних білкових добавок рослинного походження знаходиться у зародковому стані, тому налагодження процесів виробництва українських білкових продуктів рослинного походження є однією із актуальних проблем розвитку олієжирової промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.

Незважаючи на існуючі роботи з питань отримання білкових продуктів [1-5], проблема дефіциту повноцінного білка стойко достатньо гостро і одним із шляхів її вирішення є використання продукції рослинництва, зокрема продуктів переробки насіння олійних культур. В наслідок обмеженості ресурсів тваринних білків дослідження процесів отримання білкових продуктів різноманітної функціональної направленості та впровадження промислових виробництв рослинних білків має широкі перспективи.

Основною сировиною для виробництва білкових добавок рослинного походження є насіння сої і продукти його переробки, однак з початком комерційного вирощування генетично модифікованої сої попит на білкові продукти із сої значно знизився. Тому насіння соняшнику є одним із перспективних джерел цінного харчового білка, який може застосовуватися як білковий збагачувач продуктів харчування, так і для створення нових видів нетрадиційних білкових продуктів.

У сім'янці сучасних сортів та гібридів соняшнику вміст олії складає в середньому 50,8 %, білку – 16,2 %, а їх сума – 67 %. Загальна сума олії і білку в насінні сої менша, ніж у соняшника (63,1 %), а в насінні льону олійного і ріпаку декілька більша (69,9-70,0 %). Таким чином, вирощуванням олійних культур вирішується проблема не тільки виробництва рослинних олій, але і рослинного білку. До того ж запасні білки насіння соняшнику мають високу перетравлюваність та біологічну цінність, чим вигідно відрізняються від більшості рослинних білків, в тому числі і білка сої [6].

Формулювання цілей статті.

Таким чином, метою нашої роботи було дослідження насіння соняшнику різних сортів і гібридів української селекції та вибір найбільш доцільної сировини для отримання білкових продуктів.

Викладання основного матеріалу дослідження.

Над вирішенням питань селекції і насінництва соняшнику в Україні працюють наукові установи системи Національної академії аграрних наук України: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (м. Харків),

(. . .)
(. . .).
2

48% — 67%. — 7,
—
-503, -908, -1002, -1006, -1007, -2111, -2552, -3848, -
4353

,
50 %
: -1, -3, -5, -7, -9.
(80 %) 526,
(33,6 %) - (6,1 %)
-190 , -167 .

' 28%: — ,
, , 1,
: -51 , -52 .

(,)
—
,
,
,
2009 – 2011 .

, . 1.

		.			1	-51	-52
, %	5,13	5,72	5,24	4,35	5,06	5,85	5,62
, %	0,33	0,21	0,20	0,36	0,42	0,28	0,30
, %	43,97	42,50	44,23	43,84	44,53	39,50	39,56
/ ,	0,51	0,45	0,54	0,42	0,49	0,60	0,57
, / ³	351,00	398,00	353,00	375,00	376,00	346,00	341,00
1000 ,	104,11	98,52	120,67	95,25	98,31	117,34	124,34
, %	31,08	35,93	34,31	29,20	30,25	33,66	36,27

,

,

«

– 2 » [8].

. 2.

		.			1	-51	-52
, %	57,64	52,57	59,41	56,64	58,01	52,80	53,91
, %	25,35	27,15	21,49	22,99	23,01	23,88	26,31

Дослідження показали, що найбільшу кількість білкового азоту містить ядро насіння соняшнику сорту Запорізький кондитерський (табл. 2). Особливістю цього сорту є крупне, добре виконане насіння, яке легко обрушується, при цьому вихід кондиційного ядра перебільшує 70%. Враховуючи це, вважаємо, що насіння соняшнику сорту Запорізький кондитерський є найбільш доцільної сировиною для отримання білкових продуктів із заданим вмістом білку. Подальші дослідження проводили з використанням насіння даного сорту.

Безлушкинне ядро сушили у киплячому шарі за температури повітря 65...70 °C до вмісту вологи 1,5...3,0 %. Потім ядро пресували методом плющення за температури 70 °C, при цьому вилучили до 70,0 % олії, що міститься у ядрі. Олію з пелюстки виділяли екстракцією органічним розчинником до вмісту жиру у шроті менше 1,0 %. Відгонку розчинника із шроту проводили під вакуумом, та подрібнювали шрот у борошно [9].

Відомо, що під час підготовки насіння до переробки та видобування олії на олійно-жирових підприємствах (тобто в процесах сушіння, зберігання, обрушування, волого-теплової обробки, пресування та екстракції) відбуваються зміни білкових речовин олійних культур, що приводить до зниження біологічної цінності білків. Тому виникає необхідність отримати дані щодо фізико-хімічних та органолептических показників харчового шроту у порівнянні з вимогами ДСТУ до кормового соняшникового шроту, отриманого за класичною технологією. Ці дані наведено у табл. 3.

Таблиця 3
Фізико-хімічні та органолептичні показники харчового шроту

Найменування показника	Шрот соняшниковий високопротеїновий негранульований [10]		Шрот соняшниковий харчовий
	звичайний	тостований	
1	2	3	4
Масова частка вологи та летких речовин, %	7,0 – 10,0	9,0 – 11,0	5,9
Масова частка золи, не розчинної у 10%-ній соляній кислоті, у перерахунку на абс. суху речов., %	не більше 1,0		0,76

Продовження таблиці 3

1	2	3	4
Масова частка сирого жиру і екстрактивних речовин у перерахунку на абс. суху речов., %		не більше 1,5	0,86
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абс. суху речов., %		не менше 39,0	56,30
Сумарна масова частка розчинних протеїнів у шроті до загальної кількості протеїну, %	-	не менше 68,0	95,63
Масова частка сирої клітковини у перерахунку на абс. суху речов., %		не більше 23,0	4,20
Масова частка залишкової кількості розчинника, %	не більше 0,1	не більше 0,08	0,05
Колір		Сірий різних відтінків	Білий з кремовим відтінком
Запах	Характерний соняшниковому шроту без стороннього запаху		Без запаху
Зовнішній вигляд	Однорідна сипка маса		Однорідна порошко-подібна маса

Відомо, що для виробництва харчових білкових продуктів слід використовувати шрот, який представляє собою продукт з максимально можливим вмістом нативних білків, мінімальним вмістом вуглеводних та інших сторонніх домішок, низьким вмістом ліпідів. Цей шрот треба отримувати за таких режимів олієвидобування, які забезпечують вміст в ньому 75–82 % розчинного протеїну [11]. Таким чином, шрот, отриманий за новим способом, на відміну від шроту, який отримують за звичайних виробничих режимів, відповідає вимогам до сировини для отримання харчових білків.

Для білкових продуктів важливим показником також є біологічна цінність, яка визначається шляхом розрахунку амінокислотного скору (А.с.) незамінних амінокислот і його співставлення зі стандартною шкалою Комітету ФАО/ВООЗ [12].

В табл. 4 наведено порівняльну характеристику амінокислотного складу і скору білків насіння соняшнику сорту Запорізький

кондитерський та отриманого харчового шроту. Як видно з табл. 4, в насінні соняшнику сорту Запорізький кондитерський є всі незамінні амінокислоти, але насіння соняшнику та харчовий шрот містять меншу кількість лізину та суміші цистину і метіоніну, ніж еталонний білок, що лімітує їх біологічну цінність. Крім цього видно, що білок шроту за вмістом незамінних амінокислот практично не відрізняється від білку соняшникового насіння, оскільки спосіб отримання харчового шроту базується на м'яких режимах олієвидобування. Важливою позитивною властивістю білків соняшника також є наявність сіркоутримувальних амінокислот і відсутність токсичних або «антіпоживих» речовин.

Таблиця 4
Склад незамінних амінокислот насіння соняшнику та шроту

Найменування амінокислот	Довідкова шкала ФАО/ВООЗ	Насіння соняшнику		Шрот харчовий	
		Вміст амінокислоти, г/100 г білка	А.с., %	Вміст амінокислоти, г/100 г білка	А.с., %
Валін	5,0	3,81	76,20	3,83	76,60
Ізолейцин	4,0	3,23	80,75	3,26	81,50
Лейцин	7,0	7,37	105,29	7,4	105,71
Лізин	5,5	3,78	68,73	3,75	68,18
Метіонін + цистин	3,5	2,42	69,14	2,38	68,00
Треонін	4,0	4,83	120,75	4,85	121,25
Триптофан	1,0	1,18	118,00	1,22	122,00
Фенілаланін + тирозин	6,0	7,99	133,17	8,17	136,17
Сума незамінних амінокислот	36,0	34,61	96,13	34,86	96,83

Подальші дослідження будуть спрямовані на розроблення технологій одержання різноманітних форм білкових продуктів із насіння та шроту соняшника з різними функціонально-технологічними властивостями.

Висновки:

1. Одержано нові дані щодо фізико-хімічних показників насіння та складу ядра соняшнику різних сортів та гіbridів української селекції. Встановлено, що насіння соняшнику сорту Запорізький кондитерський є найбільш доцільної сировиною для отримання білкових продуктів із заданим вмістом білку.

2. Встановлено, що завдяки використанню м'яких режимів олієвидобування із безлушпинного ядра насіння соняшнику можна отримати харчовий шрот, який відповідає вимогам до сировини для отримання харчових білків і, як слід, може бути рекомендований в якості нової сировини.

3. За оцінкою амінокислотного складу білків доведено високу біологічну цінність білків насіння соняшнику та харчового шроту. Встановлено, що за вмістом незамінних амінокислот та біологічною цінністю білки насіння соняшнику і харчового шроту практично не відрізняються, що пов'язано з технологією отримання харчового шроту, яка базується на м'яких режимах олієвидобування. У зв'язку з цим створення білкових продуктів із харчового шроту та їх застосування є перспективним способом вирішення проблеми білкового дефіциту.

Список літератури: 1. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи / В.Б. Толстогузов. – М.: Агропромиздат, – 1987. – 303 с. 2. Щербаков В.Г. Производство белковых продуктов из масличных семян / В.Г. Щербаков, С.Б. Иваницкий – М.: Агропромиздат, – 1987. – 315 с. 3. Дудкин М.С. Новые продукты питания / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов. – М.: Наука, – 1998. – 304 с. 4. Растительный белок: новые перспективы / под ред. Е.Е. Браудо. – М.: Пищепромиздат, – 2000. – 180 с. 5. Осейко М. Білок і білково-ліпідні продукти / М. Осейко, А. Українець, Л. Хомічак // Харчова і переробна промисловість. – 2004. – № 12. – С. 10 – 11. 6. Толмачев В. Подсолнух для кондитеров / В. Толмачев, П. Лазер, Д. Бочковой // Зерно. – 2010. – № 3. – с. 14 – 18. 7. Кривошеєва О.В. Національна базова колекція соняшнику в Україні як джерело цінних ознак для селекції / О.В. Кривошеєва, В.К. Рябчун, Н.Н. Леонова, К.В. Ведмедєва // Науково-технічний бюллетень Інституту олійних культур УААН. – 2009. – № 14. – С. 28 – 34. 8. Пат. 17430 Україна, МКІ B02B 3/00, 3/02. Насіннєрушка-2 Іхно / Іхно М.П.; заявник і патентовласник Харківський державний політехнічний університет. – № 95042099; заявл. 27.04.95; опубл. 16.10.2000, Бюл. №5. 9. Пат. 85385 Україна, МПК A23J 1/14. Спосіб отримання білкового харчового концентрату з ядра соняшника / Іхно М.П., Конєв М.Д., Котелевська А.А., Лукіна (Литвиненко) О.А.; заявник і патентовласник НТУ «ХПІ» – № a200600171; заявл. 06.01.2006; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2. 10. Шрот соняшниковий. Технічні умови: ДСТУ 4638:2006. – [Чинний від 2008-01-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, – 2007. – 19 с. – (Національний стандарт України). 11. Дементий В.А. Подсолнечный шрот для получения белковых продуктов / В.А. Дементий, Л.М. Горикова, Л.В. Рубина, П.П. Раковский, З.А. Чайка, В.И. Тортка // Масло-жировая промышленность. – 1987. – № 12. – С. 5 – 7. 12. Скурихин И.М. Все о пище с точки зрения химика / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – М.: Высшая школа, – 1991. – 228 с.

Надійшла до редколегії 19.07.2012

А.П. МЕЛЬНИК, докт. техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»,
В.Ю. ПАПЧЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»

ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ГЛІЦЕРИНУ ЗА РЕАКЦІЄЮ АМІДУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Досліджено реакцію амідування соняшникової олії діетаноламіном. Визначено залежності змін концентрацій компонентів реакційних мас від часу реакції. Знайдено температуру і тривалість при яких досягнуто максимальну концентрацію утвореного гліцерину

Исследована реакция амидирования подсолнечного масла диэтаноламином. Определены зависимости изменения концентраций компонентов реакционных масс от времени реакции. Найдено температуру и продолжительность реакции при которых достигнута максимальная концентрация образованного глицерина

The reaction of amidation of sunflower oil in diethanolamine has been investigated. Constructed according to changes in the concentrations of components of the reaction mass from the reaction time. Found the temperature and duration at which reached a maximum concentration of glycerol formed

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науково-практичними завданнями. Гліцерин (Гл) на світовому ринку є дефіцитом та ціни на нього постійно зростають, незважаючи на те, що у ряді галузей промисловості замість Гл використовують більш дешевші замінники. Це пов'язано з тим, що розвиваються нові галузі застосування Гл: виробництво штучних волокон, синтетичного каучуку, алкідних смол, целюлозної плівки. Гл з його унікальними фізичними та хімічними властивостями (гігроскопічність, висока в'язкість, низка температура замерзання розчинів, утворення нітрогліцерину та ін.) широко застосовується у різних сферах промисловості. Найбільша кількість Гл використовується для виробництва вибухових речовин, пластичних мас, медичних препаратів, тютюнових виробів, миючих та косметичних засобів [1]. Застосовують Гл і для отримання харчових поверхнево-активних речовин (ПАР), як добавки, що сприяють підвищенню якості готової продукції. Найбільш розповсюджені ПАР – моно- (МАГ) та діацилгліцерини (ДАГ), ефіри полігліцерину, оксиетильовані МАГ та жирні кислоти, ефіри пропіленгліколю. Як відомо [1] в промисловості МАГ отримують шляхом етерифікації жирних кислот Гл або гліцеролізом жирів та олій. Крім того, Гл використовують у виробництві муючих та косметичних засобів. Велика кількість сортів туалетного мила містить Гл, який посилює його миючу

здатність, надає білизну шкірі та пом'якшує її. Гліцеринове мило сприяє видаленню забарвлених від сонця речовин шкіри. До складу прозорих сортів мила входить 8 % – 15 % мас. Гл. Він також входить до рецептур шампунів, наприклад шампунь «Лавандовий» містить гліцериново-спиртовий купаж з конвалії, черемухи, калини, елеутерококу, а також витяжку з лаванди [1]. Його застосовується у виробництві кремів для шкіри, засобів для укріplення волос, гелів для фіксації зачіски та ін. [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розвязання даної проблеми. У попередніх роботах [2 – 5] розглянуто реакцію амідування соняшникової олії (СО) діетаноламіном (ДЕА), де зосереджено увагу на отриманні азото-, кисеньвмісних продуктів таких, як ДАГ, МАГ та діетаноламіди жирних кислот (ДЖК). Однак, під час цієї реакції отримується і деяка кількість побічного продукту – Гл. А це створює умови для одержання цілого ряду композицій різного призначення. Отже вивчення умов, які б дозволяли отримувати ДАГ, МАГ, ДЖК та Гл з поновлюваних сировинних джерел представляє не тільки науковий, але і практичний інтерес. Тому мета роботи полягає у дослідженні кінетики утворення Гл за реакцією амідування триацилгліцеринів (ТАГ) СО ДЕА.

Викладання основного матеріалу дослідження. В дослідженні використано рафіновану соняшникову олію за ДСТУ 4492:2006 і ДЕА фірми Akzonobel (99 % основної речовини, густина $d^{20}_4 = 1,0966$). Одержання реакційних мас здійснено, як в [6]. Реакційні маси одержано при мольному відношенні реагентів 1:1, 1:2, 1:3 в інтервалі температур 433 К – 473 К. Кінетичні дослідження проведено згідно методики [6]. На основі експериментальних даних було отримано залежності змін концентрацій Гл реакційних мас від часу реакції (рис. 1).

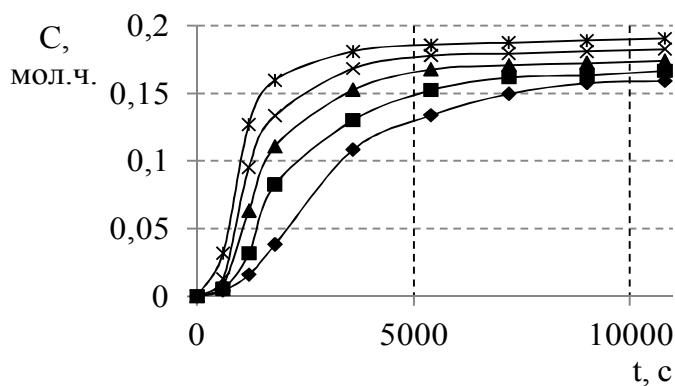


Рис. 1. Залежності змін концентрації Гл отриманого при взаємодії ТАГ СО з ДЕА при МВ 1:3 в інтервалі температур 433 – 473 К від часу реакції, де: ◆ – 433 К, ■ – 443 К, ▲ – 453 К, x – 463 К, * – 473 К

Як видно з рис. 1 максимальну концентрацію Гл 0,19 мол.ч. при МВ реагентів 1:3 досягнуто за 10800 с. Визначення умов утворення максимуму концентрації Гл проведено за оцінкою величини ступеня утворення (СУ) Гл, який, в свою чергу, розраховано як відношення поточної концентрації до максимуму концентрації Гл за рівняннями хімізму амідування ТАГ ДЕА [7]. На рис. 2, 3 представлено залежності СУ Гл ($C_{U_{Gl}}$) при взаємодії ТАГ СО з ДЕА в інтервалі температур 433 – 473 К від часу реакції.

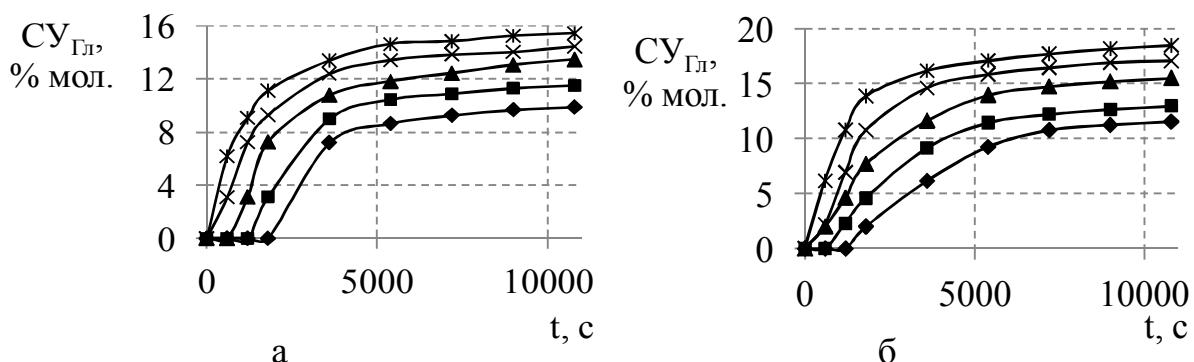


Рис. 2. Залежності СУ Гл ($C_{U_{Gl}}$) від часу реакції при взаємодії ТАГ СО з ДЕА в інтервалі температур 433 – 473 К при МВ реагентів 1:1 – а і 1:2 – б, де:

◆ – 433 К, ■ – 443 К, ▲ – 453 К, x – 463 К, * – 473 К

Експериментально встановлено (рис. 2, 3), що ступінь утворення Гл постійно зростає із збільшенням МВ реагентів, часу реакції і підвищеннем температури. Крім того, при МВ реагентів 1:1 та 1:2 спостерігаються S-подібні залежності СУ Гл від часу при всіх температурах.

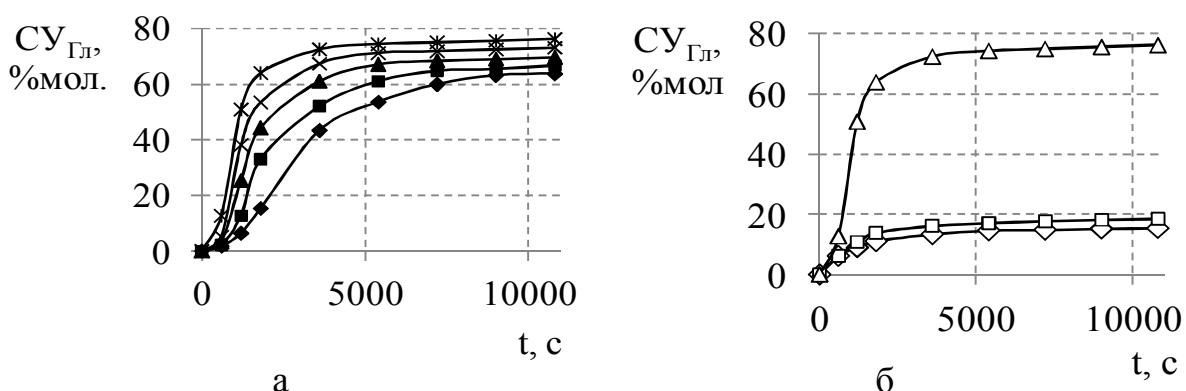


Рис. 3. Залежності СУ Гл ($C_{U_{Gl}}$) від часу реакції при взаємодії ТАГ СО з ДЕА в інтервалі температур 433 – 473 К при МВ реагентів 1:3 – а (температура 473 К) та МВ 1:1, 1:2, 1:3 – б, де: ◆ – 433 К, ■ – 443 К, ▲ – 453 К, x – 463 К, * – 473 К, ◇ – 1:1, □ – 1:2, △ – 1:3

Такий характер кінетичних залежностей з індукційним періодом вказує на те, що при взаємодії ацилгліцеринів з ДЕА утворюється не тільки аміди жирних кислот – ДЖК, але й ефіроамін (ЕА). Максимальне значення СУ Гл досягнуто при МВ реагентів 1:3, температурі 473 К за 10800 с і складає 77 % мол. (рис. 3), що узгоджується із значенням СУ Гл за відомими літературними даними [8] і з результатами дослідження амідування ТАГ соняшникової олії МЕА [9].

Висновки:

Встановлено, що при амідуванні ТАГ СО ДЕА в дослідженіх умовах протікає ряд реакцій, які зумовлюють утворення Гл. Дослідженнями зміни концентрацій Гл з часом реакції знайдена температура і тривалість, при яких досягнуто максимальну концентрацію утвореного впродовж реакції Гл.

Список літератури: 1. Лещенко Н.Ф. Технология производства глицерина из жиров и масел и его применение / Н.Ф. Лещенко – М.: Пищепромиздат, – 1998. – 192 с. 2. Мельник А.П. Розрахунок термодинамічних параметрів реакції взаємодії ацилгліцеринів з етаноламінами / А.П. Мельник, Т.В. Матвеєва, В.Ю. Папченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2006. – № 12. – С. 63 – 66. 3. Мельник А.П. Дослідження амідування триацилгліцерінів соняшникової олії діетаноламіном / А.П. Мельник, В.Ю. Папченко, Т.В. Матвеєва // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» – 2007. – № 27. – С. 92 – 95. 4. Мельник А.П. Дослідження одержання азото-, кисеньвмісних похідних жирних кислот амідуванням соняшникової олії діетаноламіном / А.П. Мельник, В.Ю. Папченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» – 2010. – № 4. – С. 3 – 6. 5. Мельник А.П. Дослідження амідування діетаноламіном трипальмітину / А.П. Мельник, В.Ю. Папченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» – 2006. – № 43. – С. 55 – 58. 6. Мельник А.П. Дослідження реакції утворення алкілкарбон-N-(дігідроксіетил)амідів / А.П. Мельник, В.Ю. Папченко, Т.В. Матвеєва, К.М. Діхтенко, О.А. Жуган // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – Харків: НТУ «ХПІ», – 2003. – № 11. – С. 64 – 69. 7. Папченко В.Ю. Технологія моно-, діацилгліцерінів та діетаноламідів жирних кислот амідуванням соняшникової олії: дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.18.06 / Папченко Вікторія Юріївна – Харків, – 2011. – 204 с. 8. Науменко П.В. Производство алкилоламидов, их свойства и применение / П.В. Науменко // Масложировая промышленность – 1960. – №2. – С. 27 – 30. 9. Матвеєва Т.В. Технологія отримання моноацилгліцеринів амідуванням соняшникової олії: дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.18.06/ Матвеєва Тетяна Вікторівна – Харків, – 2005. – 190 с.

Надійшла до редколегії 17.07.2012

Ю.Г. МАСІКЕВИЧ, докт. біол. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
В.Д. СОЛОДКИЙ, канд. біол. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
А.Ю. МАСІКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»,
В.Ф. МОІСЕЄВ, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЛІСОНАСАДЖЕНЬ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Дана загальна характеристика енергетичних запасів лісових ресурсів Чернівецької області. Проведено оцінку середньорічних таксаційних, асиміляційних та енергетичних параметрів окремих показників фітомаси лісонасаджень. Проаналізовано економічну доцільність використання технологій утилізації первинних лісових відходів в регіоні

Дана общая характеристика энергетических запасов лесных ресурсов Черновицкой области. Проведено оценку среднегодовых таксационных, ассимиляционных и энергетических параметров отдельных показателей фитомассы лесонасаждений. Проанализировано экономическую целесообразность использования технологий утилизации первичных лесных отходов в регионе

The general characteristics of the energy reserves of forest resources of Chernivtsi region. The estimation of average annual forest valuation, assimilation and energy parameters of individual indicators phytomass afforestation. Analyzed the economic feasibility of technologies for utilization of primary forest waste in the region

Вступ.

Проведені дослідження направлені на вивчення енергетичних запасів деревостанів та обґрунтування раціонального використання біомаси лісу. За існуючого сучасного підходу до використання деревних ресурсів, даному виду ресурсу загрожує перехід в категорію «вичерпних невідновних». Покращити ситуацію можна частково за рахунок більш ефективного використання лісової сировини як енергетичного ресурсу. Мова йде, перш за все, про утилізацію відходів із деревини для отримання тепла, що значно скорочує витрати на закупівлю енергоносіїв і дозволяє вирішити важливу екологічну проблему переробки відходів підприємств лісового господарства (первинні лісові відходи) та деревообробної промисловості (вторинні лісові відходи). Даний підхід

відповідає принципам сталого лісокористування і здатний сприяти, на наш погляд, вирішенню проблеми забезпечення енергією людства та уникнення навислої над ним екологічної катастрофи. Особливо актуальним даний підхід є для регіонів, де ліси вкривають більше третини території, і є основним природним ресурсом.

Актуальність проблеми.

Підготовлений нещодавно Всесвітнім фондом охорони дикої природи (WWF) в співпраці з консалтинговим агентством в сфері енергетики Ecofys «Енергетичний звіт» [1] свідчить, що сучасна парадигма енергозабезпечення людства, що базується на енергії викопного палива, є вкрай не збалансованою. В зв'язку із прогресуючим зменшенням на планеті запасів невідновних (викопних) природних енергетичних ресурсів (газ, нафта, вугілля) та нагальною потребою зменшення шкідливих викидів в навколошнє природне середовище, особливої актуальності набуває питання використання альтернативних видів палива [2]. Серед різних видів альтернативного палива особливе місце займає біопаливо і, зокрема деревина, оскільки вона за своїми енергетичними показниками рівноцінна бурому вугіллю [3] та характеризується відсутністю сірки та фосфору. На сьогоднішній день напрацьована фундаментальна теоретична база для оцінки фітомаси лісостанів, обґрунтовано математичні моделі конверсійних коефіцієнтів головних лісотвірних порід [5], створена база даних «Фітомаса лісів України» [6], проаналізовано стан управління енергозабезпеченням шляхом використання вторинних енергоресурсів [7] проведено оцінку запасів енергії деревостанів ряду регіонів Україні [8, 9]. Незважаючи на те, що загальна площа земель лісового фонду Чернівецької області становить 32 % її території [4] питання оцінки енергетичних запасів ділової деревини та первинних лісових відходів регіону вивчені недостатньо. Саме дані мотиви послужили метою проведення досліджень.

Матеріали і методика дослідження.

Оцінка енергетичного потенціалу деревостанів базується на комплексній оцінці наземної фітомаси, методика якої детально описана в наукових працях проф. П.І. Лакиди та його школи [6, 8]. Розрахунок запасів енергії різних компонентів фітомаси проводився відповідно до

алгоритмів запропонованих для розрахунку вуглецю у фітомасі [8] з врахуванням енергетичного еквіваленту одиниці ваги вуглецю (одна тона вуглецю= 35,76 ГДж енергії) [10].

Результати статистично опрацьовані [12], дані достовірні при $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення.

Слід зазначити, що більшість існуючих в Україні таксаційних нормативів характеризують ріст та продуктивність високоповноважних та високопродуктивних деревостанів, яких практично не залишилося внаслідок інтенсивної господарської діяльності. Фактично існуючі деревостани є середньоповноважними насадженнями, які прийнято називати модальними. В своїх дослідженнях ми виходили з розрахунків саме таких середньоповноважних насаджень із відносною повнотою 0,7-0,8. В дослідженнях нами були використані лісотаксаційні показники відображені в «Економічній доповіді» Головного управління статистики у Чернівецькій області за 2010 рік [4]. Використовуючи методичний підхід описаний Лакидою [6] нами було досліджено зв'язок між основними таксаційними показниками та ваговими характеристиками фітомаси (таблиця 1). Для цього були використані перевідні конверсійні коефіцієнти із суміщенням у подальшому їх з банками даних [6]. Під конверсійним коефіцієнтом (Phfr/M) розуміють співвідношення фітомаси до маси стовбурової деревини. Через розраховані значення фітомаси в подальшому визначалися показники депонованого вуглецю у фітомасі та запас енергії використовуючи алгоритми запропоновані в праці [8]. Маса вуглецю (M_c) у загальній фітомасі визначалася, як:

$$M_c = (M^{CT} + M^{GIL}) \times 0,5 + M^L \times 0,45, \quad (1)$$

де M^{CT} – фітомаса стовбурів (т/га), M^{GIL} – фітомаса гілок (т/га), M^L – фітомаса листя (т/га).

Отримані результати наведені в таблиці 1. З таблиці 1 видно, що у лісах Чернівецької області станом на 2010 рік знаходилося 44,3 млн.т фітомаси, в якій депоновано 22,15 млн.т вуглецю еквівалентного 7,92 ПДж енергії. Згідно досліджень Лакиди та спів. [9] потенціал лісової біомаси в Україні складав 312, 24 ПДж енергії, в т.ч. на первинні лісові

відходи припадало 28,7 ПДж енергії (9,19 %). За даними Головного управління статистики у Чернівецькій області [4] запас деревини в лісах області складає 62,9 млн.м³, при питомій вазі лісових насаджень області у загальнодержавному лісовому фонду – 2,4%. Отже, Чернівецька область маючи в своєму складі 2,4 % лісових площ України (при тому, що загальна площа області становить тільки 8100 км² - 1,34 % площині України) зосереджує в них 15,84 ПДж енергії, що становить 5,07 % енергетичного потенціалу лісів України. В перерахунку на одиницю площині (км²) Чернівецька область в 3,8 рази перевищує середньо державний показник (517,3 ГДж/км²) за енергопотенціалом лісових ресурсів. Саме тому для енергозабезпечення регіону потенціал лісової біомаси є пріоритетним.

Таблиця 1
Основні лісотаксаційні, асиміляційні та енергетичні показники деревостанів Чернівецької області

Площа вкрита лісовою рослинністю , тис. га	Запаси стовбурової деревини, млн. м ³	Запаси деревини на 1 га, м ³	Запаси загальної фітомаси, млн.т	Маса вуглецю депонованого у фітомасі, млн.т	Запас енергії, ПДЖ (1 Пега Дж = 10 ¹⁵ Дж)
258,8	62,9	243,0	44,3	22,15	15,84

За даними статистики останніх років щорічно в Чернівецькій області в середньому заготовлюється близько 850 тис. м³ ліквідної деревини [4]. Проведений нами розрахунок асиміляційних та енергетичних показників деревини заготовленої в 2010 році наведений в таблиці 2.

Таблиця 2
Оцінка середньорічних асиміляційних та енергетичних показників заготовленої деревини в Чернівецькій області

Заготовлено ліквідної деревини, тис. м ³ (2010 рік)	Запас фітомаси, тис.т	Маса депонованого вуглецю, тис.т	Енергетичний потенціал, ТДж (І тетра Дж=10 ¹² Дж)
899,9	633,7	316,85	113,2

Отримані результати свідчать, що за існуючих темпів приросту та заготівлі лісу в Чернівецькій області, баланс деревини відповідає 70-річному циклу відтворення, що дещо нижче віку стигlostі основних корінних лісоформуючих порід (ялиці, бук, дуб, ялини). А отже, ми беремо в борг лісовий ресурс в майбутніх поколіннях.

Слід зазначити, що загальна фітомаса складається з окремих фракцій (стовбурова частина, гілки, листя/хвоя, кора, коренева система), які використовуються вкрай нераціонально. При веденні лісового господарства можна описати три основні варіанти використання фітомаси:

а) стовбурова частина дерев використовується як ділова деревина, а інші компоненти фітомаси (гілки + листя) залишаються на місці (складені у купи або подрібнені та розкидані на площі лісосіки);

б) стовбурова частина та крони цілком використовуються як енергетична сировина (древа, пеллети, брикети тощо);

в) стовбурова частина використовується як ділова деревина, а інші компоненти фітомаси (гілки + листя) утилізуються як енергетична сировина.

На жаль, в Україні в більшості випадків мають місце варіанти «а» і «б». Так, в основному використовується фітомаса стовбурової частини, тоді як первинні лісові відходи (гілки, листя/хвоя) залишаються на лісосіці не вивезеними (з причин економічної невигідності) під маркою «екологічної доцільності». І, це в той час, коли на долю первинних лісівих відходів припадає близько 20 % фітомаси. Пні та корені, на наш погляд, слід виключити із поняття «первинні лісові відходи», в силу їх важливого значення в підтриманні гідрологічного режиму лісосік, протидії ерозії ґрунтів (особливо в гірській місцевості) та сприяння гумусоутворення.

Оцінка фракційного (компонентного) складу фітомаси деревостанів Чернівецької області проводилося з врахуванням фракційного розподілу запропонованого в праці [11].

Енергетична оцінка лісівих ресурсів за окремими компонентами фітомаси представлена в таблиці 3. Дані таблиці свідчать, що річні первинні лісові відходи складають 133,1 тис. т фітомаси, яка задепонувала 66,6 тис. т вуглецю з енергетичним еквівалентом рівним

23,7 ТДж. За даними Регіонального звіту «Вплив енергетики на довкілля Чернівецької області» [13] в 2009 році в області використано енергетичних матеріалів еквівалентом 264300 т. у.п. (1 т.у.п. =29,3 ГДж [14]). Наявні в науковій літературі дані [15] свідчать, що річний потенціал порубочних залишків в Україні складає 1,406 млн. м³ (0,314 млн.т у.п.). Розрахунки свідчать, що в Чернівецькій області на лісосіках щорічно залишається 23700 ГДж енергії, що складає 808,8 т.у.п.

Таблиця 3
Енергетична оцінка компонентів фітомаси річної заготівлі ліквідної деревини в Чернівецькій області

№ п/п	Компонент фітомаси	Розподіл в % (за [11])	Фітомаса, тис. т	Маса депонованого вуглецю, тис.т	Енергетичний потенціал, ТДж (1 тетра Дж=10 ¹² Дж)
1	Деревина і кора стовбурів	63,0	399,2	199,6	71,3
2	Деревина і кора гілок	18,0	114,1	57,05	20,4
3	Хвоя (листя)	3,0	19,0	9,5	3,4
4	Пні та корені	16,0	1091,4	50,7	18,1
Всього:		100,0	633,7	316,85	113,2

Висновки.

За результатами проведених досліджень енергетичних запасів деревостанів установлено, що лісовими насадженнями Чернівецької області накопичено 44,3 млн. т фітомаси, в якій акумульовано 22,15 млн. т вуглецю, що еквівалентно 7,92 ПДж енергії і становить 5,07 % від енергетичного потенціалу лісів України. Переробляючи первинні лісові відходи, що складають 21 % від запасу ділової деревини, можна додатково отримувати 23,8 ПДж енергії для нужд регіону.

За умов загострення в світі екологічних та економічних проблем питання подальшого енергозабезпечення потрібно вирішувати з врахуванням принципів сталого розвитку (сталий розвиток передбачає рівний доступ до засобів розвитку одночасно трьох сфер: економічної, екологічної та соціальної) та раціонального використання відновних

ресурсів, зокрема біомаси деревостанів, первинних та вторинних лісових відходів. По мірі вичерпання запасів викопних паливних ресурсів на планеті значимість відновних джерел енергії зростатиме. Переход людства на 100 % забезпечення енергетичних потреб за рахунок відновлюваної енергетики є актуальним та має науково-обґрунтовані перспективи.

Список літератури: 1. 100 % відновлюваної енергії до 2050 р. Енергетичний звіт. – 2011 [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресуру: //www.glavcom.ua / articles / 3037. html. 2. Деревні пеллети-гроші з відходів. – 2011 [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресуру: http://sgpinfo.org.ua/upload/brosh2.pdf. - 2011. 3. *Дзюпин О.В.* Утилізація відходів деревини з отриманням тепла / *О.В. Дзюпин* // Буд майстер. – 2000. – № 8. – С. 8 – 11. 4. Лісове та мисливське господарство Чернівецької області у 2010 році. Економічна доповідь / Відповідальна за випуск *М.В. Коропотницька*. – Чернівці: Головне управління статистики у Чернівецькій області, – 2011. – 17 с. 5. *Миклуши С.І.* Продуктивність рівнинних букових лісів та особливості організації сталого господарства в них: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д. с-г. наук: спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація» / *С.І. Миклуши*. – К., – 2009. – 37 с. 6. *Лакида П.І.* Фітомаса лісів України: монографія / *П.І. Лакида*. – Тернопіль: Вид-во «Збруч», – 2002. – 256 с. 7. *Дзядикович Ю.В.* Управління енергозабезпеченням шляхом використання вторинних енергоресурсів / *Ю.В. Дзядикович, Р.І. Розум, М.В. Буряк* // Всеукраїнський науково-виробничий журнал «Інноваційна економіка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресуру: http://www.nbuu.gov.ua/portal/Soc_Gum/inek/2010_2/44.pdf. 8. *Лакида П.І.* Оцінка запасів енергії м'яких листяних деревостанів Українського Полісся / *П.І. Лакида, А.М., Білоус, Р.Д. Василишин, Л.М. Матушевич* // Збірник науково-технічних праць. Науковий вісник НЛТУ України . – 2011. – Вип.21.6. – С. 8 – 14. 9. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / [*Лакида П.І., Гелетуха Г.Г., Василишин Р.Д. та ін.*], відповід. наук. ред.. д. с-г. н, проф. *П.І. Лакида*; Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. – К.: Видавничий центр НУБіП України, – 2011. – 28 с. 10. *Shvidenko A.* Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality / *A. Shvidenko, S. Nilsson, M. Obersteiner* // Wood Energy. – 2004. – Р. 323 – 340. 11. *Василишин Р.Д.* Фітомаса та депонований вуглець лісів Львівської області в контексті лісорослинного районування / *Р.Д. Василишин, Г.С. Домашовець* // Збірник науково-технічних праць. Науковий вісник НЛТУ України . – 2008. – Вип.18.3. – С. 50 – 58. 12. *Горошко П.М.* Біометрія: навч. посібник / *П.М. Горошко, С.І. Миклуши, П.Г. Хомюк.* – Львів: Вид-во «Камула», – 2004. – 236 с. 13. Вплив енергетики на довкілля Чернівецької області: Регіональна доповідь[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресуру: <http://5.ca.at.ua / loga.gov.ua/energetici / 18-1-0-10611>. 14. *Праховник А.В.* Визначення термінів і одиниць виміру та аналіз енергетичної ситуації / *А.В. Праховник, Є.М. Інішев, В.В. Усачова* // Вісник СумДУ. – 2006. №5 (89). – С. 22 – 30.

Надійшла до редколегії 01.07.12

УДК 66.045.1

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

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УТИЛИЗАЦИИ СПИРТОВОЙ БАРДЫ

Рассматриваются основные требования к процессам производства этилового спирта, отмечено, что обеспечить их для процессов утилизации барды возможно. Определены перспективы утилизации спиртовой барды в схемах энергосберегающих решений

Розглядаються основні вимоги до процесів виробництва етилового спирту, відмічено, що забезпечити їх для процесів утилізації барди можливо. Визначені перспективи утилізації спиртової барди у схемах з енергозберігаючими рішеннями

The main demands to ethyl alcohol production looked through, it is considered. The possibility of using the advantages of modern plate units for their tnrgy saving process integration was pointed out

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями. Утилизация спиртовой барды, помимо важного экономического эффекта, имеет также большое экологическое значение. Практически все спиртовые заводы за рубежом имеют отделение по утилизации барды, продуктом производства которого, в основном, является сухой кормовой продукт. Зерновая, картофельная или мелассная барда отличаются по своему составу и по концентрации, а также по номенклатуре сухих веществ, и, следовательно, по кормовой ценности. В среднем на 1 дал спирта из зерна или картофеля обычно получают $0,14 \text{ м}^3$ барды. В 1 т такой барды содержится 18,6 кг сырого протеина, который при обработке превращается в протеин дрожжей, и с учетом азота, вводимого в корма, содержание перевариваемого животными протеина увеличивается в два раза.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время на большинстве спиртовых заводов мира барду тем или иным образом перерабатывают, в основном на корма. Перевозить непереработанную барду невыгодно: большой объем жидкости и довольно низкое содержание ценных веществ делает транспортировку этих отходов

нерентабельной. Предлагаемые технологии переработки барды можно условно разделить на четыре основные технологические схемы с выпарными станциями; аэробной микробиологической переработкой жидкой фазы с получением кормовых дрожжей; метантанками с получением биогаза и комбинированные схемы. В основу комбинированных технологических схем положены известные и уже успешно зарекомендовавшие себя технологические приемы – разделение жидкой и твердой фазы на центрифугах, выращивание кормовых дрожжей на субстрате, сушка продукции [1 – 3]. Технологические схемы с выпарными станциями связаны с упариванием фугата в выпарных станциях являются самыми распространенными в мире. Привлекательная простота технического оформления не снимает, однако, проблем: стоимость выпарных станций и вспомогательного оборудования достаточно высока, процесс выпарки требует значительных энергетических затрат, а утилизация получаемого конденсата становится отдельной задачей, решение которой внутри технологии не заложено. Схемы с получением кормовых дрожжей связаны с тем, что уже со второй половины XX века в качестве кормовой добавки в животноводстве стали широко применяться кормовые дрожжи. Они существенно повышают биологическую ценность кормов, прежде всего за счет содержащихся в них незаменимых аминокислот и витаминов. В настоящее время получение кормовых дрожжей ограничено мелкими местными производствами в различных хозяйствах. Технология переработки барды на биогаз основана на анаэробном брожении: барда подается в специальные емкости, в которые вводятся анаэробные бактерии. Однако, в данном способе переработки барды необходимы огромные метантенки, т.к. процесс переработки барды анаэробными бактериями крайне медленный. Другим недостатком метода является весьма длительный период выхода на режим – до 6 месяцев. Комбинированная технологическая схема переработки барды разработана сравнительно недавно, она предусматривает переработку послеспиртовой барды в сухой дрожжевой кормовой концентрат – смесь твердой фазы барды, с выращенными на основе фугата кормовыми дрожжами. Предложенная схема позволяет в значительной степени экономить энергоресурсы в процессе переработки барды.

Формулировка целей статьи. Основная цель проведенных исследований – анализ возможностей ресурсо- и энергосбережения производства этилового спирта и, в частности, максимального использования сухих веществ спиртовой барды, а также выделение жидкой ее части для возвращения на производство в технологический цикл, снижение стоимости утилизации спиртовой барды, а также повышение экологической безопасности производства и окружающей среды в целом.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. Следует подчеркнуть, что с одной стороны, барда, благодаря содержанию клетчатки, углеводов, белка и микроэлементов, является вторичным сырьевым ресурсом производства кормов для животных и других полезных продуктов, а с другой стороны, барда – это отходы, вызывающие загрязнение окружающей среды, которые запрещается сбрасывать в водоёмы или в канализацию без предварительной переработки. В настоящее время на большинстве спиртовых заводов мира барду тем или иным образом перерабатывают, в основном на корма [1 – 5].

Необходима разработка новых технологических решений основным достоинством которых будут следующие показатели: экономное потребление энергии; улучшение качества продукта; простота в обслуживании и надежность в эксплуатации; максимальная качественная переработка сухих веществ послеспиртовой барды т.д.

Изложение основного материала исследований. Технология спирта согласно современной номенклатуре относится к биотехнологии и ее можно рассматривать как методы и процессы переработки различных видов сырья в конечный продукт заданного качества [4, 5]. К сырью спиртового производства относят крупнотоннажные растительные материалы, содержащие в достаточном количестве один из указанных компонентов сырья: 1) крахмал – клубни картофеля и зерна злаков; 2) сахар – корни сахарной свеклы, плоды фруктовых растений и винограда; 3) отходы производства сахара – меласса и отходы виноделия, а также другие виды отходов. Барда – основной отход производства этилового спирта, во много раз превосходящий выход продукта, утилизация которой, особенно в летнее время, является серьёзной экологической и

экономической проблемой. В процессе получения спирта в барде остаются почти все, за исключением крахмала и сахаров, питательные вещества, присутствующие в исходном сырье, поступающем в спиртовое производство, вследствие чего барда представляет собой весьма ценный продукт независимо от вида используемого сырья (табл. 1).

Таблица 1

Расход сырья для выработки спирта и его кормовая ценность

Вид сырья	Выход спирта из единицы сырья, дал/т	Кормовая ценность сырья, 1 кг кормовых единиц	Выход барды, дал/дал спирта	Кормовая ценность барды, 1 кг кормовых единиц
Картофель	9,8	0,30	12,0	0,04
Свекла	9,0	0,26	12,0	0,04
Пшеница	36,0	1,20	12,0	0,09
Кукуруза	37,5	1,34	12,0	0,12
Меласса	31,0	0,77	11,0	–

Для утилизации барды спиртового производства в настоящее время используют два основных способа: 1) выпаривание (сгущение) с целью получения кормовых концентратов; 2) в качестве сырья для производства кормовых дрожжей. Эти способы дают отходы с содержанием сухих веществ до 8 %, которые также необходимо утилизировать. Следует помнить, что белки это высокомолекулярные вещества природного происхождения, состоящие из соединенных амидной связью остатков аминокислот. Исходная (нативная) зерновая барда имеет кислую реакцию, высокую температуру, а около 1% от общей массы барды взвешенные вещества в виде дробины – остатками частичек зерна и солода, представляют собой коррозионно-абразивную среду, которая при движении интенсивно разрушает трубопроводы и технологические аппараты. В отстоявшейся жидкой фазе барды находятся взвешенные вещества в виде мелкодисперсных и коллоидных взвесей, с размером до 1÷2 мкн, а также растворенные продукты кислого брожения, аминокислоты, растительный жир и безазотистые экстрактивные вещества в количестве до 50% от общей массы всех органических веществ, содержащихся в барде. Значения pH, при котором молекула аминокислоты находится в растворе в виде биполярного иона (коллоидной частицы с минимумом растворимости), называется

изополярной точкой. Для перевода истинно растворенных аминокислот во взвешенное коллоидное состояние возможно предварительное подщелачивание исходной барды до pH = 6 – изопотенциальной точки ≈50% всех растворенных аминокислот. После предварительного кислого брожения, извлечения дробины и последующей нейтрализации до pH=6,0 жидкую фазу барды охлаждается до температуры, регламентированной процессами. Кек, влажностью 40÷50%, далее направляется на сушку, при этом необходимо учитывать, что белки деструктируют при температуре более 82 °C. Способ концентрирования спиртовой барды может быть использован при утилизации стоков спиртового производства. Известны способы утилизации барды в кормовые дрожжи, бетаин, глютаминовую кислоту, бардяной уголь [6], а также способ обработки аммиаком сточных вод мелясной барды к pH 8–10 и получением осадка фильтрованием [7] и прочие. Наиболее близким аналогом к способу (рис. 5), который предлагается нами, по технической сути и результатам, которых достигают есть способ концентрирования мелясной последрожжевой барды перед упариванием при обработке раствором каустической соды [8]. Способ концентрирования спиртовой барды, который предлагается нами, проводят таким образом. Спиртовую барду с количеством сухих веществ 4,5 % по массе, при pH 4,0 обрабатывают химическим реагентом – оксидом кальция, который используют для осаждения сухих веществ барды, предварительно его измельчают и просеивают для удаления нерастворимых веществ, а дальше вводят в спиртовую барду в количестве 1,0 % от ее массы до достижения показателя pH среды 7,0 при температуре 65 °C. Проведение процесса концентрирования при таких условиях приводит к коагуляции белковых соединений, которые образовывают с гидроксидом большие конгломераты и осаждают полезные вещества спиртовой барды. Использование для химической обработки нелетучих химических реагентов не создает вредных условий на производстве и повышает экологическую безопасность способа. Обработка спиртовой барды химическим реагентом при pH среды ниже 6,5 не обеспечивает коагуляции белковых соединений и образование осадка гидроксида кальция; уровень pH среды выше 7,0 приводит к дополнительным затратам химического реагента и отрицательно влияет на оборудование,

а также с точки зрения экономических показателей является нерентабельным. Способ концентрирования сухих веществ спиртовой барды позволяет максимально осадить вещества разного происхождения ее среды (табл. 2) и привести уровень рН среды к показателю 6,0 – 8,0.

Таблица 2

Показатели спиртовой барды после стадии преддефекации

Количество добавки	Показатель спиртовой барды после химической обработки	
	Сухие вещества, % от массы	Водородный показатель, рН
0,5	до 3,0	6,0
1,0	до 2,0	7,0
1,5	до 2,0	8,0

В результате сравнительных испытаний способа, который предлагается, по вышеуказанным показателям, было выбрано для стадии преддефекации количество химической добавки 1 % от массы барды, которая позволяет получить высокие результаты на спиртовом производстве (таблица 3).

Таблица 3

Сравнительные показатели спиртовой барды

Показатель барды	Спиртовая барда		
	Исход-ная	Фугат без химической обработки	Фугат после химической обработки
Сухие вещества, % от массы	4,5 – 8,0	до 4,0	до 2,0
Водородный показатель (рН)	4,0 – 4,5	4,0 – 4,5	7,0

Как видно из результатов лабораторных и промышленных испытаний, количество сухих веществ в спиртовой барде после химической обработки уже на стадии преддефекации уменьшается от 4,5 до 2,0 % по массе. Одновременно такая химическая обработка позволяет избежать больших энергетических затрат на проведение сложной стадии выпарки в технологическом регламенте за счет исключения ее из технологической схемы производства. При сравнении значений показателя сухого остатка способа концентрирования спиртовой барды с известными, видно, что эти значения значительно лучше и не нуждаются во введении дополнительных технологических операций в процесс, а наоборот упрощают его аппаратурное оснащение и уменьшают

количество стадий на производстве. Полученные показатели по сухому остатку барды показывают, что возможно использовать жидкость – фильтрат – воду, например, после мембранный очистки в качестве воды для технологического цикла.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления. Таким образом, определены перспективы энергосберегающих решений с учетом предлагаемого способа усовершенствования концентрирования сухих веществ спиртовой барды. Этот способ позволяет максимально осадить вещества разного происхождения среды барды, ее разделением после обработки, на осадок и жидкость, т.е., возможно получить кормовую добавку и воду для технологического цикла. При сравнении значений показателя сухого остатка способа концентрирования спиртовой барды с известными, видно, что эти значения значительно лучше и не нуждаются во введении дополнительных технологических операций в процесс, а наоборот упрощают его аппаратурное оснащение и уменьшают количество стадий на производстве. Выбор технологии и оборудования позволяет рекомендовать этот способ как дешевую и эффективную возможность концентрирования спиртовой барды, создает предпосылки для дальнейшей апробации и внедрения на спиртовых заводах.

Список литературы: 1. Кухаренко, А.А. Безотходная биотехнология этилового спирта / А.А. Кухаренко, А.Ю. Винаров. М.: Энергоатомиздат, – 2001. – 272 с. 2. Рябов, Г.К. Система безотходной переработки послеспиртовой барды / Г.К. Рябов // Инновации: Исследования и разработки. – 2003. – №6. 3. Галкина, Г.В. Новая технология переработки послеспиртовой барды / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова, Е.В. Куксова //Ликероводочное производство и виноделие. 2004. – №6. – С. 14–16. 4. Яровенко В.Л. Технология спирта / В.Л. Яровенко и др. М.: Колос, «Колос-Пресс», – 2002. – 464 с. 5. Лозанская Т.И. Производство кормовых дрожжей из послеспиртовой зерновой барды по безотходной технологии / Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова, Л.А. Лихтерберг // Ликероводочное производство и виноделие. – 2002. – №7. – С. 1–3. 6. Климовский Д.Н., Смирнов В.А., Стабников В.Н. Технология спирта. М., – 1967, с. 406–410. 7. Авторское свидетельство СССР № 959747, кл. A 23 L 3/18. Способ концентрирования мелясной барды, – 1982. 8. Авторское свидетельство СССР № 1684328, кл. C 12 F 3/00. Способ концентрирования мелясной последрожжевой барды. – 1989.

Поступила в редакцию 21.06.12

УДК 338.24(075)

И.В. ЛИХОМАН, магистр, НТУ «ХПИ»,
Р.Ф. СМОЛОВИК, канд. экон.наук, проф., НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

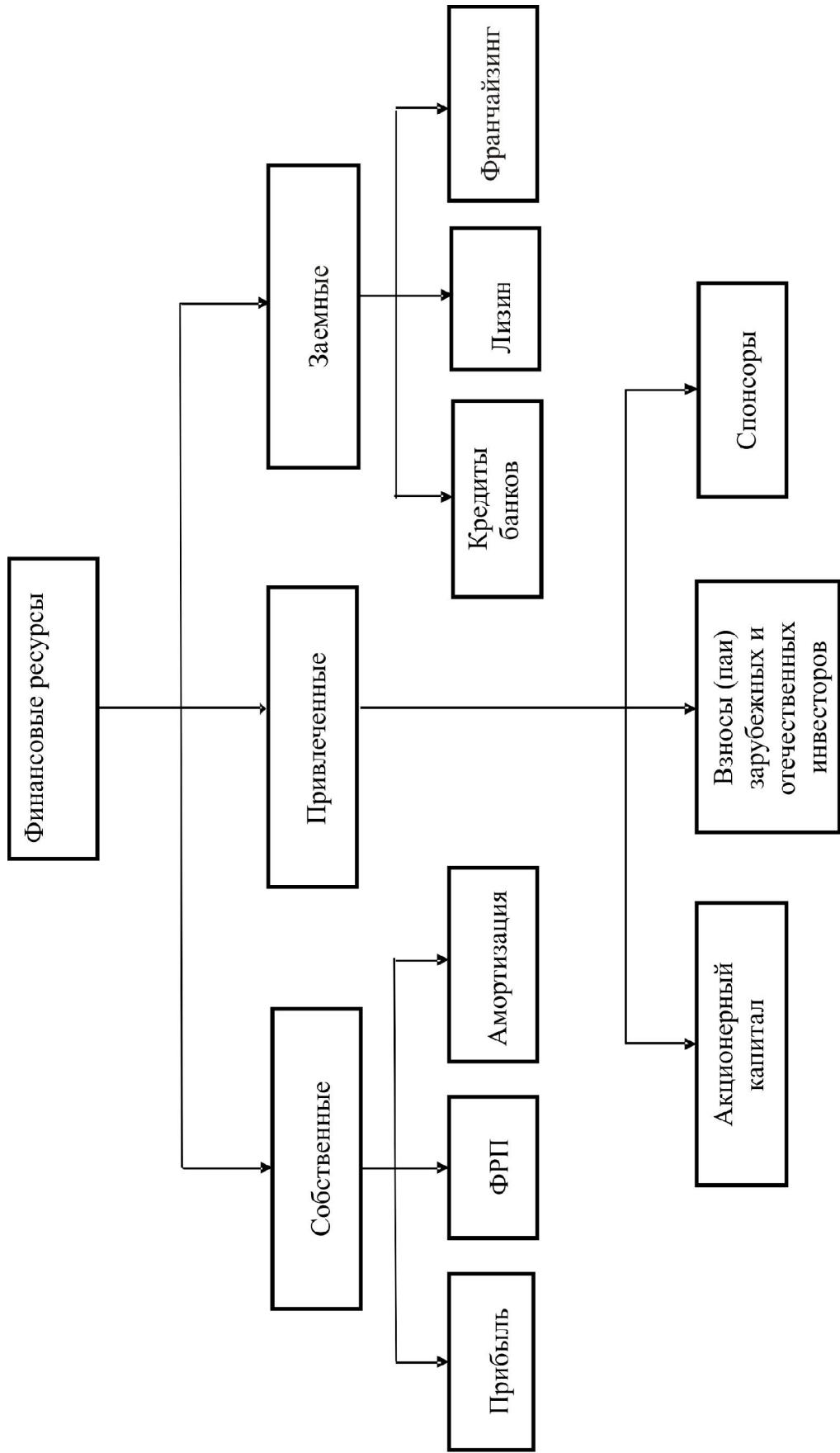
Статья направлена на поиск внутренних резервов повышения эффективности использования основных средств предприятия, одним из которых является увеличение скорости оборота их стоимости

Стаття спрямована на пошук внутрішніх резервів підвищення ефективності використання основних коштів підприємства, одним з яких є збільшення швидкості руху їх вартості

Article is directed toward the search of the internal reserves of an increase in the effectiveness in the use of the basic means of enterprise, one of which is an increase in the speed of the revolution of their cost

Постановка и актуальность проблемы. Эффективное использование основных средств предприятия является одним из главных направлений в системе управления на предприятии. Безусловно, для нормального функционирования предприятия необходимо наличие определенного количества основных средств и источников их финансирования (рис.). Основные производственные средства, к которым относятся производственные здания, сооружения, оборудование и другие средства производства, которые принимают участие в производственном процессе, создают базу для основной деятельности предприятия [1].

Изложение основного материала исследований. Анализ и обобщение методов работы промышленных предприятий и литературных источников позволяют установить следующие основные пути улучшения использования основных средств и повышения их фондоотдачи. Во-первых, техническое совершенствование и модернизация оборудования.



В этих целях: увеличиваются мощности оборудования, машин, агрегатов; усиливаются наиболее ответственные узлы и детали; повышаются основные параметры производственных процессов: скорость, давление, температура; механизируются и автоматизируются вспомогательные и транспортные операции, зачастую сдерживающие работу основного оборудования; оборудование оснащается средствами автоматизации производства и управления; устаревшее оборудование, сдерживающее повышение производительности, заменяются новым, технически более совершенным.

Во-вторых, увеличение времени работы оборудования в календарном периоде (смена, сутки, месяц, год). Решению указанных задач способствуют его своевременный и качественный ремонт; соблюдение технологического процесса, что позволяет избежать простоев и аварий оборудования и увеличивает время его работы; своевременное устранение намечающихся несоответствий между отдельными производственными участками и цехами на промышленных предприятиях, что даёт возможность предотвратить перерывы в работе оборудования; сокращение затрат рабочего времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции; повышение сменности работы.

В-третьих, увеличение количества и удельного веса действующего оборудования в составе всего оборудования, имеющегося на предприятиях. Различают действующее оборудование, установленное оборудование, а также наличное оборудование. К наличному оборудованию относится всё оборудование, имеющееся на промышленных предприятиях: в производстве, в резерве, на складе и т.д.

В-четвёртых, повышение интенсивности работы. Показателем интенсивности использования оборудования является количество продукции или выполняемой работы в единицу времени (час, смена, сутки), приходящееся на единицу оборудования. Более интенсивное использование оборудования в единицу времени достигается путём: совершенствования технологии и обеспечения непрерывности производства; увеличения разовой загрузки оборудования; увеличения скорости обработки; тщательной подготовки и обеспечения соответствия качества сырья, полуфабрикатов и материалов требованиям

технологического процесса и качеству изготавляемой продукции. Совершенствование системы планирования, маркетинга, особенно вычислительной техники, позволяет улучшить использование основных средств предприятия. Кроме того, улучшение использования основных средств неразрывно связано с улучшением и облегчением условий труда рабочих.

Однако, необходимо учитывать, что в современных условиях перед каждым промышленным предприятием, в независимости от форм собственности, возникает задача поиска финансовых ресурсов для цели развития предприятия на основе инновационных средств и предметов труда. Следовательно, поиск инвестиционных ресурсов занимает одно из главных мест в процессе принятия управленческих решений по инвестированию финансовых ресурсов в инновации [2].

В связи с этим возникает необходимость поиска внутренних резервов повышения эффективности использования основных средств предприятия.

Решению указанных выше задач на наш взгляд, могут способствовать резервы производства тех его элементов, от которых зависит продолжительность оборота стоимости основных средств предприятия, поскольку она, также продолжительность одного оборота, скорость оборота стоимости основных средств влияет на масштабы, пропорции процесса их воспроизводства, темпы и эффективность развития всего производственного процесса.

Как фактор эффективности общественного производства скорость оборота необходимо, на наш взгляд, анализировать по следующим направлениям: изменение объёмных показателей процесса производства, к которым можно отнести: валовой общественный продукт (ВВП); прибыль, национальный доход; частные показатели эффективности такие как: фондоотдача, эффективность капитальных вложений, рентабельность; кроме того, можно использовать и такие показатели как: снижение затрат на производство продукции как общих, так и раздельно-материальных и трудовых ресурсов. Анализ указанных выше показателей основан на существовании прямой взаимозависимости между скоростью оборота стоимости основных производственных средств, объёмом производства продукции и прибылью.

Скорость оборота, исчисленная в денежном выражении, показывает с какой интенсивностью потребляются средства производства, с какой скоростью создаётся и доставляется готовый продукт к потребителю, каков период восстановления основных средств в новой вещественной форме.

Обычно применяются следующие формулы исчисления общей скорости оборота стоимости производственных средств:

$$K_o = \frac{S}{F}, \quad (1)$$

где K_o – количество оборотов стоимости основных производственных средств за год; S – объём произведённой продукции по себестоимости; F – среднегодовой объём авансированных производственных средств, грн.

$$O_d = \frac{360 \text{ дней}}{K_o} \quad (2)$$

где O_d – длительность одного оборота, дни.

Количество оборотов производственных средств показывает, сколько раз, в среднем они полностью израсходовались и восстановились за тот или иной промежуток времени; сколько раз произошло превращение авансированной стоимости в издержки производства и реализации продукции; сколько раз стоимость основных производственных средств превратилась в продукцию.

Динамика фондоотдачи в зависимости от изменения количества оборотов основных производственных средств и уровня рентабельности, как показали исследования, изменяется следующим образом: при увеличении количества оборотов с одного до пяти в год фондоотдача возрастает более чем в 5 раз.

При динамике роста прибыли до 50%, индекс роста фондоотдачи составляет всего лишь $1,75 / 1,15 = 1,05$ т.е. 5%. Кроме того, чем больше скорость оборота финансовых ресурсов, вкладываемых в основные производственные фонды, тем больше, при их неизменном объёме, будет

произведено продукции и получено прибыли, поскольку в этом случае между ними существует прямо-пропорциональная зависимость. Причем, в разных отраслях промышленности и на предприятиях скорость оборота стоимости основных производственных средств различна, поэтому, даже при условии одинаковой величины основных производственных и оборотных средств объём производимой продукции и массы прибыли будут различными.

В современных условиях, к сожалению, некоторые предприятия пытаются решить эту проблему лишь за счёт повышения рентабельности производства, завышая цены, изменяя номенклатуру и ассортимент путём увеличения выпуска высокорентабельных изделий и уменьшения объема производства пользующихся спросом недорогих товаров. Однако, при увеличении скорости оборота основных производственных средств, предприятия смогут увеличить не только объём производства, но и годовую норму прибыли (P_c), поскольку: годовая норма прибыли (рентабельность) прямо пропорциональна количеству оборотов стоимости производственных средств и среднему уровню рентабельности.

Выводы.

Всё вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы. В современных условиях возникает необходимость поиска внутренних резервов предприятия, направленных на рациональное использование основных производственных средств так, как их воспроизводство оказывает важное влияние на пропорции, темпы и долговременные тенденции развития предприятия и экономики страны в целом. Однако необходимо учитывать, что повышение скорости оборота стоимости производственных средств – сложный процесс, требующий системного подхода к его анализу. Его влияние на эффективность процесса производства неоднозначно.

Список литературы: 1. Щетинін Я.Л. Гроші та кредит / Я.Л. Щетинін (електронний ресурс). – К.: Центр уч. лит., – 2010. 2. Шваб А.І. Економіка підприємства / А.І. Шваб (електронний ресурс). – К.: Каравелла, – 2011.

Поступила в редакцию 14.05.12

УДК 330.011.6

P.Ш. АТАЕВ, специалист, НТУ «ХПИ»,
Л.В. КУЗЬМЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

В статье анализируются основные направления использования анализа хозяйственной деятельности предприятия с целью принятия оптимальных управленческих решений, способствующих повышению эффективности учета

Ця стаття розглядає основні напрямки аналізу економічної діяльності підприємства для того, щоб приймати оптимальні управлінські рішення, для підвищення ефективності бухгалтерського обліку

In the article it is analyzed the basic directions of the use of an accounting of enterprise for the purpose of making the optimum administrative decisions, which facilitate an increase in the effectiveness of the calculation

Постановка и актуальность проблемы. Для эффективного управления производством необходимо иметь полную и достоверную информацию о ходе производственного процесса и выполнении планов. Планирование представляет очень важную функцию в системе управления производством на предприятии. С его помощью определяются направление и содержание деятельности предприятия, его структурных подразделений и отдельных работников. Главной задачей планирования является обеспечение планомерности развития экономики предприятия и деятельности каждого его участника, определение путей достижения лучших конечных результатов производства. Поэтому одной из функций управления производством является учет. Он обеспечивает постоянный сбор, систематизацию и обобщение данных, необходимых для управления производством и контроля за ходом выполнения планов и производственных процессов. Однако для управления производством необходимо иметь представление не только о ходе выполнения плана, результатах хозяйственной деятельности, но и о тенденциях и характере происходящих изменений в экономике предприятия. Осмысление, понимание информации достигаются с помощью экономического анализа. Он является связующим звеном между учетом и процессом принятием управленческих решений. В процессе анализа первичная информация проходит аналитическую обработку: проводится сравнение достигнутых результатов деятельности с данными за прошлые отрезки времени, с показателями

других предприятий и среднеотраслевыми; определяется влияние разных факторов на величину результативных показателей; выявляются недостатки, ошибки, неиспользованные возможности, перспективы и т.д. На основе результатов экономического анализа разрабатываются и обосновываются управленческие решения. Экономический анализ предшествует решениям и действиям, обосновывает их и является основой научного управления производством, обеспечивает его объективность и эффективность.

Цель исследования. Большая роль отводится экономическому анализу в деле определения и использования резервов повышения эффективности производства. Он содействует экономическому использованию ресурсов, выявлению и внедрению передового опыта, научной организации труда, новой техники и технологии производства, предупреждению излишних затрат и т.д. Таким образом, экономический анализ хозяйственной деятельности является важным элементом в системе управления производством, единственным средством выявления внутрихозяйственных резервов, основой разработки научно-обоснованных планов и управленческих решений [2].

Изложение основного материала исследований. Значение роли экономического анализа как средства управления производством обусловлено разными обстоятельствами: необходимостью неуклонного повышения эффективности производства в связи с ростом дефицита и стоимости сырья, повышением научно- и капиталоемкости производства; созданием новых форм хозяйствования, приватизацией предприятий. В этих условиях руководитель предприятия не может рассчитывать только на свою интуицию. Управленческие решения и действия должны быть основаны на точных расчетах, глубоком и всестороннем экономическом анализе. Они должны быть научно обоснованными, мотивированными, оптимальными. Ни одно организационное, техническое и технологическое мероприятие не должно осуществляться до тех пор, пока не обоснована его экономическая целесообразность. Так, например, для повышения фондоотдачи основных производственных средств необходимо использование факторного анализа. Факторный анализ – это анализ влияния отдельных факторов (причин) на результативный показатель с помощью детерминированных или стохастичных приемов исследования. Факторный анализ может быть как прямым, то есть разделением резуль-

тативного показателя на составные части, так и обратным (синтез), когда его отдельные элементы соединяются в общий результативный показатель. Фондоотдача – обобщающий показатель эффективности использования производственных основных средств. На величину и динамику фондоотдачи влияет множество разных факторов, которые как зависят, так и не зависят от предприятия; вместе с тем резервы повышения фондоотдачи, лучшего использования основных средств имеются на каждом предприятии, в цехах, на участке и рабочем месте. Для выявления имеющихся резервов повышения эффективности использования производственных основных средств важно знать основные направления факторного анализа фондоотдачи. В пределах традиционного ретроспективного анализа для выявления влияния на величину фондоотдачи отдельных факторов чаще всего используют жестко детерминированные многофакторные мультиплективные модели. Простейшей есть двухфакторная модель анализа, полученная введением в формулу фондоотдачи такого важного для повышения эффективности производственных основных средств параметра, как средняя за период, который анализируется, стоимость активной части производственных основных средств (BOZ_{acp}):

$$\Phi_o = \frac{BOZ_{a cp}}{BOZ_{cp}} \cdot \frac{O_{op}}{BOZ_{a cp}} = y_a \cdot \phi^a, \quad (1)$$

где y_a – доля активной части производственных основных средств в общей их стоимости; ϕ^a – фондоотдача активной части производственных основных средств.

Применение этой модели для анализа эффективности использования основных средств (таблица) дает возможность ответить на вопрос: как изменения в структуре производственных основных средств (в соотношении активной и пассивной их частей) повлияли на изменение фондоотдачи [1]. Анализ эффективности использования основных средств предприятия и их активной части свидетельствует, что основные ее показатели в отчетном 2011 году сравнительно с предыдущим 2010 несколько ухудшились. Рост среднегодовой стоимости основных средств на 553,2 тыс. грн. (20,58%) и активной их части на 532,0 тыс. грн. (37,06%) и рост реализации продукции, услуг на 462,0 тыс. грн. (12,57%) привели к снижению фондоотдачи основных средств на 0,09 грн./грн. и активной их части на 0,46 грн./грн.

Таблица

Динамика показателей эффективности использования производственных основных средств предприятия

Показатель	2010 год	2011год	Отклонение	
			абсолют.(+,-)	относит. %
Объем реализации продукции, услуг, тыс. грн.	3675,4	4137,4	+462,0	+12,57
Среднегодовая стоимость основных средств, тыс. грн.	2687,45	3240,65	+553,2	+20,58
Среднегодовая стоимость активной части основных средств, тыс. грн.	1435,5	1967,5	+532,0	+37,06
Доля активной части производственных основных средств основного вида экономической деятельности	0,534	0,607	+0,073	X
Фондоотдача основных средств,	1,37	1,28	-0,09	X
Фондоотдача активной части основных средств, грн./грн.	2,56	2,10	-0,46	X

На изменение фондоотдачи основных средств предприятия повлияли два основных фактора: доля стоимости активной части основных средств (y_a) и фондоотдача активной части основных средств (ϕ_b^a):

$$\Delta\phi_{o(ya)} = (y_{a1} - y_{a0}) \cdot \phi_{b0}^a = (0,607 - 0,534) \cdot 2,56 = + 0,187 \text{ грн.}, \quad (2)$$

$$\Delta\phi_{o(\phi ba)} = (\phi_{b1}^a - \phi_{b0}^a) \cdot y_{a1} = (2,10 - 2,56) \cdot 0,607 = - 0,279 \text{ грн.} \quad (3)$$

$$\Delta\phi_o = \Delta\phi_{o(ya)} + \Delta\phi_{o(\phi ba)} = + 0,187 - 0,279 = - 0,092 \text{ грн.} \quad (4)$$

Выводы. Таким образом, за анализируемый период фондоотдача основных средств снизилась на 9,2 копейки на каждую гривну основных средств, в том числе за счет роста доли стоимости активной их части на 18,7 копейки и за счет снижения фондоотдачи активной части основных средств на 27,9 копеек. Проведенный таким образом факторный анализ позволяет принять соответствующее решение по разработке мероприятий как технического, так и организационного характера, способствующих повышению фондоотдачи.

Список литературы: 1. Байков М.А. Методика межзаводского экономического анализа / М.А. Байков. – М.: «Феникс», – 2001. – 174 с. 2. Бережной Р. Основные средства: переходим на новые правила учета / Р. Бережной // Бухгалтерская неделя. – 2011, март. – №13 (482). – С. 11–12.

Поступила в редакцию 14.05.12

Ю.В. ГРИНЬКО, специалист, НТУ «ХПИ»,
Р.Ф. СМОЛОВИК, канд. экон. наук, проф., НТУ «ХПИ»

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДА КАЛЬКУЛЯЦИИ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

В старье анализируются различные методы формирования себестоимости продукции в зависимости от типа производства продукции, серийности, длительности производственного цикла

У статті проаналізовані різні методи формування собівартості продукції залежно від типу виробництва продукції, серійності виробництва та тривалості циклу виробництва

In the junk different methods of the formation of the prime cost of production depending on the type of the carrying out of production, seriality, duration of the production process is analyzed

Постановка и актуальность проблемы. Одним из основных комплексных показателей работы предприятия является себестоимость выпускаемой продукции. Исчисление себестоимости единицы отдельных видов продукции, работ, услуг формирует их калькуляцию. Различают плановую, сметную, нормативную и отчетную (или фактическую) калькуляции.

Плановая калькуляция определяет среднюю себестоимость продукции или выполненных работ на плановый период (год, квартал). Она составляется исходя из прогрессивных норм расхода сырья, материалов, топлива, энергии, затрат труда, использования оборудования и норм расходов по обслуживанию производства, которые являются средними для планируемого периода времени. Разновидностью плановых норм являются сметные калькуляции, которые составляют на разовые изделия или для определения цен, необходимых в процессе расчетов с заказчиками и для других целей.

Нормативные калькуляции составляют на основе действующих на начало планового периода (года, месяца), норм расхода сырья, материалов и других затрат (текущих норм затрат). Текущие нормы затрат соответствуют производственной мощности предприятия на

данном этапе его работы.

Текущие нормы затрат в начале планового периода, как правило, принимаются выше средних норм затрат, заложенных в плановую калькуляцию, а в конце планового периода, наоборот, ниже средних норм затрат. В связи с этим и нормативная себестоимость продукции в начале планового периода, как правило, выше, а в конце планового периода, ниже.

Отчетные или фактические калькуляции составляют по данным бухгалтерского отчета о фактических затратах на производство продукции и отражают фактическую себестоимость произведенной продукции, или выполненных работ. В фактическую себестоимость продукции включают и непланируемые непроизводственные расходы. Калькуляцию себестоимости произведенной продукции исчисляют различными методами. Под методом калькуляции понимают систему приемов, используемых для исчисления себестоимости калькуляционной единицы. Выбор метода калькуляции себестоимости продукции зависит от типа производства, его сложности, наличия незавершенного производства, длительности производственного цикла, номенклатуры вырабатываемой продукции.

Изложение основного материала исследований. На промышленных предприятиях применяют нормативный, позаказной, по процессный (простой) методы учета затрат и калькуляция фактической себестоимости продукции. Нормативный метод учета затрат на производство или калькуляция себестоимости продукции применяют, как правило, в отраслях обрабатывающей промышленности с массовым и серийным производством разнообразной и сложной продукции. Фактическая себестоимость продукции определяется алгебраическим сложением суммы затрат по текущим нормам, величины отклонений от норм и величины изменений норм [1]:

$$Z_{\phi} = Z_n + O + I, \quad (1)$$

где Z_{ϕ} – затраты фактические; Z_n – затраты нормативные; O – величина отклонений от норм; I – величина изменений норм затрат.

В этих условиях фактическую себестоимость изделия можно

исчислить двумя способами. Если объектом учета производственных расходов являются отдельные виды продукции, то и отклонения от норм, а также их изменения можно отнести на эти виды продукции прямым счетом по приведенной формуле 1. Если субъектом исчисления производственных расходов являются группы однородных видов продукции, то фактическую себестоимость каждого вида продукции устанавливают распределением отклонений от норм и изменений норм пропорционально нормативным затратам на производство отдельных видов продукции.

Применение нормативного метода учета затрат на производство и исчисление калькуляции продукции требует разработки нормативных калькуляций на основе норм основных затрат, действующих на начало планового периода (месяц), и квартальных смет расходов по обслуживанию производства и управлению. На предприятиях с относительной стабильностью технологических процессов, нормы затрат изменяются редко, поэтому плановая себестоимость незначительно отличается от нормативной себестоимости. В связи с этим на таких предприятиях вместо нормативных калькуляций можно использовать плановые калькуляции.

Отклонения фактических затрат от установленных норм по отдельным видам затрат определяют методом документирования или инвентарным методом. Текущий учет затрат по нормам и отклонений от них ведут, как правило, только по прямым расходам (сыре и материалы, заработка плата). Отклонения по косвенным расходам распределяют между видами продукции по истечении месяца. Аналитический учет затрат на производство продукции осуществляют в карточках или особого рода оборотных ведомостях, составляемых по отдельным видам или группам продукции [2].

Позаказный учет производственных затрат аккумулирует затраты по отдельным работам, подрядам и заказам. Такой метод калькуляции применяется тогда, когда продукция производится отдельными партиями или сериями или, когда она изготавливается в соответствии с техническими условиями заказчиками. В этих условиях объектом учета и калькуляции является отдельный производственный заказ. Под заказом понимают изделие, мелкие серии одинаковых изделий, или ремонтные,

монтажные, экспериментальные работы. При изготовлении крупных изделий с длительным производственным циклом заказы выдают не на изделие в целом, а на его отдельные агрегаты, узлы, представляющие законченные конструкции.

Позаказная калькуляция широко используется производителями, работающими на основе заказов в таких сферах как печатное дело, авиационная промышленность, строительство, ремонт автомобилей и др.

Для учета затрат незавершенного производства используют ведомость калькуляции затрат по заказу и видам работ. Для каждого заказа заводится отдельная ведомость, в которой аккумулируются затраты по прямым материалам, прямым трудовым затратам и заводским накладным расходам, относимых на этот заказ по мере его прохождения в процессе производства. В зависимости от потребностей предприятия форма учетной ведомости может быть различной.

Рассмотрим процесс аккумуляции и учета затрат на производство продукции. При позаказной калькуляции затраты исчисляются следующим образом. Прямые материалы и прямые затраты труда относятся непосредственно на конкретный вид работ; затраты, которые нельзя отнести к прямым счетам, например, такие как заводские накладные расходы, относят на отдельные работы косвенным методом с использованием заданной процентной ставки (распределения) накладных расходов.

Необходимо учитывать, что степень готовности изделия, используемая для определения ставки заводских накладных расходов, в разных функциональных подразделениях предприятия может быть разная. Это зависит от того, какой вид затрат наиболее соответствует действительному значению на данном предприятии и какова динамика затрат. Например, в одном подразделении для определения коэффициента использования, целесообразно исходить из прямых трудозатрат в человеко-часах, а в другом – имеет смысл использовать показатель прямых трудозатрат в машино-часах как наиболее характерный для данного производства. Сравнение накладных расходов с фактическими расходами, позволяет определить, в каких случаях в течение года на производственную себестоимость было отнесено слишком мало накладных расходов, а в каких слишком много.

В конце года разность между фактически отнесенными на себестоимость накладными расходами и плановыми накладными расходами, если она не существенна, остается в себестоимости реализованной продукции. Если же эта разность существенна, тогда затраты на незавершенное производство, себестоимость готовой и реализованной продукции на конец года корректируются, соответственно в единицах продукции, или денежных единицах, пропорционально величине отклонения фактических накладных расходов от распределенных расходов.

Типичные записи в журнале при учете операций [3] позаказной калькуляции затрат имеют следующий вид:

1. Отнести прямые затраты и прямой труд на продукт-заказ «Х»
2. Отнести заводские накладные расходы на незавершенное производство по продукту-заказу «Х»
3. Занести в учет фактические накладные расходы по заказу «Х»
4. Переместить обработанные изделия по заказу «Х»
5. Занести в учет продажу готовой продукции по заказу «Х».

Выводы. Анализируя методы учета затрат в процессе формирования себестоимости продукции необходимо учитывать состояние производственной мощности. Термин мощность означает «степень сдерживания», «верхний предел» производства продукции. Руководство предприятия в условиях текущего планирования и контроля устанавливает «верхний предел мощности» предприятия, принимая во внимание технические и экономические факторы.

При определении пределов производственной мощности руководство предприятия учитывает решения относительно приобретения основных средств, способствующих увеличению производственной мощности предприятия.

Список литературы: 1. Базілінська О.Л. Фінансовий аналіз: теорія і практика / О.Л. Базілінська. – К.: Центр уч. лит., – 2011. 2. Управленческий учёт / под ред. А.Д. Шеремета. – М.: ФБК-ПРЕСС, – 2000. – 510с. 3. Шваб А.І. Економіка підприємства / А.І. Шваб / – К.: Каравелла, – 2011.

Поступила в редакцию 14.05.12

Ф.А. СЕРДАРОВ, специалист, НТУ «ХПИ»,
Л.В. КУЗЬМЕНКО, канд. техн.наук, доц., НТУ «ХПИ»

ОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБЫЛИ НА ПРЕДПРИЯТИИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

В статье рассматривается распределение и использования прибыли как основного источника финансирования инвестиционных потребностей и удовлетворение экономических интересов работников предприятия, его собственников

Стаття описує розповсюдження та використання прибутку як основне джерело фінансування потреб інвестицій та економічних інтересів працівників підприємства, його власників

In the article is considered the distribution and dispositions of profits as the basic source of funds of investment needs and the satisfaction of the economic interests of the workers of enterprise, its owners

Постановка проблемы в общем виде. Развитие рыночных отношений в современных условиях значительно повышает ответственность предприятий за подготовку и принятие управленческих решений по обеспечению эффективности производственной, инвестиционной и финансовой деятельности предприятия, которая выражается в достигнутых финансовых результатах. Обобщающим финансовым результатом хозяйственной деятельности предприятия является прибыль. Значение прибыли обусловлено тем, что с одной стороны, она зависит, в основном, от качества работы предприятия, повышает экономическую заинтересованность его работников в наиболее эффективном использовании ресурсов, поскольку прибыль – основной источник производственного и социального развития предприятия, а с другой стороны, она служит важнейшим источником формирования государственного бюджета.

Финансовые результаты отражают конечный результат предпринимательской деятельности – ее доходность, которая и является решающим показателем для предприятия [1], который интересует

внешнее окружение предприятия: инвесторов, кредиторов, государственные органы, налоговую службу, фондовые биржи и др.

В процессе производственной деятельности предприятия возникает беспрерывный кругооборот капитала, изменяется структура финансовых средств и источников их формирования, наличие и потребность в финансовых ресурсах, которые характеризуют финансовое состояние предприятия.

Финансовый результат представляет собой универсальную экономическую категорию, которая учитывает два фактора учета и анализа в процессе основной цели предпринимательской деятельности – доходы и затраты [2]. Формирование информации о доходах и затратах осуществляется последовательно и непрерывно с помощью системы бухгалтерского учета. Однако необходимо учитывать, что настоящий период времени характеризуется постоянными изменениями законодательства, нормативных документов, которое регулирует предпринимательскую, инвестиционную деятельность, налоговую политику.

Цель исследования. К сожалению, в Украине развитие нормативной и методической базы по разным направлениям осуществляется без соответствующей согласованности с различными планирующими, законодательными организациями, что приводит к значительным отличиям в методике учета доходов, затрат, определении финансовых результатов деятельности и отражении их в финансовой отчетности, необходимой для разных групп ее пользователей. Поэтому вопрос учета и анализа финансовых результатов на предприятии, контроль за их формированием и отражением в отчетности является довольно актуальным, исследуется как научными работниками, так и практикующими бухгалтерами, аудиторами, менеджерами.

В связи с этим целью данной статьи является обоснование некоторых теоретических и методических основ формирования финансовых результатов в современных условиях хозяйствования на примере промышленного предприятия.

Изложение основного материала исследований. Прибыль – одна из основных категорий товарного производства. Это, прежде всего, экономическая категория, которая характеризует отношения,

возникающие в процессе общественного производства [2]. Вместе с тем прибыль – одна из важных форм распределения национального дохода. Прибыль характеризует отношения, которые складываются в процессе первичного распределения национального дохода, его перераспределения и конечного использования.

Образование прибыли непосредственно связано с появлением категории «затраты производства». Прибыль – это и часть стоимости продукта, который реализуется предприятием, и та часть, которая остается после покрытия затрат производства. Обособленная часть стоимости продукции в виде затрат выступает в денежном выражении как себестоимость продукции.

Чистая прибыль, полученная обществом как результат его хозяйственной деятельности после уплаты налогов в бюджет, а также других платежей, направляется на выплату дивидендов работникам предприятия в размере, обусловленном решением собрания работников предприятия.

В финансовой политике предприятия важное место занимает распределение и использования получаемой прибыли как основного источника финансирования инвестиционных потребностей и удовлетворение экономических интересов работников предприятия, собственников.

Использование чистой прибыли предприятие может осуществлять путем формирования целевых денежных фондов или направлением указанных средств непосредственно на финансирование затрат на производство. Возможно также распределение чистой прибыли частично для формирования целевых фондов, а частично – на непосредственное финансирование затрат на производство товаров, работ, услуг. За счет прибыли предприятие формирует ряд целевых фондов, средства из которых направляются на финансирования определенных затрат, удовлетворение соответствующих потребностей.

Прибыль является источником финансирования разных по экономическому содержанию потребностей. При ее распределении удовлетворяются интересы как общества в целом в лице государства, так и предпринимательские интересы организаторов предприятия и интересы отдельных работников. Законодательно распределение

прибыли реализуется в части, которая поступает в бюджет Украины и региональных бюджетов в виде налогов и других обязательных платежей. Распределение части прибыли, которая осталась в распоряжении предприятия, является прерогативой предприятия, регламентируется внутренними документами предприятия и фиксируется в его учетной политике.

Распределение чистой прибыли осуществляется с помощью образования специальный фондов: фонда накопления, фонда потребления и резервного фонда (рис.).

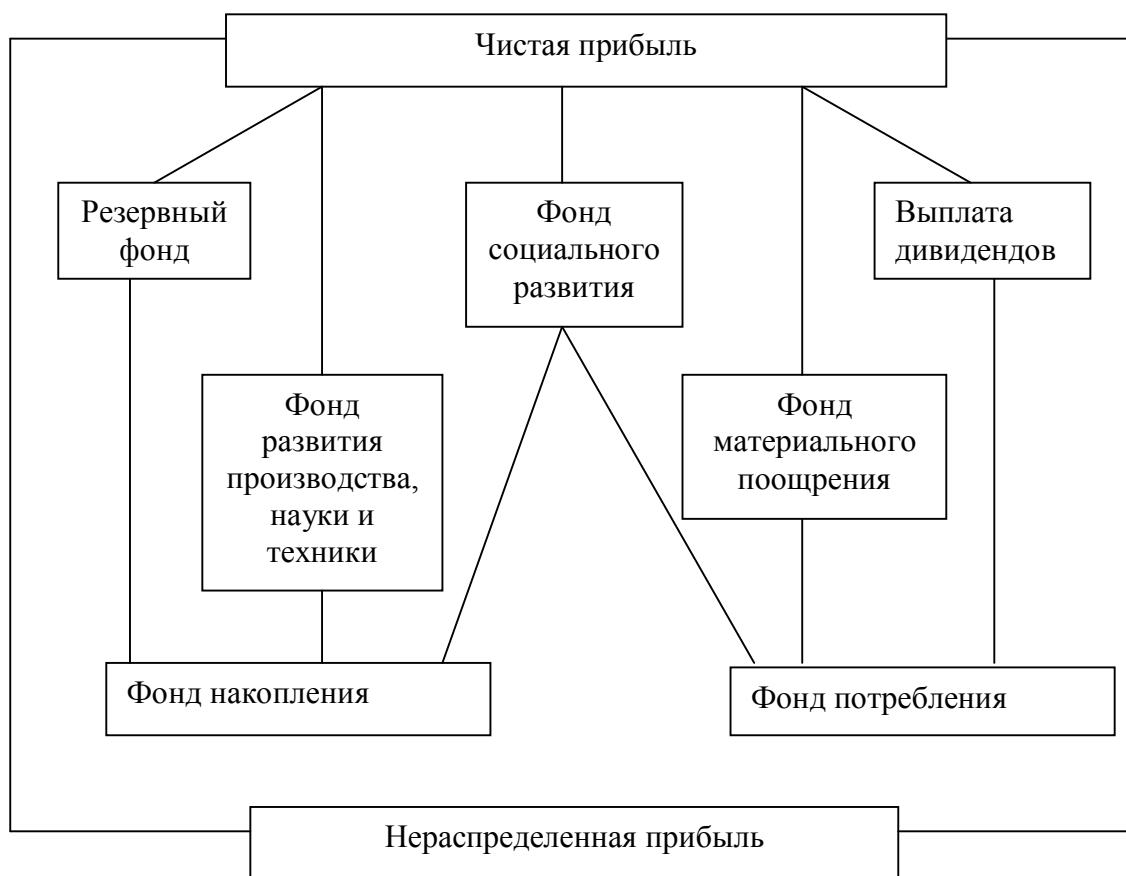


Рис. Структура распределения и использования чистой прибыли

Фонд накопления используется на освоение новых видов продукции, на финансирование затрат связанных с реконструкцией и реорганизацией производственного процесса.

При распределении прибыли исходят из следующих принципов: первоочередное выполнение обязательств перед бюджетом; затем распределение прибыли, которая осталась в распоряжении предприятия.

Такую общую схему распределения прибыли можно конкретизировать относительно предприятий с разными организационно-правовыми формами. Это касается, прежде всего, акционерных обществ. Как известно, держатели акций получают часть корпоративной прибыли в виде дивидендов, доходов инвесторов на вложенный капитал. Относительно акционерного предприятия дивиденды можно рассматривать как плату за привлеченный от продажи акций капитал.

Распределение прибыли для выплаты дивидендов и инвестирование является финансовой проблемой, которая, существенным образом, влияет на финансовую стабильность и перспективы развития предприятия. Направление достаточной суммы прибыли на выплату дивидендов и высокий их уровень, увеличивают спрос на акции и повышают их рыночный курс. Вместе с тем, ограничивается собственный источник финансирования, усложняется решение задач перспективного развития предприятия.

Выводы.

Механизм действия финансов на эффективность хозяйствования зависит от характера распределительных отношений, конкретных форм и методов их организации, их соответствия уровню производственных сил производственных отношений. Ориентиром для установления соотношения между накоплением и потреблением должно быть состояние производственных средств и конкурентоспособность продукции, которая выпускается. В процессе распределения чистой прибыли предприятие имеет право самостоятельно определить способ ее распределения.

Список литературы: 1. Верхоглядова Н.І. Бухгалтерський фінансовий облік : теорія і практика / Н.І. Верхоглядова та ін. – К.: Центр уч. лит., – 2010. 2. Лішиленко О.В. Бухгалтерський облік / О.В. Лішиленко. – К.: Центр уч. лит., – 2011, – С. 736.

Поступила в редакцию 14.05.12

С.Б. ОТУЗОВА, специалист, НТУ «ХПИ»,
А.В. ФАДЕЕВ, канд. экон. наук, доц., НТУ «ХПИ»

ВЗАИМОСВЯЗЬ И ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА КАК СИСТЕМЫ НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ

Цель статьи проанализировать динамику себестоимости товарной продукции в зависимости от изменения объема ее производства и себестоимости единицы продукции

Мета статті проаналізувати динаміку собівартості продукції у відповідності до зміни обсягу її виробництва і собівартості одиниці продукції

Purpose of article to analyze the dynamics of the prime cost of commodity production depending on a change in the volume of its production and prime cost of unit of output

Постановка и актуальность проблемы. Себестоимость продукции является комплексным показателем хозяйственной деятельности промышленного предприятия, который отражает все виды затрат, взаимосвязанные с процессом производства и реализации продукции. В связи с этим, задачей анализа данного показателя является определение ее динамики и исследование причин отклонений от базисного уровня особенно тех, которые не зависят от результатов деятельности предприятия, а также определения резервов снижения себестоимости продукции.

Изложение основного материала исследований. Динамика себестоимости товарной продукции в зависимости от изменения объема ее производства (Q в натуральном выражении) и себестоимости единицы продукции (C_i) может анализироваться с использованием индексного метода по формуле:

$$I_{CCT} = \frac{\sum_{i=1}^m Q_{omch i} \cdot C_{omch i}}{\sum_{i=1}^m Q_{nll i} \cdot C_{nll i}} = I_Q \cdot I_C = \frac{\sum_{i=1}^m Q_{omch i} \cdot C_{nll i}}{\sum_{i=1}^m Q_{nll i} \cdot C_{nll i}} \times \frac{\sum_{i=1}^m Q_{omch i} \cdot C_{omch i}}{\sum_{i=1}^m Q_{omch i} \cdot C_{nll i}} \quad (1)$$

Калькуляция – представленный в табличной форме бухгалтерский расчет затрат в денежном выражении на производство и сбыт единицы изделия или партии изделий, а также на осуществление работ и услуг. По отношению ко времени осуществления хозяйственного процесса различают нормативные, плановые и отчетные калькуляции; по объему затрат – калькуляции производственной и полной себестоимости, т.е. представленный в табличной форме бухгалтерский расчет затрат, расходов в денежном выражении на производство и сбыт единицы изделия, а также на осуществление работ и услуг. Калькуляция служит основой для определения средних издержек производства и установления себестоимости единицы продукции. По калькуляционным статьям группируются расходы, однородные по их функциональной роли в воспроизводственном процессе. В современном производстве калькуляция содержит следующие типовые статьи затрат: материальные затраты, покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги сторонних организаций, топливо и энергия на технологические цели; а также производственные расходы (основная и дополнительная заработка плата производственных рабочих, отчисления на социальное страхование, расходы на подготовку и освоение производства новых изделий, изготовление инструментов и приспособлений целевого назначения, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, потери от брака; прочие производственные расходы); общехозяйственные расходы; внепроизводственные расходы. Калькуляция может быть плановой, нормативной, отчетной. Калькуляция плановой себестоимости определяет уровень затрат на производство и реализацию единицы продукции, который должен быть достигнут в планируемом периоде (год, квартал, месяц). Она строится на основе прогрессивных норм использования оборудования, сырья, материалов, топлива, энергии и затрат труда, отражающих внедрение новых технологий, улучшение организации производства и труда. Плановая калькуляция служит основой при определении цен на выпускаемую предприятием продукцию. Нормативная калькуляция также составляется до начала процесса изготовления продукции, выполнения работ, оказания услуг. Она базируется на текущих, действующих в данный период норм и нормативов материальных и трудовых затрат, необходимых для изготовления единицы продукции. В отличие от плановой, нормативной калькуляции, она не учитывает колебаний цен на материалы, топливо, энергию, а также затрат труда.

тивная калькуляция не остается неизменной в течение определенного периода времени (месяца, квартала, года), а пересматривается по мере внедрения в соответствующем периоде организационно-технических мероприятий. Сопоставление нормативной себестоимости с плановой себестоимостью определяет эффективность организационно-технических мероприятий, проведенных предприятием, для снижения затрат на производство продукции. Отчетная калькуляция составляется по окончании отчетного периода на основании фактических затрат на производство и количества произведенной продукции, с целью определения фактической себестоимости и ее сопоставления с плановой себестоимостью и выявления экономии или перерасхода. Используется как для осуществления контроля над выполнением заданий по снижению себестоимости продукции, так и для изучения динамики и структуры производства, изыскания резервов их сокращения. В отличии от калькуляции бухгалтерский учет – система сбора и обработки финансовой информации о предприятии, дающая ее пользователям возможность сделать обоснованные выводы о финансовом положении организации и принимать необходимые решения. В зависимости от круга пользователей различают финансовый учет и управленческий учет, которые представляют собой упорядоченную систему сбора, регистрации и обобщения информации в денежном выражении об имущественном положении, обязательствах организации и их движении путем сплошного, непрерывного и документального учета всех хозяйственных операций.

Бухгалтерский учет возник в глубокой древности. Развитые системы учета имелись в Китае еще в 2000 г. до нашей эры, а элементы двойной записи – в раннем христианском Риме. Считается, что впервые систематизация бухгалтерского учета была проведена францисканским монахом Лукой Пачули (1445–1517). Его знаменитый труд «Трактат о счетах и записях» (1494) был переведен на множество языков и оказал огромное влияние на развитие бухгалтерского учета как науки.

Объектами бухгалтерского учета являются имущество организации, ее обязательства, хозяйственные операции, осуществляемые организациями в процессе их хозяйственной деятельности. Основными задачами бухгалтерского учета в отличии от задач сформирования себестоимости продукции являются:

– формирование полной и достоверной информации о деятельности организации, ее имущественном положении, необходимой внутренним пользователям бухгалтерской отчетности – руководителям, учредителям, участникам и собственникам имущества организации, а также внешним – инвесторам, кредиторам и другим пользователям бухгалтерской отчетности;

– обеспечение информацией, необходимой внутренним и внешним пользователям бухгалтерской отчетности, для контроля над соблюдением законодательства, при осуществлении организацией хозяйственных операций и их целесообразностью; наличием и движением имущества и обязательств; использованием материальных, трудовых и финансовых ресурсов, в соответствии с утвержденными нормами, нормативами и сметами;

– предотвращение отрицательных результатов хозяйственной деятельности предприятия, организации и выявление внутрихозяйственных резервов с целью обеспечения их финансовой устойчивости.

Основными элементами метода бухгалтерского учета являются документация, инвентаризация, бухгалтерские счета, двойная запись, баланс, оценка, калькуляция, бухгалтерская отчетность.

Выводы. Таким образом, калькуляция определяет уровень затрат на производство и реализацию единицы продукции в нескольких разрезах: по фактическим данным, по нормативным, по плановым, а бухгалтерский учет систематизирует и обрабатывает финансовую информацию о фактических затратах предприятия в процессе изготовления продукции в указанный период времени, которое необходимо как внутренним, так и внешним пользователям для принятия управленческих решений, обеспечивающих эффективность конечных результатов хозяйственной деятельности предприятия.

Список литературы: 1. Базілінська О.Л. Фінансовий аналіз: теорія і практика / О.Л. Базілінська (електронний ресурс). – К.: Центр уч. лит., – 2011. 2. Кравчук О.М. Фінансова діяльність суб'єктів підприємницької діяльності / О.М. Кравчук и др. (електронний ресурс). – К.: Центр уч. лит., – 2011.

Поступила в редколлегию 14.05.12

Н.А. БАХТИНОВА, магістр, НТУ «ХПІ»,
Р.Ф. СМОЛОВИК, канд. екон. наук, проф., НТУ «ХПІ»

ПРИБУТОК ПІДПРИЄМСТВА ТА ЙОГО РОЗПОДІЛ В УМОВАХ РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ

Цель статьи заключается в анализе методов образования и использования прибыли предприятия, а также факторов, которые влияют на ее формирование и изменение

Ціль статті полягає в аналізі методів утворення і використання прибутку підприємства, а також факторів, які впливають на її формування й зміну

The purpose of article is to analyze the methods of formation and the use of company profits, and factors that influence its evolution and change

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Розмір одержаного прибутку та рівень рентабельності має важливe значення в діяльності підприємства. Ці показники мають вплив на формування фінансових ресурсів підприємства, на збільшення його ринкової вартості, на ефективність виробничої діяльності та, як наслідок, на рівень економічного розвитку держави. Отже, значна роль прибутку та рівня рентабельності в процесі розвитку підприємства та забезпечені інтересів його власників та робітників, а також держави визначають необхідність дослідження шляхів вдосконалення процесу формування, розподілу та використання прибутку [1].

Прибуток є кінцевим позитивним результатом господарської діяльності підприємства. Управління прибутком – це складна багаторівнева система, яка складається, як мінімум, із трьох підсистем: формування, розподіл та використання. Для кожної з них притаманні свої конкретні цілі, завдання, інструменти їх досягнення.

Практика промислових підприємств дозволяє зробити висновок, що необхідною умовою вдосконалення механізму формування та використання прибутку кожного підприємства є розрахунок потреби прибутку. Економічне обґрунтування останнього проводиться на основі детального планування окремих напрямів використання грошових

коштів для досягнення стратегічних цілей діяльності підприємства. Також розрахунок потреби прибутку має бути підкріплений реальними можливостями підприємства щодо отримання необхідного розміру прибутку. Тому під час розподілу прибутку треба визначити обґрунтовані пріоритети його розподілу з урахуванням обмеженості ресурсів, та визначити конкретні цілі, для досягнення яких будуть мобілізуватися ресурси підприємства.

Таким чином, на нашу думку, основними напрямками покращення цільової структури використання прибутку на підприємстві є:

- розробка детального плану використання та розподілу прибутку підприємства з конкретними датами та визначенням кошторисом;
- створення умов діяльності підприємства, при яких прибуток, що розподіляється підприємством, не буде використовуватися для сплати штрафних санкцій;
- визначення пріоритетного шляху використання прибутку – капіталізації коштів, що призведе до подальшого розвитку підприємства та покращення фінансових результатів від його діяльності;
- оптимізація розміру коштів, що спрямовуються на фонд споживання, зокрема грошових коштів, призначених для матеріальне заохочення працівників, що сприятиме підвищенню продуктивності праці і, як наслідок, величини прибутку у майбутніх періодах, а також соціального розвитку підприємства; та ін. [2].

Викладання основного матеріалу дослідження.

Необхідно відмітити, що одним із важливих резервів росту прибутку підприємства являється збільшення об'єму реалізації товарної продукції, зниження собівартості, поліпшення якості продукції. Між прибутком й об'ємом реалізації продукції існує пряма залежність: тобто чим більше продукції реалізується, при інших рівних умовах, тим більшою є сума прибутку, і навпаки, невиконання плану з реалізації продукції зменшує величину прибутку. Крім того збільшення прибутку підприємства внаслідок розвитку виробничої діяльності дає змогу підприємству мати фінансові засоби на його виробничий та соціальний розвиток, матеріальне заохочення працівників. Припустимо, що на підприємстві обсяг підсобно-допоміжної діяльності (5957 тис. грн.)

збільшився на 5%. Тобто, дохід від підсобно-допоміжної діяльності складає:

$$5957 * 105\% = 5957 * 1,05 = 6254,85 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо збільшення чистого прибутку від збільшення обсягу реалізації продукції на 5% за формулою 1:

$$\Delta \text{ЧП} = \text{ЧП}' - \text{ЧП}_0, \quad (1)$$

де $\Delta \text{ЧП}$ – зміна чистого прибутку; $\text{ЧП}'$ – плановий чистий прибуток; ЧП_0 – чистий прибуток у звітному періоді.

$$\begin{aligned} \Delta \text{ЧП} &= (6254,85 - 510 + 1428) - 6875 = \\ &= 7172,85 - 6875 = 297,85 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

Знайдемо індекс (I_p) збільшення чистого прибутку від збільшення обсягу реалізації (ЧП_n) порівняно з базовим варіантом діяльності (ЧП_b) на 5%:

$$I_p = \frac{\text{ЧП}_n}{\text{ЧП}_b} \quad (2); \text{ тобто } 297,85 : (6875 : 100\%) = 4,33\%$$

Розрахуємо рівень рентабельності діяльності (P_d) по чистому прибутку, що становить 7172,85 тис. грн. за формулою 3:

$$P_d = \frac{\text{ЧП}}{\text{ЧД}} \times 100\%, \quad (3)$$

де ЧП – чистий прибуток, ЧД – чистий дохід від реалізації продукції.

$$P_d = \frac{7172,85}{45888,85} \times 100\% = 15,63\%$$

Рентабельність діяльності у звітному періоді склала 15,08%. Знайдемо індекс збільшення рентабельності від збільшення обсягу підсобно-допоміжної діяльності на 5%:

$$(15,63 - 15,08) : (15,08 : 100\%) = 3,65\%$$

Отже, при збільшенні обсягу реалізації продукції на 5% чистий прибуток зросте на 4,33%, рівень рентабельності збільшиться на 3,65%.

Необхідно враховувати той факт, що зниження собівартості виготовленої продукції є найважливішим фактором росту прибутку. У зниженні собівартості продукції найбільш повно відображається ефективність використання матеріальних, трудових та фінансових ресурсів, якими розпоряджається підприємство.

Зниження собівартості – необхідна умова стабілізації цін, економічного процвітання будь-якого підприємства, джерело накопичень фінансових ресурсів для прискорення соціально-економічного розвитку держави, суспільства, підвищення якості життя населення [3]. Наприклад, у базовому періоді собівартість продукції (C_1) на підприємстві складала 38264 тис. грн. При зниженні цього показника на 5% (ΔC) маємо нову собівартість (C_2) розраховану за формулою 4:

$$C_2 = C_1 * \Delta C, \quad (4)$$

$$38264 * 95\% = 38264 * 0,95 = 36350,80 \text{ тис. грн.}$$

Для аналізу зміни чистого прибутку від зменшення собівартості реалізованої продукції скористаємося даними таблиці. Знайдемо збільшення чистого прибутку ($\Delta ЧП$) при зменшенні собівартості реалізованої продукції на 5% за формулою 1:

$$\Delta ЧП = 8520,20 - 6875 = 1645,20 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо індекс збільшення чистого прибутку при зменшенні собівартості реалізованої продукції на 5%:

$$1645,20 : (6875 : 100\%) = 23,92\%$$

Тоді рівень рентабельності діяльності підприємства (P_D) при чистому прибутку, який становить 8520,20 тис. грн. за формулою 3:

$$P_D = \frac{8520,20}{45591} \times 100\% = 18,69\%$$

Таблиця

Аналіз зміни чистого прибутку від зменшення собівартості реалізованої продукції (тис. грн.)

Показники	За звітний період	За плановий період
Чистий дохід (виручка) від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	45591,00	45591,00
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	38264,00	36350,80
Валовий прибуток (збиток)	7327,00	9240,20
Інші операційні доходи	554,00	554,00
Адміністративні витрати	1370,00	1370,00
Інші операційні витрати	1064,00	1064,00
Фінансовий результат від операційної діяльності	5447,00	7092,20
Фінансовий результат від звичайної діяльності	6875,00	8520,20
Чистий прибуток (збиток)	6875,00	8520,20

Якщо рентабельність діяльності підприємства у звітному періоді склала 15,08%, то новий розрахований індекс збільшення рівня рентабельності від зменшення собівартості реалізованої продукції на 5% дорівнює:

$$(18,69 - 15,08) : (15,08 : 100\%) = 23,94\%$$

Отже, при зменшенні собівартості реалізованої продукції на 5% чистий прибуток зросте на 23,93%, рівень рентабельності збільшиться на 23,94%.

Необхідно також відмітити, що одним з резервів збільшення розміру прибутку є більш повне використання вторинних ресурсів та виготовлення супутніх продуктів. Вагомий вплив на збільшення прибутку має оновлення основних фондів, оптимізація складу та структури обігових коштів. Технічне переозброєння виробництва, підвищення ефективності використання матеріально-технічної бази покращують економічні показники діяльності підприємства. Проте введення нових об'єктів у багатьох випадках призводить до збільшення собівартості продукції, якщо вони використовуються неефективно. Для рішення указаних задач необхідна розробка комплексної системи, яка включає розвиток як технічного, так і економічного потенціалу [4].

Висновки.

Таким чином, підвищення прибутковості, рівня рентабельності підприємства та його стратегічного розвитку виникає необхідність у розробці стратегії управління підприємством, спрямованої на вдосконалення механізму формування, розподілу та використання прибутку. Для цього необхідно виконати комплекс завдань щодо забезпечення зростання обсягів виробництва продукції, ефективного управління витратами, підвищення продуктивності праці [5].

Однак, в даних умовах необхідно враховувати, що для рішення цих завдань необхідно здійснювати у відповідності зі спеціально розробленою стратегією, формування якої є складною економічною задачею, тому що потребує сформувати необхідний обсяг інвестиційних ресурсів.

Список літератури: 1. Пігуль Н.Г. Управління прибутком підприємства / Н.Г. Пігуль // Збірник наукових праць / Держ. вищ. навч. заклад «Укр. академія банк. справи НБУ», – 2010. – № 28. – С. 79–85. 2. Ігнатюк І.О. До питання формування та розподілу прибутку як передумови ефективного функціонування підприємства. / О.І. Ігнатюк – 2009. С. 113–118. 3. Ногіна С., Свіридова М. Шляхи вдосконалення формування та розподілу прибутку. / С. Ногіна, М. Свіридова // Економічний аналіз. – 2011. – № 2. – Вип. 8. – С. 283–286. 4. Економічний аналіз. Підручник / За ред. проф. Меховича С.А., проф. Тимофеєва В.М., доц. Погорєлова І.М. – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», – 2009. – 752 с. 5. Дудко А.І., Лохман Н.В. Рентабельність як показник ефективності функціонування підприємства / А.І. Дудко, Н.В. Лохман // Економіка підприємства, – 2010. – № 17.

Надійшла до редколегії 17.06.12

УДК 658.3:005.95

Г.І. КЛИМАШКО, магістрант, НТУ «ХПІ»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ СТИМУЛОВАННЯ РОБОТИ ПЕРСОНАЛУ У ПРОЕКТІ

Об'єктом дослідження даної роботи є проект організації діяльності приватної школи в місті Харкові, а також основні моделі стимулювання роботи персоналу в рамках даного проекту

Объектом исследования данной работы является проект организации деятельности частной школы в городе Харькове, а также основные модели стимулирования работы персонала в рамках данного проекта

The object of study of this paper is the project organization of private schools in Kharkiv and the basic model to stimulate the staff in this project

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Для того, щоб сформулювати оптимальний мотиваційний профіль команди, необхідно перш за все створити умови для людей із бажаним мотиваційним типом. Це можна зробити за допомогою специфічних для даних типів форм (методів) стимулювання роботи персоналу. У дослідженні планується здійснити огляд методів та засобів стимулювання роботи персоналу, що будуть використовуватися в проекті «Організація приватної школи в місті Харкові», а також застосувати до нього основні процеси управління проектами.

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. Політика управління персоналом у проекті «Організація приватної школи в місті Харкові» направлена на формулювання оптимального мотиваційного профілю команди. У своїх дослідженнях Ю.К. Балашов та А.Г. Коваль [1] створили систему підбору форм стимулювання до бажаних мотиваційних типів персоналу. Спираючись на їх дослідження нами було визначено форми стимулюван-

ня, що мають застосовуватись у проекті. Можна відзначити, що найбільш бажаними у інноваційному проекті є співробітники із господарським, патріотичним та професійним типами мотивації. Отже, виходячи із огляду існуючих форм стимулювання, формами, що найкраще пасують до процесів управління персоналом в даному проекті є:

- моральна;
- організаційна;
- участь в управлінні (партиципативна);
- грошова.

Для втілення в проекті було обрано концепцію матеріального стимулювання, описану Г.С. Нікіфоровим [2, 4] та концепцію партисипативного управління розроблено О.С. Віханським, А.І. Наумовим в підручнику «Менеджмент» [3].

Формулювання цілей статті. В рамках роботи необхідно розробити технологію процесу стимулювання роботи персоналу в інноваційному проекті з урахуванням аналізу та висновків з літературного огляду за темою розробки.

Об'єктом дослідження даної роботи є проект організації діяльності приватної школи в місті Харкові, а також основні моделі стимулювання роботи персоналу в рамках даного проекту.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Основний матеріал дослідження представлено у вигляді чотирьох складових проекту. В рамках розробки окремих процесів управління проектом, було проведено аналіз методичної бази з управління проектами. Застосовані основні процеси управління проектом, такі як управління інтеграцією, управління якістю, управління строками та управління вартістю.

1. Матеріально-грошова форма стимулювання. Цей показник має значення і є можливим для професійного та господарського типів, але він є нейтральним для патріотичного типу.

Тарифна система служить основним засобом обліку якості праці і відображення його в заробітній платні. Вона являє собою сукупність нормативів, за допомогою яких здійснюється диференціація і регулювання заробітної платні різних груп працівників залежно від

складності, умов праці з метою забезпечення необхідного єдності міри праці та її оплати.

Матеріально-грошове стимулювання – це заохочення працівників грошовими виплатами за результатами трудової діяльності.

Застосування матеріально-грошових стимулів дозволяє регулювати поведінку об'єктів управління на основі використання різних грошових виплат і санкцій.

1.1 Заробітна платня. Основною частиною доходу найманого працівника є заробітна платня, яка за своєю структурою неоднорідна. Вона складається з двох частин: постійної і змінної.

Іноді цим частинам присвоюють статус потужного стимулу. Однак за оцінками психологів, ефект збільшення заробітку позитивно діє на протязі трьох місяців. Потім людина починає працювати в тому ж, звичному для нього розслабленому режимі.

1.2 Доплати. Доплатам властиві риси заохочувальних форм матеріального стимулювання, доплата є формою винагороди за додаткові результати праці, за ефект отриманий на конкретній ділянці. Доплати ж одержують лише ті, хто бере участь у досягненні додаткових результатів праці, додаткового економічного ефекту.

Доплати на відміну від тарифу не є обов'язковим і постійним елементом заробітної платні. Збільшення розміру доплат залежить головним чином від зростання індивідуальної ефективності праці конкретного працівника і його внеску в колективні результати.

1.3 Надбавки та компенсації. Надбавка до заробітної платні – грошові виплати понад зарплати, які стимулюють працівника до підвищення кваліфікації, професійної майстерності і тривалого виконання суміщення трудових обов'язків. Компенсації – грошові виплати, встановлені з метою відшкодування працівникам витрат, пов'язаних з виконанням ними трудових або інших передбачених законом обов'язків.

1.4 Преміювання. Найважливішим напрямком матеріально-грошового стимулювання є преміювання. Премія стимулює особливі підвищені результати праці і її джерелом є фонд матеріального заохочення. Вона представляє одну з найважливіших складових частин

заробітної платні. Мета преміювання – поліпшення насамперед кінцевих результатів діяльності, виражених у певних показниках.

2. Моральна форма стимулювання. є базовою для патріотичного, можливою для професійного та нейтральною для господарського типів мотивації.

Моральне стимулювання є найрозвиненішою підсистемою духовного стимулювання праці, що широко застосовується, вона ґрунтуються на специфічних духовних цінностях людини.

Моральні стимули – це такі стимули, дія яких ґрунтуються на потреби людини в суспільному визнанні. Сутністю морального стимулювання є передача інформації про заслуги людини, результати його діяльності в соціальному середовищі. Воно має інформаційну природу – це інформаційний процес, в якому джерелом інформації про заслуги працівників виступає суб'єкт управління; приймачем – об'єкт стимулювання, працівник і колектив, каналом зв'язку – засоби передачі інформації. Тому, чим точніше передається така інформація, тим краще система виконує свою функцію.

3. Форма стимулювання «партиципативне управління». є базовою для господарського та можливою для патріотичного й професійного типів мотивації.

Людина в організації проявляє себе не тільки як виконавець певної роботи чи певної функції. Вона проявляє зацікавленість до того, як організована її робота, в яких умовах вона працює, до того, як її робота позначається на діяльності організації. Тобто у неї є природне прагнення брати участь в процесах, що протікають в організації, які пов'язані з її діяльністю в організації, але при цьому виходять за рамки її компетенції, за рамки виконуваної нею роботи і розв'язуваних задач.

Концепція партисипативного управління виходить з того, що якщо людина в організації зацікавлено приймає участь в різних аспектах внутрішньо-організаційної діяльності, то вона тим самим, отримуючи від цього задоволення, працює з більшою віддачею, краще, більш якісно і продуктивно. Вважається, що партисипативне управління, відкриваючи працівнику доступ до прийняття рішення з приводу питань, пов'язаних з його функціонуванням в організації, мотивує людину до кращого виконання своєї роботи.

4. Організаційна форма стимулювання. є базовою для професійного, можливою для господарського та нейтральною для патріотичного типів мотивації.

Цей метод полягає у регуляції змісту і характеристик виконуваної роботи. Один з підходів до реорганізації праці полягає в реструктуризації робіт з використанням двох основних методів: збагачення праці та підвищення якості трудового життя.

4.1. Метод «Збагачення праці». Збагачення праці – це практика надання працівникам можливості мати велику відповідальність і більший контроль над виконанням своєї роботи, вона передбачає таку організацію праці, яка включає в себе більш різноманітний зміст роботи і вимагає більш високого рівня знань і навичок.

Таблиця

Застосування методу організаційної форми стимулювання роботи персоналу «Збагачення праці» у проекті

Принципи використання методу	Застосування принципів
<p>1. Об'єднання завдань</p> <p>Це означає, що замість того, щоб розділяти завдання між декількома працівниками, вся робота може бути доручена одному працівнику. Це забезпечує більшу різноманітність навичок і більшу цілісність завдання.</p>	<p>Менеджер:</p> <p>1. Роботи що відповідають навичкам планування:</p> <ul style="list-style-type: none"> • розробка маркетингового плану; • розробка організаційного плану. <p>2. Роботи що відповідають навичкам управління:</p> <ul style="list-style-type: none"> • вибір та закупівля обладнання; • вибір та найм ремонтної команди; • замовлення реклами компанії; • вибір та замовлення послуг юриста; • набір додаткового персоналу. <p>Економіст:</p> <p>1. Роботи що відповідають навичкам планування:</p>

	Продолжение таблицы
	<ul style="list-style-type: none"> • розробка фінансового плану. <p>2. Роботи що відповідають навичкам операційним :</p> <ul style="list-style-type: none"> • оплата послуг юриста; • оплата рекламної компанії; • оплата послуг ремонтної бригади. <p>Методист:</p> <p>1. Роботи що відповідають аналітичним навичкам:</p> <ul style="list-style-type: none"> • набір учнів у класи; • пошук кандидатур на посаду вчителів; • пошук кандидатур на посаду психолога; • пошук кандидатур на посаду лікаря. <p>2. Роботи що відповідають навичкам спілкування:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проведення співбесід; набір учнів у класи.
2. Делегування повноважень. Передача відповідальності і контролю над роботою від керівників до підлеглих посилює самостійність працівників, підвищується рівень їх трудової мотивації.	Відповідальність максимально передана команді проекту обов'язки та відповідальність членів команди зазначено в уставі проекту.
3. Встановлення зворотного зв'язку. Існує багато типів зворотного зв'язку, який можуть отримувати працівники, і роботу	Для зворотного зв'язку прийняті контрольні дати, зворотній зв'язок із замовником здійснюється по завершенні

	Продолжение таблицы
<p>слід організувати так, щоб давати виконавцеві якомога більше типів зворотного зв'язку. Зворотній зв'язок може даватися споживачами, безпосередніми керівниками і співробітниками. Зворотній зв'язок може забезпечуватися і самою роботою, якщо при цьому використовуються різні показники. Чим більше число каналів зворотного зв'язку задіяні, тим більш точне уявлення матимуть працівники про те, як вони працюють, це допомагає отримувати досвід для поліпшення подальшої праці.</p>	<p>кожного етапу проекту в назначені контрольні дати.</p> <p>В уставі проекту прописні принципи взаємодії із клієнтом, визначені зацікавлені сторони та способи зв'язку із ними.</p> <p>Зворотній зв'язок всіх членів команди із керівником проекту здійснюється при безпосередньому спілкування в кожному випадку виникнення необхідності коригування роботи.</p>
<p>4. Соціальні характеристики робочої ситуації. Робоча група і той психологічний клімат, який склався в ній, роблять значний вплив на трудову мотивацію її членів. Оскільки більшість людей прагнуть до того, щоб мати хороші дружні відносини з товаришами по роботі, то вони намагаються вести себе у відповідності з нормами і цінностями, прийнятими в їх робочій групі. Якщо група протиставляє себе керівництву та адміністрації, і відноситься до високопродуктивних працівників як вискочок, то працівники швидше за все не будуть склонні працювати з повною віддачею сил.</p>	<p>Для налагодження позитивних відносин в команді проекту були прийняті наступні міри:</p> <ul style="list-style-type: none"> • раз на місяць – проведення корпоративної вечірки. • раз на тиждень – проведення сесії групових настільних ігор.

4.2. Метод «Підвищення якості трудового життя». Концепція якості трудового життя спрямована на оптимізацію психологічного клімату в організації, умов праці і відпочинку працівників. Основна мета – так змінити мотиваційний клімат на роботі, щоб взаємодії людей та організації призводили до більшого рівня задоволеності роботою в організації, підвищенню готовності до співпраці з керівництвом, прихильності цілям організації і зацікавленості в досягненні високих результатів.

Принцип 1. Соціальні характеристики робочої ситуації. Робоча група і той мотиваційний клімат, який склався в ній, роблять значний вплив на трудову мотивацію її членів. Оскільки більшість людей прагнуть до того, щоб мати хороші дружні відносини з товаришами по роботі, то вони намагаються вести себе у відповідності з нормами і цінностями, прийнятими в їх робочій групі.

Принцип 2. Умови роботи. Говорячи про вплив умов роботи на трудову мотивацію, слід мати на увазі, що це не тільки санітарно-гігієнічні умови (шум, освітленість, запиленість і т.п.), але також і організація робочого місця, забезпеченість необхідними інструментами, устаткуванням і оргтехнікою.

Принцип 3. Управлінська практика розкриття потенціалу людей. Чим більшою мірою склалася в організації практика управління орієнтована на розкриття потенціалу людей, що працюють в організації, на облік їх інтересів, тим вище рівень трудової мотивації персоналу, вище готовність вносити свій вклад у досягнення організаційних цілей.

5. Застосування процесів управління строками, інтеграцією, вартістю, змістом, та вартістю в інноваційному проекті. В результаті розробки плану управління інтеграцією було визначено основні цілі проекту та його продукту, вимоги до них та критерії прийомки, створено устав проекту та попередньо розроблений зміст. При управлінні змістом проекту було визначено, створено ієрархічну структуру робіт, яка містить 12 етапів та 46 робіт, здійснено призначення ресурсів, які використовуються в проекті. Управління строками потребувало розробки змісту операцій проекту та визначення контрольних дат, за якими робитиметься відстеження. Було визначено взаємозв'язок між усіма операціями в проекті та призначено ресурси на кожний із етапів з

урахуванням доступності ресурсів та обмеженням у фінансах [5]. За допомогою методів планування проектів PERT, параметрична оцінка, метод аналогів було оцінено тривалості задач, визначено тривалість проекту та переплановано таким чином, щоб уникнути перевантаженості трудових ресурсів. Під час управління вартістю проекту було проведено три відстеження за виконанням робіт проекту. Було застосовано заходи щодо усунення проблем, які виникають при виконанні робіт. При проведенні відстежень спостерігались подекуди значні відхилення від базового плану, але перепланування задач та ресурсів дозволили завершити проект у запланованих рамках.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розробок у даному напрямку. В статті детально розглянуто чотири методи стимулювання роботи персоналу, за допомогою яких формулюється мотиваційний профіль даного проекту, а саме методи: грошовий, партисипативний, організаційний та моральний. У процесі виконання роботи розроблено підхід до процесу стимулювання роботи персоналу інноваційного проекту. Для цього було обрано такі форми стимулювання, як моральна, організаційна (збагачення праці, підвищення якості трудового життя), участь в управлінні (партисипативна), та матеріально-грошова (заробітна плата, доплати, надбавки та компенсації, преміювання). Було розроблено заходи по застосуванню форми стимулювання «Збагачення праці». В подальшому слід розробити заходи по застосуванню решти зазначених форм в даному проекті.

Список літератури: 1. *Балашов Ю.К.* Мотивація та стимулювання персоналу: основи побудови системи стимулювання [Електронний ресурс] / Ю.К. Балашов, А.Г. Коваль // Кадри предприятия – 2002. – № 7. – Режим доступу до журн. : <http://www.kapr.ru/articles/2002/7/444.html> 2. Психология менеджмента: Учебник для вузов / Под ред. Г. С. Никифорова. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Питер, 2004. – 639 с: ил. – (Серия «Учебник для вузов»). 3. *Виханский О.С.* Менеджмент : учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономистъ, – 2006. – с. 152 – 180. 4. Психологія управління персоналом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lo1.ru/gos/5/Content/4/4.3.htm> 5. Руководство к своду знаний по управлению проектами. Четвертое издание (Руководство PMBOK).

Надійшла до редколегії 06.07.12

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

1. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І. АКТИВІЗАЦІЯ ДИДАКТИЧНИХ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ВІЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ	3
2. СИВАК В.В., УЛЬЄВ Л.М., СУЛИМА А.Н. ИНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО ТИТАНА С КОНЦЕНТРАЦІЕЙ ХЛОРОКІСИ ВАНАДІЯ	15
3. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., АРСЕНЬЕВА О.П., ЮЗБАШЬЯН А.П. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО И КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО ПОДОГРЕВА НЕФТИ	31
4. ТРОШЕНЬКИН В.Б., ЗИПУННИКОВ Н.Н., ТРОШЕНЬКИН Б.А. СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИ ВЫТЕСНЕНИИ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ АЛЮМИНИЕВЫМИ И АЛЮМОКРЕМНИЕВЫМИ СПЛАВАМИ	40
5. УЛЬЄВ Л.М., СТАВРОВА К.І. ПИНЧ-ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕССА ПРОІВОДСТВА СПІРТА НА ПЯТИКОЛОННОМ АГРЕГАТЕ	47
6. ПИТАК И.В., МОІСЕЕВ В.Ф., КУЗНЕЦОВ П.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО АППАРАТА	60

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

7. УЛЬЄВ Л.М., Д.О. НЕЧИПОРЕНКО, В.О. МОРОЗ ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ПРОЦЕСІВ ГІДРООЧИСТКИ ТА ДЕЕТАНІЗАЦІЇ І СТАБІЛІЗАЦІЇ КАТАЛІЗАТУ НА УСТАНОВЦІ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ	68
8. ФІЛЕНКО О.М., КУЗНЕЦОВ П.В., МОЇСЕЕВ В.Ф. ВИЗНАЧЕННЯ БРИЗКОВІДНЕСЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ГРАНИЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО КОНТАКТНОГО ПРИСТОЮ	76
9. Л.М. УЛЬЄВ, М.В. ІЛЬЧЕНКО ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНОГО ПОДІЛУ НАФТИ НА УСТАНОВЦІ ТИПУ АВТ	83

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

10. УЛЬЄВ Л.М., НЕЧИПОРЕНКО Д.Д., ЯЦЕНКО О.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЦЕССА ДЕЭТАНИЗАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600	91
11. УЛЬЄВ Л.М., НЕЧИПОРЕНКО Д.Д., ВАЛЕНОВА О.Ю. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ В СЕКЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600	98

12. ДЕМИДОВ И.Н., МУНИР ШАВКАТ САДИК		
О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ГОРЮЧЕГО В УКРАИНЕ		108
13. ЛАБЕЙКО М.А, ЛИТВИНЕНКО О.А., ФЕДЯКІНА З.П., ПЕТИК П.Ф.		
ОТРИМАННЯ БІЛКОВОГО ПРОДУКТУ З НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ВІТЧИЗНЯНОЇ СЕЛЕКЦІЇ		117
14. МЕЛЬНИК А.П., ПАПЧЕНКО В.Ю.		
ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ГЛІЦЕРИНУ ЗА РЕАКЦІЄЮ АМІДУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ		125
15. МАСІКЕВИЧ Ю.Г., СОЛОДКИЙ В.Д., МАСІКЕВИЧ А.Ю., МОІСЕЄВ В.Ф.		
ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЛІСОНАСАДЖЕНЬ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ		129
16. БУХКАЛО С.И.		
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦІИ УТИЛІЗАЦІИ СПІРТОВОЇ БАРДЫ		136

ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ

17. ЛИХОМАН И.В., СМОЛОВИК Р.Ф.		
АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ		143
18. АТАЕВ Р.Ш., КУЗЬМЕНКО Л.В.		
РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ		149
19. ГРИНЬКО Ю.В., СМОЛОВИК Р.Ф.		
ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДА КАЛЬКУЛЯЦИИ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА		153
20. СЕРДАРОВ Ф.А., КУЗЬМЕНКО Л.В.		
ОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБЫЛИ НА ПРЕДПРИЯТИИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ		158
21. ОТУЗОВА С.Б., А.В. ФАДЕЕВ		
ВЗАИМОСВЯЗЬ И ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА КАК СИСТЕМЫ НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ		163
22. БАХТИНОВА Н.А., СМОЛОВИК Р.Ф.		
ПРИБУТОК ПІДПРИЄМСТВА ТА ЙОГО РОЗПОДІЛ В УМОВАХ РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ		167
23. КЛИМАШКО Г.І.		
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ СТИМУЛЮВАННЯ РОБОТИ ПЕРСОНАЛУ У ПРОЕКТИ		173

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«Харківський політехнічний інститут»**

Серія
«Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів»
Випуск 39

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 « » ____ 2012 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 №