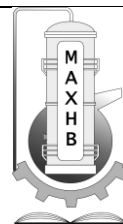




Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського"

Інженерно-хімічний факультет



**Збірник тез доповідей XIX всеукраїнської
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**"ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ
ВИРОБНИЦТВ
І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ"**

12-13 грудня
Київ 2016

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XIX всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (12-13 грудня 2016р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 181 с

Збірник тез доповідей XIX всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених

**"ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ
І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ"**

Голова оргкомітету: д.т.н., професор, зав. кафедри МАХНВ
Корнієнко Ярослав Микитович

Члени оргкомітету:
НТУУ «КПІ»

к.т.н., професор Марчевський Віктор Миколайович

к.т.н., доц. Андреев Ігор Анатолійович

к.т.н., доц. Швед Микола Петрович

к.т.н., доц. Зубрій Олег Григорович

к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

ІТТФ НАН України

д.т.н., професор Снежкін Юрій Федорович

Інститут Газу НАН України

к.т.н., доц. Ільєнко Борис Кузьмич

Редактор к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

Комп'ютерна верстка: Улітько Р.М.

Рекомендовано до друку
кафедрою машин та апаратів хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 3 від
від 20 жовтня 2016 р.

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

УДК 661.746.2

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ

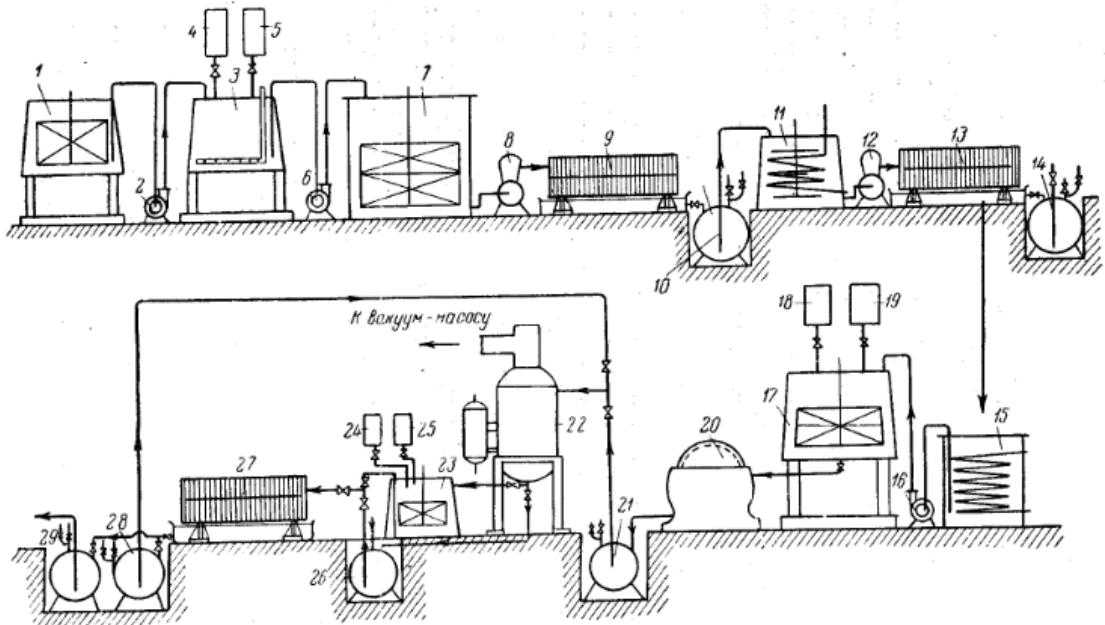
студент Бушма Я.Ю., к.т.н, доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Молочну кислоту широко використовують у хімічній (отримання пластмас, барвників, чорнила, лаків), фармацевтичній і харчовій промисловості [1]. Технологія виробництва молочної кислоти описана у [1,2,3,4].

На рисунку 1 показано технологічну схему виробництва молочної кислоти [2].



1-ємність для приготування виробничого затору; 2, 6, 16-відцентрові насоси; 3-гідролізатор; 4, 18, 24-мірники для сірчаної кислоти; 5-мірник для соляної кислоти; 7-ферментер; 8, 12-плунжерні насоси;
9, 13, 27-фільтрпреси; 10 - збірник відфільтрованого суслу;
11 - кристалізатор; 14-збірник маточного розчину; 15-апарат для розплавлення лактату; 17-роздільний апарат; 19, 25-мірники для розчину залізо-синеродистого калію; 20-барабанний вакуум-фільтр; 21-збірник розведеного розчину молочної кислоти; 22-випарний вакуум апарат; 23- апарат кінцевої обробки; 26, 28, 29 – збірники молочної кислоти.

Рисунок 1–Технологічна схема отримання молочної кислоти

На рисунку 2 зображено модернізовану технологічну схему виробництва молочної кислоти. Запропонована схема відрізняється від попередньої наявністю осаджувальної центрифуги зі шнеком 12, як вказано у [3], між кристалізатором 11 і насосом 13. Це дозволяє зменшити навантаження на фільтрпрес 14 і таким чином збільшити час його роботи.

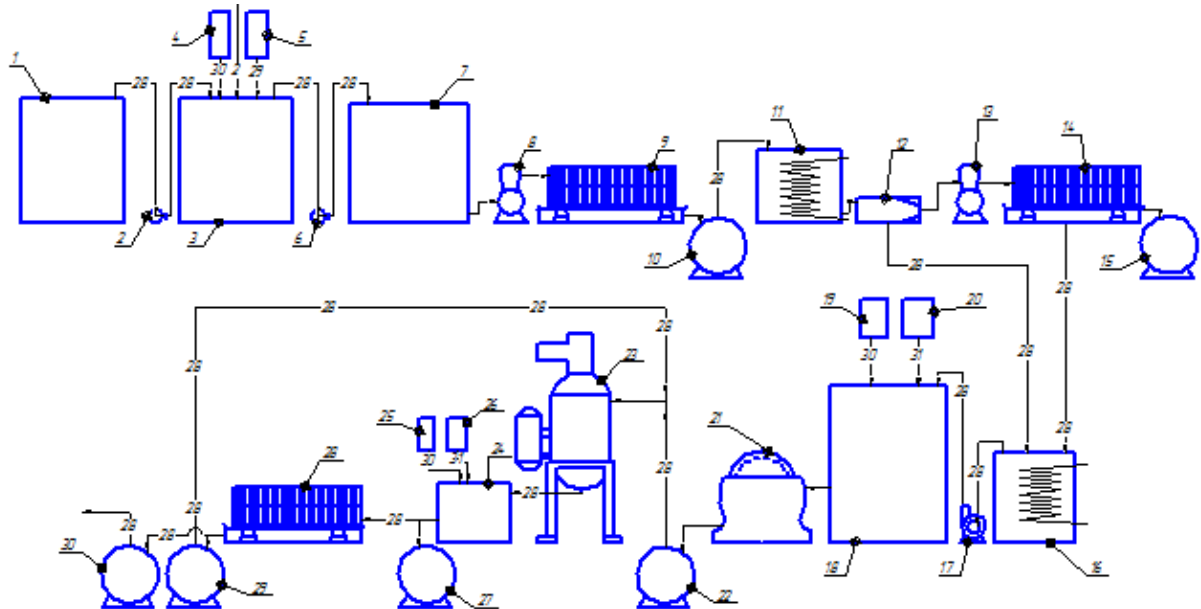


Рисунок 2– Модернізована технологічна схема отримання молочної кислоти

Метою проекту є модернізація установки виробництва молочної кислоти з розробкою апаратів ферментера, центрифуги, випарника.

Перелік посилань:

1. Бекер М. Е. «Введение в биотехнологию» “Звайгэне”, Рига 1974. 230с.
2. Лабутин А. Л. «Коррозия и способы защиты оборудования в производстве органических кислот и их производных» “ГХМ”, Москва 1959. 185 с.
3. Смирнов В. А. «Пищевые кислоты» “Легкая и пищевая промышленность”, Москва 1983. 264 с.
4. Елинов Н. П. «Основы биотехнологии» “Наука ”, СПб 1995. 600 с.

УДК 628.027.3

**ЛІНІЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБОК МЕДИЧНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ НА БАЗІ КАСКАДНОГО ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННОГО
ЕКСТРУДЕРА**

студентка Гумінська А.О., к.т.н., доц. Швед М.П.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Лінія призначена для виготовлення медичних трубок різного діаметру з прозорого пластифікованого полівінілхлориду [1].

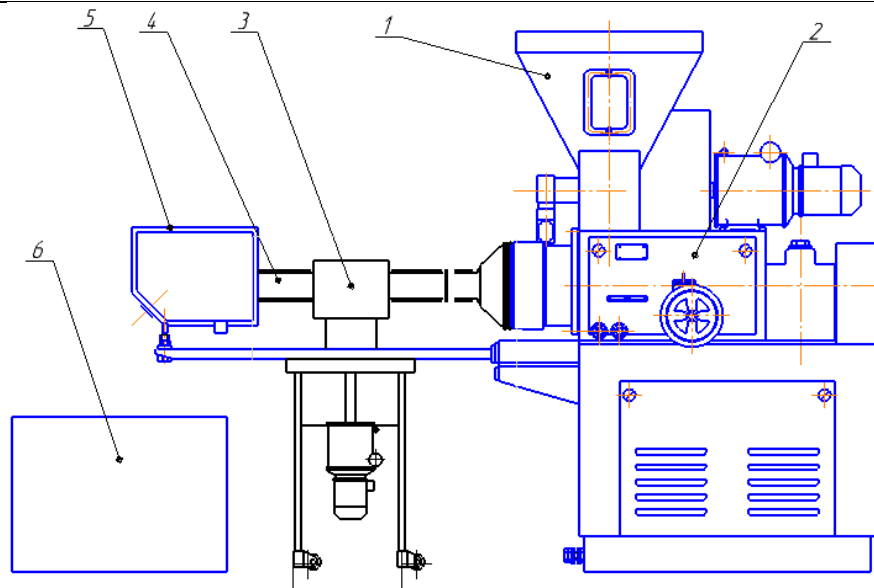
Особливістю лінії є те, що вона виконана на базі ресурсо-енергоощадного каскадного дисково-шестеренного екструдера і забезпечує гнучке керування процесом перероблення пластифікату, що дозволяє встановлювати оптимальні режими переробки і за рахунок цього підтримувати температуру розплаву на низькому рівні, що дозволяє заощаджувати до 15 % енергії.

Використання в лінії шестеренного насосу дозволяє зменшити коливання тиску та продуктивності. За рахунок цього можна зменшити допуск на геометричні розміри трубок і заощаджувати до 4 % сировини та енергії [2].

Зниження температури розплаву та покращення гомогенізації дозволяє виготовлювати трубки, використовуючи лише повітряне охолодження, що дозволяє значно спростити технологічну лінію, випускаючи трубку прямо в приймальний пристрій.

Лінія на базі дисково-шестеренного екструдера (Рис. 1) працює наступним чином: пластифікатор із бункера 1 дозується ваговим живильником в завантажувально-пластифікувальну зону екструдера, де він транспортується та плавиться.

В робочих зазорах дискового екструдера відбувається гомогенізація розплаву. Конструкція екструдера дозволяє регулювання величини робочих зазорів і тим самим впливати на термомеханічне навантаження на розплав.



- 1- бункер дозатор; 2- дисковий екструдер; 3- шестерінчастий насос;
4- статичний змішувач; 5- формуюча головка; 6- пристрій приймальний.

Рис. 1- Схема лінії виробництва труб медичного призначення

Далі підготовлений розплав під тиском поступає в шестеренний насос 3, де розплав переміщується із зони низького тиску (3-5 МПа) в зону високого тиску (10-15 МПа). Після шестеренного насосу встановлюється статичний змішувач, який вирівнює температурну неоднорідність розплаву. Формувальна головка дозволяє, за рахунок зміни формуючих елементів, виготовлять трубки діаметром від 1-20 мм. Далі заготовка охолоджується і поступає на приймальний пристрій.

Таким чином, використання каскадного дисково-шестеренного екструдера дозволяє спростити класичну комплектацію лінії за рахунок виключення ванни охолодження та тягнучого пристрою.

Перелік посилань:

1. ГОСТ 14039-78 Поливинилхлорид эмульсионный. Технические условия
2. Швед, М. П., Д. М. Швед, Н. Г. Воробей. "Ресурсо-енергоощадний процес виробництва полімерних труб." Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій] 47 (2) (2015): 129-131.

УДК 661.938

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА АЗОТНОЇ КИСЛОТИ З РОЗРОБКОЮ АБСОРБЦІЙНОЇ КОЛОНИ, ХОЛОДИЛЬНИКА НІТРОЗНИХ ГАЗІВ, СЕПАРАТОРА

студент Кот Р.О., ст. вик., к. т. н. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Нітратна кислота є одним з найважливіших продуктів хімічної промисловості. Вона виробляється у дуже великих кількостях, використовується для виробництва азотних добрив, у кольоровій металургії для розділення металів, а також хімічній промисловості для виробництва пластмас, вибухових речовин, целулоїду і фото-кіноплівки, штучного волокна, органічних барвників, лікувальних речовин тощо [1].

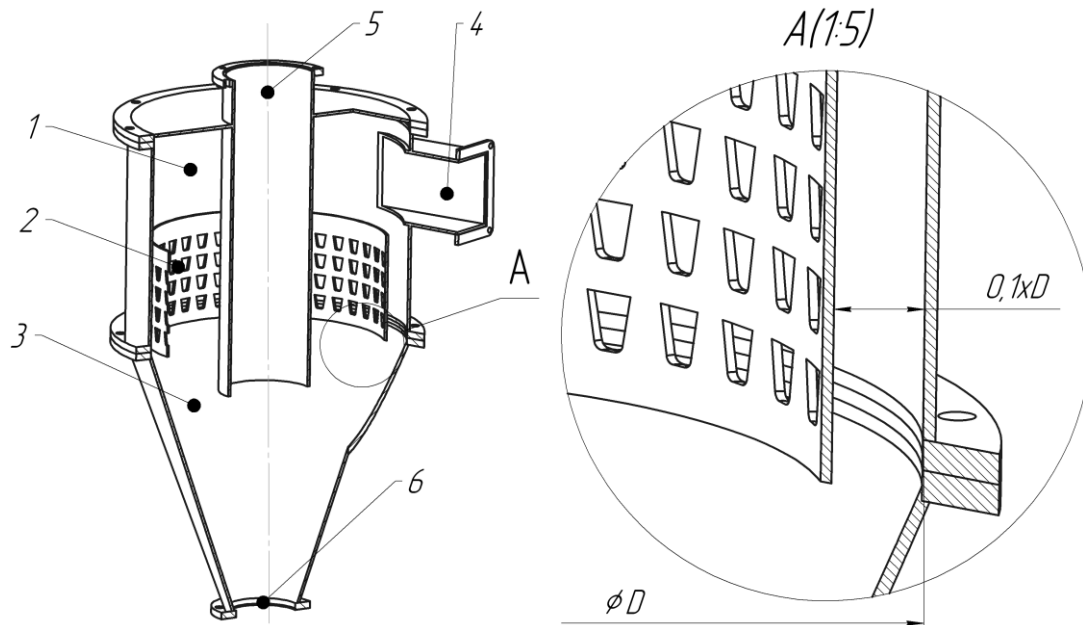
Нітратну кислоту отримують шляхом конверсії аміаку. Одним з варіантів виробництва кислоти є схема Шварцбурда, з тиском 0,716 МПа, перевага якої у низькій витраті природного газу (135 м³/1т кислоти) [2]. Важливим апаратом схеми є відцентровий сепаратор абсорбційної колони, який відокремлює краплі кислоти з потоку нітрозних газів. Конструктивно сепаратор виконано циклоном, недоліком є недостатня ефективність розділення газу та рідини, оскільки робочі швидкості газорідинного потоку, при яких працює крапле вловлювач не перевищує 1-2 м/с. При більш високих швидкостях починається вторинне бризко винесення.

Пропонується модернізувати конструкцію відцентрового сепаратору абсорбційної колони для розділення газорідинних потоків з метою збільшення ефективності за рахунок збільшення швидкості газорідинного потоку до 2-3м/с.

Суть модернізації зображена на рисунку 1. Газорідинна суміш подається через патрубок 4 до верхньої частини корпусу 1, рухається по спіралі вздовж внутрішньої поверхні перфорованої насадки 2, при цьому сепарується внаслідок відцентрового прискорення, після чого краплі рідини, проходячи через отвори у насадці потрапляють на стінки корпусу та стікають вниз до патрубка 6, а суха пара виводиться через патрубок 5.

Внаслідок гальмування потоку між стінкою насадки та корпусу зменшується винос рідини потоком [3].

Перфорована насадка розміщена в верхній частині корпусу, та виконана діаметром, меншим внутрішнього діаметру корпусу на 20%, при цьому утворюється циліндричний зазор між внутрішньою поверхнею корпусу та зовнішньою поверхнею насадки.



1 - корпус сепаратора; 2 - перфорована насадка, закріплена у верхній частині корпусу; 3 – конічна частина апарату; 4 - патрубок входу газорідинної суміші; 5 - патрубок виходу сухої пари; 6 - патрубок виходу рідини.

Рисунок 1 – Модернізація сепаратора нітрозних газів

Висновок: модернізація конструкції сепаратора дозволить покращити процес газорозділення.

Перелік посилань

1. <http://vector-study.ru/library/tehnology/azot-k/ts-716.html> від 19.10.2016
2. Справочник азотчика. 2-е изд. перераб. – М.: Химия, 1987. 464 с.
3. Заявка на патент України. Сепаратор нітрозних газів/ Двойнос Я. Г., Кот Р.О., № и 201610339; заявлена 11.10.2016

УДК 066.630

**ВІДПАРНА КОЛОНА, ХОЛОДИЛЬНИК, ДЕЛЕГМАТОР У
ПРОЦЕСІ СЕЛЕКТИВНОЇ ОЧИСТКИ МАСТИЛА
ФЕНОЛОМ ТА КРЕЗОЛОМ**

студент Лапа М.С, к.т.н. доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мастило – це рідкі суміші високіплячих вуглеводів з температурою кипіння 300 - 600°C, головним чином алкілнафтоєвих і алкілароматических, отримуються за допомогою переробки нафти.

Використовуються для виробництва мастильних матеріалів, електроізоляційного і консерваційного мастила, а також в косметичній промисловості.

Установка селективної очистки мастила фенолом та крезолом представлена на рисунку 1. Складається з наступних основних секцій: абсорбції сировини фенолом з парів азеотропної суміші фенола та води, екстракції, регенерації фенола з екстрактного і рафінованого розчинів, «водного контура».

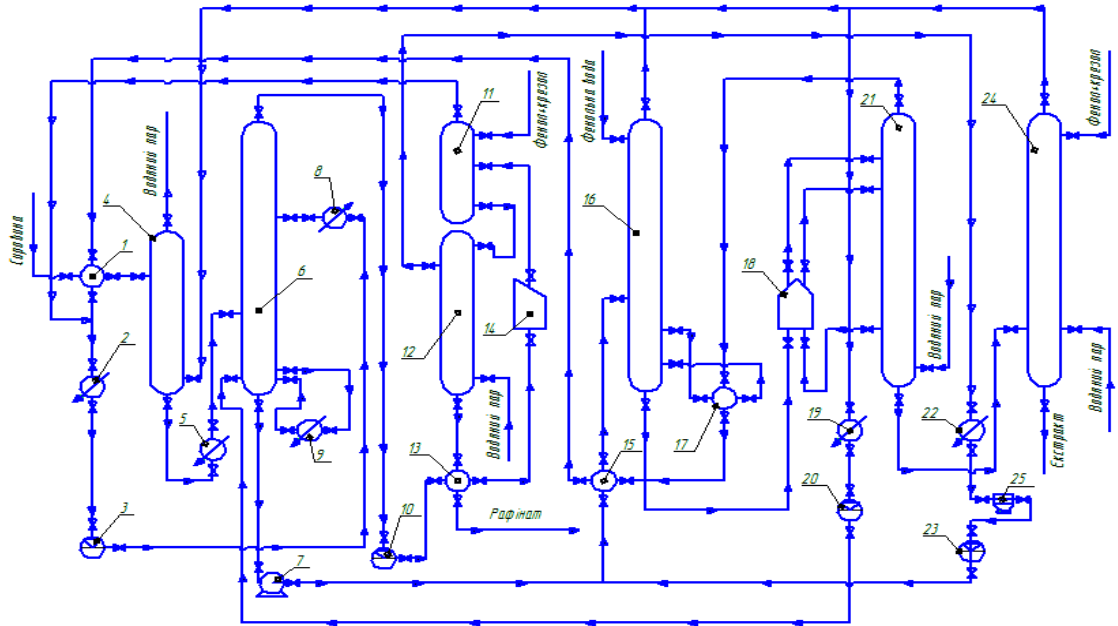
Першою стадією очистки мастила є абсорбція сировини розчинником. Розчинник в даному технологічному процесі є співвідношення (1:1) полярних розчинників – фенолу та крезолу.

Сировина в абсорбері 4 контактує з парами азеотропної суміші розчинника та води. Внаслідок цього в ній розділяються поліциклічні ароматичні вуглеводи від смолистих з'єднань. Що дає змогу в подальшому розділити їх у екстракційній колоні 6 на низькокиплячий (рафінований) та висококиплячий (екстракт) компонент.

Рафінований в своєму складі містять розчинник, який у невеликій кількості не впливає на якість та властивості чистого мастила але не є бажаним у складі. У зв'язку з цим рафінований відпарюють гострою насиченою водяною парою у відпарних колонах.

Відпарна колона 12 є бінарною системою в якій розчинник та рафінований є відповідно низькокиплячий та висококиплячий компонент. Пари розчинника та води конденсуються у теплообміннику 22 і подаються до повітряного

холодильника 25. Розчин фенольної води збирається у ємність 23 а відпарений рафінат з нижньої частини колони відкачується через теплообмінник 15 (холодильник) і направляється на депарафінізацію з цілю отримання чистого мастила.



1– теплообмінник; 2– холодильник; 3– ємність; 4– абсорбер; 5– холодильник; 6– екстракційна колона; 7– насос; 8– підігрівач; 9– холодильник; 10–ємність; 11– відпарна колона; 12– відпарна колона; 13– теплообмінник; 14– піч; 15–теплообмнник; 16– відпарна колона; 17– підігрівач; 18– піч; 19– холодильник; 20– ємність; 21– випарна колона; 22– конденсатор; 23– ємність; 24– випарна колона; 25-повітряний холодильник.

Рисунок 1 – Технологічна схема селективної очистки мастила фенолом та крезолом

Метою роботи є розробка відпарної колони 12, холодильника 15 та дефлегматора, який представлений у вигляді теплообмінника 22 і повітряного холодильника 25 у технологічній схемі селективної очистки мастила фенолом та крезолом.

Перелік посилань

1. Ластовкина Г.А., Радченко Е.Д., Рудина М.Г. Справочник нефтепереработчика. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
2. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. – М.: Химия, 1971. – 296 с.

УДК 66.023.23

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДІЛЬНИЦІ ГРАНУЛЮВАННЯ КАРБАМІДУ

студ. Полозов В. В., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Азотна промисловість є однією з основних галузей економіки, її розвиток обумовлений, зокрема, необхідністю виробництва великої кількості азотних добрив, без яких неможливо вирішувати завдання інтенсифікації сільського господарства.

Карбамід є кристалами білого кольору, добре розчинний у воді, має нейтральне РН. Карбамід отримують при взаємодії аміаку і вуглекислого газу при температурі 130 °С та тиску 100 атм в водному розчині за рівнянням О.І.Базарова: $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$.

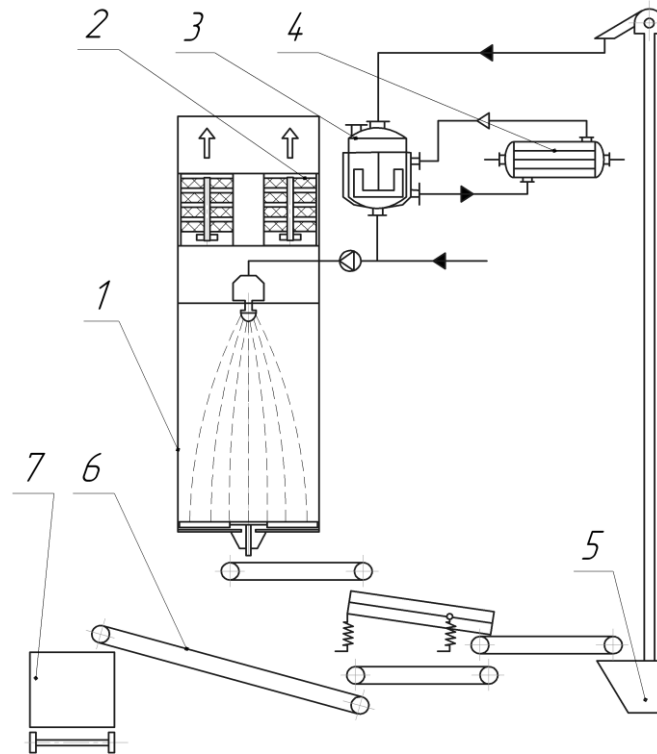
На рисунку 1 зображено модернізовану схему дільниці гранулювання карбаміду. Модернізація полягає у використанні карбаміду, гранулометричний склад якого не відповідає вимогам для повторної грануляції. Гарнули карбаміду що не відповідають вимогам за розміром спрямовуються до апарату плавлення[3] та повертаються в грануляційну [1] башню. Для роботи апарату плавлення [3] необхідно спроектувати парогенератор [4]. Температура плавлення карбаміду знаходиться в вузькому діапазоні між 132,5 °С та 134,5 °С, за яких він вже розкладається. Тому гріти потрібно насиченою парою, що дозволяє стабілізувати температуру у вузькому діапазоні.

Класифікатор гранульованого карбаміду подрібнює гранули через їх малу механічну міцність та інтенсивний рух сита у вертикальній площині. Пропонується спроектувати нову конструкцію класифікатора з метою зменшення механічного впливу на гранулу карбаміду.

Абсорбер дисковий [2] є важливий елемент схеми, основне призначення якого очистити повітря від аміаку, особливість роботи якого полягає в великій об'ємній продуктивності по повітрю та малому гідравлічному опорі. Тому у модернізованому абсорберу дисковому [2], необхідно збільшити поверхню масообміну.

Очікуваний ефект: збільшення продуктивності виробництва по гранульованому карбаміду, покращення гранулометричного складу.

Модернізована схема вимагає проектування нових машин та апаратів, а саме: класифікатора, абсорбера дискового та парогенератора.



- 1 – грануляційна башня; 2 – абсорбер роторний; 3 – апарат плаву;
4 – парогенератор; 5 – транспортер; 6 – транспортер готової продукції;
7 – вагон;

Рисунок 1 - Схема колони

Висновок: модернізація є актуальною, а проектування нових машин та апаратів є важливим.

Перелік посилань:

1. Справочник азотчика / [Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Патент Абсорбер роторний (U2016 10237) / Двойнос Я.Г., Полозов В.В.

УДК 668.621.6

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРНОГО БЛОКУ УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

студент Полєнок Р.В., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

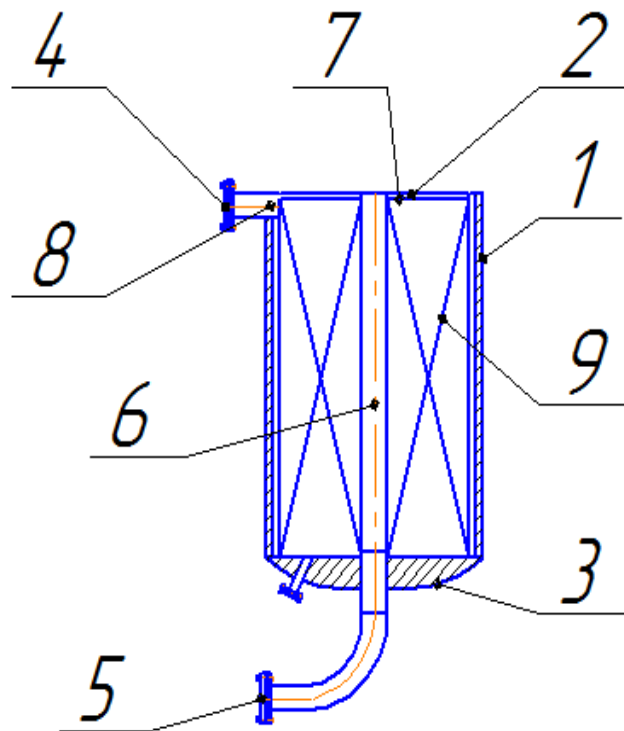
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Каталітичний риформінг дозволяє отримувати нафтохімічну сировину - ароматичні вуглеводні, бензол (найбільш цінний продукт), толуол і ксилоли (БТК), а також виробляти водневий газ. Каталітичний риформінг є наймасштабнішим процесом виробництва високооктанових компонентів товарних автомобільних бензинів [1].

Тому оптимізація даного процесу особливо актуальна через неухильне зростання споживання автомобільних бензинів та безперервна екологічна боротьба за чистоту навколишнього середовища витіснила застосування антидетонаторів на основі свинцю, що підвищило роль каталітичного риформінгу у виробництві неетиллованих бензинів з високим октановим числом.

На рисунку 1 зображено реактор для каталітичних процесів належить до апаратів для реакційних та масообмінних процесів і може застосовуватись у нафтохімічній та хімічній галузях промисловості.

Газопарова суміш надходить зверху через патрубок вводу у проміжок, утворений між стінкою корпусу і насадкою, і рухається тангенціально напрямку через шар каталізатора до центральної перфорованої труби. Продукти реакції виводять з реактору через патрубок виводу. З метою запобігання прямого надходження потоку сировини у шар каталізатора перфоровану обичайку з'єднують з глухою тарілкою. Верхню частину перфорованої труби виконують неперфорованою (суцільною), що запобігає утворення байпасних потоків [2].



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – днище; 4,5 – патрубки вводу і виводу;
6 – перфорована трубка; 7 – тарілка; 8 – розподільний пристрій;
9 – шар каталізатора.

Рисунок.1 Реактор для каталітичних процесів

Модернізація полягає у заміні патрубку вводу на тангенційни, що покращує умови масообміну та зменшує гідравлічний опір апарату.

Перелік посилань:

1. <http://enciklopediya-tehniki.ru>

2. Патент № UA 99158 B01J 8/00 25.05.2015г.

УДК 66.023.23

МОДЕРНІЗАЦІЯ АБСОРБЕРА РОТОРНОГО ДИСКОВОГО З НАСАДКОЮ

студ. Полозов В. В., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Абсорбція це масообмінний процес під час якого відбувається поглинання сорбата всім об'ємом сорбенту(поглинача) в спеціальному апараті абсорбері. Абсорбери бувають трьох типів: 1) барботажні; 2) розпилюючі; 3) поверхневі. В випадку очищення повітря від аміаку використовується поверхневий абсорбер роторно-дисковий.

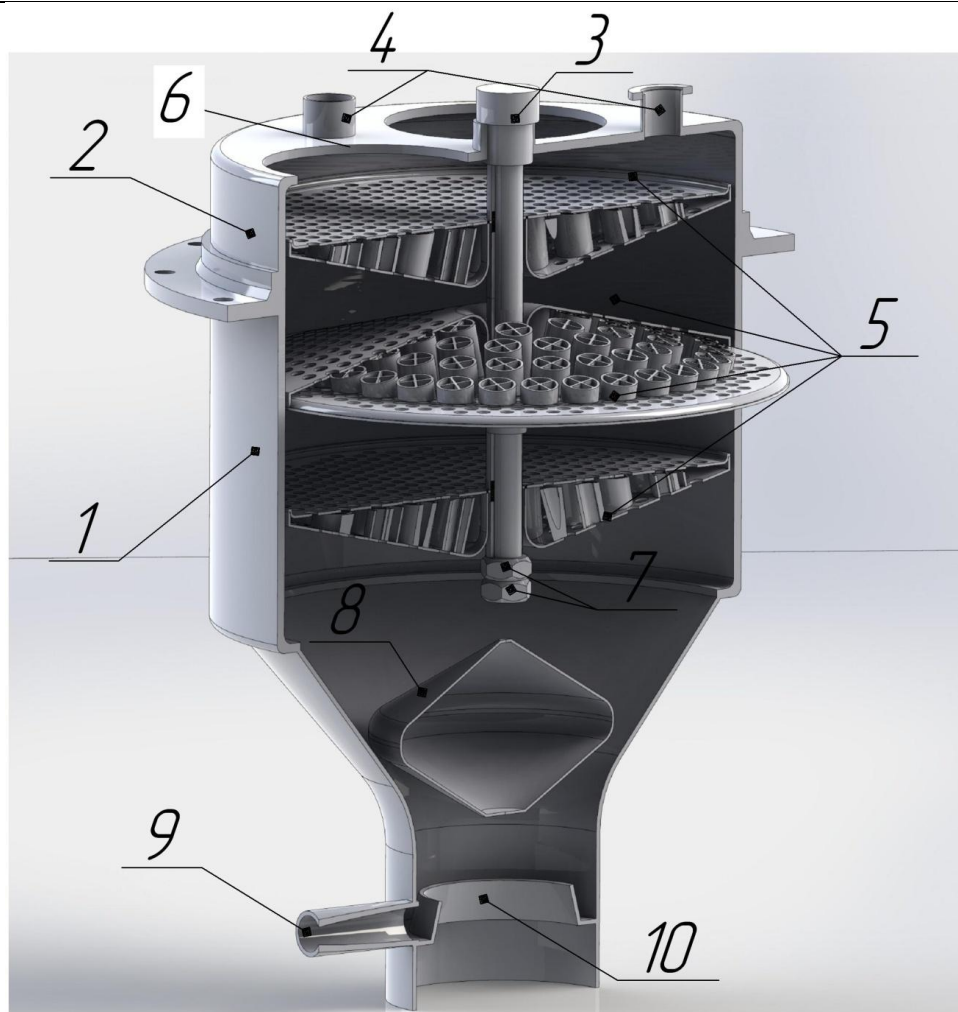
На виробництві карбаміду є грануляційна колона в якій містяться абсорбери для очистки повітря з реактору синтезу. В повітрі міститься аміак який чиститься в абсорбері роторно-дисковому до норм гранично допустимих концентрацій "Київського Договору".

Недоліком нашого абсорберу є мала поверхня масообміну, велика металоємкість апарату та морально застаріла конструкція яка не забезпечує виробничих потреб в зміні об'єму із-за нестабільності постачання газу.

На рисунку зображено модернізований абсорбер роторно-дисковий. Пропонована модернізація буде вирішувати проблему малої поверхні масообміну. Модернізація полягає в зміні форми диска и заповненням між дискового простору насадкою- кільцями Рашига.

Через отвори 6 подається вода, попадає на диски з насадками 5, які в свою чергу продуваються повітрям, яке забруднене аміаком. Диски 5 закріплені на валу 3 гайками 7. Після всіх дисків 5 вода потрапляє на стінки корпуса 1 і стікає в отвір 9, а очищений газ виходить через отвір 6.

Очікуваний ефект: збільшення продуктивності абсорберу роторно-дискового за рахунок збільшення поверхні, зменшення загальних енергозатрат в схемі.



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – вал;
4 – фланці вводу води; 5 – диски з насадкою всередині; 6– отвори вводу забрудненого повітря; 7– гайки; 8– розсікач; 9– відвід забрудненої води;
10– відвід очищеного повітря.

Рисунок – Схема колони

Висновок: модернізація є актуальною, а проектування нового роторно-дискового абсорберу – важливим.

Перелік посилань:

1. Справочник азотчика / [Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Патент Абсорбер роторний (U 2016 10237)/ Двойнос Я.Г., Полозов В.В.

УДК 665.652.2

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ НАФТОВИХ ГАЗІВ

студент Фурс О.В., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Побічним продуктом нафтовидобувної галузі є нафтовий (попутний) газ. Такий газ підлягає переробці в полімер-бензин. Полімер бензин як і звичайний бензин, використовується як високооктанове автомобільне паливо .

Одним з найпоширеніших способів переробки нафтових газів є каталітична фосфорнокислотна полімеризація олефінів в реакторах полімеризації [1]. Реакція полімеризації проходить з виділенням тепла .

Реактор (рис.1) являє собою трубчатий апарат, що складається з опор 1, корпуса 2, кришки 3, днища 4 реакційних труб 5 заповненими каталізатором 7 , штуцерів 8-11. В трубне середовище реактора подається сировина у вигляді газової суміші. В між трубному просторі для охолодження використовується водяний конденсат.

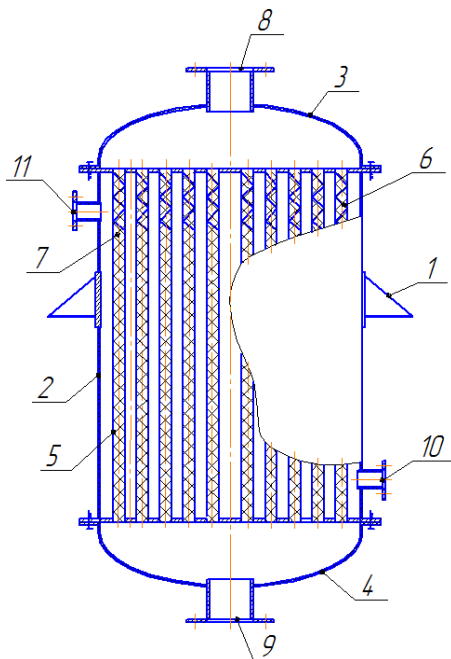
Недоліком даного реактору є недостатнє перемішування потоку в верхній частині реакційних труб, що приводить до погіршення охолодження реакційного середовища.

В основу модернізації покладено завдання підвищення ефективності роботи реактора, за допомогою удосконалення його конструкції, шляхом зміни внутрішньої форми трубчатого елемента реактора, що дозволяє збільшити поверхню контакту теплоносія зі стінкою труби та збільшити час перебування теплоносія в апараті і відповідно підвищити ефективність теплопередачі та охолодження реактора.

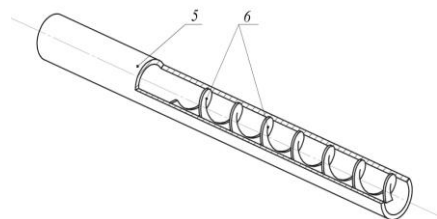
Поставлене завдання досягається встановленням у реакційні труби 5 на вході спіральних елементів 6 довжиною 5-8 внутрішніх діаметрів труб.

Завдяки такому виконанню, в якому реакційні труби мають на вході спіральні елементи, потік газу турбулізується і процес тепловіддачі стає більш інтенсивним.

Модернізація ілюструється кресленнями, де на рисунку 1 зображено реактор, на рисунку 2 – поперечний розріз реакційної труби.



1 – опори; 2 – корпус;
3 – кришка; 4 – днище;
5 – реакційні труби;
6 – спіральний елемент;
7 – каталізатор; 8-11 – штуцери
Рисунок 1 – Реактор



5 – реакційна труба;
6 – спіральний елемент
Рисунок 2 – Реакційна труба

Перелік посилань:

1. Технология переработки нефти и газа, Иванова Л.В., Корнеев М.И., Юзбашев В.М., М.: Химия, 419 с. 1966 г.

УДК 662.764

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З
РОЗРОБКОЮ СКРУБЕРА, ПАРОГЕНЕРАТОРА
ТА ПАРОВОГО ПІДГРІВАЧА**

студент Шеляг А.В., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Коксовий газ — горючий газ, що утворюється в процесі коксування кам'яного вугілля, тобто при нагріванні його без доступу повітря до 900–1100 °С.

Газ, що утворюється при коксуванні, містить багато цінних речовин.

Використовують як паливо у промислових печах, газових двигунах, як сировина в хімічній промисловості [1]. Одним з основних елементів установки очистки коксових газів є насадковий скруббер.

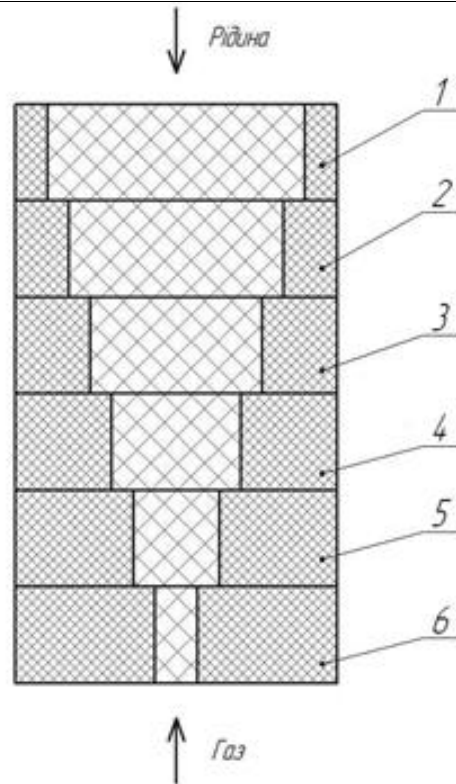
До його недоліків відноситься мала питома поверхня насадки, значний гідравлічний опір, недостатнє зрошення насадки на певній висоті, розтікання потоку рідини до стінок апарата [2].

В основу корисної моделі покладено задачу забезпечити рівномірність зрошення насадки, при збереженні малого гідравлічного опору насадки, таким чином підвищивши інтенсивність тепло- та масообмінних процесів.

Поставлена задача вирішується тим, що в апарат укладають хордову насадку, кожний елемент насадки містить спеціальні вирізи.

Технічний результат полягає в збільшенні площі поверхні контакту фаз і підвищенні продуктивності.

На рисунку 1 зображено схему способу укладки хордової насадки, а на рисунку 2 – елемент хордової насадки зі спеціальними вирізами.



1, 2, 3, 4, 5 та 6 – секції хордової насадки

Рисунок 1 – Схема способу укладки хордової насадки.

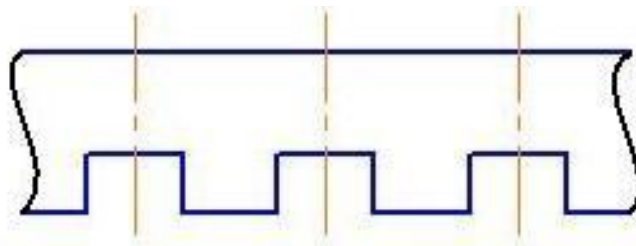


Рисунок 2 – елемент хордової насадки зі спеціальними вирізами.

Запропонована конструкція скрубера забезпечує рівномірний розподіл рідини по об'єму скрубера та збільшенні площі поверхні контакту фаз, що підвищує інтенсифікацію процесу масообміну.

Перелік посилань:

1. <https://uk.wikipedia.org> від 20.10.2016 р.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Издательство «Химия», М., 1971 г. 784 с.

УДК 627.341.65

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОТИТОЧНОГО АБСОРБЕРА ДЛЯ ПОГЛИНАННЯ SO₂ ВОДОЮ

студентка Борисенко А. С., к.т.н., доц Степанюк А. Р.

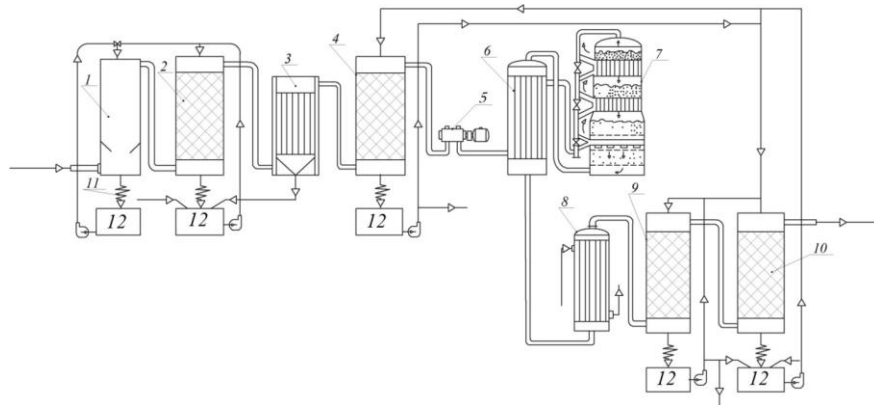
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Двоокис сірки, сульфур (IV) оксид — неорганічна бінарна сполука складу SO₂. За звичайних умов являє собою безбарвний газ з різким задушливим запахом. Проявляє доволі сильні відновні властивості. Використовується у синтезі сульфатної кислоти. Він важчий від повітря більше ніж у два рази.

Двоокис сірки застосовують у різних галузях промисловості. Найбільші його кількості йдуть на виробництво сульфатної кислоти [1].

Принципова технологічна схема виробництва сірчаної кислоти контактним способом представлена на рисунку 1. Випалювальний газ після грубої очистки від пилу в огаркових електрофільтрах при 300 градусів надходить в порожнисту промивну колону 1,2, де розбризкується холодна сірчана кислота (приблизно 75% H₂SO₄). При охолодженні газу наявні в ньому триоксид сірки і пари води конденсуються у вигляді дрібних крапель. У цих крапельках розчиняється окис миш'яку. Утворюється миш'яково-кислотний туман, який частково вловлюється в першій колоні та в другій колоні. Одночасно вловлюються залишки пилу, селен та інші домішки. Утворюється брудна сірчана кислота (до 8% від загального виробітку). Остаточне очищення газу від важко вловлюваного миш'яково-кислотного туману проходить у мокрих електрофільтрах 3, які встановлюють послідовно (два або три). Очищення газу завершується осушенням його від парів води купоросним маслом в башті з насадкою 4. Зазвичай встановлюються послідовно дві сушильні башти. Велика кількість апаратури створює значний опір потоку газу, тому для транспортування газу встановлюється турбокомпресор 5, він просмоктує газ з печі через всю апаратуру, транспортує його в контактний

вузол. Контактний вузол складається з контактного апарату 7, рекуперативного теплообмінника 6.



1,2 – промивні колони; 3 – мокрий електрофільтр; 4 – сушильна колона з насадкою; 5 – турбокомпресор; 6 – рекуперативний теплообмінник; 7 – контактний апарат; 8 – трубчастий холодильник газу; 9,10 – абсорбційні колони з насадкою; 11 – холодильник кислоти; 12 – збирач кислоти; 13 – центробіжні насоси.

Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва сірчаної кислоти.

У теплообміннику пускового підігрівача газ нагрівається перед надходженням в апарат під час пуску або при падінні температури в апараті нижче норми. Далі продукти реакції охолоджуються у рекуперативному теплообміннику 6, і подається на абсорбери 9 та 10. [2]

Метою даної роботи є модернізація протиточного абсорбера, виконання його параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань:

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D1%81%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B8
2. Теоретические основы химической технологии/И. П. Мухленов, А. Я. Авербух, Е. С. Тумаркина и др.; Под ред. И. П. Мухленова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1977. — 288 с.

УДК 67-714

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА З ПЛАВАЮЧОЮ ГОЛОВКОЮ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

студент Гребелюк І. В., к.т.н., доц Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

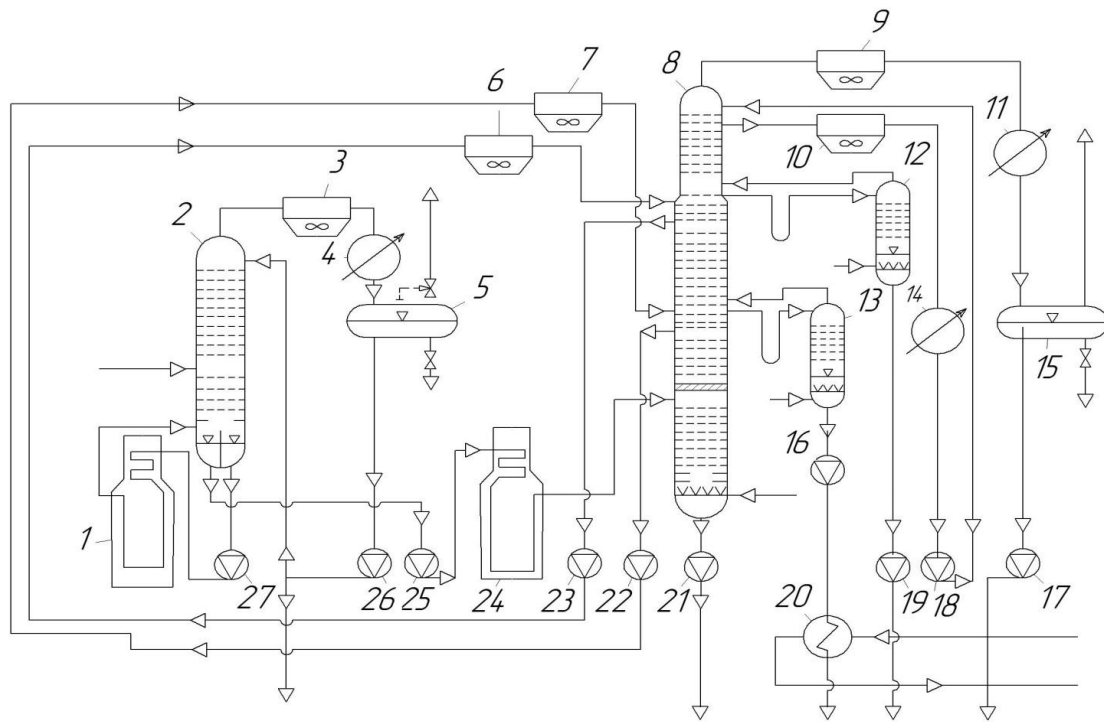
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дизельне паливо, є головним видом палива для дизельних двигунів. Зазвичай під цим терміном розуміють паливо, що виходить з гасово-газойлевих фракцій прямої перегонки нафти. Дизельне паливо призначене для швидкохідних дизельних і газотурбінних двигунів наземної та суднової техніки [1].

Технологічна схема високопродуктивної установки первинної переробки нафти наведена на рисунку 1 [2].

Нагріта до 200-250 °С нафта надходить в відбензинуючу колону 2 по двох тангенційних вводах. У сепараторі 5 від сконденсованої легкої бензинової фракції відокремлюються газ і вода. Циркулююча частина бензину повертається в колону 2 насосом 26, а балансова кількість передається в блок стабілізації бензину. Для підтримки температури низу колони 2 частково відбензинена нафта насосом 27, подається до змієвикових печей 1 і повертається в нижню частину колони. Балансова кількість відбензиненої нафти насосом 25 подається через змієвикові печі 24 і з температурою 370-380°С подається по двох тангенційних вводах в атмосферну колону 8.

З колони 8 зверху відводяться пари важкого бензину і води, а також гази розкладу, вони проходять апарат повітряного охолодження 9 і водяний холодильник 11. Отримана газорідинна суміш газ - бензин - вода розділяється в сепараторі 15. Конденсат важкої бензинової фракції разом з фракцією легкого бензину, насосом 12 передається на стабілізацію. Циркуляційна рідина з третьої тарілки колони 8 надходить через апарат повітряного охолодження 10 і водяний холодильник 14 на прийом насосу 18 і цим насосом закачується на верхню тарілку колони.



16-

19, 21-23, 25-27 – насоси; 3, 6, 7, 9, 10 – апарати повітряного охолодження; 20 – теплообмінник; 4, 11, 14 – водяні конденсатори-холодильники; 5, 15 – сепаратори-збірники; 2 – колона відбензинювання нафти; 12, 13 – випарні колони; 8 – основна атмосферна колона; 1, 24 – піч.

Рисунок 1 – Технологічна схема високопродуктивної установки первинної переробки нафти

Гасова фракція виводиться з низу відпарної колони 12 насосом 19. Фракція дизельного палива виводиться з випарної колони 13 насосом 16 через теплообмінник 20. Для збільшення відбору дизельного палива в низ колони 8 подається перегріта (400°C) водяна пара. Пара подається і в відпарні колони 12 і 13 для видалення легких фракцій.

Метою даної роботи є модернізація теплообмінника з плаваючою головкою для охолодження дизельного палива, виконання її параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань:

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki> від 01.09.16р.
2. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа, под редакцией Б.И. Бондаренко, Москва 2003, с. 202.

УДК 66.048.3

ТАРІЛЧАСТА ВІДПАРНА РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА ДЛЯ ВІДДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКІВ ВІД МАСТИЛА

студент Денисенко В.Р., к.т.н., доц Степанюк А.Р.

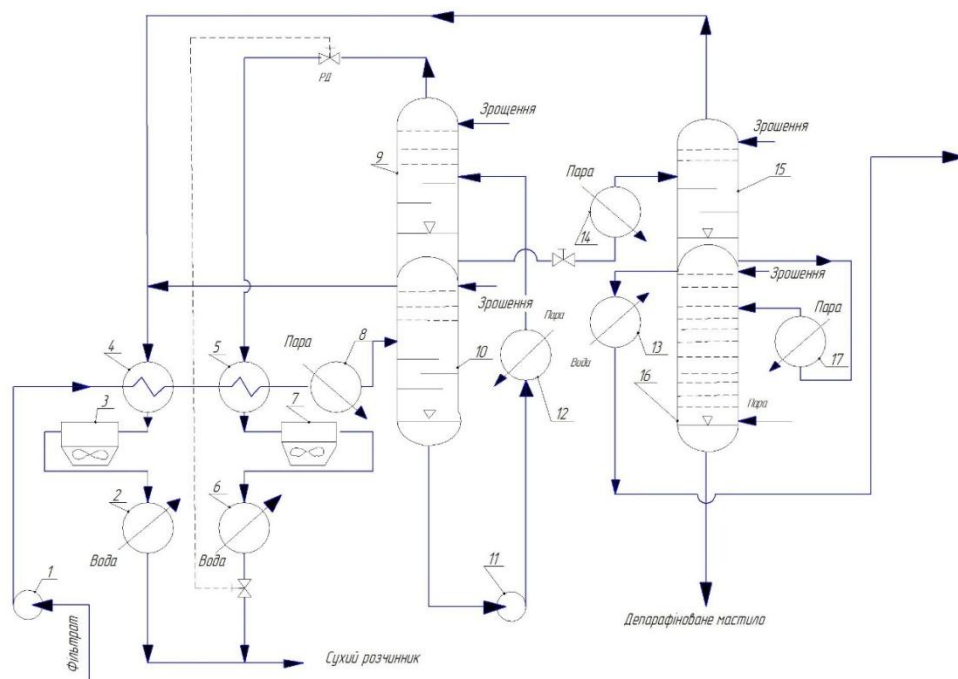
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мастило - пластичний матеріал, який являє собою структуровану загусником оливу [1].

Застосовується для консервації виробів та герметизації ущільнень, підводять (наносять) до поверхні тертя для зменшення сили тертя і зносу.

На рисунку 1 зображена технологічна схема установки для відділення розчинників від мастила [2].



1, 11 - насоси; 2, 6 – холодильники; 3, 7 – апарат повітряного охолодження; 4, 5 – теплообмінники; 8, 12, 14 – теплоносії для підігріву; 9, 15 – ректифікаційні колони; 10, 16 – відпарні колони; 13 – конденсатор; 17 – паровий підігрівач;

Рисунок 1 – Технологічна схема розділення розчинників від мастила

Регенерація розчинника з розчину депарафінованого масла здійснюється в чотири стадії.

Розчин депарафінованого мастила (фільтрат) подається насосом через теплообмінники 4, 5 і паровий підігрівач 8 в колону 10. Тут пари розчинника відокремлюються від рідини і йдуть з колони; далі пари розчинника конденсуються в між трубному просторі теплообмінника 4 і в апараті повітряного охолодження 3.

Відведена з низу колони 10 рідина насосом 11 подається через трубний простір парового підігрівача 12 в колону 9, в якій підтримується заданий тиск 0,20-0,35 МПа. Пари розчинника, що виходять з колони 9, охолоджуються і конденсуються в теплообміннику 5 і охолоджуються в теплообміннику 7. Конденсат, пройшовши водяний холодильник 6, збирається в приймальнику сухого розчинника. Залишок з низу колони 9, пройшовши за рахунок перепаду тиску клапан і трубний простір парового підігрівача 14, надходить в парорідинному стані в колону 15. Пари з колони 15 об'єднуються з парами, що виходять з колони 10.

Збіднена розчинником рідина перетікає з колони 15 через гідравлічний запобіжник і паровий підігрівач 17 в відпарну колону 16, з якої залишки розчинника видаляються з допомогою гострої водяної пари, де парафіноване мастило, що відводиться з колони 16 знизу, спрямовується через холодильник в проміжний резервуар.

Метою даної роботи є модернізація тарілчастої відпарної ректифікаційної колони, виконання її параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань:

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki> від 05.10.16
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987. – 490 с.

УДК 67-714

МОДЕРНІЗАЦІЯ СПРАЛЬНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ МАЗУТУ

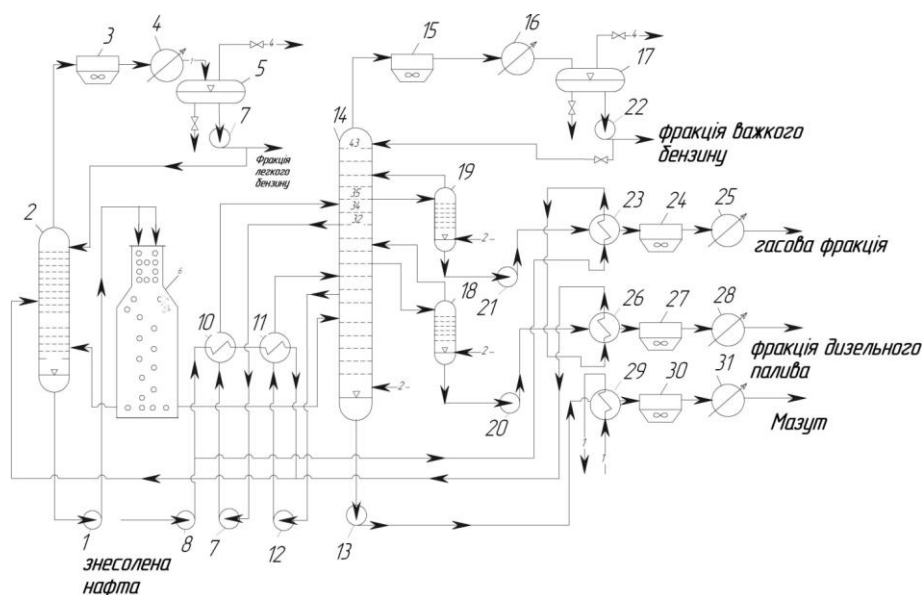
студент Іваненко М.С., к.т.н., доц Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мазут — це рідкий продукт темно-коричневого кольору, суміш вуглеводнів, нафтових смол, карбенів, карбоїдів і органічних металомістких сполук (V, Ni, Fe, Mg, Na, Ca) [1].

Технологічна схема зображена на рисунку 1, двохколонна з подвійним випаровуванням сировини [2].



2, 14—ректифікаційні колони; 1, 7-9, 12, 13, 20-22 – насоси; 3, 15, 24, 27, 30 – апарати повітряного охолодження; 4, 16, 25, 28, 31 – холодильники; 10, 11, 23, 26, 29 – теплообмінники; 5, 17 –газосепаратори-водороздільники; 6 – трубчата піч; 18, 19 – відпарні колони.

Рисунок 1 – Технологічна схема установки атмосферної перегонки нафти
Знесолена нафта, що нагнітається насосом 8, проходить двома паралельними потоками групу теплообмінників 10, 11, 23, 26, 29 і нагріта до температури 200-220 °С надходить в середню частину колони 2.

Пари легкого бензину після виходу з колони 2 конденсуються в апараті повітряного охолодження 3. Далі конденсат і супутні гази, охолоджені в водяному холодильнику 4, розділяються в газосепараторі 5 і звідси легкий бензин насосом 7 подається в секцію стабілізації вторинної перегонки.

З колони 2 знизу частково відбензинена нафта забирається насосом і подається в змійовик трубчастої печі 6, і потім надходить на колону 14.

Верхнім продуктом колони 14 є бензинова фракція. Після виходу з колони 14 пари бензину, а також у суміші з водяними парами, частково конденсуються в апараті повітряного охолодження 15, і далі у водяному холодильнику 16 суміш розділяється в сепараторі 17 на газ, водний і бензиновий конденсат.

Фракції 140-240 і 240-350 °С виводяться з колон 18 і 19, перекачуються за допомогою насосів 20 і 21 і охолоджуються в послідовно з'єднаних апаратах. Перша - гасова фракція - в теплообміннику 23, апараті повітряного охолодження 24 і водяному кожухотрубному холодильнику 25; друга - фракція дизельного палива - в теплообміннику 26, холодильнику 27 і водяному холодильнику 28. Важкий пропарений залишок нафти, що стікає з останньої тарілки концентраційної секції колони 14, проходячи нижні шість тарілок в колоні, продувається перегрітою водяною парою. Звільнений від низькокиплячих фракцій мазут направляється з низу колони 14 насосом 13 через теплообмінник 29 і холодильники 30 і 31 в резервуар.

Метою даної роботи є модернізація спірального теплообмінника для охолодження мазуту, виконання його параметричних розрахунків та визначення його габаритних розмірів.

Перелік посилань:

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Мазут_від_25.09.16
2. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа, под редакцией Б.И.Бондаренко, Москва, изд-во "Химия" 1983, ст 128

УДК 66.045.1

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОВІТРЯНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА
ДЛЯ УСТАНОВКИ ВІДДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКІВ ВІД МАСТИЛА**

студентка Ільєнко А.В., доц. , к.т.н. Степанюк А.Р.

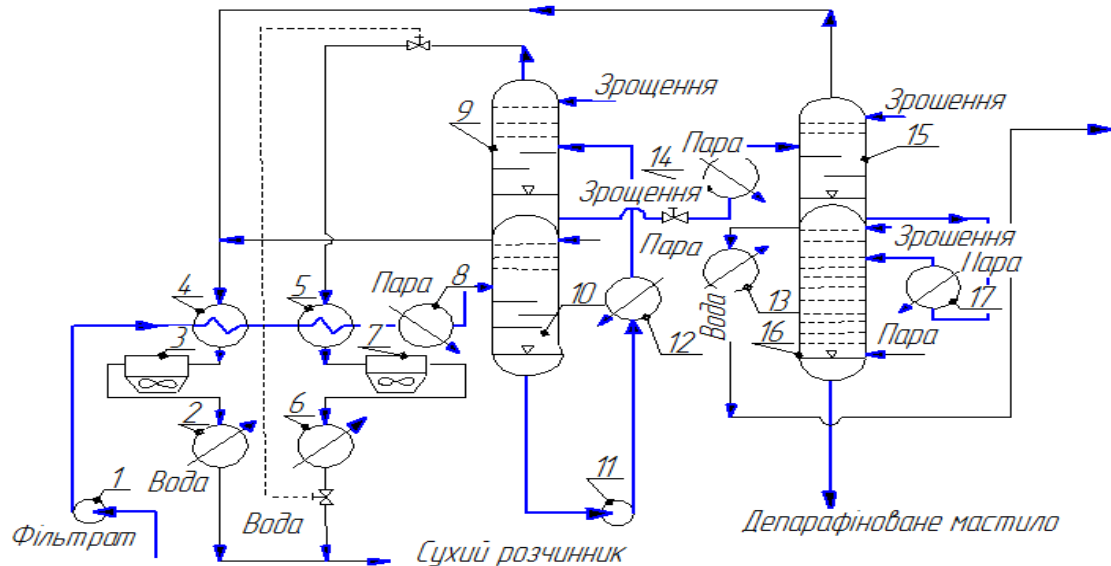
Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Депарафінізація застосовується в основному для виробництва мінеральних мастил, набагато рідше для виробництва зимового і арктичного дизельного палива. Метою депарафінізації - кристалізації - є отримання структури кристалів парафіну, яка забезпечує високу швидкість фільтрування суспензії при заданій умові відділення рідкої від твердої фаз. Розчинники в процесі депарафінізації виконують такі функції: зниження в'язкості сировини, яка оброблюється для полегшення відділення парафіну, який відкрystalізувався від депарафінізованого мастила (щоб виконати цю функцію, сам розчинник повинен мати досить низьку в'язкість в широкому інтервалі температур аж до температур кристалізації), також вони повинні при температурах депарафінізації повністю розчиняти низькозастигаючі вуглеводні, і не розчиняти при цьому компоненти сировини, які кристалізуються [1].

Розчин депарафінізованого мастила (фільтрат) подається насосом 1, через теплообмінники 4, 5 і паровий підігрівач 8 в колону 10. Тут пари розчинника відокремлюються від рідини і виходять з колони; далі пари розчинника конденсуються в міжтрубному просторі теплообмінника 4 і охолоджуються в апараті повітряного охолодження 3. Після виходу з водяного холодильника 2 конденсат надходить в приймач сухого розчинника. Відведена знизу колони 10 рідина насосом 11 подається через трубний простір парового підігрівача 12 в колону 9, в якій підтримується тиск 0,20-0,35 МПа. Пари розчинника, що виходять з колони 9, конденсуються і охолоджуються в теплообміннику 5 та в апараті повітряного охолодження 7. Конденсат, пройшовши водяний холодильник 6, збирається в приймальнику сухого розчинника. Залишок знизу колони 9, пройшовши за рахунок перепаду тиску клапан і трубний простір

парового підігрівача 14, надходить в паро-рідинному стані в колону 15. Пари з колони 15 об'єднуються з парами, що виходять з колони 10. Рідина, з якої вилучено на розчинник перетікає з колони 15 через гідравлічний запобіжник і паровий підігрівач 17 у відпарну колону 16, де залишки розчинника видаляються за допомогою гострої водяної пари і потрапляє в резервуар [2].



1, 11 - насоси; 2, 6 - холодильники; 3, 7 - апарат повітряного охолодження;

4, 5 - теплообмінники; 8, 12, 14 - теплоносії для підігріву; 9, 15 – ректифікаційні колони; 10, 16 - відпарні колони; 13 - конденсатор; 17 - паровий підігрівач;

Рисунок 1 – Технологічна схема розділення розчинників від мастила

Метою роботи є модернізація повітряного холодильника для установки відділення розчинників від мастила шляхом оребрення труб для збільшення рівномірності охолодження труб.

Перелік посилань:

1.<http://privetstudent.com/modernizaciya-ustanovki-deparafinizaciya-uvelicheniya-vyhoda-deparafinirovannogo-masla-i-snizheniya-energoemkosti.html> від 10.10.16 р.

2.<http://e-him.ru/page=dynamic§ion=22&article=68> від 10.10.16 р.

УДК 66.048.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ БЕНЗОЛ-МЕТИЛБЕНЗОЛ

студентка Козакова А.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

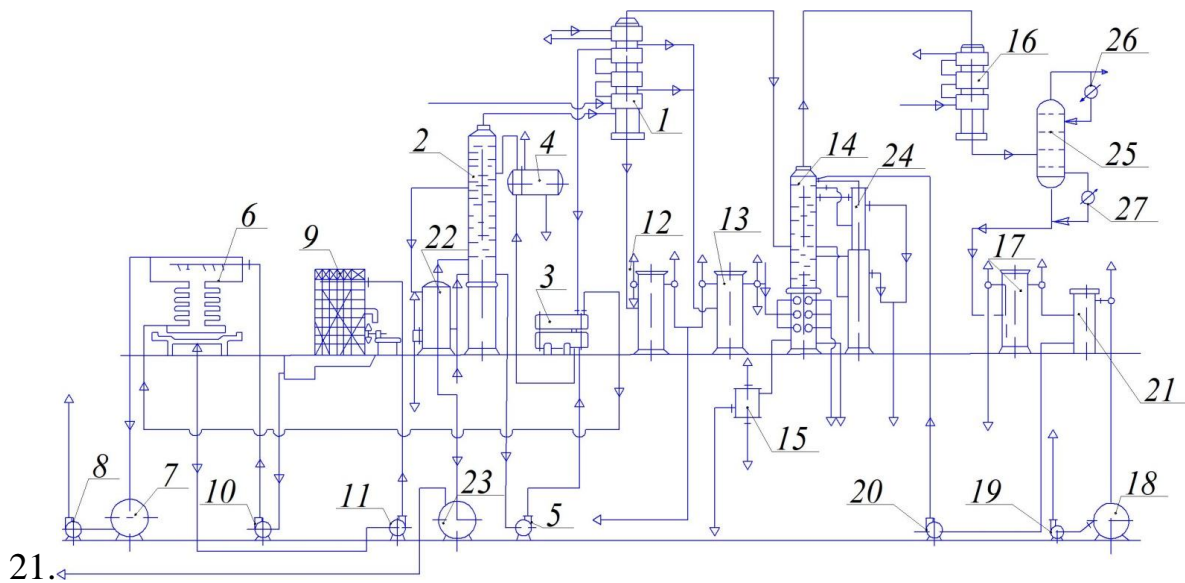
Бензол – перший представник гомологічного ряду ароматичних вуглеводнів, молекулярна формула C_6H_6 . Безбарвна летка рідина з характерним запахом. Бензол використовують на заводах по перегонці кам'яновугільної смоли і на коксобензольних заводах [1].

Згідно зі схемою (рисунок 1) насичене вуглеводами поглинаюче масло подається в дефлегматор 1, де нагрівається парами, які виходять із дистиляційної колони 2. Після дефлегматору масло попадає у теплообмінники 3, де нагрівається до температури 105-115° С і далі підігрівається глухим паром у паровому підігрівачі 4. Із парового підігрівача масло надходить у дистиляційну колону 2. Із нижньої частини колони масло відкачується насосом 5 у теплообмінники 3.

Остаточне охолодження масла відбувається в холодильнику 6, після чого воно надходить в збірник 7 і далі насосом 8 подається на скрубери. Зрошувальний холодильник охолоджується водою, яка подається після градирні 9 насосом 10, а нагріта вода відкачується насосом 11 на градирню.

Пари бензольних вуглеводів, поглинаючого масла і води із дистиляційної колони 2 надходять у міжтрубний простір дефлегматора 1. Утворювані в дефлегматорі важка і легка флегми надходять у відповідні сепаратори 12 і 13. Після дефлегматора пари, які не сконденсувалися, направляються у розподільчу колону 14, у якій пари бензольних вуглеводнів розділюються на дві фракції сирого бензолу: бензол I і бензол II. Пари легкого бензолу і важкі пари із верхньої частини розподільчої колони надходять в конденсатор 16. Після конденсатору 16 бензол I і конденсат води потрапляють у ректифікаційну колону 25.

Бензол I і конденсат води поступають в сепаратор 17, звідки після відділення від води бензол I направляється в бачок для рефлюкса



1 – дефлегматор; 2 – дистиляційна колона; 3 – теплообмінник; 4 – паровий підігрівник; 5, 8, 10, 11, 19, 20 – насоси; 6, 26, 27, 15 – холодильники; 7, 18, 23 – збірник; 9 – градирня; 12, 13, 17, 24 – сепаратори; 14 – розподільча колона; 16 – конденсатор; 21 – бачок; 22 – регенератор.

Рисунок 1 – Технологічна схема отримання сирого бензолу при паровому нагріві поглинаючого масла.

Частина бензолу I із бачка 21 подається насосом 20 на розподільчої колони 14, а частина - у збірник 18, звідки насосом 19 подається на склад. Бензолні вуглеводи і вода виводяться в сепаратор 24. Далі бензол II надходить в холодильник 15. Регенерація масла здійснюється у паровому регенераторі 22 [2].

Метою даної роботи є модернізація ректифікаційної колони, виконання її параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань:

1. Коробчанский И. Е., Кузнецов М. Д. Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования. Изд-во «Металлургия», 1972, 2-е изд., 296 с.

2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/> від 05.10.2016р.

УДК 541.64

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРА-ПОЛІМЕРИЗАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ

студент Сацердотов А.О., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Застосування полістиролу дуже різноманітне - від плівки в конденсаторах товщиною 0,02 мм до товстих плит з пінополістиролу, використовуваних в якості ізоляційного матеріалу в холодильній техніці. Внаслідок його легкої розчинності в дешевих органічних розчинниках (вуглеводнях) його успішно застосовують для виготовлення плівок. У промисловості синтетичного каучуку стирол застосовують для спільної полімеризації (сополімеризації) його з ізопреном і бутадієном

Технологічний процес виробництва полістиролу (рисунок 1.1) включає такі операції:

З ємності 1 стирол безперервно дозувальним насосом подається в реактор 1-го ступеня. Реактор забезпечений листовою мішалкою з частотою обертання 30-90 об/хв. Полімеризація в реакторі 1-го ступеня 2 протікає до конверсії 32-45%. Зняття надлишкового тепла реакції відбувається за рахунок випаровування частини стиролу з реакційної маси.

Реактор 2-го ступеня 3 по конструкції і габаритам аналогічний реактору 1-го ступеня, але забезпечений стрічковою мішалкою. При цьому забезпечується ефективне перемішування високов'язких реакційних середовищ. Полімеризація в реакторі 2-го ступеня протікає до 75 — 88%-ого ступеня конверсії.

Розчин полістиролу в стиролі з реактора 2-го ступеня вивантажувальним насосом 5 подається у вакуум-камеру 6 через трубу, яка обігрівається паром тиском не менше 2,25 МПа. При цьому відбувається дополімеризація стиролу до 90%-ого ступеня конверсії.

Розплав полістиролу надходить у вакуум-камеру 6. В трубчатці пароперегрівника вакуум-камери розплав полістиролу нагрівається до 240 °С і надходить в порожню камеру з залишковим тиском 2,0—2,6 кН/м². При цьому відбувається випаровування стиролу з розплаву і вміст залишкового мономеру знижується до 0,1—0,3%. Пари стиролу надходять на регенерацію і потім знову повертаються в ємність 1. Розплав полістиролу з вакуум-камери 6 надходить в екструдер 7 і на грануляцію.

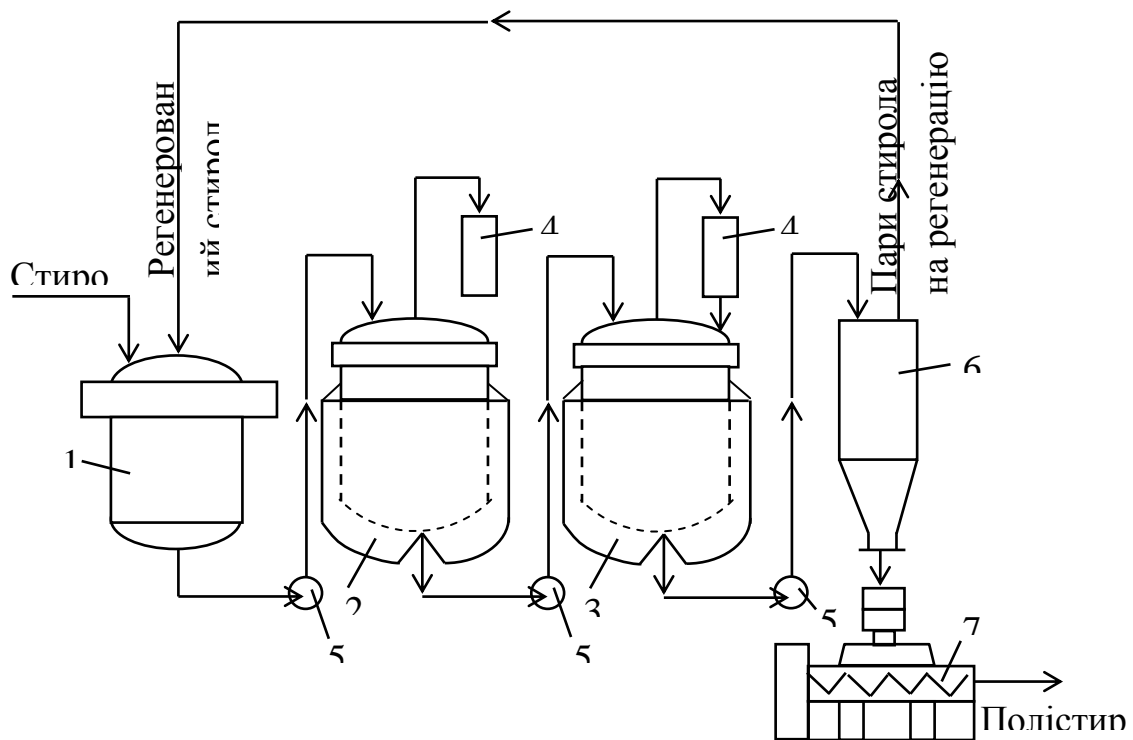


Рисунок 1.1 – Технологічна схема лінії виробництва полістиролу

З вище наведеної схеми стає зрозуміло, що найважливішим комплексом обладнання лінії виробництва полістиролу є реактор-полімеризатора. Тому вдосконалення його будови, а саме конструкції приводу для перемішування і дозування рідини, за рахунок того, що до нижнього опорного вузла валу приєднується пробка, яка може здійснювати зворотно-поступальний рух в гору і вниз є доцільним, адже така конструкція валу дозволяє використовувати для забезпечення обертового руху валу та зворотно-поступального руху пробки окремі приводи, що спрощує її конструкцію.

УДК 665.65

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРУБЧАСТОГО ЕЛЕМЕНТА ТЕПЛООБМІННИКА

студентка Тищенко К. В., доц., к.т.н. Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

В сучасних умовах розвитку промисловості все більш гостро постає потреба у високоякісному паливі, що, в свою чергу, викликає необхідність впровадження нових технологій у сфері нафтопереробки. На першій стадії нафту розділяють на окремі фракції, які потім піддають дальшому розділенню. Здійснюються на атмосферних трубчастих та атмосферно-вакуумних трубчастих печах.

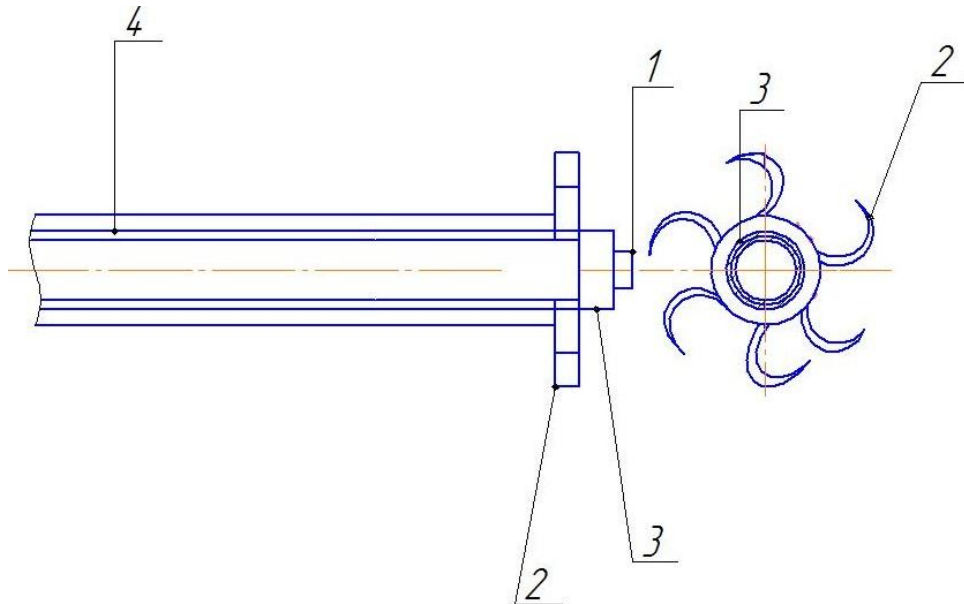
Для розділення нафти часто використовують фракціуючі ректифікаційні колони, після яких продукти необхідно конденсувати та охолоджувати. Для цих процесів використовують теплообмінники з різноманітних конструкцій. Недоліком такого обладнання є низька ефективність тепловіддачі з боку органічних газів.

В основу запропонованої корисної моделі поставлена задача підвищити ефективність роботи трубчастого елемента теплообмінника за допомогою удосконалення конструкції шляхом заміни оребрення крильчаткою, що дозволяє збільшити коефіцієнт теплопередачі і підвищує інтенсивність тепловіддачі, а відповідно підвищується й ефективність роботи труби теплообмінника і знижує кількість витраченого матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що на трубчастого елемента теплообмінника, який представлений гладкою трубою, приєднується крильчатка на початку і в кінці труби, які з'єднанні між собою декількома пластинами. При цьому крильчатка одягаються за допомогою допоміжних елементів, що дозволяє вільно обертатися від теплоносія.

Схема такого конструктивного рішення приведена на рисунку 1. Робота

трубчастого елемента теплообмінника полягає в наступному: теплоносій, що охолоджується рухається усередині трубчастого елемента 1, віддає тепло повітрю, яке подається зовні труби, крильчатка 2, що кріпиться за допомогою допоміжних елементів 3, турбулізує повітря та зменшує та зменшує товщину пристінного ламінарного шару.



1–труба, 2–крильчатка, 3–допоміжний елемент, 4–пластина.

Рисунок 1– Елемент трубчастого теплообмінника.

Запропонована конструкція теплообмінника забезпечує високу надійність при тривалій експлуатації, легкої заміни крильчатки, високий коефіцієнт теплопередачі, зручність обслуговування.

Перелік посилань:

1. Справочник для нефтепереработчика: Справочник / под. ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г.Рудина, Л.Химия -1986. – 648 с.

УДК 621.181

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА З ВІНОСНОЮ КАМЕРОЮ
ДЛЯ УСТАНОВКИ ВІДДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКІВ ВІД МАСТИЛА**

студентка Труба А.М., доц. , к.т.н. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Депарафінізація з використанням карбаміду дає можливість проводити процес при позитивних температурах, дозволяє піддавати депарафінізації сировину що містить нафтові фракції, тобто фракції від легкого гасу до важких вакуумних газойлів. В якості основного реагенту використовують водний, насичений при температурі 70°C розчин карбаміду. Дихлорметилен CH_2Cl_2 , який є другим реагентом, виконує роль активатора і розчинника, крім того, википаючи при температурі 41°C, служить регулятором теплотривою в стадії комплексоутворення. За рахунок його випаровування в зоні реакції підтримується температура в межах 30-45 °C.

Метою використання цього процесу є отримання дизельного палива з низькою температурою загусання, легких мастил і рідких парафінів, а також виділення з вуглеводневої сировини індивідуальних парафінів високого ступеню чистоти [1].

Розчин депарафінованого мастила (фільтрат) подається насосом 1, через парогенератори 4, 5 і паровий підігрівач 8 в колону 10. Тут пари розчинника відокремлюються від рідини і виходять з колони ; далі пари розчинника конденсуються в міжтрубному просторі парогенератора 4 і в апараті повітряного охолодження 3. Після виходу з водяного холодильника 2 конденсат надходить в приймач сухого розчинника. Відведена знизу колони 10 рідина насосом 11 подається через трубний простір парового підігрівача 12 в колону 9, в якій підтримується тиск 0,20-0,35 МПа. Пари розчинника, що виходять з колони 9, охолоджуються і конденсуються в парогенераторі 5 та в апараті повітряного охолодження 7. Конденсат, пройшовши водяний холодильник 6, збирається в приймальнику сухого розчинника. Залишок знизу колони 9, пройшовши за рахунок перепаду тиску клапан і трубний простір

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СУПЕРФОСФАТУ

студент Чеберда В.О., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

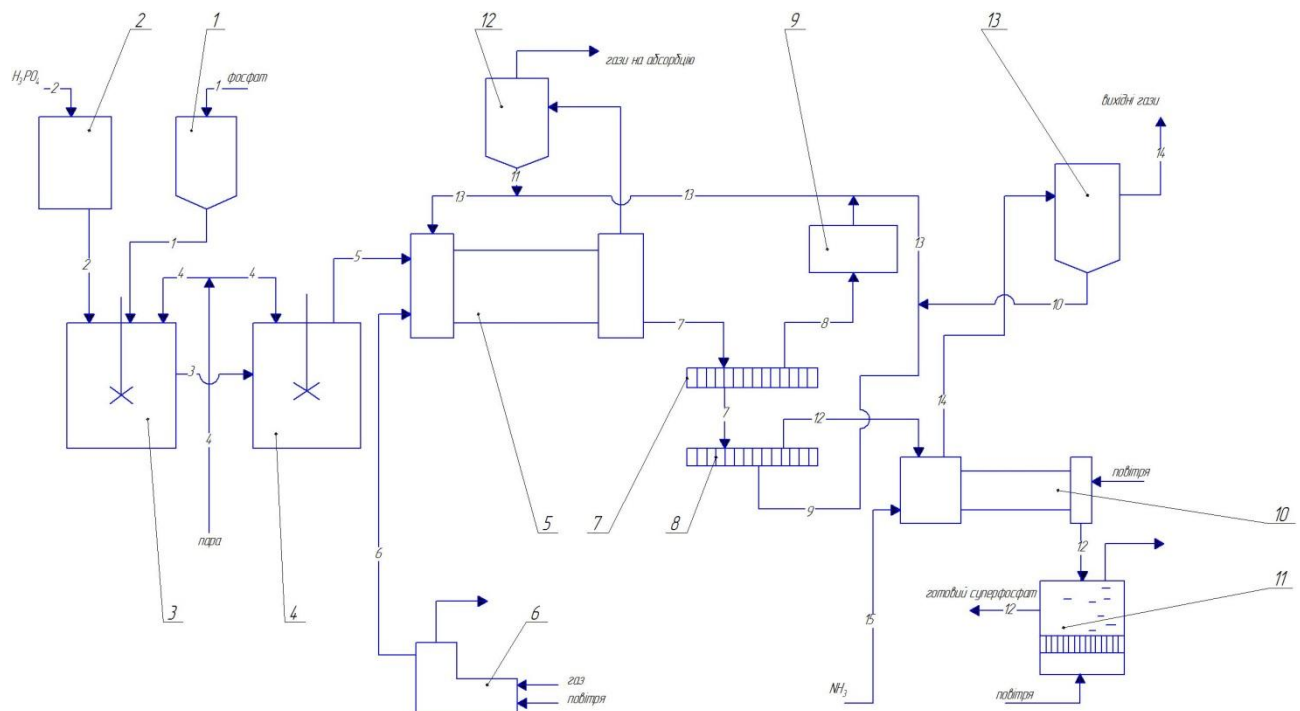
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Суперфосфат – найбільш поширене просте мінеральне фосфорне добриво. Фосфор в суперфосфаті присутній в основному у вигляді монокальційфосфату і вільної фосфорної кислоти.

Застосовується на всіх ґрунтах як основне передпосівне, припосівне добриво і в підгодівлі.

Технологічна схема для виробництва суперфосфату, зображена на рисунку 1, працює наступним чином.



1 - бункер фосфату; 2 - збірка фосфорної кислоти; 3 - реактор I ступеня;

4- реактор II ступеня; 5 - апарат БГС (барабанний гранулятор-сушарка);

6 - топка; 7,8 - сита; 9 - дробарка; 10 - барабан-аммонізатор;

11 - холодильник «КС» (киплячого шару); 12, 13 – циклон

Рисунок 1 – Технологічна схема для виробництва суперфосфату

Подрібнений фосфат з бункера 1 і фосфорна кислота зі збірки 2 подаються в реактор I ступеня 3. З нього реакційна пульпа перетікає в реактор II ступеня 4. В обидва реактори подають гострий пар, що забезпечує температуру реакційної маси 90 - 100 ° С. З реактора II ступеня пульпа надходить в апарат БГС 5, де відбуваються завершальна стадія розкладання фосфориту, сушка і грануляція пульпи. В апарат БГС подається також ретур - тонко подрібнений подвійний суперфосфат після відділення товарного продукту. Відношення мас ретуру і готового суперфосфату рівна 3:1. Пульпа, яка надходить в апарат БГС, розбризкується форсунками і нашаровується на частки ретуру, утворюючи гранули, які висушуються при 700°C топковими газами, що надходять в апарат з топки 6. Сухий продукт направляєється на сита 7 і 8, де його поділяють на три фракції. Велику фракцію після подрібнення в дробарці 9 змішують з дрібною фракцією, що пройшла через сито 8, і пилом з циклонів 12 і 13 і в вигляді ретуру повертають в апарат БГС. Товарну фракцію суперфосфату, що пройшла через сито 7 з розмірами гранул 1 - 4 мм направляють в барабан-аммонізатор 10, де залишкова фосфорна кислота нейтралізується аміаком. З аммонізатора вона потрапляє в холодильник киплячого шару 11 і потім на склад. Фторовмісні гази, щовиділяються з апарату БГС, очищаються від пилу в циклоні 12 і направляються на абсорбцію водою, після чого викидаються в атмосферу.

Метою даної роботи є модернізація барабанної сушарки, виконання її параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань.

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki> від 05.10.2016
2. <http://proiz-teh.ru/ru-poluchenie-superfosfata.html> від 05.10.2016

УДК 66.047.57

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИСТОГО БАРІЮ

студент Шиховцев Є.Р., к.т.н., доц Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Барій хлористий - кристалічний порошок або гранули від білого до світло-сірого кольору. Розчинний у воді, малорозчинний у спирті, не розчинний у ефірі. Температура плавлення 962°C , температура кипіння 1560°C . Густина 3920 кг/м^3 . Хімічна формула: $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [1].

Застосування барію хлористого.

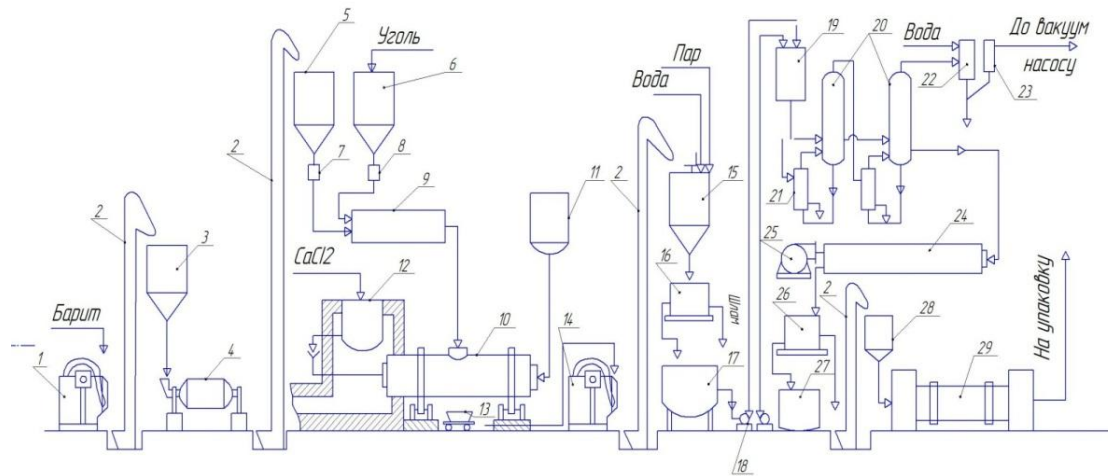
Барій хлористий широко застосовується в різних галузях промисловості та у сільському господарстві:

- в хімічній промисловості при виробництві барвників та пігментів, для очищення розчинів від хроматів та сульфатів, для виробництва солей барію, у машинобудуванні та металургії. використовують в процесах гартування швидкорізальної сталі, для термічної обробки виробів, як нагрівальної середовища в технології гарячого пресування металів, а також у процесах ціанування різних деталей, як добавка у електроліти при отриманні магнію;
- в текстильній промисловості застосовують для обважнення та освітлення шкіри;
- в сільському господарстві використовується для боротьби зі шкідниками.

Технологічна схема для виробництва хлориду барію, зображена на рисунку 1, працює наступним чином [2].

Вихід хлористого барію з плаву становить близько 90% від теоретичного стосовно завантаженого бариту. Остиглий плав розбивають на шматки, дроблять на щоківій дробарці до фракції менше 30 мм і направляють на вилужування.

Вилужування плаву проводять гарячою водою (60 - 80°C). Підвищену температуру в процесі вилужування підтримують гострою парою.



- 1 - щокова дробарка для бариту; 2 - елеватор; 3,5,6 - бункер;
4 - трубчастий млин; 7,8 - ваги; 9 - змішувач; 10 - обертаюча піч;
11 - резервуар; 12 - котел; 13 - вагонетка; 14 - щокова дробарка;
15 - вилужувач плаву; 16 - центрифуга; 17 - резервуар-відстійник;
18 - відцентрові насоси; 19 - резервуар; 20 - вакуум-випарна батарея;
21 - грюча камера; 22 - барометричний конденсатор;
23 - краплевловлювач; 24 - кристалізатор; 25 - вентилятор;
26 - центрифуга; 27 - збірник маточного лугу; 28 - бункер; 29 – сушарка.

Рисунок 1 – Технологічна схема для виробництва хлориду барію

Метою даної роботи є модернізація барабанної сушарки, виконання її параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань.

1. http://www.plasma.com.ua/ua/chemistry/chemistry/barium_chloride.html
2. Bibliofond.ru/download_list.aspx?id=555889

**СЕКЦІЯ 2
«КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ
ОБЛАДНАННЯ БІОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

УДК 663.127

ВДОСКОНАЛЕННЯ ФЕРМЕНТЕРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ

студент Драгузя О.В., к.т.н., доц. Дахненко В.Л.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

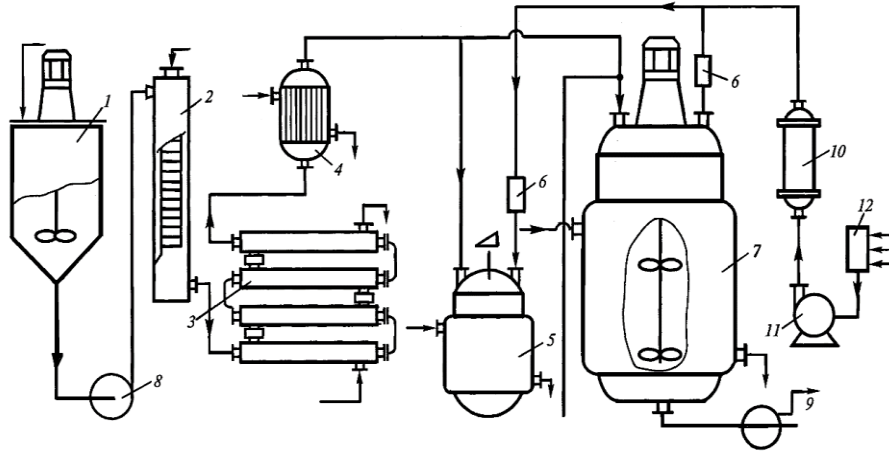
Кормові дріжджі вирощують на зерновій барді і використовують як білково-протеїнову добавку до раціону харчування тварин і риб. Кормові дріжджі являють собою тонкий порошок світло-коричневого кольору зі специфічним запахом. Використання сухих кормових дріжджів в якості білкової добавки до корму сільськогосподарським тваринам і птахам дає значний приріст продукції. Дріжджі зростають в 500 разів швидше, ніж найурожайніші сільськогосподарські культури, і в 1000 - 5000 разів швидше, ніж самі швидкорослі породи сільськогосподарських тварин, і здатні накопичувати при цьому величезні (до 60-70% від сухої маси) кількості білка.

Технологія отримання дріжджів включає в себе такі етапи, як:

- підготовка сировини;
- ферментація;
- сепарація;
- сушка.

На рисунку 1 зображено технологічну схему виробництва кормових дріжджів [2].

Зернову барду направляють у змішувач живильного середовища 1. Далі насосом 8 барду прокачують через стерилізаційну колону 2 до теплообмінника 3. Для охолодження барду після теплообмінника 3 направляють на теплообмінник 4. Після цього живильне середовище потрапляє до інокулятора 5, в який подається повітря, очищене у фільтрі 6. Очищене повітря також подається з фільтру 6 в реактор-ферментер 7. Після завершення процесу ферментації дріжджі викачуються насосом 9 з ферментера 7.



1 - змішувач живильного середовища; 2 - колона для безперервної стерилізації потоку живильного середовища гострою парою; 3 - теплообмінник; 4 - теплообмінник для охолодження потоку живильного середовища; 5 - інокулятори (посівні апарати); 6 - індивідуальний фільтр для очищення повітря, що подається в інокулятор; 7 - реактор - ферментер; 8,9 - насоси; 10 - масляний фільтр для попереднього очищення повітря; 11 - компресор; 12- головний фільтр для очищення повітря.

Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва кормових дріжджів.

Модернізація процесу ферментації в технології виробництва кормових дріжджів надасть можливість значно підвищити ефективність використання робочого простору ємності, збільшити вихід продукту (дріжджів) їх поживну цінність, а також суттєво зменшити енерговитрати процесу, що підвищить конкурентоздатність продукції.

Перелік посилань

1. Андреев А. А., Брызгалов Л. Н. Производство кормовых дрожжей. — М.: Лесн. пром., 1973. — 296 с.
2. Кестельман В. Н., Веселов А. И. Оборудование для глубинного культивирования микроорганизмов в бродильной и микробиологической промышленности. Обзор. — М., 1970. — 83 с.
3. Градова Н. Б., в кн.: Теория и практика непрерывного культивирования микроорганизмов, М., 1980, с. 91-98.
4. Грачева И. М., Гаврилова Н. Н., Иванова Л. А., Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров, М., 1980, с. 83-190; " Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева ", 1982, т. 27, №6, с. 13-21. В. А. Еремин.

УДК 662.758

ДО РОЗРОБКИ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

студент Драгузя К. В., к.т.н., доц. Дахненко В. Л.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Біодизельне паливо - це метиловий ефір, що отримується в результаті хімічної реакції з рослинних олій та тваринних жирів.

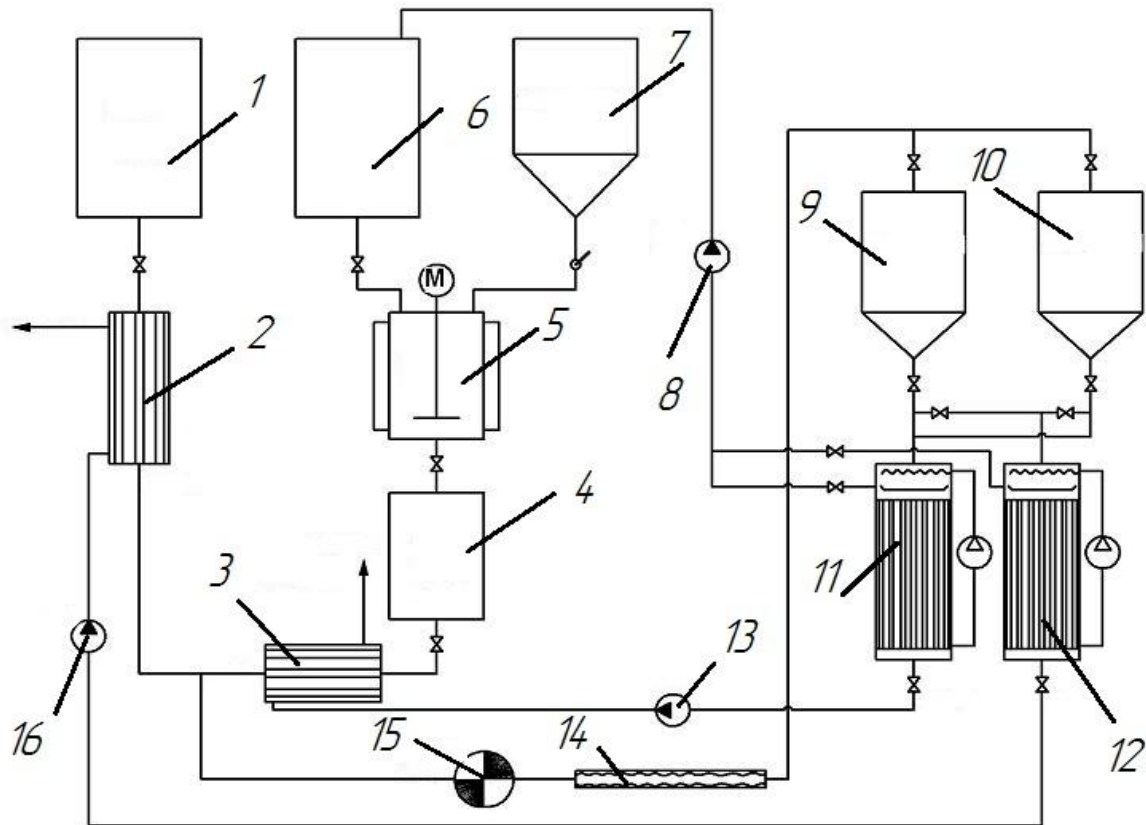
Технологія виготовлення біодизельного палива з рослинних олій ґрунтується на реакції етерифікації олій метиловим спиртом в присутності лужних або кислотних каталізаторів. Переважно використовують лужні каталізатори КОН або NaOH, оскільки в такому випадку реакція проходить значно швидше та характеризується вищим ступенем перетворення олії ніж при застосуванні кислот. В результаті реакції утворюється суміш метилового ефіру та гліцеролу. Суміші дають відстоятися. В результаті відстоювання суміш розділяється: гліцерол, як фракція з більшою в'язкістю, виділяється внизу, а метилові ефіри, як більш легкі, розміщуються над ним. З відстояної суміші метиловий ефір та гліцерол виділяється в окремі ємності.

Технологія отримання біодизельного палива включає в себе наступні етапи: змішування, етерифікація, відстоювання і випарювання.

Масло з ємності 1 подається в холодильник 2, в якому нагрівається до температури 50°C, а біодизельне паливо охолоджується до 20°C. Далі масло надходить до холодильника 3, в якому охолоджується від 50°C до 25°C і потрапляє в буферну ємність 4, а гліцерин, в свою чергу, в холодильник 3 охолоджується з 50°C до 20°C. Спирт зі збірника спирту 6 потрапляє в реактор-змішувач 5 одночасно з каталізатором із ємності 7, а також маслом, яке подається з буферної ємності 4 в реактор. Після змішування одержана емульсія потрапляє в роторно-пульсаційну установку (РПА) 15, рухається через трубчатий реактор 14 і потрапляє у відстійники 9 та 10, в яких метиловий ефір відокремлюється від гліцерину, а далі гліцерин потрапляє у випарник 11, а ефір– у випарник 12.

На рис.1 зображено технологічну схему отримання біодизельного палива

[2].



1 – ємність для масла; 2 – холодильник біодизельного палива; 3 – холодильник гліцерину; 4 – буферна ємність; 5 – реактор-змішувач; 6 – збірник спирту; 7 – ємність для каталізатора; 8, 13, 16 – насоси; 9, 10 – відстійники; 11, 12 – випарники; 14 – трубчатий реактор; 15 – роторно-пульсаційний апарат.

Рисунок 1 – Технологічна схема отримання біодизельного палива.

Для забезпечення енергоефективності виробництва біодизельного палива необхідно досягти оптимального балансу процесу теплопередачі на кожній стадії процесу, особливо це стосується лінії охолодження вихідних продуктів, зокрема, біодизельного палива і гліцерину, адже теплова енергія, накопичена в лінії біодизельного палива може бути рекуперована і використана для підготовки сировини для процесу естерифікації, що суттєво здешевить затрати на виробництво кінцевого продукту.

Перелік посилань

1. <http://www.htplab.kiev.ua/articles16.htm> від 25.10.2016

2. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/400> від 25.10.2016

УДК 662.758

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

студент Драгуза К.В., к.т.н., доц. Дахненко В.Л.

Національний технічний університет України

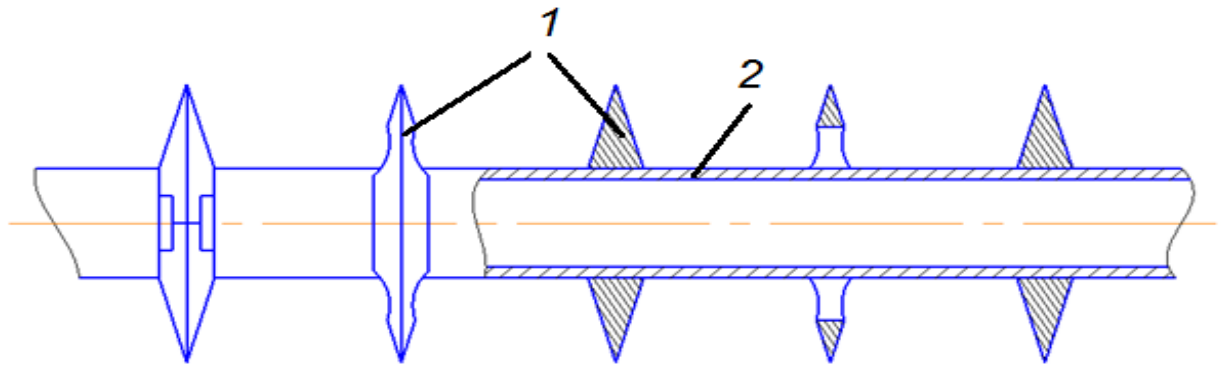
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Біодизельне паливо – це найпоширеніший вид альтернативного пального. Переважно для виготовлення біодизельного палива використовують ріпакову олію, але можна використовувати широку номенклатуру рослинних культур, таких як соя, кукурудза, олива, арахіс тощо. Біодизельне паливо – продукт етерифікації рослинних олій метиловим спиртом. При чому вихідна доля біодизельного пального приблизно 90-95% від об'єму переробленої олії. Отриману олію змішують із метиловим спиртом у присутності каталізатора у відношенні 9:1. Після закінчення реакції все це декантується: гліцерин на дні, а верхня фракція – ефір передається на другу стадію реакції. Знову перемішування в присутності метилового спирту і каталізатора впродовж декількох хвилин завершить процес етерифікації [1].

Метою роботи є модернізація холодильника для біодизельного палива.

Найбільш раціонально для охолодження біодизельного пального використовувати кожухотрубні теплообмінники, головною задачею яких є зменшення температури продукту до належної для подальшої переробки або застосування в певних цілях. Тому, доцільніше використовувати кожухотрубні теплообмінники з найбільшою поверхнею контакту.

Суть модернізації показано на рисунку 1 і полягає в тому, що на зовнішніх поверхнях теплообмінних труб розташовуємо виступи у вигляді пружинних дисків з отворами, матеріал яких має більшу теплопровідність за матеріал цих труб.



1 – виступи у вигляді пружинних дисків з отворами;

2 – теплообмінна труба.

Рисунок 1 – Схема елемента теплопровідної труби

Обладнання теплообмінних труб рельєфною поверхнею, виконаної у вигляді пружинних дисків з отворами, розташованих на зовнішній поверхні теплообмінних труб, спрощується і здешевлюється виробництво теплообмінних елементів зі штучними турбулізаторами потоку в міжтрубному просторі, виключає механічний вплив на поверхню труб. Самі ж елементи для турбулізації виконані із полімерного композиційного матеріалу, наприклад, CoolPoly (теплопровідність $\lambda=40$ Вт/м·К) [2], що має не меншу теплопровідність за матеріал теплообмінних труб.

Елементи розташовувані ззовні труб, що обумовлено співвідношенням коефіцієнтів тепловіддачі середовищ, які знаходяться в трубному і міжтрубному просторі.

Ефективність методу інтенсифікації слід оцінити співвідношенням між ростом тепловіддачі і коефіцієнтами опору.

Ефективність теплопередачі зростає, якщо його застосування супроводжується інтенсифікацією теплообміну зовні труб, а також збільшенню загальної площі теплообміну за рахунок поверхні рельєфної зони.

Перелік посилань

1. <http://autopark.pp.ua/354-bodizel-yak-alternativa-snuyuchim-vidam-paliva.html> від 25.10.2016

2. Теплорассеивающие полимерные композиты в микроэлектронике. А. Криваткин, Ю. Сакуненко. Технологии в электронной промышленности, 2009.

УДК 663.127

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ФЕРМЕНТЕРА ЛІНІЇ
ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ**

студент Драгузя О.В., к.т.н., доц. Дахненко В.Л.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

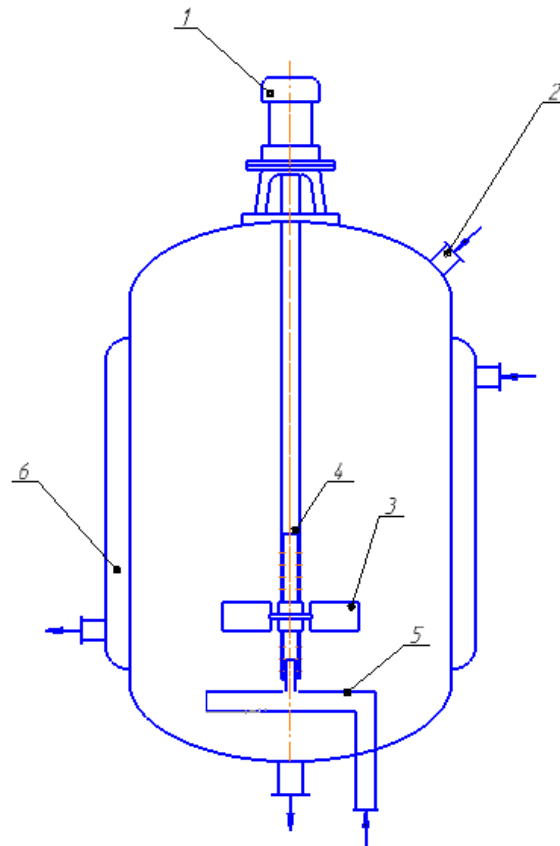
Кормові дріжджі – це високоцінний білково-вітамінний продукт, який підвищує біологічну цінність білків інших кормів. Саме тому кормові дріжджі є необхідною складовою сучасного тваринництва. Основними етапами виробництва кормових дріжджів є підготовка сировини, ферментація, сепарація, сушіння [1].

Стадія ферментації є найважливішим етапом, тому ферментаційні системи та обладнання являють одну із основних складових біотехнологічного процесу, як по складності реалізації, так і по впливу на рентабельність виробництва [2].

Вирішенням проблем, пов'язаних із оптимальним підбором технологічних параметрів роботи ферментерів, стала модернізація ферментаційного обладнання з метою оптимізації процесів при створенні нового біотехнологічного обладнання і виробництва в цілому.

З цією метою запропоновані конструктивні зміни ферментера шляхом встановлення вала, в якому певна ділянка є полою і має при цьому отвори (рис.1), та форсунки, розташовані на порожнистому валу в зоні кріплення лопатей до валу, де труба подачі барботуючого агента приєднана до ковзної муфти, розташованої в зоні перфорації порожнистого валу.

Ці зміни здатні забезпечити процес збагачення повітрям середовища, що забезпечують збільшення поверхні контакту фаз .



1 – електропривід; 2 – вхідний патрубок; 3 – мішалка; 4 – вал; 5 – барботер; 6 – оболонка; 7 – корпус; 8 – кришка.

Рисунок 1 – Схема ферментера.

Запропонована модернізація ферментера дає можливість значно підвищити процес збагачення повітрям рідких сумішей.

Перелік посилань

4. Андреев А. А., Брызгалов Л. Н. Производство кормовых дрожжей. — М.: Лесн. пром., 1973. — 296 с.

5. Кестельман В. Н., Веселов А. И. Оборудование для глубинного культивирования микроорганизмов в бродильной и микробиологической промышленности. Обзор. — М., 1970. — 83 с.

УДК 661.53

БЛОК СИНТЕЗУ АМІАКУ З РОЗРОБКОЮ КОЛОНИ СИНТЕЗУ, КОТЛА - УТИЛІЗАТОРА ТА ВІНОСНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

студент Мельник О.М, к.т.н. доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Аміак широко використовують у різних галузях промисловості, у медицині, техніці, сільському господарстві:

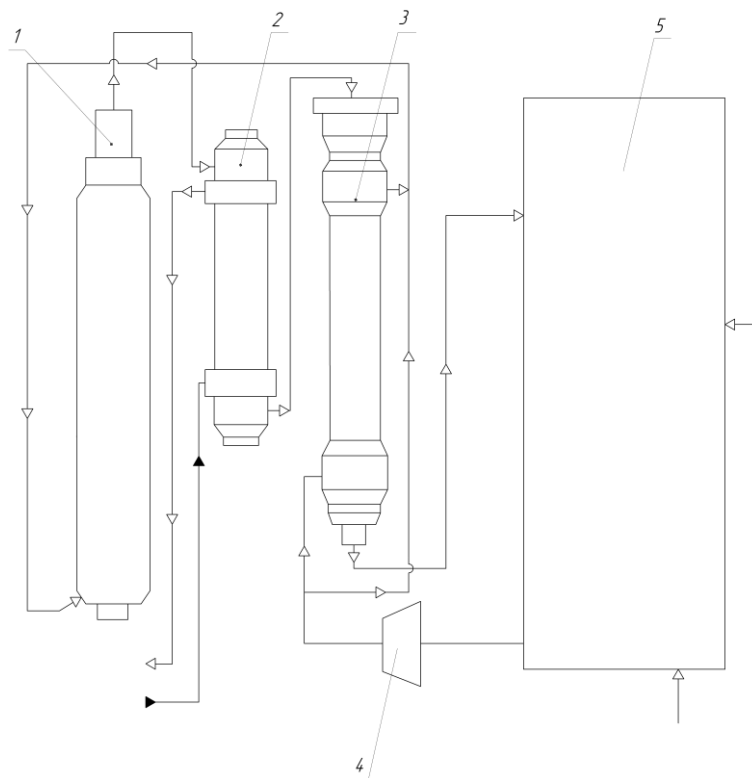
- для добування нітратної кислоти, добування соди (аміачний метод), вибухових речовин, для синтезу пластмас і штучних волокон (капрону);
- у виробництві мінеральних добрив (нітратів, амоній сульфату, сечовини $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$);
- як холодоагент у промислових холодильниках.

Аміак входить до складу мийних засобів для прання білизни, чищення скла, килимів і ювелірних виробів, рідкий аміак використовують як розчинник.

Нашатирний спирт застосовують у медицині, для збудження дихання в непритомному стані (стимуляція дихального і судинорухового центрів головного мозку)[1].

Принципова схема виготовлення аміаку зображена на рисунку 1, де свіжа азотоводнева суміш, стиснута в II-ій ступені циркуляційного компресора 4, поступає в конденсаційний блок 5, після нього суміш свіжого і циркуляційного газів спрямовується в міжтрубний простір виносного теплообмінника 3, де нагрівається за рахунок тепла газу, що виходить з котла – утилізатора 2. З виносного теплообмінника циркуляційний газ поступає в реактор синтезу 1, проходячи знизу до верху по кільцевій щілині між корпусом реактора і кожухом насадки, а потім потрапляє в міжтрубний простір внутрішнього теплообмінника, розміщеного у верхній частині корпусу реактора. У теплообміннику газ нагрівається за рахунок тепла газу, що виходить з каталізаторної коробки. Пройшовши нижній шар каталізатора азотоводнева суміш по центральній трубі піднімається вгору, потрапляє в трубки внутрішнього теплообмінника, де охолоджується і виходить з реактора синтезу.

Далі газова суміш проходить трубний простір котла - утилізатора 2, де охолоджується водою. Після котла - утилізатора суміш потрапляє в трубний простір виносного теплообмінника 3, де вона охолоджується циркуляційним газом (подача у міжтрубному просторі). Далі газ потрапляє в конденсаційний блок. Після чого цикл повторюється [2].



1 — реактор синтезу аміаку; 2 — котел - утилізатор; 3 — теплообмінник виносний; 4 — циркуляційний компресор; 5 — конденсаційний блок.

Рисунок 1 – Принципова схема виготовлення аміаку

Метою роботи є модернізація реактора синтезу аміаку 1, котла утилізатора 2 та виносного теплообмінника 3.

Перелік посилань

1. Технологія аміаку. Навчальний посібник / Янковський М.А., Демиденко І.М., Мельников Б.І., Лобойко О.Я., Корона Г.М. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2004-300 с.

2. Кузнецов Л. Д., Дмитренко Л. М., Рабіна П. Д., Соколинський Ю.А. "Синтез аміаку", - під редакцією Л. Д. Кузнецова, - М.: Хімія, 1982 рік, - 296 с.

УДК 661.717.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ФЕРМЕНТЕРА В ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІЗИНА

студентка Метліна М.С., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

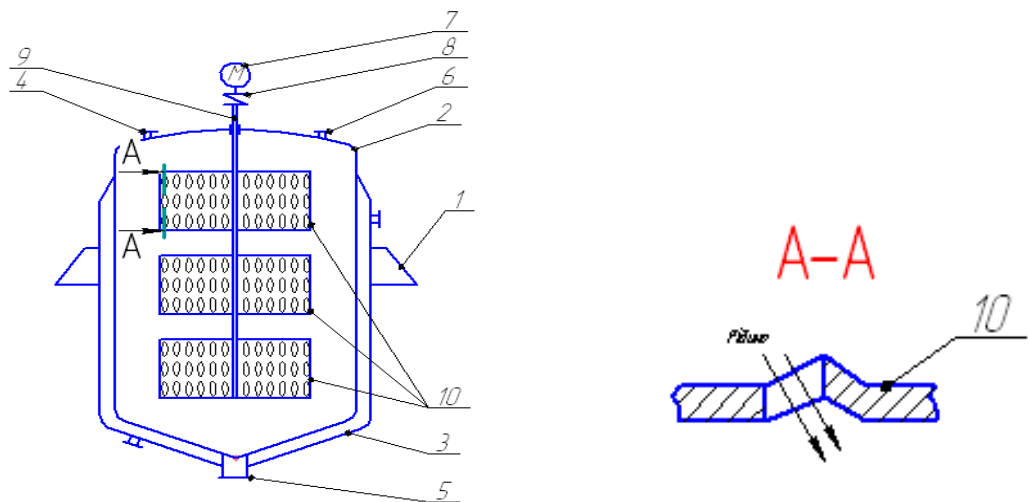
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Лізин – це незамінна амінокислота, яка не синтезується в організмі людей та тварин. Її відсутність в їжі сповільнює ріст у дітей, а у дорослих призводить до від'ємного балансу азоту та порушення нормальної життєдіяльності [1].

Технологія отримання лізину включає в себе наступні етапи: підготовка сировини, ферментація, концентрація, грануляція, сушка.

Сировиною для виробництва лізину є: пшениця, кукурудза, жито, овес, пшоно, ячмінь, буряк тощо.

Важливу роль у виготовленні лізину відіграє ферментер. На рисунку 1 показано принципову схему модернізації ферментера:



1 – станина, 2 – ємність, 3 – теплообмінник, 4 – патрубок для завантаження рідкої суміші, 5 - патрубок для вивантаження рідкої суміші, 6 – отвір для подачі компонентів, 7 – електродвигун, 8 – муфта, 9 - вал, 10 – перфоровані лопаті зі спеціальними вигинами біля отворів.

Рисунок 1 – Ферментер.

До основних недоліків апарату можна віднести встановлення гвинтових змішувачів, які не забезпечують рівномірного розподілу біологічних сполук у всьому об'ємі рідини.

Метою роботи є модернізація ферментера, що дає можливість інтенсифікувати процес біологічної взаємодії компонентів з оброблюваним середовищем за рахунок комплексного поєднання технологічних особливостей механічного перемішування.

На наш погляд доцільніше використовувати ферментери зі змішувальним пристроєм лопатевого типу, в якому забезпечується циркуляційний і турбулентний рух оброблюваного середовища, за рахунок встановлення декількох перфорованих лопатей зі спеціальними вигинами біля отворів [2].

Перелік посилань:

1. Северьянова Л.А. Современные представления о действии аминокислоты L-лизина на нервную и иммунную регуляторные системы / Л.А. Северьянова, М.Е. Долгинцев // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2007. – №2. – С. 67–79.

2. Патент № 103773 (UA), МПК В01F 7/16 1/06. Ферментер / Метліна Марина Сергіївна (UA), Степанюк Андрій Романович (UA); Заявка № у 2015 07184, 17.07.2015; Опубл. 25.12.2015; Бюл. № 24.

УДК 66.045

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ
ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»**

студент Гайдін Є.М., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Теплообмінники «труба в трубі» належать до апаратів з трубчастими теплообмінними елементами, і можуть бути використаними в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості.

Розбірні теплообмінники цього типу містять сукупність співвісно розміщених горизонтальних труб, зовнішні з яких з'єднуються між собою за допомогою прямолінійних патрубків з горизонтальними фланцями, а внутрішні – за допомогою криволінійних патрубків з вертикальними фланцями по кінцях [1].

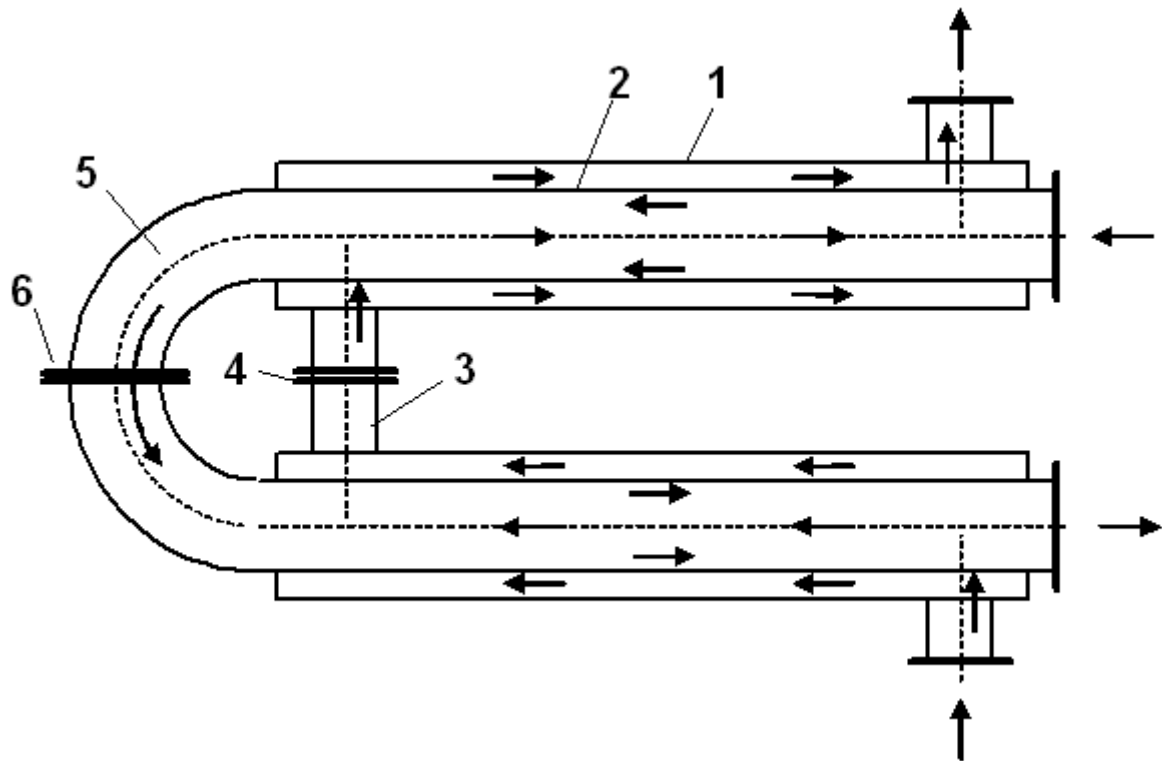
Для зменшення матеріалоємності теплообмінника пропонується фланці криволінійних патрубків виконувати горизонтальними. Така конструкція дає змогу зменшити кількість фланцевих з'єднань зазначених патрубків з внутрішніми трубами з двох до одного, що зменшує їх матеріалоємність, а отже й теплообмінника в цілому. Крім того, таке виконання фланців спрощує складання й розбирання теплообмінника [2].

Модернізований теплообмінник «труба в трубі» містить сукупність співвісно розміщених горизонтальних труб 1 і 2, зовнішні з яких (труби 1) з'єднано між собою за допомогою прямолінійних патрубків 3 з горизонтальними фланцями 4, а внутрішні (труби 2) – за допомогою криволінійних патрубків 5 з горизонтальними фланцями 6 (див. рисунок).

Теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 1, перетікаючи з одної в іншу крізь прямолінійні патрубки 3, а інший

теплоносій – по внутрішніх трубах 1, перетікаючи з одної в іншу крізь криволінійні патрубки 5.



1 – зовнішня труба; 2 – внутрішня труба; 3 – прямолінійний патрубок; 4, 6 – горизонтальні фланці; 5 – криволінійний патрубок

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Перелік посилань:

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник. – Ч. 1. – М.: Химия, 1981. – С. 325, рис. VII-3, б.
2. Заявка на патент України. МПК (2016.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А., Мікульонок І.О., Гайдін Є.М.; заявник і патентовласник вони ж. – № у 201606503; заявл. 14.06.2016.

УДК 664.1

ВИПАРНИЙ АПАРАТ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ

студентка Лещенко О.А., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Останнім часом в цукровій галузі відбувається інтенсивне нарощування продуктивності підприємств, зростає продуктивність окремих підприємств, адже завдяки цінним харчовим, смаковим і фізичним властивостям цукор віднесено до продуктів першої необхідності. Нарощування продуктивності цукрових заводів є об'єктивним процесом який забезпечує конкурентоздатність виробництва. Це вимагає максимальної реалізації потенціалу наявного на підприємствах обладнання.

Технологічний процес виробництва цукру (рисунок 1) включає такі операції:

Буряк подається по довжині гідравлічного конвеєра з подальшим відділенням домішок. Далі цукрові буряки надходять в мийну машину 6, що призначена для остаточного очищення буряків. Потім буряк зважують на терезах 11 і з бункера 12 направляють в подрібнюючі машини-бурякорізки 13.

Бурякова стружка з подрібнюючих машин подається в дифузійну установку 15. Звідки виводиться стружка з малою концентрацією цукру, а екстрагент, збагачений цукром, виводиться як дифузний сік. Жом відводиться з дифузійних установок конвеєром 16 в цех для пресування, сушіння та брикетування.

Очищення дифузійного соку починається в апараті попередньої та основної дефекації 27, дифузійний сік очищається в результаті коагуляції білків і барвників і осадження ряду аніонів. Дефекований сік подається в котел першої сатурації 26, де він додатково очищається. Фільтрований сік першої сатурації направляється в апарати другої сатурації 22, де з нього видаляється вапно.

Послідовне згущення очищеного соку другої сатурації до концентрації густого сиропу здійснюється у випарних установках 18, а потім очищається на

станції фільтрації 30. Фільтрований сироп підігрівається в підігрівачі 31, звідки надходить в вакуум-апарати першого продукту 32. Сироп в вакуум-апаратах уварюється до пересичення, цукор виділяється у вигляді кристалів. Продукт, отриманий після уварювання, називається утфель.

Утфель першої кристалізації з вакуум-апаратів надходить в приймальну утфелемішалку 33, звідки його направляють в розподільну мішалку, а потім в центрифуги 34, де під дією відцентрової сили кристали цукру. Щоб отримати з центрифуги білий цукор, його кристали промивають невеликою кількістю гарячої води - пробілюють.

Після сушіння цукор-пісок надходить на ваговій стрічковий конвеєр 37 і далі на вібросито 38. Товарний цукор-пісок надходить до складів тривалого зберігання.

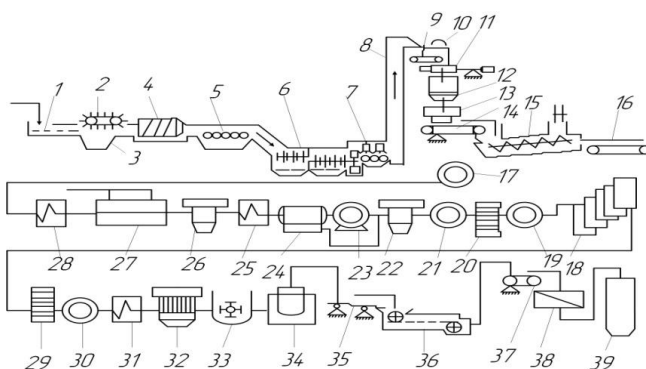


Рисунок 1 – Технологічна схема лінії виробництва цукру з цукрових буряків

З вище наведеної схеми стає зрозуміло, що найбільш енергоємним комплексом обладнання лінії виробництва цукру є випарна установка. Тому вдосконалення її будови за рахунок того, що на теплообмінних трубах виконані турбулізуючі вставки у формі піраміди є доцільним, адже таке виконання турбулізуючих вставок дозволяє забезпечити турбулізацію плівки і при цьому турбулізуючі вставки не займають великої площі теплообмінних труб.

Перелік посилань:

<http://www.znaytovar.ru/s/Tehnologicheskaya liniya proizvod.html> від 01.10.2016

р.

УДК 66.045

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА

студент С.Г.Мішуков к.т.н., доц. І.А.Андреев

Національний технічний університет України

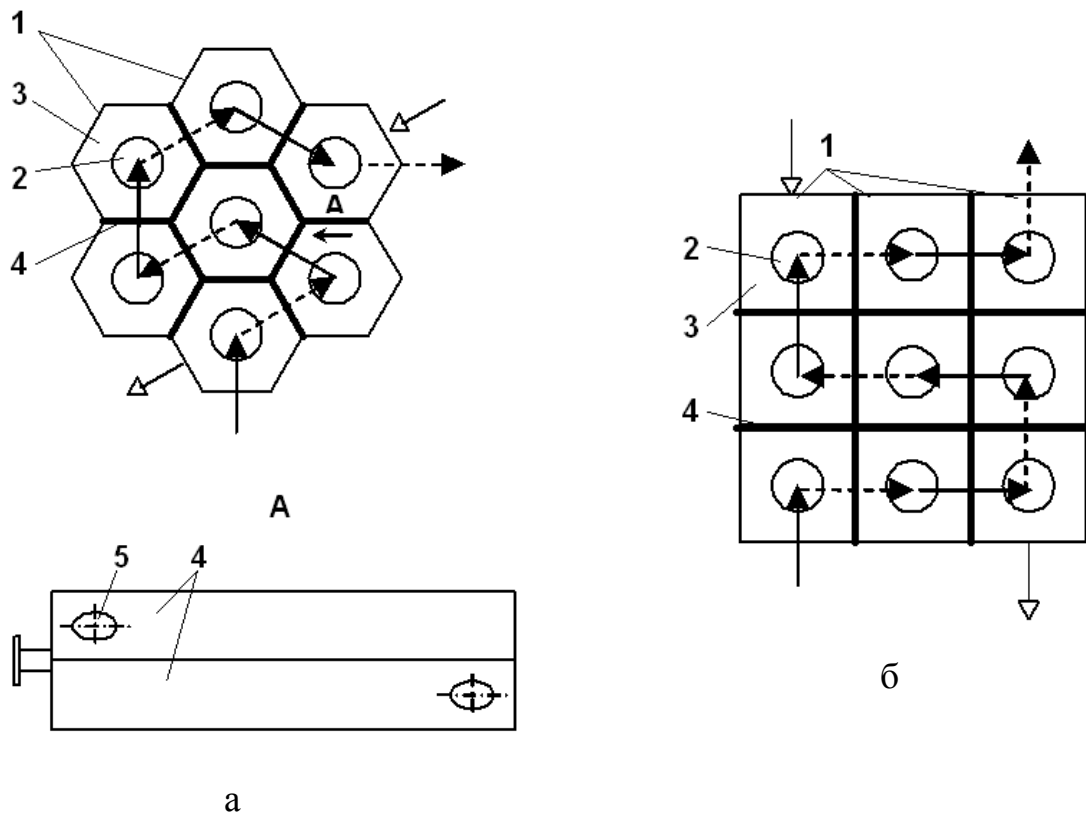
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Для зменшення габаритних розмірів секційного теплообмінника в поперечному напрямку, а також забезпечення можливості одночасного оброблення декількох потоків теплоносіїв як у трубному, так і в міжтрубному просторах, кожух кожної секції в поперечному перерізі виконується у вигляді правильного шестикутника, на кожному рівні кожуха відповідної секції встановлюється по шість патрубків міжтрубного простору, розташованих на кожній стороні кожуха. При цьому сусідні секції можуть взаємодіяти між собою за допомогою патрубків міжтрубного простору з можливістю встановлення на кожному з них знімної заглушки, а всі секції фіксуються між собою [1].

Для істотного зменшення габаритних розмірів в поперечному напрямку, а також матеріалоемності апарата в цілому пропонується виконувати сусідні секції 1 зі спільною стінкою 4. При цьому сусідні секції сполучаються між собою по міжтрубному простору 3 за допомогою отвору 5 в їхній спільній стінці 4. У найприйнятнішому прикладі виконання апарата щонайменше на одну поверхню спільних стінок сусідніх секцій наноситься теплоізоляційне покриття [2] (див. рисунок).

Залежно від бажаного руху теплоносія в міжтрубному просторі 3 апарата отвори 5 виконують у різних місцях спільних стінок 4 сусідніх секцій 1 (або не виконують взагалі).

Після складання апарата забезпечують рух щонайменше двох теплоносіїв (у трубному 2 й міжтрубному 3 просторах), визначений особливостями складання апарата.



1 – секція; 2 – трубний простір; 3 – міжтрубний простір; 4 – стінка; 5 – отвір

Рисунок – Теплообмінний апарат, вигляд з торця: з секціями у вигляді прямих правильних шестигранних призм (а) і з секціями у вигляді прямого квадратного паралелепіпеда (б)

Перелік посилань:

1. Пат. 104824 U Україна МПК (2016.01) F28D 7/00. Секційний кожухотрубчастий теплообмінний апарат / Андреев І.А., Довгошея А.А., Мікульонок І.О.; заявник і патентовласник вони ж. — № u201506790; заявл. 09.07.2015; опубл. 25.02.2016, Бюл. № 4.

2. Пат. 110425 U Україна МПК (2016.01) F28D 7/00. Кожухотрубний теплообмінний апарат / Андреев І.А., Мікульонок І.О., Мішуков С.Г.; заявник і патентовласник вони ж. – № u 201603363; заявл. 01.04.2016; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.

УДК 66.045.5

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ФЕРМЕНТЕРА
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ**

студентка Ю.П.Новікова, к.т.н., доц. О.Г.Зубрій

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Лимонна кислота є основним з підкислювачів. Її частка становить близько 75% обсягу з всіх вироблених підкислювачів. Вона широко використовують у харчовій, медичній, хімічній та в інших галузях народного господарства. Попит на лимонну кислоту безперервно зростає, але в країнах СНГ він задовольняється вкрай слабо.

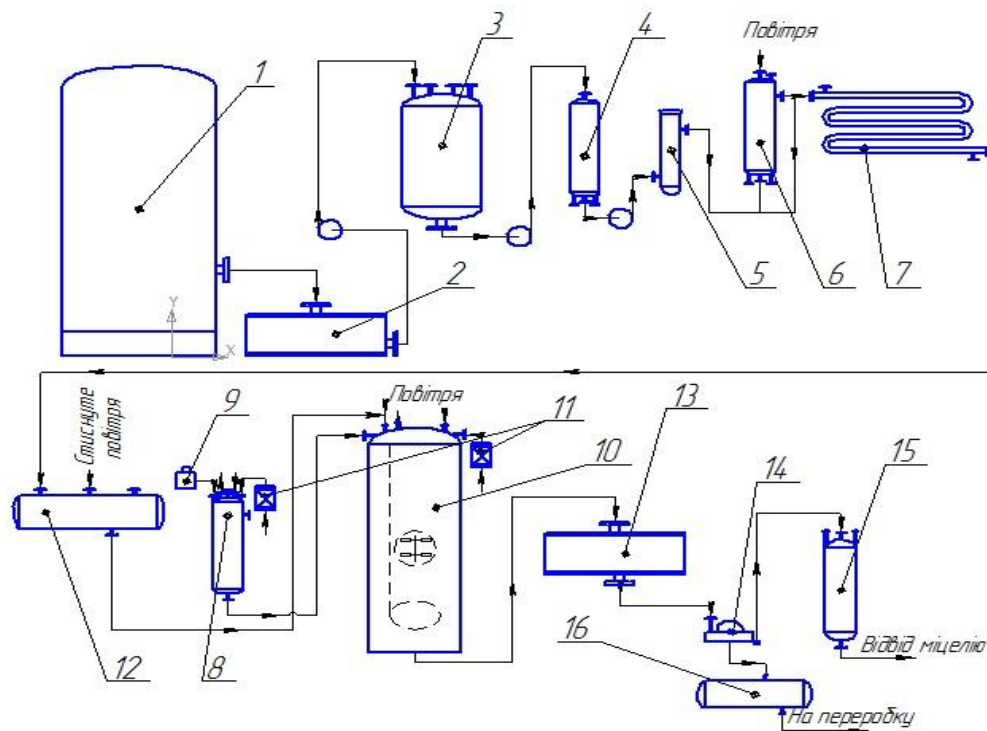
Близько 60 років тому лимонну кислоту виділяли переважно з плодів цитрусових рослин. Нині у виробництві застосовують селекціоновані штами, що дають вихід лимонної кислоти 98 - 99% у розрахунку на спожиту сахарозу і що мають підвищену осмотолерантність.

За даними дослідження компанії Abercade, в 2010 році обсяг світового ринку лимонної кислоти досяг приблизно 1,6 млн тонн. Середньорічний темп зростання внутрішнього виробництва в Китаї склав 10%, в США цей показник становить 3,3%[1].

Процес ферментації може здійснюватися глибинним та поверхневим способом. Для культивування *Aspergillus niger* найдоцільнішим є глибинний спосіб культивування, так як витрати на електроенергію при глибинному способі у декілька разів менші, хоча апарати для аеробної глибинної ферментації більш складні як конструкційно, так і з точки зору їх експлуатації [2]. В літературі представлено багато технологічних схем, наприклад [3] та [4]. Технологічна схема виробництва лимонної кислоти представлена на рисунку 1.

На сьогоднішній день відома значна кількість класифікацій ферментерів в яких враховуються різні конструктивні, експлуатаційні та технологічні особливості ферментерів. Найбільш поширена класифікація ферментерів по засобу введення енергії, так як енергетичні чинники обумовлюють масообмінні та гідродинамічні показники. Існують три основні засоби введення енергії в

поживне середовище: підводом енергії газовою фазою, введенням енергії рідкою фазою, подачею енергії газовою та рідкою фазами.



1 – ємність з меласою, 2 – приймач меласи, 3 – реактор змішувач, 4 – проміжна ємність, 5 – стерилізуюча колона, 6 – витримувач, 7 – холодильник, 8 – посівний апарат, 9 – інокулятор, 10 – головний ферментатор, 11 – стерилізаційні фільтри, 12 – монтежу, 13 – ємність для зберігання меляси, 14 – барабанний вакуум-фільтр, 15 – вакуум-збірник для міцелію, 16 – вакуум-збірник фільтрату.

Рисунок 1 – Технологічна схема отримання лимонної кислоти

Метою роботи є модернізація ферментера для інтенсифікації технологічної схеми виробництва лимонної кислоти.

Перелік посилань

1. <http://bfi-online.ru/ana2011/index.html?msg=2232> від 01.10.2016 р.
2. Волова Т.Г. Биотехнология / Волова Т.Г. – Новосибирск : СО РАН, 1999. – 246 с.
3. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування: Навчальний посібник. - Львів: "Інтелект - Захід", 2008, - 736 с.
4. К.А.Калуянц, Л.И.Голгер, В.Е.Балашов "Оборудование микробиологических производств" - М.: Агропромиздат, 1987. - 398с.

УДК 663.1

ФЕРМЕНТАТОР УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ

студент Новодворський В.В., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Глутамінова кислота належить до числа дикарбонових амінокислот; вона входить до складу більшості білків рослинного і тваринного походження; порівняно багато її в плазмі крові і тканинах організму людини і тварин. Глутамінова кислота відноситься до життєво необхідних амінокислот, що грає найважливішу роль в процесах обміну речовин людського організму і тварин.

Тому вона застосовується як медичний препарат в важких випадках виснаження нервової системи, при втомі і втрати пам'яті, аміачних отруєнні організму; її застосовують також при дитячих нервових захворюваннях, епілепсії, шизофренії та інших душевних захворюваннях. Глутамінова кислота застосовується при білкової недостатності, в лікувальному харчуванні і зуболікарській справі. Вона має захисну дію від X-променів.

Найбільш перспективним і широко використовуваним способом виробництво глутамінової кислоти є мікробіологічний синтез.

Промислове значення мають такі бактерії:

Micrococcus, *Brevibacterium*, *Microbacterium*, *Corynebacterium*.

Процес отримання глутамінової кислоти має такі стадії [1]:

1. Вирощування продуцента у ферментаторі.
2. Відділення біомаси від культуральної рідини центрифугуванням.
3. Вакуум-випаровування фільтрату до вмісту сухих речовин 40-50%.
4. Кристалізація глутамінової кислоти. Підкислення концентрату соляної кислоти до рН 3,2, охолодження до 15 °С і виділення кристалів глутамінової кислоти зі ступенем чистоти 80%.
5. Розчинення кристалів глутамінової кислоти у воді (1:5), фільтрація.

6. Повторна кристалізація. Отримання глютамінової кислоти зі ступенем чистоти 99%.

7. Сушка кристалів.

8. Готовий продукт (99% глютамінової кислоти).

Схема виробництва глютамінової кислоти представлена на рисунку 1.

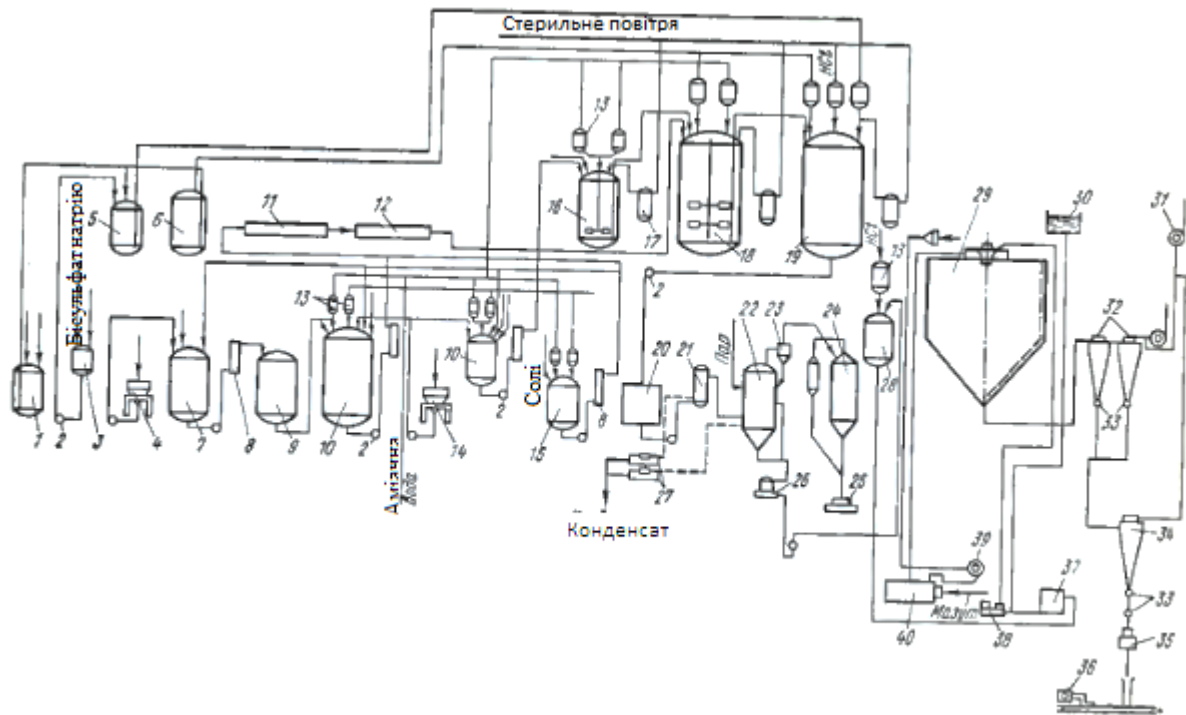


Рисунок 1 – Схема виробництва глютамінової кислоти [1]

Ключовим апаратом схеми є ферментер (іонокулятор), який призначений для вирощування культур мікроорганізмів, тому при модернізації схеми доцільно вдосконалювати саме цей апарат. Планується вдосконалення шляхом забезпечення можливості дозування культуральної рідини на виході з апарата.

Література:

1. Мосичев М.С., Складнев А.А., Котов В.Б. Общая технология микробиологических производств.-М.: Легкая и пищевая пром-сть. 1982.-264с.

УДК 66.045.5

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТА ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

студент Б.І.Пищик, к.т.н., доц. І.А.Андреев,

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Апарати повітряного охолодження застосовуються для конденсації та охолодження різних речовин в хімічній, харчовій, енергетичній, фармацевтичній та інших галузях промисловості.

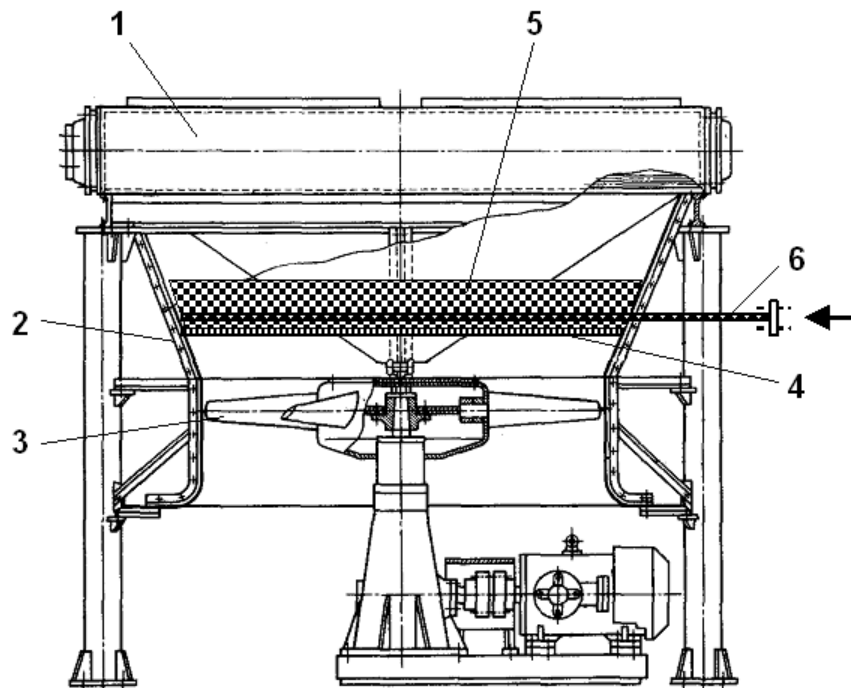
Типовий апарат повітряного охолодження містить пучок горизонтальних теплообмінних труб для проходження в них охолоджуваного потоку, розміщений під ними напрямний апарат з вентилятором для створення охолоджувального повітряного потоку ззовні теплообмінних труб, а також засіб для розподілу води в повітряному потоці, виконаний у вигляді сукупності форсунок. Вода додається до охолоджувального повітряного потоку за умови підвищеної температури атмосферного повітря, але при цьому можливе забивання форсунок, що знижує надійність апарата в цілому.

Для забезпечення надійного розпилювання води й розподілу утворених крапель у повітряному потоці пропонується засіб для розподілу води в повітряному потоці виконувати у вигляді розміщеної в напрямному апараті над відцентровим вентилятором газорозподілювальної решітки з шаром зернистого матеріалу або насадкових елементів на ній (див. рисунок). Застосування гранул керамзиту сприятиме ефективному перенесенню води у повітряний потік (внаслідок гладкій склоподібній поверхні керамзиту) та істотно зменшить масу шару зернистого матеріалу на газорозподілювальній решітці (внаслідок малій густині керамзиту) [1].

Апарат працює в такий спосіб.

Потік теплоносія, що рухається в горизонтальних теплообмінних трубах 1, охолоджується під впливом повітряного потоку, який під дією вентилятора 3 виходить з напрямного апарата 2. За умови підвищеної температури повітряного потоку забезпечують розподіл води в шарі 5 зернистого матеріалу

або насадкових елементів. При цьому потік повітря, що рухається крізь газорозподільвальну решітку, захоплює краплі води та спрямовує їх на зовнішню поверхню теплообмінних труб 1.



- 1 – пучок горизонтальних теплообмінних труб; 2 – напрямний апарат;
3 – вентилятор; 4 – газорозподільвальна решітка;
5 – шар зернистого матеріалу або насадкових елементів; 6 – штуцер

Рисунок – Апарат повітряного охолодження

Пропонована конструкція апарата повітряного охолодження істотно поліпшує надійність його роботи.

Перелік посилань:

1. Пат. 110426 U Україна МПК (2006.01) F28B 1/06, F28D 3/02; (2016.01) F28D 5/00. Апарат повітряного охолодження / Андреев І.А., Мікульонюк І.О., Пищик Б.І.; заявник і патентовласник вони ж. – № и 201603364; заявл. 01.04.2016; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.

УДК 66.045

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

студент Є.В. Романюк, к.т.н., доц. І.А. Андреев

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Кожухотрубні теплообмінники є найбільш розповсюдженими в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та інших галузях промисловості. Одноходовий по трубному простору апарат з прямолінійними трубчастими теплообмінними елементами містить кожух зі штуцерами для підведення й відведення теплоносія міжтрубного простору, дві порожнисті кришки зі штуцерами для підведення й відведення теплоносія трубного простору, дві трубні решітки й закріплені в них теплообмінні труби.

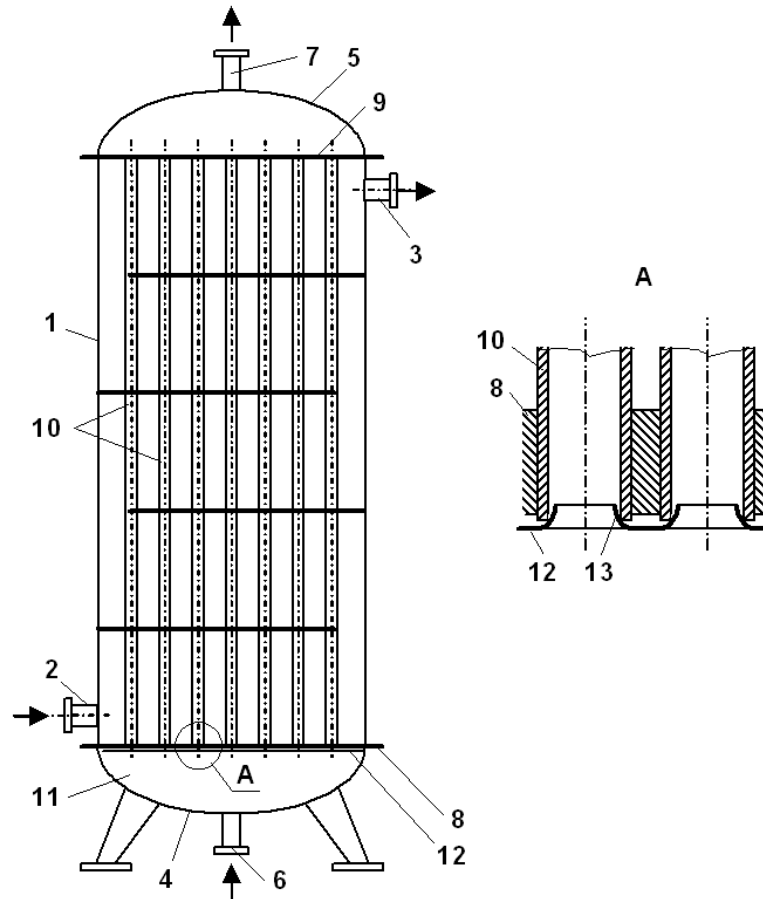
Недоліком такого теплообмінника є інтенсивна ерозія вхідних ділянок теплообмінних труб, що знижує термін служби й надійність теплообмінника в цілому.

Для захисту вхідних ділянок теплообмінних труб від ерозійного зношування пропонується в порожнині кришки зі штуцером для підведення теплоносія трубного простору встановлювати пластину з розбортовками, розташованими всередині вхідних ділянок теплообмінних труб [1].

Така конструкція забезпечує плавний вхід теплоносія трубного простору в теплообмінні труби, що сприяє зменшенню гідравлічного опору трубного простору теплообмінника. Також розбортовки, розташовані всередині вхідних ділянок теплообмінних труб, захищають найбільш уразливі частини теплообмінних труб від ерозії. Таким чином, навіть за умови ерозійного руйнування пластини, яку нескладно виготовити й замінити, здійснюється надійний захист теплообмінних труб від ерозійного зношування.

Кожухотрубний теплообмінник, що пропонується, містить кожух 1 зі штуцерами 2 і 3 для підведення й відведення теплоносія міжтрубного простору, дві порожнисті кришки 4 і 5 зі штуцерами 6 і 7 для підведення й відведення теплоносія трубного простору, дві трубні решітки 8 і 9 та закріплені в них

теплообмінні труби 10, при цьому в порожнині 11 кришки 4 зі штуцером 6 для підведення теплоносія трубного простору встановлено пластину 12 з розбортовками 13, розташованими всередині вхідних ділянок теплообмінних труб 10 (див. рисунок).



1 – кожух; 2, 3, 6, 7 – штуцери; 4, 5 – кришки; 8, 9 – трубні решітки; 10 – теплообмінна труба; 11 – порожнина; 12 – пластина; 13 – розбортовка

Рисунок – Кожухотрубний теплообмінник

В результаті виконаної модернізації підвищується термін служби й надійність теплообмінника в цілому.

Перелік посилань:

1. Заявка на патент України. МПК (2016.01) F28D 7/00. Кожухотрубний теплообмінник / Андреев І.А., Мікульонок І.О., Романюк Є.В.; заявник і патентовласник вони ж. – № у 201606504; заявл. 14.06.2016.

УДК 661.727.4

**МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОГО АБСОРБЕРА
ДЛЯ ПОГЛИНАННЯ ПАРІВ АЦЕТОНУ**

студент Атаманенко К.Є., ст.викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

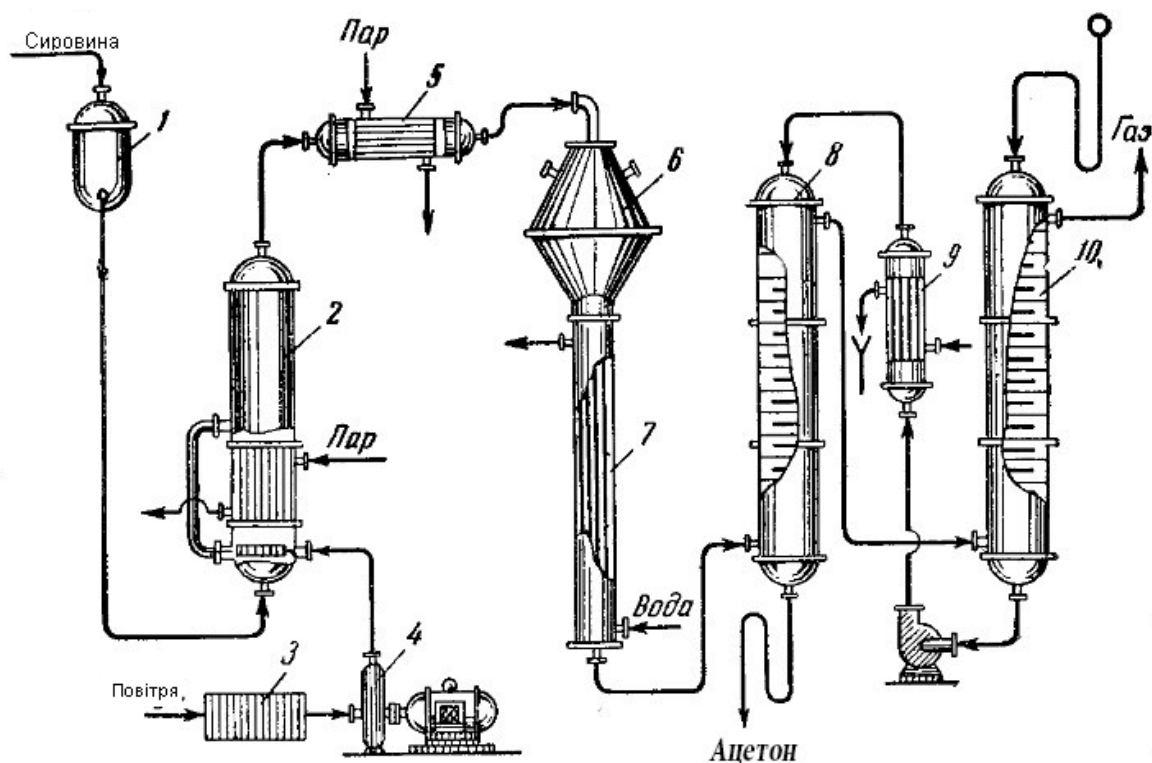
Ацетон — дуже добрий розчинник жирів, олив, багатьох смол, нітролаків, сургучу, каніфолі. Ацетон також розчиняє целулоїд, нітро- та ацетилцелюлозу. Завдяки своїй добрій розчинній здатності ацетон дуже широко застосовується на підприємствах хімічної чистки.

Водночас, ацетон високо токсична речовина. При вдиханні 1,2 мг/л протягом 3—5 хвилин відбувається подразнення слизових оболонок очей, носа і горла, а вдихання 0,01 мг/л протягом 6 годин підвищувало активність холінестерази крові та коефіцієнт використання кисню. Збільшення вмісту в крові кетонових тіл відбувалося і при впливі 0,001 мг/л; в сечі вміст кетонових тіл не змінювався.

Ацетон в відносно невеликих кількостях отримується при сухій перегонці деревини з оцтовою кислотою. Довгий час його отримували через бродіння вуглеводнів в присутності певних бактерій. Продукти бродіння містять 30,5% ацетону, 62% н-бутилового спирту, 7,5% етилового спирту та інших речовин. На цей час цей спосіб швидко витісняється синтетичними методами отримання ацетону, де в якості сировини використовують продукти переробки нафти.

Існує багато методів промислового отримання синтетичного ацетону. Найбільш поширений окисне дегідрування або дегідрування ізопропанолу.

На нижче наведеній схемі зображена технологічна схема виробництва ацетону парофазовим окисним дегідруванням ізопропиловим спиртом - рисунок 1 [1].



- 1—мірник; 2—випарник; 3—фільтр; 4—повітродув; 5—підігрівач; 6—
контактний апарат; 7—холодильник; 8,10—абсорбери;
9—проміжний холодильник

Рисунок 1 – Схема виробництва ацетону

Одним з найважливіших апаратів в технологічній схемі є насадковий абсорбер, в якому відбувається відділення парів ацетону від контактних газів. В якості поглинача використовується вода. Тому модернізація установки виготовлення ацетону проводиться шляхом вдосконалення конструкцій абсорбера.

Планується вдосконалення конструкції, яке забезпечить більше зменшення впливу сухого конуса, за рахунок встановлення конічних вставок.

Література:

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза, М., издательство "химия", 1968 г.

УДК 66.047.4.5

РОЗПИЛЮЮЧА СУШАРКА ДЛЯ СУШІННЯ АНТИБІОТИКІВ

студентка Шемета С.А., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

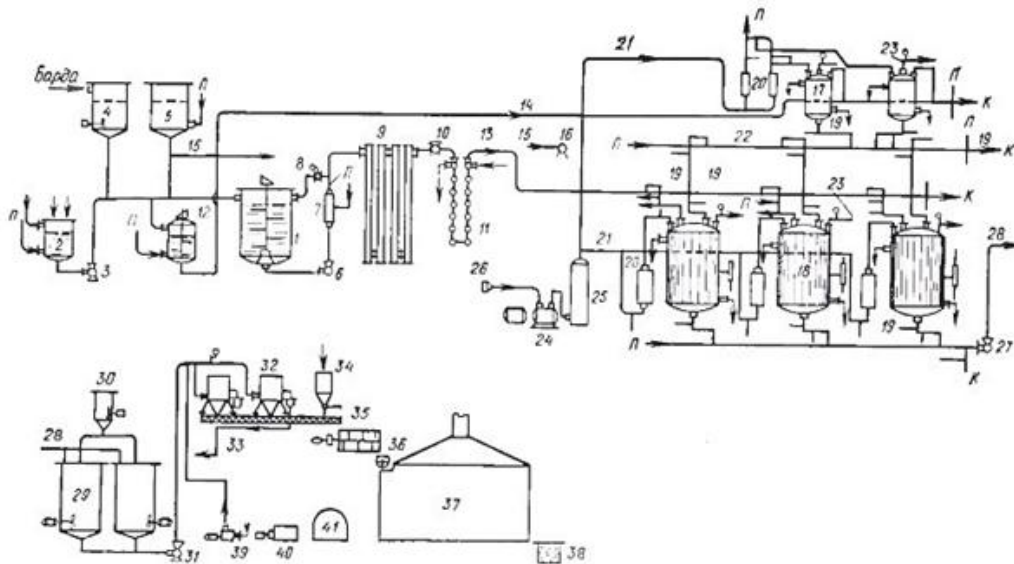
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Біовіт це кормовий антибіотик, основою якого є міцеліальна маса його продуцента – штаму *Act. aureofaciens*. Діюча речовина - хлортетрациклін.

Біовіт має широкий спектр дії – попереджає і виліковує наступні захворювання: пастерельоз, колібактеріоз, сальмонельоз, бронхопневмонія, гастроентероколіти, колсептіцемія, лептоспіроз, лістеріоз, некробактеріоз та ін. Застосовується при вирощуванні й відгодівлі телят, поросят, хутрових звірів, собак, молодняку птахів. Препарат призначають тваринам з кормом, водою, молоком один раз на добу. Він поліпшує обмін речовин, знижує витрати кормів на одиницю приросту ваги на 4-10%, підвищує стійкість організму до зовнішніх впливів. Збільшує середньодобовий приріст ваги молодняку ВРХ на 6-9%, свиней при вирощуванні й відгодівлі до 11%, у птахівництві середньодобові прирости ваги зростають на 3-8%, яйценосність курей - на 5-10% [1]. Технологічна схема для виробництва біовіту подана на рисунку 1 [2]

У зв'язку з високою ефективністю використання біовіту у тваринництві та ветеринарії, метою роботи було модернізація лінії виробництва даного антибіотику шляхом вдосконалення конструкції сушарки.

Для усунення втрат антибіотика і вітаміну B_{12} з фільтратом в наш час використовують висушування культуральної рідини без фільтрації. Висушування препарату на розпилюючій сушарці забезпечує інтенсивне видалення вологи при короткочасному контакті препарату з гарячим теплоносієм, а також дозволяє упустити попередні стадії фільтрації і центрифугування.



1-змішувач; 2- приймальний бункер (чан); 3, 6, 27, 31- насоси; 4-збірник барди, 5- збірник для теплої води; 7- гріюча колонка; 8- зворотній клапан; 9- витримувач; 10- регулятор тиску; 11- теплообмінний апарат; 12- стерилізатор середовища апарату; 13- трубопровід середовища; 14- трубопровід середовища для засівних апаратів; 15- трубопровід теплої води; 16- гідрант; 17- засівний апарат; 18- ферментатор; 19- парові пробки; 20- повітряні фільтри; 21- повітряпровід; 22- трубопровід засівної культури; 23- лінія виходу повітря з ферментатора; 24-повітрядувка; 25- загальний фільтр; 26- вісциновий фільтр; 28- трубопровід для культури; 29- збірник культурної рідини; 30- приймач препарату; 32- фільтр-прес; 33- трубопровід; 34- бункер препарату; 35- змішувач; 36- гранулятор; 37- сушарка; 38- приймач препарату; 39- компресор; 40- мийка для серветок ; 41- сушарка для серветок; П- пара; К-конденсат

Рисунок 1.1. Технологічна схема отримання біовіту

Модернізація проводиться шляхом підвищення ефективності закручування потоку сушильного агента за рахунок тангенційного введення периферійного потоку [3].

Перелік посилань:

1. <http://zp-antibiotic.com.ua/about.html> від 10.11.2016 р.
2. М. С. Мосичев, А. А. Складнев, В. Б. Котов Москва: «Легкая и пищевая промышленность», 1982
3. Патент №13118 України, МПК F26B3/12, опубл. 28.02.1997

**СЕКЦІЯ 3
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

УДК 676.056.42

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРЬОХВАЛЬНОГО ПРЕСА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студ. Процак А.С. проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для активного розвитку картоноробної промисловості та підвищення якості готової продукції необхідно встановлення нового енергоефективного обладнання або модернізувати окремі частини старого обладнання. Модернізація пресової частини є однією з найголовніших задач для зменшення енерговитрат, металоємності та збільшення якісних показників картоноробної машини [1].

Метою роботи є модернізація конструкції трьохвального преса, яка дозволить збільшити кінцеву сухість картонного полотна.

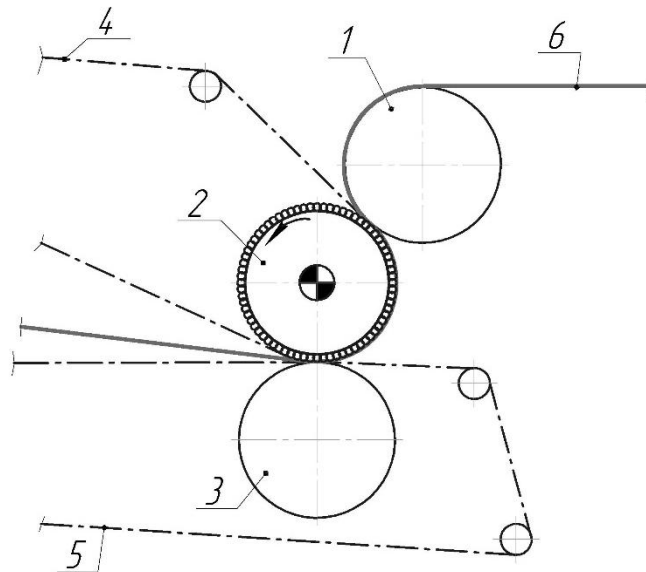
Отже робота направлена на підвищення кінцевої сухості паперового полотна, особливо під час енергетичної кризи, після пресової частини є актуальною.

Особливої актуальності ця проблема набуває за пресування картону. Значна товщина картону створює великий гідравлічний опір фільтрації. Тому для збільшення швидкості фільтрації необхідно збільшувати тиск в захваті шляхом збільшення лінійного тиску. Але збільшення лінійного тиску приводить до збільшення прогину валів. Для того, щоб не допустити прогину валів з суттєвим збільшенням лінійного тиску, застосовують вали з гідропідтримкою оболонки.

Застосування валів з гідропідтримкою оболонки в тьохвальній компоновці преса дозволяє зменшити число валів для створення двох захватів преса, а також розвантажує середній вал від згинаючих напружень. Якщо середній вал зробити відсмоктуючим, та покрити полімерною термоусадковою

сіткою, то буде створено всі можливості для здійснення поперечної фільтрації води в сукнах.

Схема трьохвального преса наведена на рисунку 1.



1 – гранітний вал з пористим покриттям; 2 – відсмоктуючий вал з сітчастою панчохою; 3 – вал з глухими отворами; 4 – верхнє пресове сукно; 5 – нижнє пресове сукно; 6 – картонне полотно.

Рисунок 1–Схема трьохвального преса КРМ.

Для вдосконалення наведеної конструкції доцільно покрити середній пресовий вал термоусадковою сіткою. Це дозволить створити двосторонню поперечну фільтрацію води в сукнах, що забезпечить значне збільшення швидкості фільтрації та покращить якість картону. А також установити верхній та нижній вали з гідропідтримкою оболонки, в результаті чого непрогинаємі вали підвищать лінійний тиск, а отже кінцева сухість картонного полотна досягне 50%.

Перелік посилань:

1. Новиков Н.Е., Прессование бумажного полотна. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 240 с.
2. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Друге видання, переробл. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425 с.

УДК 676.05

СУШИЛЬНА ЧАСТИНА КРМ

студент Ващук С.М.

Національний технічний університет України

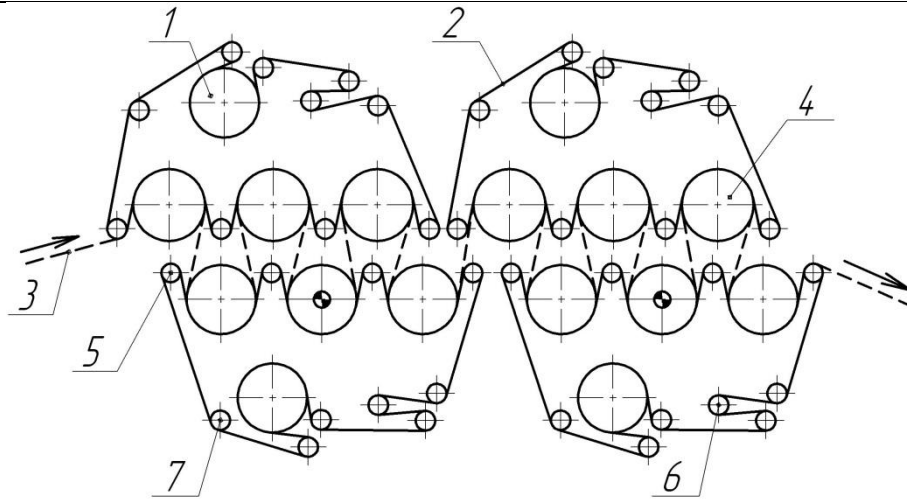
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В Україні питома вага використання картонно-паперової упаковки і тари становить 40%. З них 40% приходить на гофротару. Існуючі потужності виробництва гофрованого картону в Україні дозволяють виробляти близько 850 млн. кв. м на рік [1], але попит на упаковку в промисловості, особливо, на виробництвах харчової промисловості – як основного споживача даного виду упаковки, так і в інших галузях швидко зростає і в повній мірі не задовольняється.

Збільшення об'ємів виробництва упаковки стримується продуктивністю гофроагрегатів, швидкість яких лімітується швидкістю процесу сушіння, тому інтенсифікація процесу сушіння є актуальною задачею.

Сушильна частина картоноробної машини (рис.1) зазвичай складається з двох рядів сушильних циліндрів 4, розташованих в шахматному порядку. Загальне число циліндрів залежить від швидкості машини і типу виготовляемого паперу. Паперове полотно послідовно огинає бокову поверхню сушильних циліндрів і проходить по ним від верхнього до нижнього. При цьому на ділянках контакту з циліндрами полотно прижимається сушильним сукном 2, сукно зволене від паперу висушується на сукносушильному циліндрі 1 [2]

Для здійснення процесу сушіння картону на сушильній частині необхідно підводити до вологого матеріалу значну кількість тепла. На випаровування 1 кг води витрачається 500÷550 ккал або $(500\div 550) \cdot 4,19 = 2095\div 2300$ кДж/кг в теоретичних умовах. На випаровування цього кілограма води за 10 секунд необхідна потужність 209÷230 кВт.



1 – сукносушильний циліндр; 2 – сукно; 3 – полотно; 4 – сушильний циліндр; 5 – сукноведучий валик; 6 – сукнонатяжний валик; 7 – сукноправильний валик

Рисунок 1 – Схема сушильної частини КРМ

Тому до вибору методів сушіння та компоновки сушильної частини висувають наступні вимоги:

1. Максимальна інтенсифікація процесу і збільшення сухості від 40–56 % до 96 %.
2. Максимальна питома продуктивність.
3. Можливість нагріву паперового полотна до $80\div 90$ °С для проклеювання.
4. Зниження енергоємності.
5. Зниження металоємності.
6. Мінімальна обривність паперового полотна.
7. Механізація і автоматизація заправки паперового полотна.

Перелік посилань:

1. <http://www.credit-rating.com.ua> від 11.10.2016 р.
2. Эйдлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины/ И.Я. Эйдлин – изд. 3-е, испр. и доп – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.

УДК 676.056.42

КОМБІНОВАНИЙ ПРЕС КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Ковальчук В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Збільшення обсягів виробництва картону і необхідність підвищення його якості ставлять перед працівниками целюлозно-паперової промисловості конкретні задачі в області технічного прогресу, засобами якого є заміна основної частини устаткування новим, конструкція та технологічні параметри якого знаходяться на рівні кращих світових зразків.

Якість картону і продуктивність картоноробних машин багато в чому залежить від ефективності та інтенсивності зневоднення полотна картону з отриманням заданих фізико-механічних властивостей. Оскільки реалізація зазначених процесів здійснюється на пресовій частині, її вдосконалення є актуальною задачею.

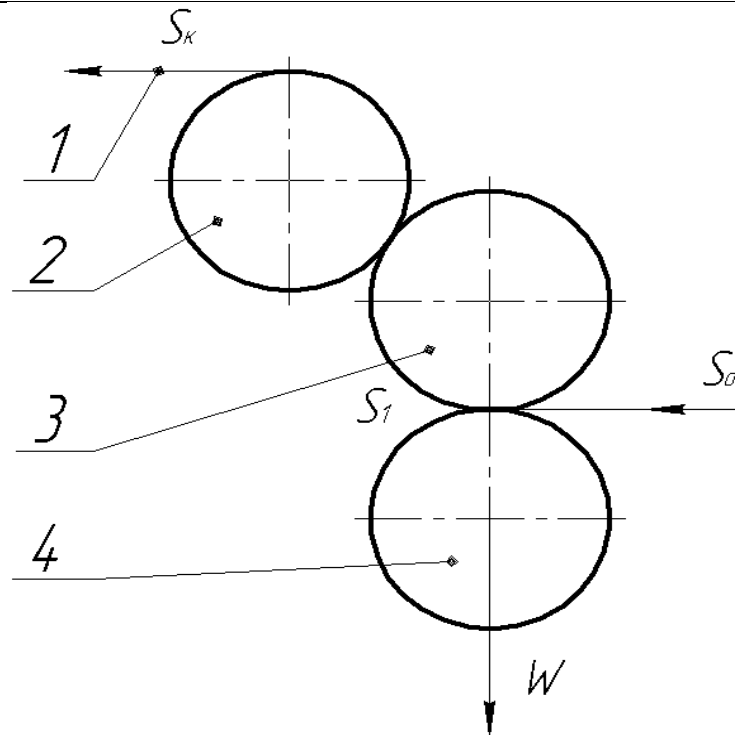
Пресова частина повинна працювати таким чином, щоб на ній проходило рівномірне і максимально допустиме для даного виду картону зневоднення.

Метою роботи є:

- Максимальне видалення вологи;
- Покращення якості пресування
- Безобривний підвід картоного полотна в пресовій частині;
- Досягнення однакової сухості по довжині картоного полотна.

В розробленому пресі картонне полотно проходить перший захват утворений жолобчатим валом і валом з глухими отворами. Вода, видалена у першому захваті, потрапляє в жолобки жолобчатого валу, а звідти видалається за рахунок дії відцентрових сил.

Розрахункова схема комбінованого преса показана на рисунку.



1 – картонне полотно; 2 – жолобчатий вал; 3 – вал з глухими отворами; 4 – гарячий вал

Рис. – Розрахункова схема комбінованого преса

Другий захват пресу утворений валом з глухими отворами та гарячим валом. Проходячи другий захват картонне полотно, із сухістю до 65% іде на сушильну частину. Гарячий вал нагрівається індуктором, який встановлений всередину валу.

Перелік посилань

1. Примаков С. П., Барабаш В. А. „Технологія паперу і картону” Київ ЕКМО 2002.
2. Эйдлин И.Я. „Бумагоделательные и отделочные машины”— М. Лесная промышленность” 1970.- 624 с.

УДК 676.058

ТИПИ ТА КОНСТРУКЦІЇ НАКАТІВ В ПАПЕРОРОБНИХ МАШИНАХ

студент Молодцов В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

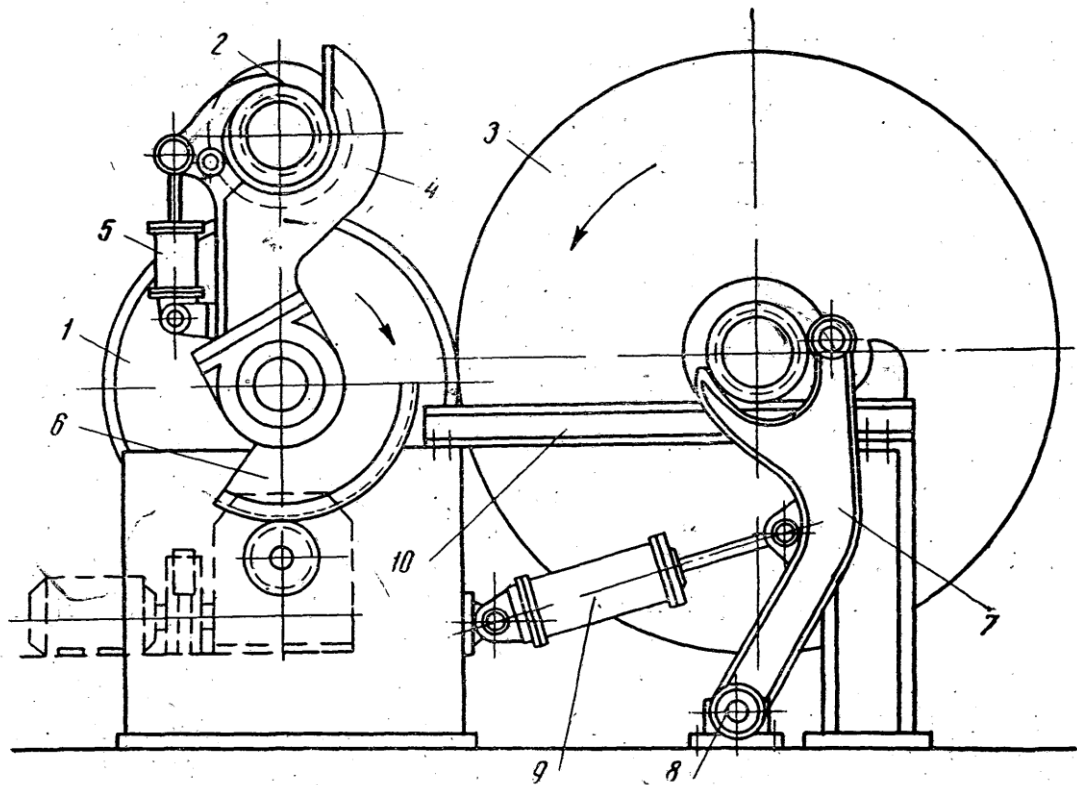
Намотування паперу в рулони відбувається на накаті, встановленому в кінці папероробної машини. Гарна якість та рівномірна щільність намотування рулонів є основними вимогами до накатів.

По принципу намотування конструкції накатів поділяються на два основні типи: осьові та периферичні.

В накатах осьового типу використовується ручна заправка, тому швидкість машини становить не більше ніж 180-200 м/мин, кутову швидкість змінюють за допомогою фрикційної чи гідравлічної муфти, а також за допомогою електродвигуна з регульованим числом обертів [1].

В накатах периферичного типу намотуваний рулон притискається до циліндра накату, який обертається з постійною кутовою швидкістю. Рулон обертається під дією обертального зусилля між поверхнями рулону і циліндра накату. Зі збільшенням діаметра рулону, що намотується, число обертів безперервно зменшується, а швидкість намотування залишається постійною.

Рулони в периферичному накаті утворюються з щільним і рівномірним намотуванням при значно меншому натягуванні полотна, ніж на осьовому накаті, внаслідок чого відсутність обриву полотна при його намотуванні, а також при наступній його обробці значно зменшується [2].



1-циліндр наката, 2- тамбурний вал, 3-намотуючий рулон, 4-заправочні важелі, 5-пневматичний циліндр, 6-механізм повороту заправочних важелів, 7-робочі важелі, 8-наскрізний вал, 9-пневматичний циліндр робочих важелів, 10-станина

Рисунок – Схема периферичного наката

Перелік посилань:

1. <http://voith.com/> від 21.10.2016 р.
2. Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины. –М.: Лесная промышленность. 1970, стр. 402-403. Від 21.10.2016 р.

УДК 676.056.312

СУЧАСНІ ПРЕСОВІ ВАЛИ

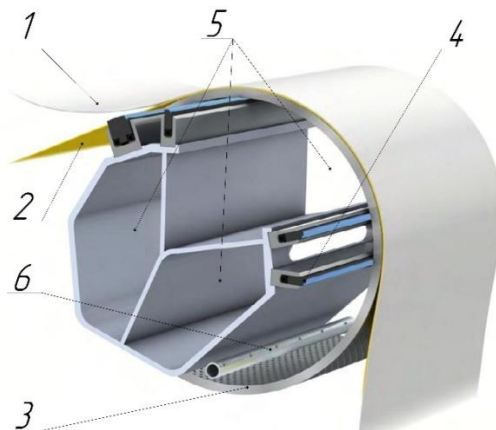
студент Олійник А.Р., ст. викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У останні роки на папероробних та картоноробних комбінатах для зневоднення картонного чи паперового полотна за кордоном поширені преси, в яких встановлені всмоктувальні вали[1]. Пов'язано це з тим, що такі преси значно підвищують сухість паперу та, у порівнянні з жолобчатими пресами та пресами з глухими отворами, мінімізують появу мокрих смуг паперового полотна.

На рисунку 1 зображено схему роботи ефективного всмоктуючого валу «EvoFlow P» компанії «Voith» [1].



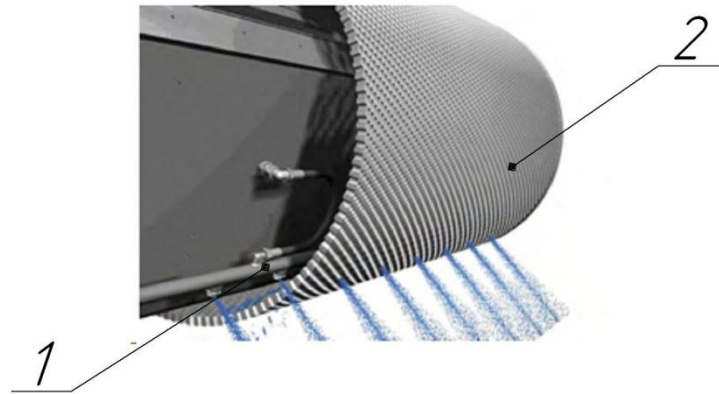
1 – картонне полотно; 2 – фільтраційне сукно; 3 – перфорована оболонка;
4 – поліуританове ущільнення; 5 – вакуум-камера; 6 – водяні сприски

Рисунок 1 – Схема роботи всмоктуючого валу EvoFlow P компанії «Voith»

Вал складається з перфорованої оболонки 3, вакуум-камери 5, сприсків 6 для очищення перфорованої оболонки та чотирьох ущільнень 4 для забезпечення вакууму в камері. Оболонка виконана з двошарової корозійностійкої нержавіючої сталі, яка стійка до кислотних середовищ.

Ущільнення для герметизації вакуум-камери виконано з поліуритану. На кожному ущільненню наявний гідрозатвор завдяки подачі води. Це дозволяє

ефективного герметизувати вакуум-камеру. Також це зменшує необхідну потужність приводу валу, так як коефіцієнт тертя оболонки по поліуритановому ущільненні зменшується за рахунок подачі води. Для очищення перфорації валу від залишків целюлози всередині валу встановлені самоочисні форсунок. Схема розташування форсунок зображена на рисунку 2 [1].



1 – водяні сприски; 2– перфорована обичайка

Рисунок 2 – Схема розташування самоочисних форсунок

Шум від роботи такого валу знижений завдяки утворення перфорації шляхом високоточного свердління, а також схемі розташування отворів в оболонці.

На папероробних та картоноробних комбінатах України всмоктувальні вали майже не використовуються через їх високу вартість та необхідність додаткових витрат на створення вакууму. Замість всмоктуючих валів в основному використовуються більш дешеві вали з глухими отворами та жолобчаті вали. Їх перевагами є збільшена інтенсивність зневоднення паперового чи картонного полотна в порівнянні зі звичайними гумованими валами, насамперед, завдяки реалізації поперечної фільтрації вологи.

Перелік посилань:

1. Патент№ 105463918 (CN), МПК D21F3/10. Vacuum box structure of suction press roll/ YaoHongliang (CN). -Заявка №20141450647/05.09.2014; Опубл. – 06.04.2016

2.http://voith.com/en/2015-10-21_vpz_1301_EvoFlow_P_en_interaktiv.pdf від 20.10.2016

ДК 676.056.42

ВАЛ З ГІДРОПІДТРИМКОЮ СОРОЧКИ

студент Рисич О.В., ст. викл. Зайцев С.В.

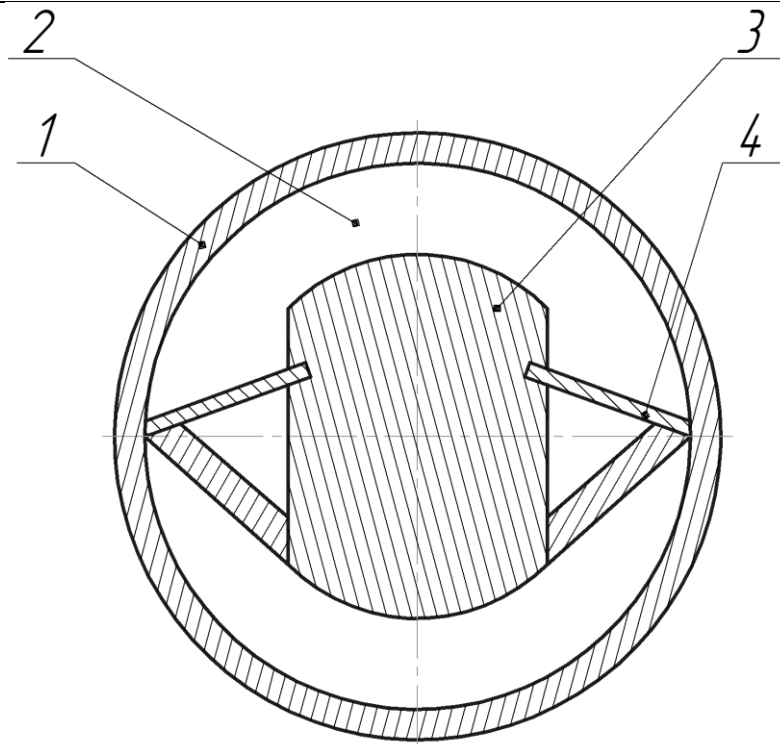
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сучасна економіка вимагає швидкого реагування на зміну вимог до асортименту та якості продукту. В целюлозно-паперовій промисловості проблемою в цьому є наявність у валів бомбирування, оскільки це є необхідним для вироблення якісного паперового полотна. Переналадка валів на інше значення тиску в захваті пресу пов'язана з заміною валу на вал з іншим, потрібним для даного тиску бомбируванням. Тому це несе за собою великі витрати на виробництво та обмеження продуктивності машин.

Вирішенням цієї проблеми є заміна застарілих валів на вали з гідропідтримкою сорочки. Основна перевага валів з гідропідтримкою сорочки – можливість регулювання прогину, що дає змогу змінювати лінійний тиск в захваті валів і, відповідно, швидко переналагоджувати ПРМ та підвищувати інтенсивність процесу пресування [1]. А головне налаштувати прогин валу на необхідні потреби кінцевої якості і властивостей продукту.

Сьогодні широко застосовуються нижні пресові вали з регульованим прогином типу "Кюстерс", що зображено на рисунку 1. Вали такого типу мають нерухомий металевий сердечник (3), на якому обертається циліндр (1) із сорочкою. Усередині валу між валом і сердечником є подовжні і поперечні ущільнювачі (4), що розподіляють внутрішній простір на дві камери (2) – верхню і нижню. Верхня камера за допомогою насоса заповнюється маслом під необхідним тиском, що є опорою для циліндра і перешкоджає його зайвому прогину. Масло, що просочилося з верхньої в нижню камеру, знову подається у верхню камеру [2].



1 – циліндр; 2 – камера; 3 – сердечник; 4 – ущільнення

Рисунок 1 – Схема валу із регульованим прогином типу “Кюстерс”

Такі вали застосовуються найчастіше у каландрах та пресах, де застосовують підвищений тиск у захваті, який подекуди сягає більше 7 МПа [3].

Таким чином, вали з гідропідтримкою сорочки мають вагоме місце у сучасній папероробній промисловості.

Перелік посилань.

1. Чичаєв А.А. «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2. «Бумагоделательные машины» / Чичаєв А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264с.

2. Примаков С.П. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Примаков С.П., Барбаш В.А. – Друге видання, переробл. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425с.

3. <http://ru-ecology.info/term/21586/> від 21.03.2016 р.

УДК 676.05

ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАЛАНДРІВ

студентка Шкут М.А., асистент Мельник О.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Переважна частина продукції, що виробляється на паперо- та картоноробних машинах, проходить машинне каландрування. Поряд з відливом, формуванням та пресуванням машинна обробка паперу і картону в значній мірі визначає такі якісні показники полотна, як щільність, гладкість і рівномірність товщини. Перераховані показники, або керовані параметри процесу каландрування, мають дуже важливе значення для масових і технічних видів паперу [1].

Німецький машинобудівний концерн VOITH виготовляє каландр Janus МК 2, який вперше поєднує в собі переваги класичного суперкаландра.

Вали в Janus МК 2 розташовані під кутом 45° , що покращує процес виробництва паперу або нанесення покриття. Особлива характеристика системи – NipProtect, яка дозволяє всім рулонам притискатися один до одного менше 0,5 секунди і забезпечувати мінімальну кількість обривів полотна.

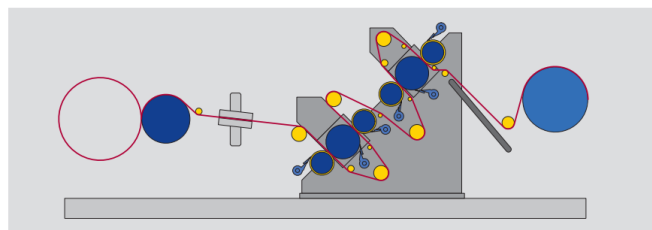


Рисунок 1 – Схема Janus МК 2

Інноваційні покриття для тривалого терміну служби і оптимізованої системи автоматичного розпаралелювання також дають оптимальні результати каландрування. [2]

Одними з основних розробників конструкцій каландрів сьогодні є також акціонерне товариство "РАРСЕЛ Литовел" яке виготовляє софткаландри. Софткаландр виготовлений як чотирьох- чи трьохвальний прес з двома зонами пресування. У кожній зоні використана комбінація термовала з масляним

підігрівом і плаваючим притискним S-валом з плавно керованим прогином. При односторонньому згладжуванні паперу обидва термовала розташовані внизу або вгорі в залежності від згладжуваного боку паперового полотна.

У разі двостороннього згладжування в першій зоні термовал встановлений вгорі, а в другій - внизу. Кожен вал обладнаний осцилюючим шабером. Краї плаваючих валів контролюються термокамерами, які забезпечують охолодження відповідних поверхонь з метою підтримки їх постійної температури і зниження температури покриття плаваючого валу з метою збільшення терміну його служби. Перед кожною пресовою зоною розташований розгінний вал, що забезпечує правильний поперечний натяг паперового полотна. [3]

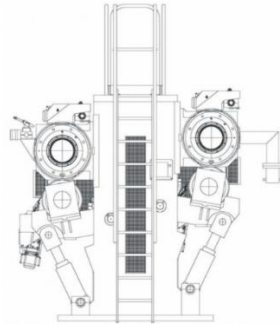


Рисунок 2 – Схема Софткаландра

Вдосконалення конструкцій каландрів спрямовані на покращення якісних характеристик паперу, зменшення часу на установку і монтаж машини, зменшення їх металоємкості і енергетичних затрат.

Перелік посилань.

1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины/В. А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова и др. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 264 с.
2. <http://www.voith.com/en/products-services/paper/janus-3941.htm> від 20.10.2016 р.
3. <http://www.papcel.ru/produkty/produkty-bumagodelatelnie-mashiny/produkty-bumagodelatelnie-mashiny-mashiny-i-oborudovanie/soft-calender/> від 20.10.2016 р.

УДК 676.056.23/.27

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН

студентки Бобела С. О., Мельник А. С., ст.викл. Зайцев С. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Серед альтернативних пакувальних матеріалів, таких як дерево, метал, шкіра і тканина, картон виходить на перше місце за рахунок ряду переваг: прийнятної ціни, доступної сировини, можливості отримання матеріалу з наперед заданими фізико-механічними властивостями, а також максимальної автоматизації виробництва. Із-за жорсткої основи в картонних упаковках можна сміливо транспортувати будь-які види продуктів з упевненістю, що цінний вантаж не розіб'ється і не деформується. Крім того, картонна упаковка значно збільшує термін зберігання продукції через природну гігроскопічність [1].

У порівнянні з пластмасою картон є більш екологічним матеріалом, тобто краще піддається переробці. Дана обставина надзвичайно важлива для компаній, які працюють на експорт, адже це може бути вирішальним фактором при розширенні регіонів збуту продукції.

За рахунок цього, в наш час, розширюються сфери його використання. Картон заміняє в деяких місцях дерево, пластик і навіть елементи металоконструкцій. Саме тому підвищуються вимоги до технологічних і конструктивних параметрів КРМ. Одним із найважливіших факторів є швидке переналагодження обладнання КРМ на випуск продукції з іншими фізико-механічними властивостями.

Прикладом застосування таких технологій є розробка валів, що дозволяють регулювати поперечний профіль полотна, так як опорні елементи валів такого типу можна регулювати окремо. З розробкою Нірсо валів та валів з системою гідропідтримки оболонки, стало можливим досягнення більш точного профілювання, а також забезпечення рівномірного розподілу тиску по

ширині машини. Вони дають можливість отримати високоякісний картон за рахунок корегування коливань поперечного профілю, і, тим самим, вносять значний вклад в продуктивність і ефективність машин [2].

Сучасний маркетинг пред'являє високі вимоги не тільки до якості картону, а й до його зовнішнього вигляду. Оскільки формування картонного полотна відбувається на сітковій частині КРМ, то одна із його сторін має залишкове маркування від сітки. Для вирішення цієї проблеми застосовують поворотний прес. У порівнянні з іншими пресами, він вигладжує дві сторони полотна, тому в результаті, вони мають однаковий вигляд. На ряду з цим відбувається і ущільнення, що призводить до зниження пористості та підвищення міцності полотна. Оскільки технологічно прес розташований після сіткової частини, то на ньому відбувається відвід основної частини води. Використання звичайних гладких валів недоцільне, адже вони забезпечують лише поздовжню фільтрацію води, що негативно впливає на процес зневоднення і на продуктивність КРМ [3]. Тому використовують вали різних конструкцій: жолобчасті, з глухими отворами, башмачні.

Модернізація існуючого обладнання шляхом введення в експлуатацію сучасних технологічних рішень і конструкторських розробок, допомагає досягнути високих результатів і вивести продукцію на конкурентно-спроможний рівень.

Перелік посилань:

1. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Друге видання, переробл. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425 с.
2. <https://www.voith.com/en/press/> від 10.10.16 р.
3. <http://www.papcel.ru/produkty/produkty-bumagodelatelnie-mashiny/produktybumagodelatelnie-mashiny-mashiny-i-oborudovanie/> від 10.10.16 р.

УДК 676.056.42

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Вишар А.С., асистент Мельник О.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

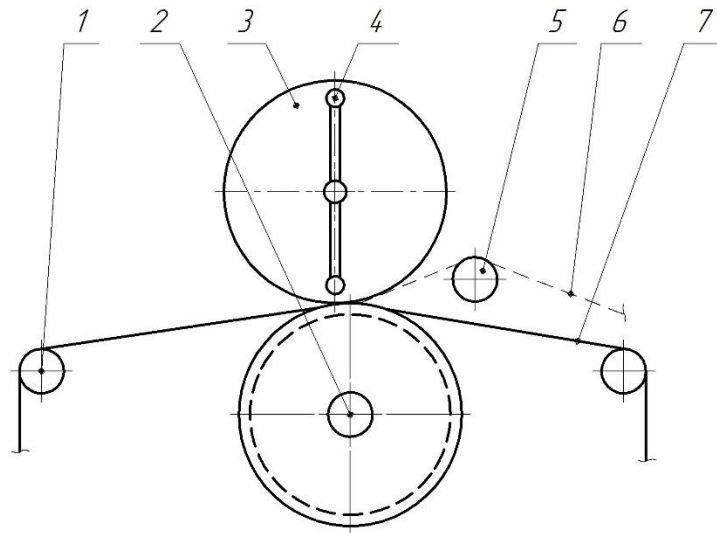
За перше півріччя 2016 року населення України спожило 545,4 тис. т картонно-паперової продукції, в той час як об'єм внутрішнього виробництва становить лише 383,3 тис. т. Картонно-паперова промисловість України не забезпечує потреби споживачів в повному обсязі. Перед працівниками промисловості постає ряд задач, які необхідно вирішити: підвищення якості продукції, збільшення обсягів виробництва, зменшення витрат енергії. Вплинути на всі вище зазначені фактори можна шляхом модернізації пресової частини папероробної машини [1].

Пресова частина папероробної машини має забезпечити максимально можливе зневоднення паперового полотна з отриманням заданих фізико-механічних властивостей, рівномірну вологість полотна по ширині та безобривний прохід паперового полотна з мінімальною зоною вільного ходу. Чим вищий вміст сухого паперового полотна після пресової частини, тим менше буде витрачено енергії у процесі сушіння [2].

Тому інтенсифікація процесу зневоднення паперового полотна на пресовій частині є актуальною задачею. Важливою складовою пресової частини є жолобчатий прес, який містить гумований вал з прямокутними жолобками, які дозволяють ефективно відпресовувати воду і не маркувати паперове полотно [3].

Для модернізації конструкції жолобчатого пресу можна скористатися комбінацією жолобчатого валу 2 та верхнього валу 3 з нагрівачем 4, з використанням сукна, що має низький гідравлічний опір 7 (рис. 1). За рахунок нагрівного елемента у верхньому валу при проходженні через зону пресування

відбувається випаровування води. Підвищується температура, а відповідно підвищується тиск пари в зоні захвату. Подовжена зона пресування дозволяє збільшити час перебування паперового полотна в зоні контакту валів, відповідно збільшити сухість і покращити фізико-механічні властивості паперу перед сушильною частиною папероробної машини [4].



1 – сукноведачий вал; 2 – жолобчатий вал; 3 – верхній вал; 4 – нагрівач; 5 – папероведучий вал; 6 – паперове полотно; 7 – сукно.

Рисунок 1 – Схема захвату жолобчатого пресу

Перелік посилань.

1. <http://www.ukrpaper.org/news.php> від 11.10.2016 р.
2. <http://voith.com/en/products-services/paper/process-steps/paper-machines/press-section-10724.html> від 11.10.2016 р.
3. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах . Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова и др. – М.: Лесная пром-сть, 1981. –264с.
4. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу. Дослідження процесів устаткування целюлозно-паперових виробництв / В. М. Марчевський, О. О. Семінський, В. В. Петров. – К. : НТУУ «КП», 2011.

УДК 676.026.54

МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПРМ З ГЛУХИМИ ОТВОРАМИ

студент Гордієнко І.М., ст. викл. Зайцев С.В.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Целюлозно-паперове виробництво – одна з найважливіших галузей промисловості. Поширеними продуктами цього виробництва є целюлоза, деревна маса, папір та картон. Як напівфабрикати, так і готова продукція целюлозно-паперового виробництва мають широке застосування в народному господарстві та культурному житті.

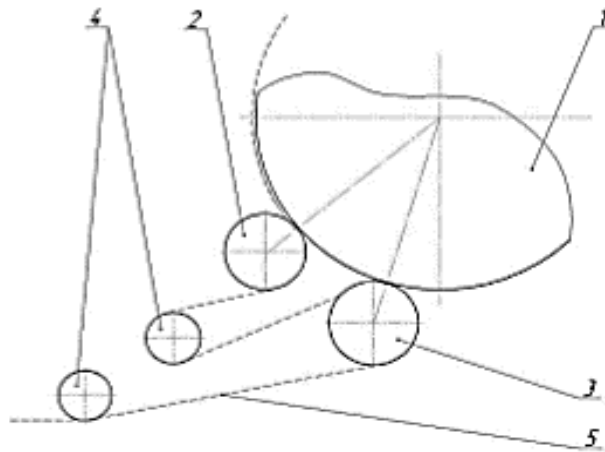
Останнім часом все ширшого застосування набувають тонкі види паперу (санітарно-гігієнічний для рушників та серветок, обгортковий тощо) вагою до 60 г/м². Для таких видів паперу характерні висока поглинаюча здатність, велика м'якість та здатність до розтягування. Санітарно-гігієнічний папір переважно виготовляють з маси садкого помелу.

Оскільки зневоднення такого паперу відбувається з великою швидкістю, то виробництво паперового полотна з малою масою квадратного метру реалізується на папероробних машинах (ПРМ) з лоцильним циліндром, де пресова частина комбінується разом з сушильною. Звичайною конструкцією є двозахватний гарячий прес, що складається з двох гладких валів, які прижимаються до поверхні лоцильного циліндра (рис. 1).

Для підвищення продуктивності ПРМ необхідно інтенсифікувати процес пресування. Пропонується модернізувати пресову частину шляхом заміни гладких пресових валів на жолобчатий вал та гумований вал з глухими отворами (на рис. 1 позиції 2 і 3 відповідно).

В якості першого гарячого пресу вибрано жолобчатий вал. Жолобчатий вал застосовується на пресах з поперечною фільтрацією води [1]. Такі вали дають змогу працювати при підвищеному лінійному тиску (100...120 кН/м).

Основна перевага цих пресів у тому, що вони відносно прості за конструкцією, надійні в роботі, забезпечують підвищення сухості полотна та його міцності, знижують експлуатаційні витрати.



1 – лощильний циліндр; 2 – вал з глухими отворами; 3 – жолобчастий вал;
4 – сукноведучі вали; 5 – сукно

Рисунок 1 – Прес папероробної машини з виробництва санітарно-гігієнічного паперу

В якості другого гарячого пресу вибрано вал з глухими отворами. Зі збільшенням швидкості полотна ефективність зневоднення паперу на пресі з глухими отворами в порівнянні зі звичайним пресом збільшується [2]. Прес працює найбільш ефективно при середньому питомому тиску (12 кН/м) та швидкості машини не менше 150 м/хв.

Віджимні вали з глухими отворами у порівнянні зі звичайними відсмоктуючими валами мають ряд переваг:

- відсутність потреби на створювання вакууму;
- простота конструкції;
- здійснюється поперечна фільтрація відпресованої вологи;
- досягається рівномірна вологість картонного полотна по ширині;
- збільшення тиску в зоні пресування.

Перелік посилань

1. Чичаев А.А. «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2 «Бумагоделательные машины» / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.

2. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. / Новиков Н.Е. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 240 с.

УДК 676.056.71

МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КРМ

студент Гурін Д.В., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

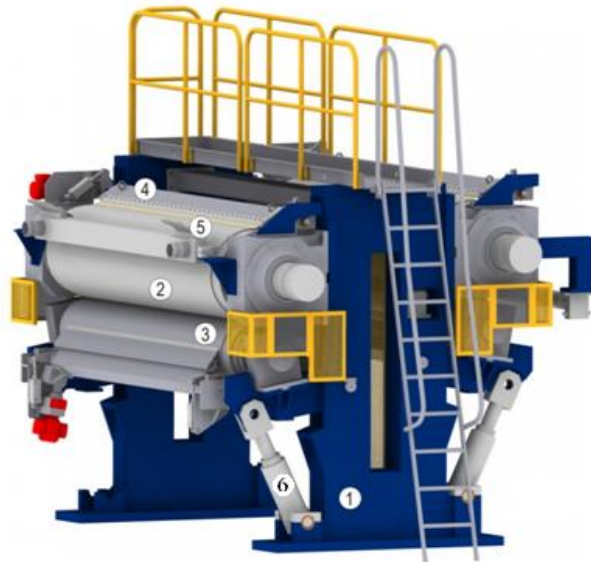
Важливе місце в технології виробництва картону займає процес каландрування картонного полотна. Каландрування призначено для надання картону таких технічних параметрів, як щільність, гладкість і лоск. Крім того каландрування забезпечує рівномірну товщину і об'ємну масу полотна по всій його ширині. Процес каландрування здійснюється на машинних каландрах та суперкаландрах.

Машинний каландр (рисунок 1) в лінії картоноробної машини (КРМ) встановлюється після холодильного циліндру або останньої групи сушильних циліндрів та перед накатом.



Рисунок 1 – Загальний вигляд машинного каландр

Конструкція машинного каландру представлена на рисунку 2. Каландр працює наступним чином: картонне полотно потрапляє в захват між термовалом 2 і плаваючим валом 3 та каландрується дією лінійного тиску між валами, величина якого встановлюється та контролюється за допомогою механізму притискання 6.



- 1 – станина; 2 – термовали; 3 – плаваючий вал; 4 – шабери;
5 – охолоджувальний пристрій; 6 – механізм притискання

Рисунок 2 – Конструкція машинного каландру

Основними недоліками в роботі каландрів є: місцеве роздавлювання картонного полотна зі збільшенням лінійного тиску між валами каландра, що негативно позначається на якості продукції, обмежені технологічні можливості, складність конструкцій апаратів, мала продуктивність, значна кількість обривів полотна, недостатня гладкість та нерівномірність товщини паперу.

Модернізація каландру КРМ полягає в:

1. Підтриманні постійного та рівномірно розподіленого по довжині валів лінійного тиску в захватах апарату;
2. Очищенні поверхні валів від залишків полотна;
3. Зменшенні енергозатрат на приведення в рух валів машинного каландру.

Перевагою даного апарату є компактність, простота в обслуговуванні та зменшення обривів картонного полотна під час роботи.

Перелік посилань:

1. Софткаландр – [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.papcel.ru/produkty/produkty-bumagodelatelnie-mashiny/produkty-bumagodelatelnie-mashiny-mashiny-i-oborudovanie/soft-calender/> Дата звернення (17.10.2016) – Назва з екрану.

УДК 676.058.1

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Деркач О. Д., асист. Гробовенко Я. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

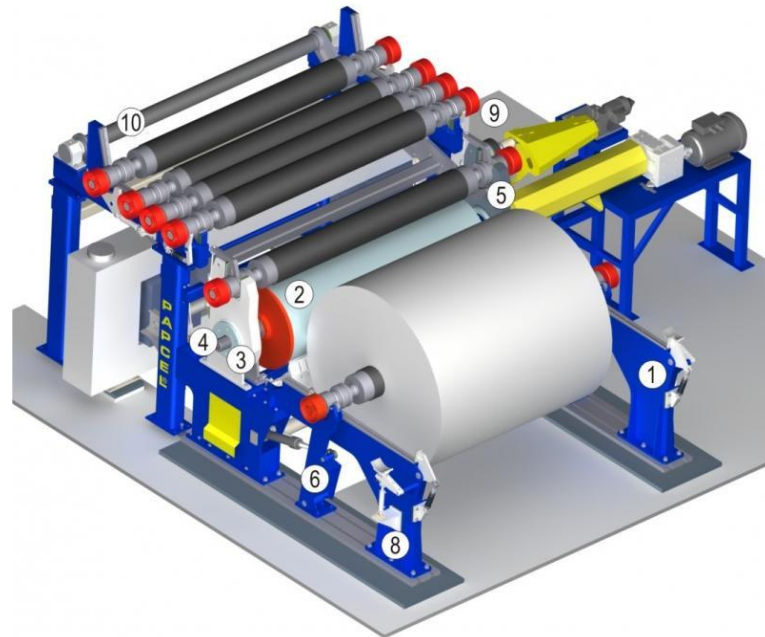
Накат в складі папероробної машини (ПРМ) вирішує важливу і складну задачу, яка полягає в безперервному прийманні паперового полотна, його охолодженні та частковому зволоженні і намотування в щільні рулони [1]. Від якості намотування залежить подальша обробка паперу та забезпечення його товарних характеристик. В даний час існує дефіцит вітчизняних виробництв установок накатів і, одночасно, існує значний їх попит. Тому розробка нових вітчизняних ефективних конструкцій накатів є актуальною задачею.

До конструкцій накатів ПРМ пред'являють наступні основні вимоги:

1. Рівномірна щільність намотування полотна.
2. Легкість заправлення полотна на тамбурний вал, не зменшуючи швидкість машини.
3. Висока якість намотування рулонів, відсутність браку.
4. Часткове охолодження і зволоження паперового полотна.
5. Зняття з паперу зарядів статичної електрики.
6. Надійні гальма і шабер.

Намотування паперового полотна в процесі роботи ПРМ здійснюють на спеціальний вал, що називається тамбурним. В залежності від методу передачі крутного моменту рулону паперу, який намотується, розрізняють два типів накатів: 1. Осьові, в яких крутний момент передається на тамбурний вал, що є віссю рулону. 2. Периферичні, в яких крутний момент передається на поверхню рулону.

Відомі гідравлічні накати типу НН з несучим валом системи РОРЕ призначені для намотування паперового полотна (рисунок 1).



1 – несуча конструкція: два сталевих зварних корпусу, дві стійки з призматичними напрямними для відкидання тамбурів; 2 – циліндр накату з канатним шківом; 3 – посадка циліндру накату; 4 – система охолодження циліндру накату; 5 – перекидні плечі для захоплення порожніх тамбурів; 6 – притискні важелі, прикріплені до шин накату; 7 – шабер; 8 – амортизатор намотаного рулону з гальмом; 9 – розгін тамбурів, 10 – магазин тамбурних валів; 11 – захисні кожухи установки накату

Рисунок 1 – Гідравлічні накати типу HN з несучим валом системи POPE

Модернізація установки накату полягає в: очищенні робочого середовища деталей установки від пилу, бруду та залишків полотна; забезпеченні безперебійної автоматичної роботи механізму заміни тамбурних валів, а саме, відведення тамбурного валу із рулоном полотна та підведення нового валу, його розкрути до швидкості циліндру накату і заправлення полотна на тамбур.

Перелік посилань:

2. Гідравлічний накат – [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.papcel.ru/produkty/produkty-bumagodelatelnie-mashiny/produkty-bumagodelatelnie-mashiny-mashiny-i-oborudovanie/reel/> Дата звернення (10.10.2016) – Назва з екрану.

УДК 676.014.4

ЦЕОЛІТ В ЯКОСТІ НАПОВНЮВАЧА ПАПЕРУ І КАРТОНУ

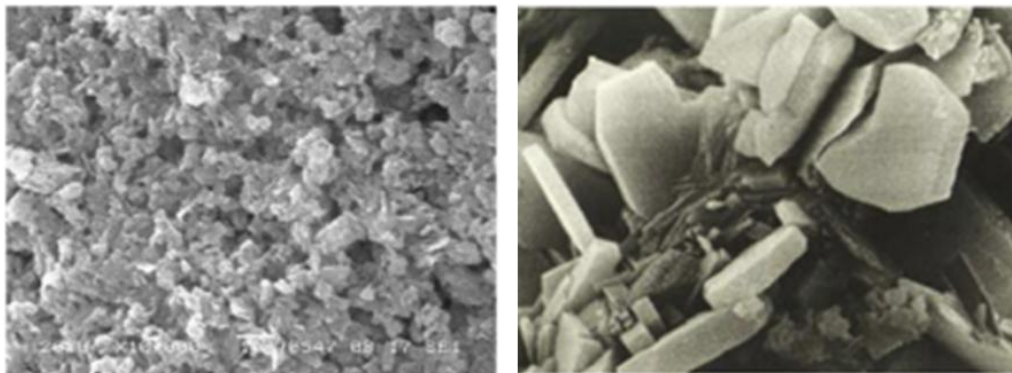
студент Маргарян А.А., к.т.н., професор Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В наш час з кожним днем, у зв'язку з погіршенням екологічної ситуації у світі, масово впроваджується заміна поліетиленових та пластикових упаковок більш екологічними паперовими та картонними. Внаслідок таких впроваджень вимоги до властивостей паперу і картону вирости: упаковка має забезпечити якомога довше збереження якостей продукту шляхом утримання фізичних, хімічних, термічних та механічних критеріїв постійними. Одним із методів вирішення питань такого роду є додавання цеоліту до паперу і картону в якості наповнювача.

Цеоліт – це природний алюмосилікат лужноземельних (Са) та лужних (Na) металів, структура якого характеризується тривимірним каркасом, що пронизаний порожнинами і каналами, які утворюють пори молекулярних розмірів, що здатні до селекційного поглинання речовин в твердій, рідкій та газоподібній формах. Пориста структура мінералу зумовлює його здібність до поглинання різноманітних речовин – полярні та неполярні, органічні та неорганічні, ароматичні і т. д. [1].



а

б

Рисунок 1 – Поверхня цеоліту при збільшенні: а) $\times 2000$; б) $\times 10000$

Одним із основних процесів виробництва цеоліту є сушіння, оскільки в природі він містить воду в порах. А у випадку використання цеоліту в якості

молекулярного сита необхідна дегідратація, аби повністю видалити залишки вологи задля кращого поглинання.

Крім того він має ряд переваг, такі як природне походження, економію енергії під час виробництва, зниження токсичних викидів при виробництві, нейтралізацію запахів, збереження постійного рівня вологості та низьку вартість.

В якості наповнювача паперу цеоліт виконує функції поглинання запахів та рідин, що може бути використано не тільки для упаковки, а також для писемного, друкарського, промокального та інших видів паперу [2].

Зарубіжні дослідження показали, що цеоліт можна використовувати замість тальку і каоліну для виробництва писального, друкарського і газетного видів паперу [3].

Цеоліт застосовується у якості наповнювача тарного картону в кількості 19-35%. Досліди по зберіганню овочевої продукції показали, що крім перелічених вище властивостей, цеоліт запобіг розвитку захворювань і знизив природні втрати у 2 рази. В Японії застосування 40% цеоліту дозволило у 3-5 разів збільшити термін придатності продуктів [3].

Крім того цеоліт можна використовувати в якості наповнювача не тільки в паперовій промисловості, а також у виробництві гуми, пластмаси, барвників та клеїв, що покращує їх механічні, хімічні, фізичні властивості та, зокрема, зменшує затрати на виробництво.

Отже, використання цеоліту в целюлозно-паперовій промисловості не тільки розв'язує екологічні питання, а й заощаджує кошти на виробництво, що зменшує собівартість продукції.

Перелік посилань:

1. <http://zeocorp.com.ua/produktsiya/promyshlennost/zeo-x/> від 10.10.16 р.
2. <http://www.zeocem.ru/products/zeocem-napolniteli/> від 10.10.16 р.
3. <http://www.promc.ru/zeolite/index.php?page=paper> від 10.10.16 р.

УДК 676.017.76

СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ ПРИ СУШІННІ САНІТАРНО - ГІГІЄНІЧНОГО ПАПЕРУ

студент Перепелиця Д.О., ст.вик. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Процес сушіння є одним із найбільш енергозатратним в целюлозно - паперовому виробництві. Більшість фізико - механічних властивостей паперу та картону залежать від технологічних параметрів цього процесу. Сушіння паперу реалізується в сушильній частині папероробної машини (ПРМ).

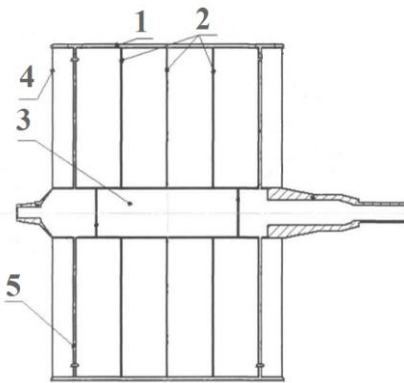
Велику частину у виробництві паперу займає виготовлення санітарно - гігієнічної продукції (серветки, туалетний папір тощо). Для виготовлення санітарно - гігієнічного паперу замість груп сушильних циліндрів встановлюють один лоцильний циліндр діаметром 3, 4 або 6 метрів (в залежності від продуктивності ПРМ), який обігривається парою. Оскільки процес сушіння потребує великої кількості теплоти, тому актуальним є модернізація лоцильного циліндра сушильної частини ПРМ зі зменшення витрат пари.

Лоцильний циліндр складається з корпусу, конденсатовідвідного пристрою, центрального валу, кришок лицьової та приводної сторін та кришки люка. Теплоносій подається всередину циліндру. Зменшення інтенсивності теплообміну відбувається через утворення на внутрішній поверхні циліндра шару плівки конденсату, що є додатковим термічним опором та впливає на тепловіддачу між парою і стінкою циліндра, не ідеальний контакт паперу з гарячою поверхнею циліндра.

Аналізуючи літературні джерела встановлено, що основними тенденціями модернізації лоцильного циліндру є покращення контакту паперу з гарячою зовнішньою поверхнею, збільшення теплопровідності оболонки, зменшення шару конденсату на внутрішній поверхні циліндра та зменшення складності конструкції.

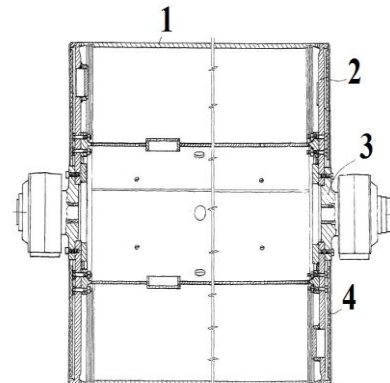
Як приклад, відома типова конструкція лощильного циліндра (рис.1), що містить зовнішню оболонку, торцеві кришки і центральний порожнистий вал з цапфами, з отворами для підведення пари та відведення конденсату. Наведена конструкція забезпечує сушіння паперового полотна на поверхні зовнішньої оболонки циліндра, що працює під внутрішнім тиском. Суттєвими недоліками такої конструкції є складність виготовлення, висока металоємкість, а також недостатня міцність і значний термічний опір зовнішньої оболонки.

Також відома конструкція теплоізольованого з торців лощильного циліндра (рис.2). Його особливістю є наявність теплоізоляції на бокових кришках, що прилягають до циліндра та можуть обертатись як одне ціле з лощильним циліндром. Недоліком такого циліндру є складність конструкції.



1 – зовнішня оболонка; 2 – опорні диски; 3 – привідний вал; 4 – щитки; 5 – циліндричні труби

Рисунок 1. – Лощильний циліндр



1 – зовнішня оболонка; 2 – торцеві кришки; 3 – шип; 4 – шар ізоляційного матеріалу

Рисунок 2. – Теплоізольований лощильний циліндр

Таким чином можливим вирішенням поставленої задачі зі зменшення енергозатрат при сушінні санітарно - гігієнічного паперу на лощильних циліндрах є удосконалення конденсатовідвідних пристроїв, зменшення товщини стінки оболонки, збільшення її теплопровідності та покращення прилягання паперу до зовнішньої поверхні циліндру.

Список посилань:

1. Патент UA 101034 Сушильний циліндр Бюл.№ 16 Опублікований 25.08.15

2. Патент RU 2536189 Теплоизолированный янки-цилиндр Бюл.№29. Опублікований 20.10.13

УДК 676.026.54

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

студент Пензєв О.С., ст.вик. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

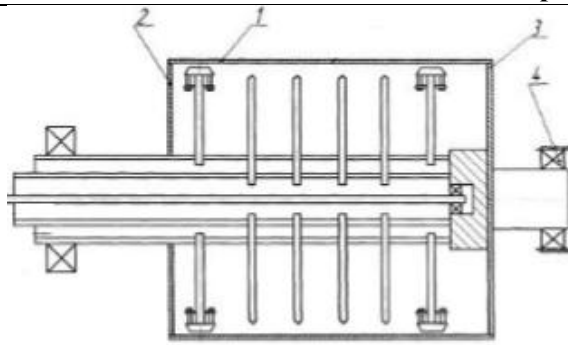
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В кінці сушильної частини картон з сушильних циліндрів потрапляє на один чи декілька холодильних циліндрів. Це дозволяє охолодити та частково звожити картон, зробивши його більш м'яким та еластичним. Охолодження покращує обробку в машинному каландрі, надає необхідні фізико-механічні властивості та запобігає електризації сухого картону при терті об вали під час намотування. Одним з головних недоліків використання холодильних циліндрів є витрати води в якості холодоагенту.

Характерну конструкцію циліндру для охолодження рулонного зображено на рис. 1. Циліндр містить корпус, який охолоджується, кришки привідної та лицевої сторін, та відрізняється тим, що труби для підведення охолоджуваної води виконані з водяними форсунками. Для відводу нагрітої води використовують спеціальні пристрої, а для створення тиску у внутрішню порожнину циліндра подається повітря [1]. Недоліком такої конструкції є необхідність створення тиску шляхом подачі повітря.

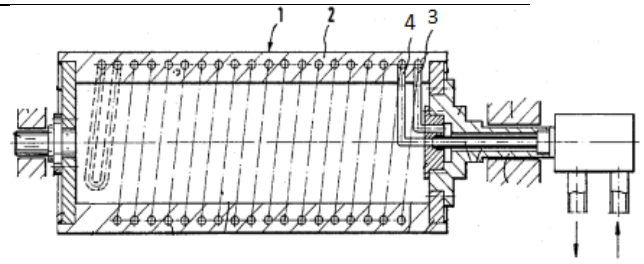
Інша типова конструкція циліндру для обробки матеріалу у вигляді полотна або смуги показана на рис. 2. Циліндр складається з порожнистого корпусу та стінок з спіральним проходом, через який протікає холодильний агент [2]. Конструкція має високу ефективність, проте складна у виготовленні.

Також відомий циліндр для охолодження або нагрівання полотна (рис. 3), в якому теплоносій надходить в осьовому напрямку паралельно до перших каналів [3]. Ці канали приймають середовище з наступних каналів, які проходять в радіальному напрямку всередину до внутрішньої поверхні оболонки. Також в перших каналах розміщені регульовані дроселі, які використовуються для регулювання швидкості потоку рідини в оболонці і відповідно регулювання температури кінцевої частини оболонки. Недоліком конструкції є висока металоємкість.



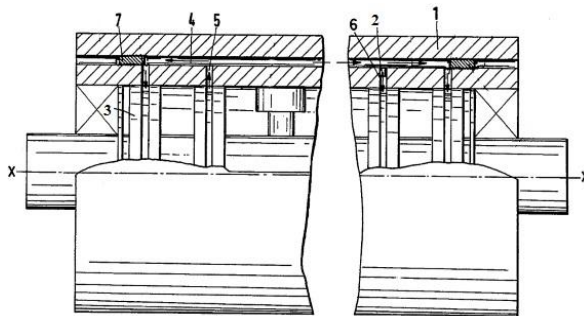
1 – корпус циліндра; 2 – кришка привідної сторони; 3 – кришка лицьової сторони; 4 – підшипники

Рисунок 1 – Циліндр для охолодження рулонного полотна



1 – корпус циліндра; 2 – стінка циліндра; 3 – труба для відводу рідини; 4 – труба для відводу рідини

Рисунок 2 – Циліндр для обробки матеріалу у вигляді полотна або смуги



1 – корпус циліндра; 2, 7 – дроселі;
3 – дискретний трубчастий елемент
4 – перший канал; 5 – другий канал;
6 – третій канал

Рисунок 3 – Циліндр для охолодження або нагрівання полотна

Перелік посилань:

1. Патент 60155, Україна. Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні / Петров В.В., Федорко І.І. Опубл. – 10.06.2011р
2. Патент 4683627, United States. Roll for processing a web or strip of material / Klaus Reinhold. Опубл. – 04.08.1987
3. Патент 5383833, United States. Roll for heating or cooling running webs. / Hubert Brugger, Harald Hess, Frank Isele. Опубл. – 24.01.1995.

УДК 676.056.4

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Сюрвасєв С.В., асистент Мельник О.П.

Національний технічний університет України

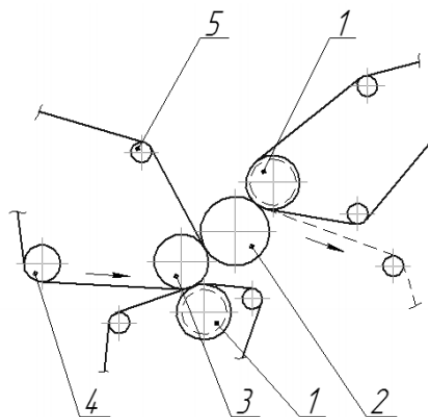
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Останніми роками в папероробній промисловості значна частина розробок була направлена на вдосконалення процесу пресування паперового полотна, створення більш досконалих конструкцій пресових частин, валів, допоміжного обладнання тощо. Це зумовлено тим, що інтенсифікація процесу пресування дозволяє економити значні обсяги ресурсів, які витрачаються під час виготовлення паперу. Тому роботи направлені на вдосконалення даного процесу ще досить довго будуть залишатися актуальними.

Метою роботи є модернізація комбінованого пресу картоноробної машини та підвищення кінцевої сухості картонного полотна.

Комбіновані преси відрізняються від інших пресів наявністю, як правило, двох або більше пресових захватів, які утворюються валами різноманітних конструкцій. Схема одного з комбінованих пресів представлена на рисунку 1.

[1]



1 – жолобчатий вал; 2 – гранітний вал; 3 – відсмоктуючий вал;

4 – сітководучий вал; 5 – сукноведучий вал

Рисунок 1 – Схема комбінованого преса КРМ

Цей прес має три пресових захвати перший з яких утворюється жолобчатим валом 1 та відсмоктуючим валом 3, який з гранітним валом 2 утворює другий захват. Третій захват утворюється гранітним валом 2 та другим жолобчатим валом 1. Наведена на рисунку 1 конструкція пресу дозволяє отримувати достатньо велику кінцеву сухість паперового полотна.

Для модернізації цього преса можна використати так звані гарячі пресові вали, які дозволять значною мірою інтенсифікувати процес видалення вологи, а також змінити компоновку пресових валів та їх типи, наприклад відмовившись від використання відсмоктуючого валу, який потребує значних енергетичних затрат та є досить складним в обслуговуванні.

Запропонований шлях модернізації дозволить значною мірою підвищити кінцеву сухість паперового полотна та заощадити витрати енергії на сушильній частині картоноробної машини.

Перелік посилань.

1. Пат. 319662 С2 (Україна), МПК (2011.01) D21F 3/00. Пресова частина папероробної машини / Дудка А.М. (Україна) ;– №а 201000116 ; заявл. 11.01.2010 ; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 3. – 3с. : ил.

2. Чичаев А.А. «Оборудование целюлозно - бумажного производства» в двух томах. Том 2.«Бумагоделательные машины»- М.«Лесная промышленность» 1981.- 264с.

3. Новиков Н.Е., Прессование бумажного полотна. М. «Лесная промышленность», 1972 – 240 с.

УДК 676.244

АНАЛІЗ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ ДЛЯ ПАКУВАННЯ

студент Хора Б.О., асистент Мельник О.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Картон виготовляють, використовуючи різноманітні волокнисті матеріали такі як бура деревна маса, напівцелюлоза, сульфатна целюлоза, макулатура тощо [1].

Для виробництва пакувальної продукції широко використовуються різні види паперу та картону. За даними всесвітньої пакувальної організації (WPO), у 2000 р. на частку упакування з картону і гофрокартону приходилося 37% від загального обсягу пакувальних матеріалів.

За даними оглядів ринку пакування в Україні, за 2005 рік було виготовлено 269,5 тис. тон коробок, ящиків і коробів з гофрованого картону і паперу, що на 21% більше від попереднього періоду. Ящики для масла-моноліту в структурі ринку даного виду упакування з гофрокартону становлять близько 48%, ящики для маргарину-моноліту – 29%, ящики для заморожених морепродуктів та м'яса – 23%.

Рубіжанський КТК збільшив випуск сировини на 5% – до 101 тис. т (чи 37,5% галузевого випуску), Жидачівський ЦПК – 10,1%, Київський КПК – 9,9%. В середньому по Україні збільшувалося виробництво сировини для виготовлення гофрокартону – 17,7%. Рубіжанський КТК збільшив обсяги виробництва на 36% у сумарному випуску.

Частки в імпорті склали: коробки – 63%, чи 7,8 тис. т (для порівняння, у попередньому році – 67%), ящики – 13%, чи 1,5 тис. т (у попередньому році – 14%), напівфабрикати – 24%, чи 2,8 тис. т (у попередньому році – 18%). Тобто, зростає вітчизняне поліграфічне виробництво, де в сфері високоякісних складаних коробок широко застосовується імпортний картон [2].

У перші місяці 2009 р рівень виробництва паперу і картону в порівнянні з відповідним періодом 2008 р впав на 43,1%, ящиків з гофрокартону - на 28,6%. В цей же час істотно впали обсяги імпорту в Україну картонно-паперової продукції [3].

Обсяг виробництва картону в 2015 році склав 90,9% відносно 2014 р. Враховуючи проблеми з експортом продукції, можна сказати, що ситуація була більш-менш нормальною [4].

У 2016 році зросли обсяги виробництва упаковки із гофрованого паперу та картону на 5,1 % та коробок зі звичайного паперу та картону на 2,9 % [5].

В Україні існує постійна потреба у виробництві достатньої кількості різних видів картону та продукції створеної на його основі. А оскільки частина продукції імпортується, то актуальною є проблема збільшення обсягів власного виробництва та модернізації існуючого і створення нового обладнання.

Перелік посилань.

1. Шокин Д. С. Переплетем журнал? / Химия и жизнь. Научно-популярный журнал Академии Наук СССР. — 1990, №1. ISSN 0130-5972
2. http://www.marketing.vc/view_markets.php?num=10417
3. <http://article.unipack.ru/31091/>
4. <http://gofromagazine.com/anonsy/terpenie-i-trud.html>
5. <https://informupack.ru/news/4002/>

УДК 676.056.5

МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Шквиря Б. Г., асистент Мельник О. П.

Національний технічний університет України

«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»

Сушіння картонного полотна потребує значних енергетичних затрат. Тому робота направлена на вдосконалення конструкції сушильного циліндра є актуальною.

Сушильний циліндр [1], схема якого показана на рис. 1, складається з максимально тонкої зовнішньої оболонки 1, яка змонтована на несучому тілі 2 сушильного циліндра. При цьому між несучим тілом 2 і зовнішньою оболонкою 1 залишається кілька аксіально утворених порожнистих камер 7, через які протікає гарячий теплоносій. Останньою нагрівається зовнішня оболонка 1, з зовнішньою поверхнею якої контактує висушуване полотно. Для зменшення теплових втрат від теплоносія зовнішню поверхню несучої частини 2 покрито корозостійкою теплоізоляцією 6 (рис. 2). Щоб покращити теплопередачу від теплоносія до зовнішньої оболонки 1, внутрішня сторона цієї оболонки має ребра 3, які виступають з шару конденсату. На рис. 1 несуче тіло 2 виконане у вигляді товстостінної оболонки циліндра, яка одночасно обмежує порожні камери 7. Між несучим тілом 2 і зовнішньою оболонкою 1 знаходяться розподілені по периметру стяжні болти 5, які утримують зовнішню оболонку 1 на несучому тілі 2 всупереч надлишкового тиску пари в порожніх камерах 7.

Недоліком даної конструкції є обмеженість тиску пари в циліндрі, що лімітує температуру нагрівання сушильного циліндра.

Для модернізації даної конструкції доцільно порожнисті камери заповнити трубами діаметром 30мм., а в міжтрубний простір залити метал, що має низький тепловий опір (рис. 3). Це дозволить пропускати теплоносій через труби із підвищеним тиском, в результаті цього температура поверхні

сушильного циліндра збільшиться що дозволить інтенсифікувати процес сушіння.

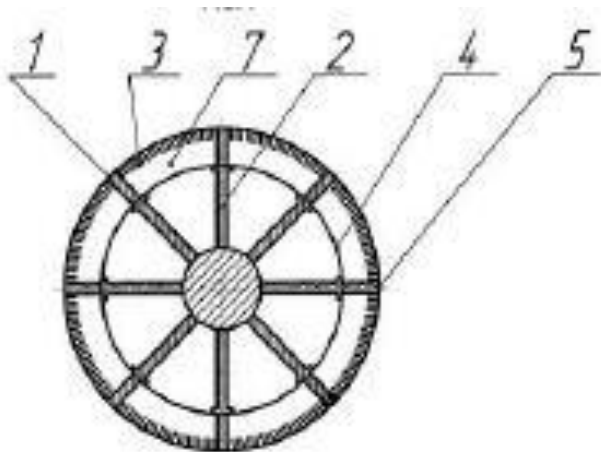


Рисунок 1 – Схема сушильного циліндра

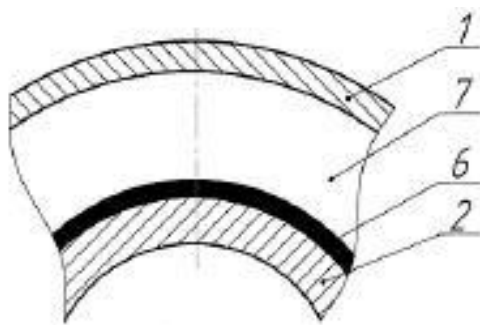


Рисунок 2 – Схема нанесення теплової ізоляції

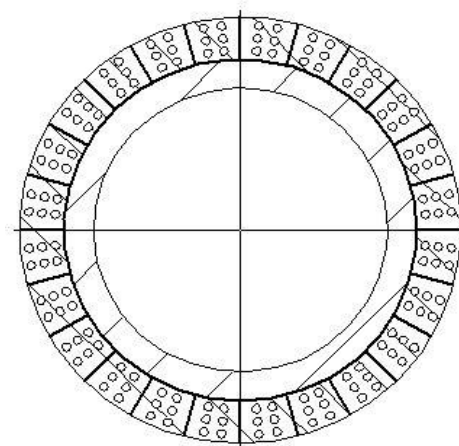


Рисунок 3 – Схема модернізації

Перелік посилань.

1. Патент України на корисну модель u201015076, МПК D21F 5/00. Сушильний циліндр / Мартинюк В.О., Новохат О.А., заявл. 10.06.2011.

**СЕКЦІЯ 4
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

УДК 676:168

АЛЬТЕРНАТИВНА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНА СИРОВИНА

студ. Власенко М., Дану А.. доц. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститутімені Ігоря Сікорського»

Пошук альтернативних джерел целюлозовмісної сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів може розширитися за рахунок використання вторинної сировини цукрових заводів та переробки кукурудзи.

Останніми десятиліттями підприємства цукрової промисловості впритул зіткнулися із серйозною екологічною проблемою, пов'язаною з утилізацією сирого жому. Відходи, які безпосередньо або після відповідної переробки можуть бути використані в господарській діяльності, не мають застосування і тому просто скисають, чим завдають шкоди навколишньому середовищу [1].

В ході переробки кукурудзи утворюються відходи у вигляді стержнів кукурудзяних качанів, які на сьогодні не знаходять корисного використання. Тому, з метою підвищення ефективності вирощування та переробки кукурудзи, актуальним є розширення наукової бази використання цих відходів [2].

Буряковий жом являє собою мікростружку товщиною не більше 2 мм з вологістю близько 90%, з якої дифузійним способом вилучено основну кількість сахарози. Після вилучення цукру стружка містить від 18 до 23% сухих речовин, які складаються (у %) із пектинових речовин – 24-32, целюлози – 22-30, сполучних гліканів – 22-30, білків – 1,5-3,0, золи – 3,0-8,2, лігніну – 1,5-3,0, цукру – 0,2-0,3. **У зв'язку з низьким вмістом в буряковому жомі лігніну, його клітинна структура менш міцна в порівнянні із соломою та іншими рослинними відходами [1, 2].**

Дослідженнями про хімічний склад стержнів показано, що вуглеводна частина складає 73 – 83%, лігніну 13 – 17% та до 1% мінеральної частини. Із аналізу видно, що вміст лігніну найменший у серцевині, відповідно у ній найбільше міститься целюлози, до 47% [3].

Метою даної роботи було отримання волокнистих напівфабрикатів із жому та кукурудзяних качанів за атмосферного тиску.

Подрібнену сировину обробляли гідроксидом натрію за концентрації 18г/дм^3 в од. Na_2O та просочували на протязі 30 хв. за температури біля 85°C . Далі мацеровану сировину піддавали варінню за температури $94 - 97^\circ\text{C}$. Аналізу піддавали твердий залишок, у якому визначали вихід, ступінь делігніфікації та механічні показники. У відпрацьованому розчині визначали активний луг, рН розчину. Паралельно проводили дослідження з використанням каталізатора за тих же умов.

Результатом хімічної обробки однорічної сировини є слабо делігніфіковані волокнисті напівфабрикати у вигляді напівцелюлози. Щодо механічної міцності, то опір роздиранню та міцність на злом під час багаторазових перегинів характеризуються низькими показниками. Дані значення суттєво залежать від малої довжини волокна, що характерно для качанів та жому. Однак, розривна довжина та опір продавлюванню досягають значень, які можна порівнювати із соєю та ріпаком. Це можна пояснити зімкнутою структурою листа. Використання каталізатора під час варіння на 3 - 5% знижує вихід напівфабрикатів та позитивно впливає на фізико-механічні показники.

Целюлозовмісна сировина у вигляді качанів кукурудзи та жому легко переробляється на волокнисті напівфабрикати без використання апаратів, які працюють за підвищеного тиску.

Перелік посилань:

1. Донченко Л.В., Ковалева С.Е., Демина Н.В.. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки». – Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. Режим доступа: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=579

2. Способ получения целлюлозы. А.с. СССР, Т.В. Ровенский, Е.И. Сокол, А.Е. Зимогляд, Т.Г. Глуц и др. – №1759970 А1; заявл. 30.10.90; опублик. 07.09.92, Бюл. №33.

3. Особенности анатомического строения и химический состав стержней кукурузных початков. Овчинникова А.А., Александрова А.В., Лобанов В.Г., Алёшин В.Н. Известия Вузов. Пищевая технология.–№5 – 6. – 2011.– С. 11 – 12.

УДК 608.2

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ
ОБРАБОТКИ ШАХТНОЙ ВОДЫ
(ШАХТА М.ГОРЬКОГО, г.ДОНЕЦК)**

Ст. преп. Т.А. Оверченко, студент Козачек Т., Земляная Н.

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

Украина из расчета запасов воды на душу населения или единицу площади территории относится к государствам с ограниченными водными ресурсами. Годовой запас восстанавливаемых водных ресурсов составляет 80 км³, а в маловодный год - 48,8 км³. Общий запас водных ресурсов, с подземными водами включительно, достигает 210 км³. Однако, главные проблемы в водообеспечении населения и предприятий Украины связаны не столько с количеством, сколько с качеством воды в природных водоемах и неравномерным распределением водных ресурсов.

Наибольшие объемы воды потребляются в густонаселенных регионах с развитой промышленностью - Донбассе и Приазовье, где отсутствуют мощные источники водоснабжения. Более того, вода в Северском Донце и реках Приазовья, равно как и подземные воды, характеризуется повышенным уровнем минерализации (>1000 мг/дм³). Главной причиной засоления природных вод является сброс сточных вод предприятий и объектов теплоэнергетики, сброс шахтных вод. Процессы водоподготовки для потребностей промышленности и энергетики в большинстве случаев предусматривают корректировку солевого состава воды - ее умягчение и обессоливание.

Умягчение и уменьшение солесодержания - необходимые этапы подготовки воды в системах замкнутого промышленного водоснабжения и, в частности, в системах теплообменного оборотного водоснабжения, которое работает без стабилизационного сброса воды [1].

В практике водоподготовки котельных для глубокого умягчения воды традиционно применяют технологию натрий-катионирования на сульфокатионитах отечественного или зарубежного производства [2].

Целью работы была оценка эффективности методов стабилизационной обработки шахтной воды (шахта М. Горького г. Донецк).

Предметом исследования были процессы стабилизационной обработки воды, ее реагентного, ионообменного умягчения и обессоливания.

При выполнении исследований были использованы спектрофотометрический, потенциометрический и химический методы анализа для идентификации реагентов, контроля физико-химических процессов очистки воды.

В качестве ингибиторов накипеобразования в данной работе использовали оксиэтилидендифосфоновую кислоту (ОЭДФК) и серную кислоту.

В таблице приведены результаты по оценке стабильности воды после ее обработки серной кислотой и ОЭДФК.

Таблица Влияние типа и дозы реагента на стабильность воды из шахты им. М.Горького (проба №1) к осадкоотложениям при 98 °С в течении 6 часов ($K_y=1$)

| Реагент | Доза, мг/дм ³ (мг-экв/дм ³) | Ж _н , мг- экв/дм ³ | Ж _к , мг- экв/дм ³ | ΔЖ, мг- экв/дм ³ | СЭ, % |
|--------------------------------|---|---|---|--------------------------------|-------|
| — | — | 14,3 | 9,9 | 4,4 | 0,0 |
| H ₂ SO ₄ | 49 (1) | 14,3 | 9,9 | 4,4 | 0,0 |
| | 98 (2) | 14,3 | 10,0 | 4,3 | 2,3 |
| | 147 (3) | 14,3 | 11,6 | 2,7 | 42,6 |
| | 245 (5) | 14,3 | 14,3 | 0,0 | 100,0 |
| | 490 (10) | 14,3 | 14,3 | 0,0 | 100,0 |
| | 735 (15) | 14,3 | 14,3 | 0,0 | 100,0 |
| ОЭДФК | 1 | 14,3 | 10,1 | 4,2 | 4,5 |
| | 2 | 14,3 | 10,5 | 3,8 | 13,6 |
| | 5 | 14,3 | 11,8 | 2,5 | 78,8 |
| | 10 | 14,3 | 13,5 | 0,8 | 81,8 |
| | 20 | 14,3 | 14,2 | 0,1 | 97,7 |

Как видно из таблицы, нет необходимости снижать щелочность воды кислотой до нуля. Уже при дозе серной кислоты 5 мг-экв/дм³ при исходной щелочности воды 16 мг-экв/дм³ был достигнут стабилизационный эффект 100%

при температуре 98 °С ($K_y=1$). При этом использование ОЭДФК без кислотной обработки было малоэффективным. СЭ достиг 97 % только при дозе реагента 20 мг/дм³.

Выводы: Изучены процессы накипеобразования в шахтной воде (шахта им. М.Горького) при температурах 98 °С при использовании ингибиторов накипеобразования ОЭДФК. Показано, что стабильность воды по отношению к осадкоотложениям растет при кислотной обработке с увеличением дозы ингибитора.

Перелік посилань:

1. Когановский А. М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водо-подготовки и очистки сточных вод. – К.: Наукова думка, 1983. – 239 с.
2. Амосова Э. Г., Долгополов П. И. Применение карбоксильных катионитов и органопоглощающих анионитов в технология подготовки воды в котельных. // Энергосбережение и водоподгот. – 2003. – № 1. – С.25-28.

УДК 676:658.562.3:681.3

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРУПОВОГО УРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ (МГУА) В ДОСЛІДЖЕННЯХ З ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ КУКУРУДЗЯНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ

спеціаліст Старосила Ю.С., к.т.н., доц. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Метою даної роботи є застосування методу самоорганізації складних систем, який вирішує задачу об'єктивного вибору моделі оптимальної складності. Практичною реалізацією ідей самоорганізації складних систем є метод групового урахування аргументів (МГУА) [1], який за допомогою перебору варіантів у відповідності із заданим ансамблем (або ієрархією) зовнішніх критеріїв вирішує поставлену задачу на основі обробки вибірок даних (часто дуже коротких).

Першим етапом проведення таких досліджень є розроблення інформаційних шумостійких планів [1]. Інформативність експерименту – це не що інше, як здатність досліджуваного об'єкта надати максимальну інформацію про можливу кількість різних своїх станів (властивостей), незалежно від внутрішньої структури досліджуваного об'єкта (яку ми з часом зможемо виражати моделлю), а також впливовості тих або інших факторів, і, таким чином, забезпечити максимальну достовірність результатів експериментальних досліджень в умовах випадкових "шумових" перешкод.

В загальному випадку задача планування оптимального експерименту [1] являє собою задачу отримання максимальної інформації за витрат, які намагаються бути мінімальними.

$$X(N, M)_{opt} = \{X \in \mathcal{X} : I \rightarrow \max; C(X) \rightarrow \min\}, \quad (1)$$

де N – число експериментальних точок;

M – число факторів ;

\mathcal{X} - множина можливих планів експерименту.

Разом з тим, такої інформації недостатньо для забезпечення вибору оптимальної матриці із множини варіантів, які можливі. В такому випадку необхідно використання додаткових критеріїв для побудови інформативного плану експерименту та значного обмеження області перебору варіантів.

Вказані вимоги можна забезпечити, використовуючи критерії [1]:

- максимуму мінімальної міждослідної відстані

$$d_{\min} = \min_{l,k} \left[\sum_{j=1}^M x_{lj} \otimes x_{kj} \right] \rightarrow \max; \quad l, k \in \overline{1, N}; \quad l \neq k, \quad (2)$$

$$\text{де } x_{lj} \otimes x_{kj} = \begin{cases} 0 & \text{якщо } x_{lj} = x_{kj}; \\ 1 & \text{якщо } x_{lj} \neq x_{kj}; \end{cases}$$

- максимуму евклідової відстані

$$\rho_{\min} = \min_{l,k} \left[\sum_{j=1}^M (x_{lj} - x_{kj})^2 \right]^{1/2} \rightarrow \max \quad (3)$$

Таким чином, критерій d_{\min} у виразі (2) забезпечує максимум ентропійної оцінки, яка розраховується за викреслювання будь-якого стовпця, їх пари, трійки і т.д в матриці експерименту.

Критерій ρ_{\min} у виразі (3) максимізує обхват області експерименту, що також є умовою підвищення його інформативності і сприяє мінімізації дисперсій оцінок коефіцієнтів моделі незалежно від її структури.

Задача другого етапу досліджень, а саме: етапу структурної ідентифікації полягає в побудові оптимальної в деякому розумінні моделі за результатами реалізації вхідних і вихідних сигналів. При цьому, допускається, що значення вхідних змінних (факторів) є детермінованими, а вихідні характеристики – випадковими величинами в результаті впливу "шумів" (випадкових похибок вимірювань, неврахованих збурювань, що не піддаються контролю і т.п.).

В зв'язку з цим, результатом структурної ідентифікації є оцінки

$$\tilde{y}_s = \tilde{M} \left[\frac{Y_s}{x} \right] = \tilde{F}_s(x, a), \quad s = \overline{1, L+R},$$

де $M[\cdot]$ - оцінка математичного очікування s -ої характеристики об'єкта за заданого x .

Y_s – вимірне значення характеристики, яке складається із суми регулярного сигналу y_s і випадкової похибки ξ : $Y_s = y_s + \xi$;

$F[\cdot]$ - оцінка істинної характеристики;

$L+R$ - визначає в просторі вхідних змінних область допустимих рішень з урахуванням функціональних і критеріальних обмежень.

Під час ідентифікації складних багатофакторіальних систем найбільш ефективним є метод самоорганізації математичних моделей [1], який базується на тому, що оперуючи тільки набором експериментальних даних, які використані для визначення оцінок коефіцієнтів за методом найменших квадратів (МНК), неможливо віднайти найкращу, єдину модель.

Для цього потрібно скористатися деяким зовнішнім критерієм, яким, наприклад, може бути похибка, що вираховується на новій серії експериментальних даних. Мінімум похибки на цих точках може слугувати визначальним моментом того, що отримана модель є модель оптимальної складності.

Використана література

1. Кикоть В.С., Плосконос В.Г. Идентификация характеристик сложных проектируемых систем с использованием принципов самоорганизации и топологического метода анализа. – Автоматика, 1986, №3, с.34-42.

**СЕКЦІЯ 5
"ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ"**

УДК 633.854

РАФІНУВАННЯ ОЛІЇ З НАСІННЯ СОНЯШНИКА

студентки Бабко Д.Є., Горобйовська Є.М., к.т.н., доц. Копиленко А.В.

Національний університет харчових технологій

Масложирова промисловість нашої країни випускає жирові продукти широкого асортименту, чільне місце серед яких посідають рослинні олії. Найпоширеніша з них – соняшникова олія. Її виробництво ґрунтується на добре всім відомій класичній технології, яка включає в себе такі процеси:

механічне оброблення – механічний віджим олії з мезги на спеціальних (шнекових) пресах;

екстрагування – процес, оснований на властивості олії розчинятися в органічних розчинниках – бензині або гексані.

Рафінування – це комплекс фізичних, хімічних і фізико-хімічних засобів. Одним з найважливіших процесів у виробництві олій є процес очищення, тобто рафінування. В процес рафінування з олій видаляються супутні речовини і домішки, такі як фосфатиди, пігменти, вільні жирні кислоти, вуглеводи, воски, ароматичні речовини тощо.

Фізичні засоби: **центрифугування, відстоювання і фільтрування.**

Хімічні та фізико-хімічні засоби:

гідратація, тобто оброблення водою, яка використовується для видалення фосфатидів, слизистих та інших речовин з гідрофільними властивостями;

нейтралізація – оброблення розчином лугів з метою видалення вільних жирних кислот;

видалення пігментів, або вибілювання олії, за допомогою органічних або мінеральних адсорбентів;

дезодорація – усунення ароматичних речовин, котрі зумовлюють запах олії від восків.

Проте поряд з класичними схемами виробництва зараз все частіше впроваджуються нові технології, такі, наприклад, як комплекс рафінації і дезодорації; комплекс рафінації з допомогою коагулянту (полікатіоніту); комбіновані ежекторні установки для рафінування олії та ін. Ці комплекси мають різноманітну потужність виробництва – від 2 до 100 т за добу і відповідають цілому ряду сучасних вимог, таких як: економія води і енергії; повна автоматизація виробництва; екологічна безпека; швидка самоокупність; детальне опрацювання технологічних процесів і, як результат, випуск високоякісної продукції і т. ін.

Часто на масложирових комбінатах впроваджують технологію безвідходного виробництва, що значно поліпшує екологічний стан навколишнього середовища. При цьому, крім основної продукції

виготовляється другорядна – така, як мило. Але недоліками подібного устаткування є орієнтація і прив'язаність підприємства до імпортних витратних допоміжних матеріалів і запчастин.

Необхідною стадією рафінування олії є оброблення олієжирових сумішей високодисперсними адсорбентами. Як адсорбенти використовують природні глини, синтетичні силікати й алюмосилікати, активне вугілля.

Вибільовальні властивості деяких глин були виявлені і набули застосування ще в другій половині 19 ст. Зараз їх виробництво зосереджено в США, Німеччині, Японії та Англії. Однак слід зазначити, що Україна займає друге місце після ЮАР за кількістю і розмаїттям покладів цієї сировини.

Як вибільні глини використовують дисперсні мінерали, а саме: трисіл, опоку, трепел, силікагель, активний монтморилоніт, палигорськіт, сапоніт і т. ін. Перші чотири мінерали не виявляють адсорбційних властивостей відносно оксидних та інших шкідливих домішок і широко використовуються зараз як ефективні вибільні глини. Звичайно, що активні глини як адсорбенти значно ефективніші, ніж вихідні природні глини.

Дослідженнями встановлено, що вітчизняні адсорбенти зменшують пероксидне число рослинних жирів з 5,17 до 0,07, тоді як зарубіжні аналоги лише до 0.64, що підтверджує високу якість українських природних дисперсних мінералів. Тому в подальшому є доцільним розвинення цього напрямку промисловості – тобто створенню промислової бази виробництва активних вибільних глин з використанням вітчизняної сировини.

Як показали дослідження, неактивний черкаський палигорськіт також можна використовувати як вибільну глину, проте його ефективність в очищенні соняшникової олії дещо занижена. Враховуючи те, що процес кислотної активації глин спричиняє подорожчання їх у декілька разів, потрібно у кожному конкретному випадку розраховувати економічну доцільність використання вихідних чи активних глинистих дисперсних мінералів. Нині в Україні розробляють родовища бентонітів у Дашуківці Черкаської обл., в с. Ташки Хмельницької обл., Горбське родовище у Закарпатті та ін. Поклади бентонітів виявлено також на Донеччині і в Криму.

Серед технологій очищення олій за допомогою адсорбентів вирізняють перколяційну і контактну.

Перколяційна – коли крізь шар порошку просочується рідина, що очищається.

Контактна – олія за певних умов змішується з адсорбентом у тонкодисперсному вигляді, а потім відфільтровується. Це забезпечує вирішення багатьох проблем при виробництві олій, а саме: підвищення якості продукції, зниження її собівартості, поліпшенню екологічного стану на виробництві і створенню нових робочих місць на територіях розробок покладів мінералів.

УДК 664.1.039

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

студент Бондарчук А.В., к.т.н., доц. Копиленко А.В.

Національний університет харчових технологій

Антропогенний вплив на довкілля упродовж багатьох десятиріч завдав серйозної шкоди біосфері [1]. Потрапляння різних ксенобіотиків у ґрунти спричиняє негативні зміни фізико-хімічних і агрохімічних властивостей, погіршення умов життєдіяльності ґрунтової біоти, порушення нормального росту й розвитку культурних рослин. До найнебезпечніших забрудників належать важкі метали, в тому числі й радіонукліди, а також пестициди [2].

Важкі метали надходять у ґрунт у формі оксидів і катіонів (як розчинних, так і практично нерозчинних у воді). Поведінка важких металів у ґрунтах значною мірою відрізняється від властивостей більшості катіонів макроелементів. У разі збільшення кислотності ґрунту елементи важких металів із нерозчинних солей переходять в іонну форму і стають доступними для поглинання їх рослинами.

Відомо, що токсичні метали можуть порушувати метаболічну активність клітин кількома різними шляхами. Зв'язуючись із сульфгідрильними групами, вони призводять до конформаційних змін білків і блокують активні сайти ферментів. Цитотоксичність металів може проявлятися за рахунок заміщення необхідних кофакторів і спричинення дефіциту макроелементів. Так, відомо, що для кальцію ймовірними конкурентами є кадмій, ртуть, свинець: для магнію – нікель, мідь, кобальт і цинк; для заліза – алюміній.

Забруднення металами більш стійкі порівняно із забрудненнями органічної природи (нафтою або пестицидами). Сьогодні існує багато методів, що використовують для ліквідації таких забруднень: механічні, фізико-хімічні та біологічні.

Механічні та фізико-хімічні методи. Суть механічного методу полягає у тому, що забруднену частину ґрунту знімають, після чого її зберігають на біотехнологічному звалищі. Проте такий метод не вирішує даної проблеми, бо термін напіврозпаду металу може становити від 300 років (для цинку) до 5900 (для свинцю) і вище, крім того, є дуже затратним.

Фізико-хімічні методи ґрунтуються на створенні комплексів десорбент-метал та їх вимиванні за допомогою розчинника. Застосування фізико-хімічний методів характеризується низькою собівартістю та високою ефективністю видалення металів із ґрунту, проте вимивання комплексу метал-десорбент

органічними й неорганічними розчинниками може призводити до погіршення властивостей ґрунтів.

Незважаючи на те, що використання сорбентів для видалення важких металів із ґрунту є досить ефективним і дешевим, їх застосування у природоохоронних технологіях може призводити до створення нових проблем. Вимивання сорбенту органічними та неорганічними кислотами створюватиме додатковий фактор руйнування природних властивостей ґрунтів, виключаючи можливість їх подальшого використання.

Біологічні методи. Сьогодні велику увагу привертають біологічні методи очищення, які характеризуються високою ефективністю та не токсичністю. Вони поділяються на: фітоекстракцію, очищення за використання мікроорганізмів, очищення за допомогою препаратів поверхнево-активних речовин (ПАР), очищення комплексних забруднень нафтою і важкими металами за допомогою мікроорганізмів і препаратів ПАР.

Фітоекстракція. Фітоекстракція – видалення важких металів та інших поллютантів із забрудненого ґрунту за допомогою рослин. Суть методу полягає у транслокації металів від коренів до надземних частин рослин і їх накопиченні.

Для запобігання накопичення у ґрунтах важких металів можна висаджувати декоративну рослинність. До таких рослин висувають низку вимог: стійкість до високих концентрацій металів у ґрунті, здатність поглинати декілька металів одночасно і високих концентраціях, забезпечення ефективного транспорту важких металів із кореневої системи у зелену частину рослини, висока швидкість росту, стійкість до різноманітних хвороб і шкідників.

До біологічних методів відноситься використання препаратів ПАР мікробного походження. Відомо, що ПАР переводять важкі метали з однієї форми в іншу, змінюючи рівень токсичності. Використання мікробних ПАР має незаперечні переваги порівняно з використанням інших речовин. На відміну від своїх хімічних аналогів мікробні ПАР не спричиняють токсичного впливу на навколишнє середовище, розкладаються природною мікробіотою.

Перелік посилань:

1. Mulligan C.N. Environmental applications for biosurfactants // Environ Pollution. – 2005. – Vol. 133, №6. – P. 183-198.
2. Carla L., Marta H., Amaya F., Enrique R. Inventory of heavy metal content in organic waste applied as fertilizer in agriculture: evaluating the risk of transfer into the food chain. // Environ Sci Pollut Res – 2011. – DOI 10.1007/s11356-011-0444-1.

УДК 628.39:544-14(045)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СОРБЕНТІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД

Зінець Є.О, Зоткіна Л.В., Копиленко А. В.

Національний університет харчових технологій

Існуюча екологічна ситуація вимагає розробки спеціальних норм захисту біосфери від забруднень вуглеводнями. На сьогоднішній день існує значний арсенал методів ліквідації поверхневих забруднень води, зокрема з використанням сорбентів. Гостро стоїть питання про доцільність використання сорбентів з місцевої сировини і відходів, що дозволить не лише оперативно вирішити екологічні проблеми, пов'язані з потрапляннями нафтопродуктів у стічні води, але і забезпечить істотний економічний прибуток, оскільки виробництво сорбентів надзвичайно вигідно при сформованому попиті.

Проведений аналіз характеристики використання різних сорбентів при очищенні забруднених вод вказує на перспективність застосування природних органічних і органомінеральних сорбентів (деревна тріска і тирса, модифікований торф, висушені зернові продукти, шерсть, макулатура та ін.). Основними перевагами цих сорбентів є їх екологічна чистота, широка сировинна база, висока гідрофобність і нафтоємність при порівняно низькій вартості [1]. Перспективними нафтовими сорбентами є гідрофобні сорбенти на основі перліту, а також гідрофобізовані сорбенти, отримані з природних органічних матеріалів [2, 3].

Метою дослідження є проведення порівняльного аналізу ефективності застосування найбільш широко використовуваних сорбентів при очищенні нафтовмісних вод. Розрізняють такі типи сорбентів: неорганічні, природні органічні і органо-мінеральні. а також синтетичні. В якості неорганічних сорбентів використовуються як відходи виробництва, так і матеріали природного походження. До таких сорбентів можна віднести глини різних видів, діатомітові породи, цеоліти, туфи, пемзу та інше. Для них характерна низька вартість і можливість великотоннажного виробництва. З іншого боку, якість неорганічних сорбентів неприйнятна з точки зору екологічних критеріїв. Передусім вони мають дуже низьку ємність (70 - 150 % по нафті) і абсолютно не утримують леткі фракції бензину, гасу, дизельного палива. При ліквідації розливів нафтопродуктів на воді неорганічні сорбенти тонуть разом з поглинутою речовиною, не вирішуючи проблеми очищення води від забруднень. Практично єдиними методами утилізації цих сорбентів є їх промивання екстрагентами або водою з поверхнево-активними речовинами, а також випалювання.

Синтетичні сорбенти виготовляються на основі гідратцелюлози, поліуретану в губчастому або гранульованому виді, також поліпропіленових волокон, формованих в неткані рулонні матеріали різної товщини, застосовується також формований поліетилен з полімерними наповнювачами і інші види пластиків. Найчастіше їх використовують в країнах з високорозвиненою промисловістю (США, країни ЄС, Японія). Синтетичні матеріали, як правило, мають високу нафтоємність, проте більшість з них токсичні (що обмежує їх використання у вигляді тонких порошоків), особливо у разі загоряння [2].

Найбільш перспективними для ліквідації вуглеводневих забруднень є природні органічні і органо-мінеральні сорбенти. Найчастіше застосовують деревну тріску і опилки, модифікований торф, висушені зернові продукти, шерсть, макулатуру, відходи виробництва льону. Одним з кращих природних сорбентів, порівнянних за своєю здатністю до поглинання з модифікованим торфом, є шерсть. Вона може поглинути до 8 — 10 кг нафти на кілограм своєї маси, при цьому природна пружність шерсті дозволяє віджати велику частину летких нафтових фракцій. Проте після декількох таких віджимань шерсть стає непридатною для подальшого використання.

Окрім шерсті ефективним сорбентом є опилки, які добре і швидко поглинають забруднення, але ще краще вбирають вологу, тому для ефективного їх застосування потрібне попереднє їх насичення водовідштовхувальними речовинами, наприклад, жирними кислотами.

Перспективними сорбентами вуглеводнів є сорбенти на основі лузги гречки (ГС) та лузги рису (РС). З приведених у табл. 1 даних видно, що застосування сорбентів ГС і РС дозволяє ефективно вилучати нафтопродукти з гідросфери. Основними перевагами таких сорбентів є екологічна чистота і безпека, широка сировинна база, висока нафтоємність порівняно з невисокою вартістю. Загалом, цей матеріал розглядається як сировина для виготовлення амівованою вугілля. Проте залишається недостатньо вивченою можливість використання термічно необробленої сировини. З іншого боку, це допоможе істотно понизити витрати на очищення води і тим самим забезпечити переробку лузги, яку часто відносять до категорії відходів.

Таблиця 1. Результати дослідження сорбентів РС та ГС

| Забруднювач | Сорбент | Маса сорбенту, г | Концентрація забруднювача у воді, г/л | | Ступінь очищення, % |
|-------------|---------|------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------|
| | | | До очищення | Після очищення | |
| Мазут М-20 | ГС-1 | 2,5 | 10 | 0,0020 | 99,0 |
| | РС-11 | 2,5 | 10 | 0,0032 | 99,0 |
| Дизпаливо | ГС-1 | 2 | 12 | 1,1 | 90,8 |
| | РС-11 | 2 | 12 | 1,6 | 86,7 |
| Нафта | ГС-1 | 1,8 | 9 | 0,025 | 99,0 |
| | РС-11 | 1,8 | 9 | 0,014 | 99,8 |

Найбільш доступними для ліквідації забруднення водної поверхні є сорбенти на основі природної органічної сировини і відходів виробництва рослинного походження. Як правило, вони є органічною частиною існуючих екосистем. Тому, сорбенти на їх основі в найбільшій мірі відповідають екологічним вимогам.

Наведені результати свідчать про ефективність очищення водної поверхні гідрофобізованими сорбентами, ступінь очищення яких досягає 99,8 %. В результаті сорбції утворюються стійкі агрегати, які легко вилучаються з водою механічними методами. Сорбент зменшує небезпеку повторного забруднення водної поверхні в результаті десорбції вуглеводнів і накопиченні їх в донних відкладеннях. Відпрацьовані сорбенти можуть використовуватися як для дорожнього покриття, замінюючи ґрунтову добавку, так і у виробництві пористого керамічного будівельного матеріалу.

Висновки:

1. Проведений аналіз методів сорбційного очищення води від нафтових забруднень вказує на перспективу використання в цьому процесі вуглецевмісних сорбентів, отриманих з природної целюлозовмісної сировини: деревної тирси, відходів переробки рису, гречки, бавовни, льону і інших сільськогосподарських культур.

2. За результатами аналізу еколого-економічних показників розглянутих сорбентів перспективними сорбентами рідких вуглеводнів являються гідрофобні сорбенти на основі перліту, гідрофобізовані сорбенти отримані з природних органічних матеріалів.

3. На основі розглянутих сорбентів передбачається розробка нових екологічно безпечних сорбентів для ліквідації розливів забруднених вод.

Перелік посилань:

1. Нефтяные загрязнения, как решить проблему / В.Ж. Арене, О.М. Гридин, А.Л. Яншин // Экология и промышленность России. — 2008. — №9. — С. 32 — 36.
2. Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов / В.Ж. Арене, О.М. Гридин // Экология и промышленность России. — 2006. — № 2. — С. 30 — 37.
3. Очищення води від нафтопродуктів природними та модифікованими сорбентами / М.С. Мальований // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2007. — № 4. - С. 61 -.

УДК 664.1.039

ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ СОРБЕНТІВ У БУРЯКО-ЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

студент Ліхван І.Г., к.т.н., доц. Копиленко А.В.

Національний університет харчових технологій

Використання природних мінеральних сорбентів (ПМС) у технології виробництва цукру може сприяє вирішенню ряду важливих технологічних проблем, а саме - підвищенню ефективності очищення соку та зменшенню витрат вапна. Застосування таких досить ефективних матеріалів як, активоване вугілля та іоніти, через високу вартість їх та складність регенерації на даний час практично припинено. ПМС порівняно з цими матеріалами мають істотні переваги: великі запаси в Україні та невисока вартість дають змогу використовувати їх без регенерації, а відпрацьовані сорбенти раціонально утилізувати (наприклад, для підвищення родючості ґрунтів). ПМС мають такі корисні властивості, як відносно висока сорбційна здатність та обмінна ємність, що може бути ефективно використано для додаткового очищення і декальцинації напівпродуктів цукрового виробництва.

Значна кількість різноманітних мінеральних сорбентів дає можливість підібрати для кожного технологічного етапу найефективніший (починаючи з очищення дифузійного соку і закінчуючи густим сиропом) залежно від поставленої мети.

До ПМС належать такі глинисті мінерали: монтморилоніт, палигорськіт, каолініт, галуазит, глауконіт, цеоліт, вермикуліт, сапоніт, сепіоліт, гідрослюда; у них трапляються домішки супутніх, так званих неглинистих мінералів – кварц, кальцит, доломіт, гіпс, пірит, фосфати та польові шпати.

За особливостями пористої структури глинисті мінерали поділяються на три основні типи: 1) шаруваті мінерали з ґраткою, що розширюється (монтморилоніт, вермикуліт); 2) шарувато-стрічкові мінерали (палигорськіт, сепіоліт); 3) шаруваті мінерали з жорстокою ґраткою (тальк, пірофіліт, гідрослюда, каолініт).

Сорбційна та іонообмінна здатність ПМС прямо залежить від питомої поверхні мінералу, яка, у свою чергу, залежить від дисперсності й пористості, та від його будови. Адсорбція нецукрів може відбуватись як на зовнішній поверхні сорбентів, так і у внутрішніх (перехідних) порах з ефективним діаметром від 1,5 до 200 нм, але розміри високомолекулярних сполук (ВМС), зокрема і барвних речовин, не дають їм проникати в порівняно вузькі мікропори (менше ніж 1,5 нм). ПМС Черкаського родовища мають таку ефективну поверхню, $\text{м}^2/\text{г}$: палигорськіт – 915; бентоніт (лужноземельний монтморилоніт) – 625; природна суміш монтморилоніту і палигорськіту – 763 і гідрослюда – 478. Тому найперспективнішими сорбентами для додаткового очищення рідких напівпродуктів цукрового виробництва будуть мінерали з розвинутою ефективною питомою поверхнею – полигорськіт, а також бентонітові глини, причому деякі з них містять в обмінному комплексі переважно катіони натрію та калію, що особливо важливо для зменшення вмісту солей кальцію в очищеному соку і підвищення натуральної лужності.

Перед дослідженням ефективності використання ПМС спочатку вивчали стійкість сорбентів за ступенем їх розчинності у таких водних системах:

дистильована вода, 15%-ний розчин цукрози та вапняно-цукровий розчин. ПМС додавали до розчинів в кількості 1% і витримували суміш при 85 °С протягом години, перемішуючи, після чого тверду фазу відокремлювали, а у розчині визначали: рН, вміст сухих речовин (СР), електропровідність, опричну густину, вміст катіонів кальцію, магнію, натрію та калію. При цьому встановлено, що обробка рідких систем сорбентами не сприяла підвищенню вмісту СР у них, тобто сорбенти не розчинялись, лише деяке збільшення електропровідності оброблених проб вказувало на перехід у розчин незначної кількості електролітів; незначне підвищення оптичної густини було зумовлене невидаленими дисперсними частками. У пробах, оброблених лужними бентонітами, збільшився вміст катіонів натрію і калію, лише сапоніт значно збільшив каламутність розчинів, тому цей сорбент у дослідженнях не використовували. Отже, майже всі сорбенти не забруднюють оброблювані напівпродукти, і слід вибрати найефективніші з них для очищення конкретного напівпродукту та встановити оптимальні умови.

Для визначення природного сорбенту, який дає найбільший ефект вилучення не цукрів при безпосередній обробці дифузійного соку, проведеного порівняльні дослідження впливу природних сорбентів на якість самого дифузійного соку, а також соків I та II сатурацій. Із всього масиву сорбентів обрано ті, що сприяли найбільшому підвищенню чистоти обробленого дифузійного соку (до 1,2%): палигорськіт, бентоніт №1 (з вмістом лужноземельного монтморилоніту понад 90%), а також природна суміш монтморилоніту і палигорськіту (для них встановлено, що раціональна тривалість контакту становить 20 хв).

Для вибору природного сорбенту, використання якого допоможе мінімізувати вміст розчинних солей кальцію в соку II сатурації, різні ПМС додавали в нефільтрований сік II сатурації в кількості 1% до маси соку, витримували, перемішуючи, на водяній бані (85 °С) 30 хв, фільтрували й аналізували.

Рівновага адсорбції та іонообміну при обробленні соку бентонітом лужним №1 встановлювалась практично за 5 хв, причому ця оптимальна тривалість контакту цілком задовольняє умови технологічного процесу, оскільки вона менша за тривалість перебування соку II сатурації у відстійнику-дозрівачі. Зменшення раціональної тривалості контакту соку II сатурації з ПМС можна пояснити значно меншим відсотком у соку II сатурації ВМС порівняно з дифузійним соком.

Отже, отримані результати показують доцільність застосування природного сорбенту – бентоніту лужного №1 для деякої декальцинації очищеного соку і підвищення його якості, що зменшить накипоутворення на поверхні нагріву, втрати цукрози в мелясі та підвищить якість готової продукції.

Перелік посилань:

1. Тарасевич Ю. И., Овчаренко Ф. Д. Адсорбция на глинистых минералах. – К.: Наук. думка, 1975. – 351 с.

УДК 66.047.57

ЗАСТОСУВАННЯ ШЕСТИВОДНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

пров.інженер Улітько Р.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Хлорид магнію - кристалічний порошок або гранули від білого до світло-сірого кольору. Розчинний у воді, малорозчинний у спирті, нерозчинний в ефірі. Температура плавлення 962° С, температура кипіння 1560° С. Густина 3920 кг/м³. Хімічна формула: MgCl₂ • 6H₂O [1].

Хлорид магнію широко застосовується в різних галузях промисловості, в тому числі і харчовій. Користь харчового емульгатора E511-« Хлорид магнію» зумовлена хімічним складом природного матеріалу, з якого отримують добавку. Оскільки бішофіт переробляють в хлорид магнію, добавку застосовують для виготовлення лікарських препаратів, які допомагають в лікуванні деяких захворювань, що вражають опорно-рухового апарат людини. Хлорид магнію зареєстрований в якості харчової добавки E511, вона затверджена та дозволена в усіх країнах світу [1].

Хлорид магнію застосовується, як емульгатор, загусник і стабілізатор забарвлення при виробництві наступних продуктів харчування:

- безалкогольних прохолодних напоїв;
 - маринованих овочів;
 - консервованих фруктів і ягід в сиропі;
 - пекарських дріжджів і загусників для випічки; молочних продуктів (йогуртів, сирків, ароматизованого молока);
 - дитячого харчування (десертів, желе, пюре);
 - дієтичних низькокалорійних продуктів.
- хлорид магнію не тільки дозволяє добитися потрібної консистенції і правильної забарвлення продукту. він дозволяє довше зберігати їжу свіжою, а також насичує її магнієм, необхідним для здоров'я.

Застосування хлориду магнію особливо популярно у японських виробників продуктів. У Країні висхідного сонця виробляють і споживають дуже багато соєвого молока і сиру тофу. А для тофу потрібен особливий сольовий розчин, який отримують із місцевої морської солі, що отримують в процесі випарювання морської солоної води. У підсумку з солоної води виділяються солі, в складі яких і знаходиться хлорид магнію, а також інші корисні сполуки природного походження. У складі деяких продуктів харчування харчовий емульгатор хлорид магнію виступає в якості харчової добавки, яка замінює кухонну сіль. За структурою хлорид магнію може бути у кристалічному вигляді, гранульований, у формі грудок або пластівців [3].

Україна має значні родовища бішофіту, який зараз має досить обмежене використання. Це переважно як антижеледний засіб і, в незначних кількостях в медичній галузі, захисті рослин, як добриво, та в якості коагулянта при виробництві соєвого білка.

Отримання якісної продукції стримується відсутністю обладнання для його сушіння. Переважна більшість виробництв випускають хлорид у вигляді пластівців-від жовтуватого до коричневого кольору, які отримують з розплаву. Технологічно це не може дати якісний і чистий продукт. Результатом дослідів, проведених в ГНДЛ ІХФ стала розробка сушарки псевдозрідженого шару. На конструкцію сушарки подана заявка на корисну модель. Введені в дію потужності дозволяють отримувати кристалічний продукт з малим вмістом домішок.

Перелік посилань:

1. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/12-99-%D0%BF> від 12.11.16 р.
2. <http://vesvnorme.net/zdorovoe-pitanie/hlorid-magnija.html> від 12.11.16 р.
3. <http://ruslekar.info/E511-Hlorid-magniya-1561.html> від 12.11.16 р.

**СЕКЦІЯ 6
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

УДК 531/534(075.8)

КОЛИВАННЯ АСТАТИЧНОГО МАЯТНИКА

студент Гавриленко В.В., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо коливання астатичного

маятника, який застосовується в деяких сейсмографах для запису коливань ґрунту. Маятник являє собою матеріальну систему з одним ступенем вільності, оскільки його положення і рух цілком визначаються одним параметром-кутом ϕ відхилення стержня від вертикального положення (положення рівноваги). Як відомо, для розв'язання задачі про малі коливання системи необхідно скласти диференціальне рівняння руху системи в формі Лагранжа.

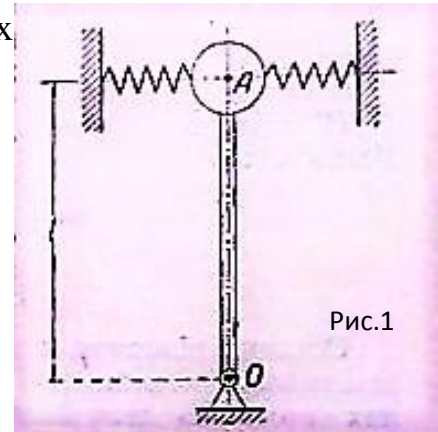


Рис.1

За узагальнену координату приймаємо кут ϕ , якій згідно з умовою задачі є малим кутом, тому надалі вважатимемо $\sin\phi \approx \phi$

та $\cos\phi \approx 1$.

Оскільки масою стержня можна нехтувати, то кінетична енергія маятника дорівнює:

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{ml^2}{2} \dot{\phi}^2.$$

Потенціальна енергія маятника Π , відлічування від положення рівноваги, дорівнює суммі потенціальної енергії Π_1 маси m і потенціальної енергії Π_2 двох пружин.

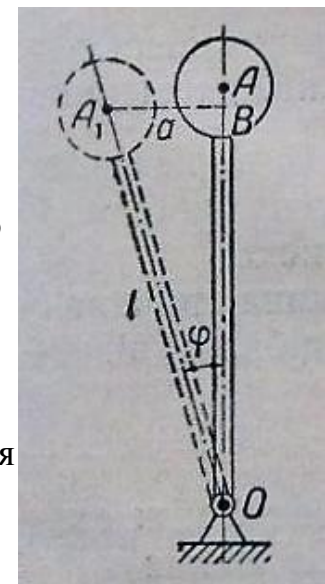


Рис.2

Потенціальна енергія Π_1 маси m вимірюється роботою (взятою зі знаком мінус) сили ваги на переміщення

$$AB = l(1 - \cos(\phi)) = l \cdot 2\sin^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \approx \frac{l\phi^2}{2} \text{ (рис.2)}, \text{ тобто}$$

$$П_1 = -mg \cdot AB = \frac{-mgl}{2} \phi^2$$

потенціальна енергія $П_2$ пружин вимірюється роботою (взятою зі знаком мінус) їх сил пружності на переміщення $BA_1 = a \approx l\phi$, тобто

$$П_2 = 2c \frac{a^2}{2} \approx cl^2 \phi^2,$$

де c — коефіцієнт жорсткості пружин.

Таким чином,

$$П = П_1 + П_2 = l \left(cl - \frac{1}{2} mg \right) \phi^2$$

Як відомо, рівняння Лагранжа II роду для консервативної системи має вигляд :

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} - \frac{\partial T}{\partial \phi} = -\frac{\partial П}{\partial \phi}$$

Обчислимо похідні, що входять у це рівняння :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} &= \frac{\partial}{\partial t} (ml^2 \dot{\phi}) = ml^2 \ddot{\phi}; \\ \frac{\partial T}{\partial \phi} &= 0; \frac{\partial П}{\partial \phi} = 2l \left(cl - \frac{1}{2} mg \right) \phi. \end{aligned}$$

Підставивши їх значення у рівняння Лагранжа II роду, дістаємо:

$$\begin{aligned} ml^2 \ddot{\phi} &= -2l \left(cl - \frac{1}{2} mg \right) \phi; \\ \ddot{\phi} + \left(\frac{2c}{m} - \frac{g}{l} \right) \phi &= 0. \end{aligned}$$

Останнє рівняння є диференціальне рівняння малих коливань астатичного маятника. Прівнюючи це рівняння з рівнянням малих коливань звичайного математичного маятника такої самої довжини, ми бачимо, що частота астатичного маятника

$$k = \sqrt{\frac{2c}{m} - \frac{g}{l}}$$

відрізняється від частоти математичного маятника, яка, як відомо, дорівнює:

$$k = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

При цьому слід зазначити, що астатичний маятник здійснюватиме коливання лише тоді, коли матиме місце співвідношення :

$$k^2 = \frac{2c}{m} - \frac{g}{l} > 0,$$

бо в противному разі частота коливань була б уявною.

Таким чином, жорсткість пружини c , маса m і довжина стержня l не можуть бути довільними: вони повинні бути підібрані відповідно до нерівності $mg > 2cl$.

УДК 531/534 (075.8)

**ЗБУРЕНІ МАЛІ КОЛИВАННЯ СИСТЕМИ
З ДВОМА СТЕПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ**

студент Євзютін П.Ю., к.т.н., доц. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського»

Диференціальні рівняння збурених коливань (при відсутності опору) мають вигляд:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} - \frac{\partial T}{\partial q_j} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} + H_j \sin(\omega t + \varepsilon),$$

або

$$\sum_{s=1}^k (a_{js} \ddot{q}_s + c_{js} \dot{q}_s) = H_j \sin(\omega t + \varepsilon), \quad (j = 1, 2, \dots, k).$$

Розглянемо збурені малі коливання системи з двома степенями вільності, диференціальні рівняння яких :

$$\begin{aligned} a_{11} \ddot{q}_1 + a_{12} \ddot{q}_2 + c_{11} \dot{q}_1 + c_{12} \dot{q}_2 &= H_1 \sin(\omega t + \varepsilon) \\ a_{12} \ddot{q}_1 + a_{22} \ddot{q}_2 + c_{12} \dot{q}_1 + c_{22} \dot{q}_2 &= H_2 \sin(\omega t + \varepsilon) \end{aligned} \quad (1)$$

Загальний інтеграл цієї системи дорівнює сумі загального інтеграла відповідної системи однорідних рівнянь, який характеризує власні коливання матеріальної системи, і частинного інтеграла даної системи, який визначає збурені коливання системи.

Частинний інтеграл має вигляд (за відсутності резонансу)

$$q_1 = B_1 \sin(\omega t + \varepsilon), \quad q_2 = B_2 \sin(\omega t + \varepsilon),$$

де :

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{H_1(c_{22} - a_{22}\omega^2) - H_2(c_{12} - a_{12}\omega^2)}{(c_{11} - a_{11}\omega^2)(c_{22} - a_{22}\omega^2) - (c_{12} - a_{12}\omega^2)^2}, \\ B_2 &= \frac{H_2(c_{11} - a_{11}\omega^2) - H_1(c_{12} - a_{12}\omega^2)}{(c_{11} - a_{11}\omega^2)(c_{22} - a_{22}\omega^2) - (c_{12} - a_{12}\omega^2)^2}. \end{aligned}$$

За умов резонансу ($\omega=k_1$ або $\omega=k_2$) частинний інтеграл системи (1) має вигляд:

$$\frac{B_1}{B_2} = - \frac{c_{12} - k^2 a_{12}}{c_{11} - k^2 a_{11}} = - \frac{c_{22} - k^2 a_{22}}{c_{12} - k^2 a_{12}}$$

Значення $\omega=k_1$ і $\omega=k_2$, при яких настає резонанс – є критичними частотами.

УДК 531.534(075.8)

ДИНАМІКА ПОСЛІДОВНИХ УДАРІВ

студент Італьянцев О. І., к.т.н., доц. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо динаміку послідовних співударянь на прикладі бох абсолютно пружних куль з масами m_1, m_2 і m_3 , які лежать у горизонтальному гладенькому жолобі на деяких відстанях одна від одної. Перша куля, пущена з деякою початковою швидкістю, ударяє другу кулю; друга куля, після початку руху, у свою чергу ударяє третю кулю. Визначимо при якій величині маси другої кулі m_2 третя куля набуде найбільшої швидкості?

Для цього розглянемо послідовність співударянь першої і другої кулі, потім другої і третьої. Після цього встановимо залежність швидкості третьої кулі від маси другої після удару, а потім дослідимо одержану функцію на максимум.

Розглядаючи послідовні удари з використанням основних рівнянь прямого центрального удару, отримаємо певну функцію. Так як умова наявності максимуму функції полягає у тому, що перша похідна дорівнює нулю, отримаємо що

$$(m_1 + m_2)(m_2 + m_3) - m_2(m_1 + 2m_2 + m_3) = 0 \text{ і } m_2 = \sqrt{m_1 m_3}.$$

Знайдене значення m_2 відповідатиме максимуму швидкості u_3 , якщо друга похідна

$\frac{d^2 u_3}{dm_2^2}$ при цьому значенні буде від'ємна.

$$\text{При } m_2 = \sqrt{m_1 m_3} \text{ маємо, що } \frac{d^2 u_3}{dm_2^2} = -\frac{8v_1}{\sqrt{m_1} + \sqrt{m_3}} \sqrt{\frac{m_1}{m_3}} < 0.$$

Отже, якщо вибрати масу другої кулі $m_2 = \sqrt{m_1 m_3}$ то швидкість u_3 третьої кулі після удару об другу буде мати найбільше значення.

УДК 531/534 (075.8)

ЗГАСАЮЧІ МАЛІ КОЛИВАННЯ СИСТЕМИ

З ДВОМА СТЕПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

студент Камінський В. С., к.т.н., доц. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Як відомо, диференціальні рівняння згасаючих малих коливань мають вигляд:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} - \frac{\partial T}{\partial q_j} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_j}, \quad \sum_{s=1}^k (a_{js} \ddot{q}_s + b_{js} \dot{q}_s + c_{js} q_s) = 0; \quad (j = 1, 2, \dots, k).$$

Розглянемо малі коливання системи з двома степенями вільності, диференціальні рівняння руху якої мають вигляд:

$$\begin{aligned} a_{11} \ddot{q}_1 + a_{12} \ddot{q}_2 + b_{11} \dot{q}_1 + b_{12} \dot{q}_2 + c_{11} q_1 + c_{12} q_2 &= 0, \\ a_{21} \ddot{q}_1 + a_{22} \ddot{q}_2 + b_{21} \dot{q}_1 + b_{22} \dot{q}_2 + c_{21} q_1 + c_{22} q_2 &= 0, \end{aligned}$$

Будемо шукати частинний розв'язок цієї системи у вигляді

$$q_1 = A_1 e^{\alpha t}, \quad q_2 = A_2 e^{\alpha t}, \quad \text{тоді}$$

система двох лінійних однорідних рівнянь набуває вигляду:

$$\begin{aligned} (a_{11} \alpha^2 + b_{11} \alpha + c_{11}) A_1 + (a_{12} \alpha^2 + b_{12} \alpha + c_{12}) A_2 &= 0, \\ (a_{21} \alpha^2 + b_{21} \alpha + c_{21}) A_1 + (a_{22} \alpha^2 + b_{22} \alpha + c_{22}) A_2 &= 0, \end{aligned}$$

З попередньої системи виразимо рівняння частот:

$$\begin{vmatrix} a_{11} \alpha^2 + b_{11} \alpha + c_{11} & a_{12} \alpha^2 + b_{12} \alpha + c_{12} \\ a_{21} \alpha^2 + b_{21} \alpha + c_{21} & a_{22} \alpha^2 + b_{22} \alpha + c_{22} \end{vmatrix} = 0$$

Якщо всі корені рівняння частот комплексні (при малому опорі середовища), то

$$q = A e^{-nt} \sin(kt + \varepsilon).$$

Якщо два корені рівняння частот комплексні, а два – дійсні (при великому опорі), тоді

$$\begin{aligned} q_1 &= A_1^{(1)} e^{-n_1 t} \sin(k_1 t + \varepsilon) + A_1^2 e^{-n_2 t} + A_1^{(3)} e^{-n_3 t} \\ q_2 &= A_2^{(1)} e^{-n_1 t} \sin(k_1 t + \varepsilon) + A_2^2 e^{-n_2 t} + A_2^{(3)} e^{-n_3 t} \end{aligned} .$$

УДК 531/534 (075.8)

ЯВИЩЕ УДАРУ В МЕХАНІЦІ

студент Коваль В. О., к.т.н., доц. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо явище удару, яке характеризується тим, що швидкості точок матеріальної системи, а отже, і їх кількості руху набувають скінченних приростів за дуже малий проміжок часу — тривалість удару. Така, майже раптова, скінченна зміна кількості руху матеріальної системи пояснюється тим, що при ударі виникають дуже великі сили, які мають скінченні імпульси (миттєві, або ударні сили).

Розрізняють центральний, прямий і косий удари, а також пружний і непружний (пластичний) удари.

Рівняннями прямого центрального удару є

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2, \quad (1)$$

$$k = \frac{u_2 - u_1}{v_1 - v_2}, \quad (2)$$

де v_1 і v_2 — швидкості тіл до удару;

u_1 і u_2 — швидкості тіл після удару;

m_1 і m_2 — маси тіл, що співударяються;

k — коефіцієнт відновлення ($0 \leq k \leq 1$).

Рівняння (1) виражає закон збереження кількості руху системи двох тіл, що співударяються, а рівняння (2) являє собою гіпотезу Ньютона, згідно з якою відношення відносних швидкостей після і до удару є сталою величиною, що залежить від пружних властивостей матеріалу тіл, які співударяються. При непружному ударі $k = 0$; при абсолютно пружному ударі $k = 1$.

У випадку косоного удару (який буває з тертям і без тертя) використовують рівняння:

$$m_1 v_{1n} + m_2 v_{2n} = m_1 u_{1n} + m_2 u_{2n}, \quad (1')$$

$$k = \frac{u_{2n} - u_{1n}}{v_{1n} - v_{2n}}, \quad (2')$$

де v_{1n} , v_{2n} і u_{1n} , u_{2n} — проекції швидкостей тіл, що співударяються, на напрям прямої, що сполучає центри ваги цих тіл до удару і після нього.

За теоремою Остроградського — Карно втрата кінетичної енергії при ударі дорівнює кінетичній енергії втрачених швидкостей системи матеріальних точок, що співударяються, помноженій на відношення $\frac{1-k}{1+k}$:

$$T_1 - T_2 = \frac{1-k}{1+k} T.$$

Втрата кінетичної енергії при прямому центральному ударі двох тіл визначається за формулою:

$$T_1 - T_2 = \frac{1-k}{1+k} \left[\frac{m_1(v_1 - u_1)^2}{2} + \frac{m_2(v_2 - u_2)^2}{2} \right].$$

У задачах звичайно розглядають такі випадки удару, коли або кожне з тіл, що співударяються, рухається поступально, або обидва тіла перебувають в обертальному русі, або одне — в поступальному, а друге — в обертальному русі. Якщо рух тіл, що співударяються, поступальний, то для вивчення удару користуються вказаними вище рівняннями (1) і (2). Якщо при ударі одне з тіл обертається навколо нерухомої осі, а друге рухається поступально, то в цьому випадку застосовують закон збереження моменту кількості руху системи цих тіл відносно осі обертання.

У випадку, коли обидва тіла, що співударяються, здійснюють обертальний рух, теоремі Остроградського — Карно можна надати вигляду:

$$T_1 - T_2 = \frac{1-k}{1+k} \left[\frac{J_1(\omega_1 - \Omega_1)^2}{2} + \frac{J_2(\omega_2 - \Omega_2)^2}{2} \right],$$

де J_1 і J_2 — моменти інерції тіл відносно їх осей обертання;

ω_1 і ω_2 — кутові швидкості тіл до удару;

Ω_1 і Ω_2 — кутові швидкості тіл після удару.

Якщо одне з тіл, що співударяються, обертається навколо нерухомої осі, то при ударі виникають миттєві реакції в опорних точках осі. Практично становлять інтерес ті випадки, коли вісь обертання не зазнає впливу удару.

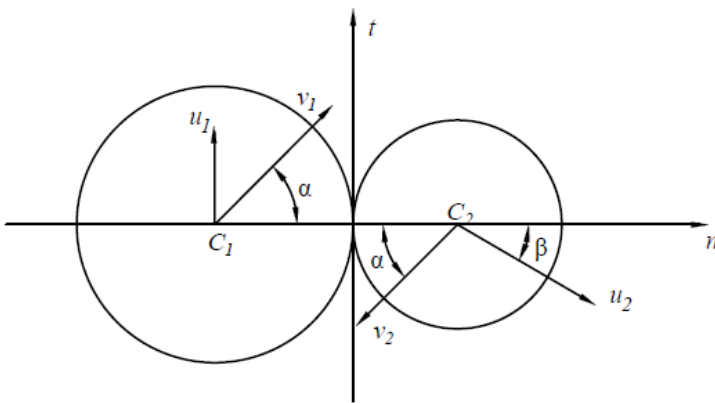
КОСИЙ УДАР ДВОХ КУЛЬ

студент Крамар О. В., к.т.н., доц. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо косий удар на прикладі двох абсолютно гладких куль, що рухаються в протилежних напрямках з паралельними швидкостями v_1 і v_2 , рівними за модулем. В момент зустрічі їх швидкості утворюють кут α з лінією центрів. Визначимо швидкості куль u_1 і u_2 після удару в тому випадку, коли маса першої кулі вдвоє перевищує масу другої і коефіцієнт відновлення дорівнює $k = 0,5$.



Удар цих куль косий, бо швидкості не напрямлені по лінії центрів. Швидкості цих тіл до удару відповідно дорівнюють $v_1 = v$; $v_2 = -v$. Так як кулі абсолютно гладкі, то удар відбувається без тертя. Через те

дотичні складові швидкостей до удару дорівнюють дотичним складовим швидкостей після удару, тобто: $v_{1t} = u_{1t} = v \sin \alpha$, $v_{2t} = u_{2t} = -v \sin \alpha$.

Використовуючи основні рівняння косоного удару:

$$m_1 v_{1n} + m_2 v_{2n} = m_1 u_{1n} + m_2 u_{2n}; \quad k = \frac{u_{2n} - u_{1n}}{u_{1n} - u_{2n}},$$

де $m_1 = 2m_2$; $v_1 = v \cos \alpha$; $v_2 = -v \cos \alpha$; $k = 0,5$, знайдемо нормальні складові $u_{1n} = 0$ і $u_{2n} = v \cos \alpha$ швидкостей до удару: $u_{1n} = 0$ і $u_{2n} = v \cos \alpha$.

Отже,

$$u_1 = \sqrt{u_{1n}^2 + u_{1t}^2} = v \sin \alpha; \quad u_2 = \sqrt{u_{2n}^2 + u_{2t}^2} = v; \quad \cos \beta = \frac{u_{2n}}{u_2} = \cos \alpha; \quad \beta = \alpha.$$

Оскільки $u_{1n} = 0$, то напрям швидкості u_1 першої кульки після удару перпендикулярний до лінії центрів.

УДК 531/534(075.8)

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ ПРО ЗМІНУ КІЛЬКОСТІ РУХУ В ЗАДАЧІ ПРО УДАР

студент Кузнецова А.Д., к.т.н. доц. Штефан Н.І.
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо балістичний маятник, що застосовується для визначення швидкості снарядів (снаряд, що влітає в циліндр, повертає маятник навколо осі О на кут α). При цьому одне з двох тіл, що співударяються (циліндр) обертається навколо нерухомої осі. Тому застосовуємо теорему про зміну моментів кількості руху: $\frac{dk_0}{dt} = M_0^{(3)}$.

Так як головний момент зовнішніх сил відносно осі обертання дорівнює нулю, то має місце закон збереження моменту кількості руху системи.

Оскільки кутова швидкість маятника до удару дорівнює нулеві, то момент кількості руху системи до удару дорівнює – моменту кількості руху снаряда, а саме mva .

Після удару маятник і снаряд рухаються як одно тіло, тому момент кількості руху системи після удару: $\omega(M\rho^2 + ma^2)$.

Таким чином, $mva = \omega(M\rho^2 + ma^2)$.

Так як вісь маятника не зазнає удару, тоді швидкість снаряду буде рівна: $v = \frac{\omega(Mh + ma)}{m}$.

Подальші дослідження зводяться до визначення початкової кутової швидкості системи із застосуванням теореми про зміну кінетичної енергії системи після удару.

УДК 531\534(075.8)

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ ОСТРОГРАДСЬКОГО КАРНО ПРО ВТРАТУ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

студент Стеблецький І.М. , к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Застосування теореми Остроградського-Карно можна продемонструвати на такому прикладі: на платформі що рухається по горизонтальним рейкам з швидкістю v розміщений призматичний вантаж. На платформі є виступ A , який не перешкоджає обертанню навколо осі A призматичного вантажу, але не дозволяє рухатись вперед вантажу. Визначити кутову швидкість ω обертання вантажу навколо осі в момент миттєвої зупинки. Центр ваги вантажу C над платформою знаходиться на висоті h , а радіус інерції вантажу відносно осі A дорівнює ρ .

Застосуємо теорему Остроградського-Карно про втрату кінетичної енергії при ударі

$$T_2 - T_1 = -\Gamma.$$

Позначимо швидкість довільно обраної точки вантажу $M_i(x_i, y_i)$ після зупинки платформи через u_i . Вісь A можна прийняти за вісь обертання вантажу, тому $u_i = \omega r_i$, де $r_i = AM_i$ — радіус обертання.

Проеціюючи швидкість на координатні осі, отримаємо відповідні рівності

$$u_{ix} = \omega y_i; u_{iy} = \omega \sqrt{r_i^2 - y_i^2}.$$

При миттєвій зупинці платформи втрачена швидкість ω_i точки M_i

дорівнює:

$$\omega_i = \sqrt{(v - u_{ix})^2 + u_{iy}^2}$$

Підставимо значення u_{ix} та u_{iy} :

$$\omega_i = \sqrt{(v - \omega y_i)^2 + \omega^2 (r_i^2 - y_i^2)} = \sqrt{v^2 + r_i^2 \omega^2 - 2v y_i \omega},$$

Кінетична енергія втрачених швидкостей системи дорівнює

$$\Gamma = \frac{m_i}{2} (v^2 + \rho^2 \omega^2 - 2hv\omega).$$

Формулу для обрахування кінетичної енергії втрачених швидкостей запишемо у вигляді

$$\Gamma = \frac{P}{2g} (v^2 + \rho^2 \omega^2 - 2hv\omega).$$

Кінетичні енергії системи до удару та після удару відповідно дорівнюють:

$$T_1 = \frac{P}{2g} v^2; T_2 = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{P}{g} \rho^2 \omega^2.$$

Спираючись на теорему Остроградського-Карно маємо наступне :

$$\frac{P}{2g} \rho^2 \omega^2 - \frac{P}{2g} v^2 = \frac{-P}{2g} (v^2 + \rho^2 \omega^2 - 2hv\omega).$$

Спростуючи ,отримаємо

$$\rho^2 \omega = hv$$

Звідки

$$\omega = \frac{hv}{\rho^2}.$$

УДК 531.534(075.8)

КОЛИВАННЯ ФІЗИЧНОГО І МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКІВ

студент Яцюк І.О., к.т.н., доц. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо коливання фізичного маятника, користуючись диференціальним рівнянням обертального руху твердого тіла навколо нерухомої осі. Його застосовують у тих випадках, коли елементи руху(кутова швидкість, кутове прискорення, прикладені сили) задані як функції часу. У тих випадках, коли час явно не входить в умову задачі і коли елементи руху є функціями кута повороту тіла навколо осі обертання, слід застосовувати теорему про зміну кінетичної енергії.

Як відомо, диференціальне рівняння малих коливань фізичного маятника можна записати у вигляді :

$$\ddot{\varphi} + \frac{Mgd}{J_z} \varphi = 0,$$

де d – відстань від центра інерції тіла до осі підвісу; φ – кут відхилення фізичного маятника від положення рівноваги.

Як відомо, завжди існує математичний маятник, який коливається синхронно з даним фізичним маятником, тобто має такий самий період, як і фізичний маятник.

Малі коливання фізичного маятника є гармонічними, що видно з закону його руху:

$$\varphi = A \sin(\alpha t + \beta),$$

а частота і період цих коливань відповідно дорівнюють :

$$\alpha = \sqrt{\frac{Mgd}{J_z}} ; \quad T = \frac{2\pi}{\alpha} = 2\pi \sqrt{\frac{J_z}{Mgd}}.$$

**СЕКЦІЯ 6
«ДЕТАЛІ МАШИН»**

УДК 621.785

НАНЕСЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ СТАЛЕЙ КАРБІДНИХ ПОКРИТІВ НА ОСНОВІ КАРБІДІВ ТИТАНУ ТА ВАНАДІЮ

студ. Гаврілов Є.Є., асистент Горобець О.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підвищення різноманітних контактних навантажень, швидкостей роботи деталей машин та інструментів потребують збереженню або навіть зростанню терміну їх експлуатації. Руйнування поверхневих шарів виробів, яке відбувається через абразивне, ерозійне, окиснювально-дифузійне зношування, корозію, тощо, значно знижується при нанесенні високо твердих покриттів на основі карбідів, боридів та нітридів перехідних матеріалів IV-VI груп періодичної системи. Відповідна задача дуже успішно розв'язується методами фізичного та хімічного осадження покриттів з парової фази, а також методами хіміко-термічної обробки [1]. Сучасні промислові технології використання методів хіміко-термічної обробки осадження з газової фази дають можливість отримувати одно - і багат шарові покриття типу TiC, VC, (Ti,V)C. Слід підкреслити, що порівняно з одношаровими покриттями багат шарові показали вищі експлуатаційні характеристики в умовах різання. Ці покриття відрізняються від інших високою твердістю, значною адгезією з вихідним сплавом, практичною непористістю та високими експлуатаційними характеристиками.

Метою роботи є нанесення на поверхню сталі комплексних карбідних покриттів при наявності титану, ванадію, вуглецю методом хіміко-термічної обробки, дослідження їх фазового складу, структури, товщини, мікротвердості та зносостійкості в умовах тертя-ковзання без змащування. За об'єкт дослідження було вибрано сталі У12, У10,ХВГ та ШХ15. Процес хіміко-термічної обробки відбувався при зниженому тиску при температурі 1050 °С протягом чотирьох годин. Як вихідні реагенти використовувався порошок титану, деревне вугілля та чотирьох хлористий вуглець. Фазовий склад

покриттів визначався на рентгенівському дифрактометрі ДРОН УМ-14 в мідному монохроматичному випромінюванні [2,3]. Розшифровка дифрактограм здійснювалась за допомогою програмного забезпечення PowderCell 2.2. Металографічні дослідження проводились на мікроскопі Axiovert 40 MAT. Мікротвердість і товщина покриттів вимірювалась приладом ПМТ-3.

Аналіз отримання даних показав, що карбідна складова дифузійної зони формується переважно завдяки вуглецю основи. Це пояснює той факт, що максимальний за товщиною шар карбіду титану та ванадію (Ti,V)C утворюється на сталі ХВГ- 35,5 ГПа. Зміна мікротвердості у двошарових покриттях (Ti,V)C від поверхні до основи порівняно з одношаровим TiC, VC більш плавна, що буде позитивно впливати на стійкість покриттів в умовах контактної взаємодії. Таким чином в роботі показана можливість отримання після хіміко-термічної обробки багатшарових карбідних покриттів типу (Ti,V)C на поверхні сталей У12, У10, ХВГ стійкість яких значно вище ніж у сталей у вихідному стані.

Перелік посилань

1. Антонюк В.С. Повышение эксплуатационных характеристик деталей машин и режущего инструмента покрытиями дискретной структуры. /В.С.Антонюк // Резание и инструмент в технологических системах. – Межд. науч.-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ» - 2007, Вып.73. – С.20-24

2. Bondarenko M. A., Handyuk N.V., Batrachenko A.V. ets. Prognostication the term of exploitation of workings elements of cutters and grinding downer it finish pvd with the used of method of atomic force microscopy / M.A. Bondarenko, N.V. Handyuk, A.V. Batrachenko // Вісник Черкаського державного технологічного університету, Черкаси: ЧДТУ – 2009. – Р.111-113.

3. Дубровська Г.М. Приклади застосування фізичних методів дослідження структури поверхні / Г.М. Дубровська, Г.В.Канашевич, Н.І.Божко// Сільхет: Шобуж Біпоні, Удоун Офсет Принтерс – 2007. – 248 с.

УДК 621.785

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ШТАМПІВ І НОЖІВ З ПОКРИТТЯМИ

студ.Захарчук А.О., к.ф-м.н., доц., Ключников Ю.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Умовами ефективної експлуатації штампів та ножів є якісний та швидкий їх ремонт. Штампи відносяться до екстремально навантажених трибосистем. Взаємодія між інструментом та заготовкою локалізована в безпосередній близькості від робочої кромки [1,2], де в вузькій контактній зоні виникають високі навантаження. Для технологічного оснащення (штампів, ножів), конструктивних елементів деталей машин, вихід з ладу та спрацювання важконавантажених деталей вузлів тертя при обмеженому змащенні пов'язано з двома конкуруючими процесами – зношуванням та поверхневою втомою. Ці деталі та конструктивні елементи виготовлені головним чином з легованих високо вуглецевих сталей (з вмістом вуглецю більше 0,7%). Запобігання зношуванню можливо нанесенням зносостійких покриттів.

Мета роботи – дослідження експлуатаційних властивостей сталей У8 та ШХ15 з зносостійкими покриттями на основі карбідів титану та ванадію.

Роль твердих часток, які знаходяться на робочій поверхні деталі або на поверхні ріжучої кромки штампа, не вичерпується їх високою зносостійкістю. Можна припустити, що вони блокують пластичну течію металу із зони контакту, де створюється високий тиск. Важливе значення має міцність з'єднання твердих часток з основним матеріалом. Матеріал ріжучих кромок та тверді частки повинні працювати як єдине ціле, що можливо забезпечити газофазним методом нанесення зносостійких покриттів на сталі та сплави.

Для лабораторної оцінки ефективності зміцнення використовували дослідження на машині тертя М-22М із охолодженням зразка водою. Дослідження показали збільшення зносостійкості сталі У8 (HV 225-245) з покриттям після пробігу 30 км – в 1,8 рази, при пробігу 60 км – в 1,5 рази. Це

свідчить, що на стадії припрацювання зносостійкість покриття значно вища, ніж на усталеній стадії. В роботі також було досліджено зношування ножів із сталі ШХ15. Так при різанні сталюого дроту $\varnothing 1\text{мм}$ після відпалу визначали величини заусенця після кожної тисячі деталей за допомогою інструментального оптичного мікроскопу (дослідження проводили до появи заусенця 0,11-0,12мм). Результати досліджень впливу на стійкість ножів з покриттями приведені на рис.1. Проведені дослідження показали збільшення стійкості ножів в 1,8-2 рази.

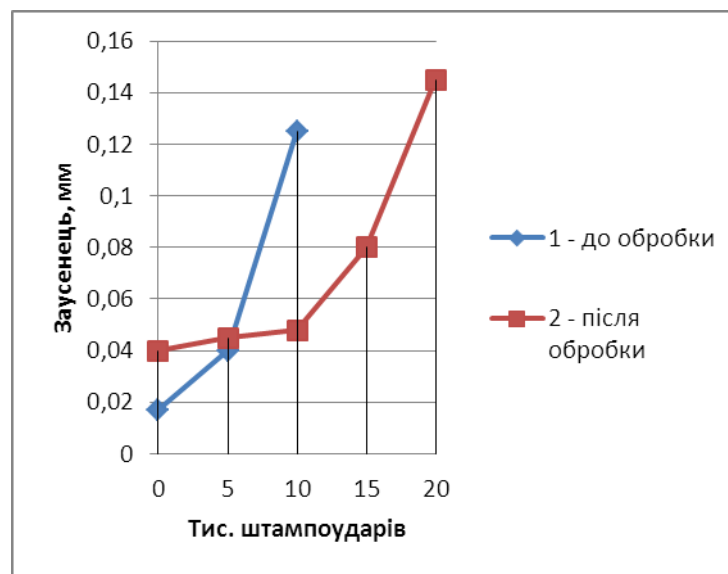


Рис.1 Стійкість ножів із сталі ШХ15 після зміцнення покриттями:

1- до обробки; 2 – після обробки.

Перелік посилань

1. Степанский Л.Г., Чемерис Е.И. Усталостная прочность режущих кромок вырубных и пробивных пуансонов и матриц. – Кузнечно-штамповочное производство – 1992. – №8, с 7-8.

2. Георгиев М.Н., Фукс-Рабинович Г.С. Требования к структуре материалов с точки зрения триботехнических особенностей разрушения поверхности вырубных штампов. – Трение и износ – 1988. – №6, с 1092-1095.

УДК 621.785

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ІНСТРУМЕНТУ
ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА МОДИФІКУВАННЯМ
ЙОГО ПОВЕРХОНЬ КАРБІДАМИ ТИТАНУ ТА ВАНАДІЮ**

студ., Лаюк О.М., к.т.н., доц., Сердітов О.Т

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підвищення продуктивності харчового та переробного обладнання, а також якості харчових продуктів, що виготовляються на ньому, представляє одне з основних завдань в переробній промисловості та неможливе без подальшого поліпшення експлуатаційних властивостей робочих інструментів (свердел, подрібнювачів, шнеків тощо) цього обладнання. Одним з ефективних методів підвищення продуктивності та зносостійкості цих елементів є зміцнення їх поверхневого шару, наприклад, через їх модифікування покриттями, які можуть бути отримані методом газозфазного осадження.

Раніше [1] було показано, що реальна структура отримуваних газозфазним осадженням тонких покриттів, залишкова мікронерівність та однорідність їх поверхонь і відсутність на них мікродефектів, достатньо важливий показник, що визначає експлуатаційні та технологічні показники якості робочих інструментів харчового та переробного обладнання, поверхні яких були зміцнені (Ti,V) C.

Метою роботи є підвищення ефективності робочого інструменту переробного обладнання шляхом формування на їх поверхнях карбідних зносостійких покриттів на основі титану і ванадію і подальше дослідження їх мікрогеометрії з використанням методів растрової електронної та атомно-силової мікроскопії [2], а також прогнозування терміну безвідмовної експлуатації такого інструменту. Об'єктами дослідження були зразки вирізані з різальних кромek перового свердла (робочий інструмент машини для

обрізання) у формі секторів диска із неіржавіючої сталі Х18Н10Т, що використовується в харчовій промисловості.

Досліджувані зразки були отримані шляхом осадження покриття (Ti,V) С на основу (матеріал основи – харчова неіржавіюча сталь Х18Н10Т).

Аналіз результатів топограм поверхні в режимі лазерного відхилення та профілограм поверхонь зразків без покриття дозволив встановити, що в процесі тривалої експлуатації (800 годин) відбувається руйнування робочих поверхонь (збільшення мікронерівностей з 60...90 нм до 280...350 нм, поява мікротріщин, відколів та інших мікродефектів), яке призводить до різкого зниження функціональних властивостей і продуктивності інструменту в цілому.

У той же час на зразках з покриттям не спостерігаються мікродефекти, а мікронерівності за цей же час експлуатації збільшувалися з 50..60 нм лише до 85...130 нм, що не є суттєвими.

Результати дослідження робочих інструментів харчового та переробного обладнання на прикладі перового свердла машини для обрізання без та покриттям (Ti,V) С дозволили підвищити термін експлуатації інструменту з покриттям до 2200 годин (55 робочих днів експлуатації) порівняно з свердлом без покриття – 800 годин (20 робочих днів експлуатації) при зусиллі на свердло 186 Н.

Перелік посилань

1. Bondarenko M. A., Handyuk N.V., Batrachenko A.V. ets. Prognosstication the tern of exploitation of workings elements ofcutters and grinding downer it finish pvd with the used of method of atomic force microscopy / M.A. Bondarenko, N.V. Handyuk, A.V. Batrachenko // Вісник Черкаського державного технологічного університету, Черкаси: ЧДТУ – 2009. – Р.111-113.

2. Дубровська Г.М. Приклади застосування фізичних методів дослідження структури поверхні / Г.М. Дубровська, Г.В.Канашевич, Н.І.Божко// Сільхет: Шобуж Біпоні, Удоун Офсет Принтерс – 2007. – 248 с.

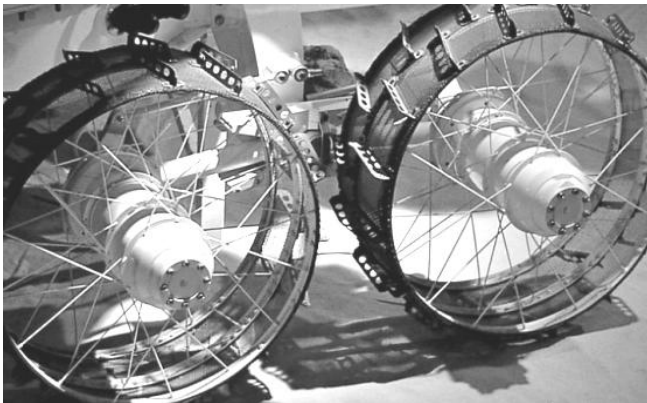
УДК 629.787.

ПРИВІД КОЛЕСА ЛУНОХОДА

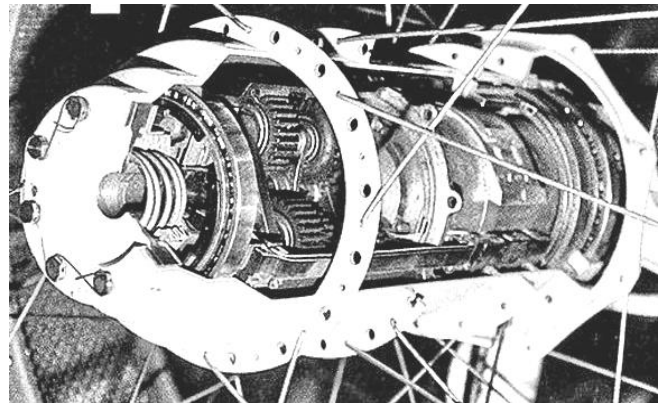
студенти: Михалишина Т. С., Ковба А. М., доц. Скуратовський А. К.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Кожне з коліс Луноходу має окремий привід, який являє собою єдиний герметизований модуль, що називається "мотор-колесо" і містить вбудовані в тонку маточину колеса електродвигун постійного струму, триступеневий планетарний редуктор і аварійний піропатрон, який в разі заклинювання приводу може роз'єднати вісь редуктора з колесом, яке потім буде просто котитися по поверхні. Завдяки мотор-колесам під час руху забезпечується ефективне використання загальної потужності внаслідок рівномірного розподілу навантаження на всі колеса, особливо при провисанні частини коліс в повітрі на нерівностях ландшафту.



а)



б)

Рис.1. Привід колеса Лунохода: а– загальний вид; б– в розрізі

Оскільки в вакуумі на контактуючих робочих поверхнях зубчастих передач редуктора відсутня оксидна плівка, то для уникнення схоплювання і заїдання застосовують антифрикційні матеріали, які спроможні забезпечувати тривалу роботу редуктора в умовах вакууму при великих навантаженнях і температурах.

УДК 621. 822.

СЕГМЕНТНІ СЕКЦІЙНІ ПІДШИПНИКИ

студенти: Процюк О. О., Тертус О. Г., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сегментні секційні підшипники застосовуються в підшипникових вузлах кульових млинів. Вони являють собою балансиру шарнірну систему, яка забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій поверхні контакту кожного сегмента з робочою поверхнею цапфи, що дозволяє компенсувати овальність і неспіввісність цапф, забезпечуючи рівномірне спрацювання бабіту по всій поверхні сегментів. Кожні два сегменти з бабітовою поверхнею ковзання спираються через сферичні опори балансірів, які вільно погойдуються на своїх півосях. Балансирна система дозволяє рівномірно розподіляти навантаження на сегменти, а сферичні опори дають можливість для їх самоустановлювання.

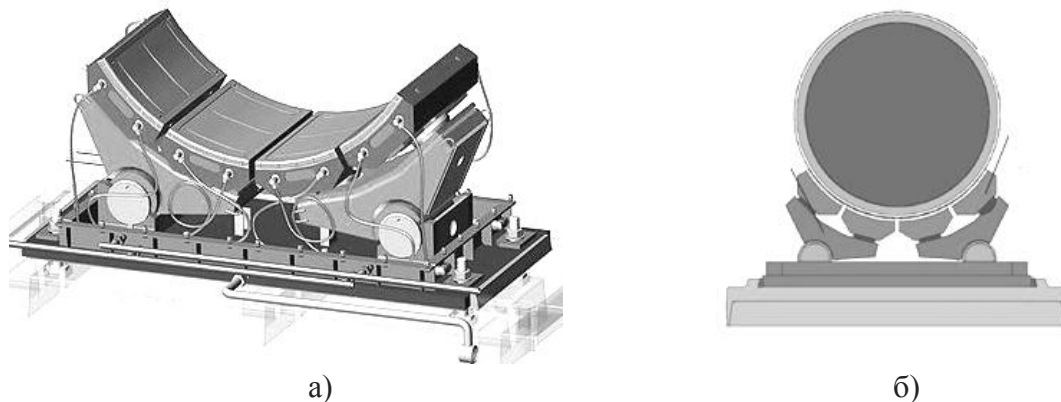


Рис. 1. Сегментні підшипники: а) – загальний вид; б) – схема установлювання

При установлюванні підшипників бабітові вкладиші не пришабровуються, що знижує вартість і терміни монтажних і ремонтних робіт. Подача мастила під тиском здійснюється безпосередньо в зону контакту поверхонь кожного сегмента, що полегшує пуск, запобігає пошкодженню бабітового шару і знижує навантаження на зубчасту пару головного приводу.

УДК 621.315.

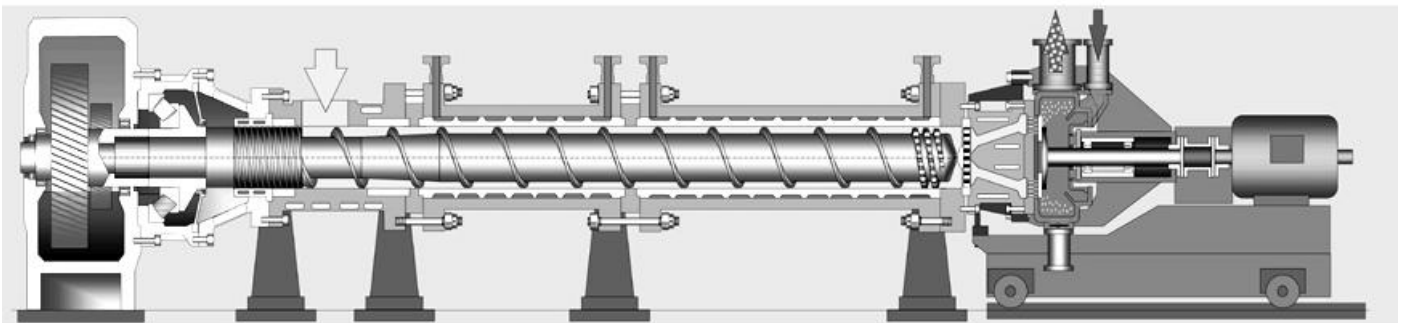
ОДНОШНЕКОВІ ЕКСТРУДЕРИ

студенти: Крестошина О. П., Ішкіна Н. З., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Одношнекові екструдери використовуються в усьому світі для виконання самих різних технологічних завдань. У поєднанні з відповідним допоміжним обладнанням екструдер може виготовляти багато різних виробів: труби, кабелі, плівки, ізоляційні матеріали для дротів. Він застосовується також для грануляції. Робочим органом екструдера служить вал зі шнеками (лопатями), який обертається в камері. Шнек виконує подачу і змішування розплавлених полімерних виробів під тиском крізь формуючу головку. У рух його приводить електродвигун за допомогою механічних передач. До того ж він устатковується потужним підшипниковий вузлом, що сприймає осьове зусилля. На кінці вала встановлена нерухома формуюча матриця.



При постійному обертанні лопатей полімерна продукція пластифікується, нагрівається і гомогенізується до розплавленого стану. Далі вона потрапляє в дозувальну зону, де піддається гомогенізації і підготовці до переходу в формувальну головку, а потім видавлюється через матрицю, яка надає виробу потрібний профіль. Для охолодження робочої камери і шнека за допомогою спеціальних пристроїв в екструдер подається і відводиться вода. Необхідний тепловий режим на робочому циліндрі створюють електричні нагрівачі

УДК 621. 825.

ВИГОТОВЛЕННЯ КУЛЬКОВИХ ПІДШИПНИКІВ

студенти: Котенко Д. В., Матохнюк М. Б., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Складний технологічний процес виготовлення кулькових підшипників включає декілька етапів. Необхідно відзначити, що для кілець і тіл кочення найбільш часто застосовується сталь ШХ-15, а сепаратори бувають латунні, металеві, поліамідні і інші. При виготовленні кілець по заданому діаметру підшипника підбирається вихідна заготовка (металева труба або пруток), яка обробляється тиском і вальцюванням. Відбувається це за допомогою пропускання

заготовки між двома обертовими валами (звідси і термін-вальцювання).

Після цього виконується токарна обробка заготовки для отримання кілець.



Термічна обробка кілець здійснюється шляхом гартування, після чого шліфують їх поверхні. Остаточна міра гладкості доріжок кочення (залежно від вимог до їх шорсткості позначається в номері підшипника літерою У, У1, У2)

досягається

суперфінішуванням. Після виготовлення тіл кочення підшипника(кульок) і сепаратора, здійснюється складання підшипника з готових деталей. При цьому внутрішнє кільце розміщують в зовнішньому, а між ними укладається ряд кульок. Один з країв внутрішнього кільця піднімається для можливості укладання всього ряду кульок, а потім підшипник «закривається» і тіла кочення щільно встають на доріжках кочення і закріплюються сепаратором.

УДК 678. 073.

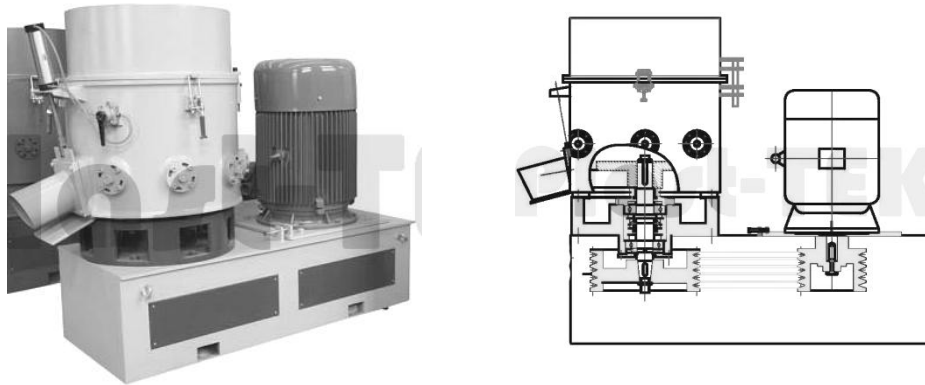
АГЛОМЕРАТОР

студенти: Пінчук А. Є., Шевченко Я. М., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Агломератори застосовуються для вторинної переробки відходів плівкових матеріалів ПП, ПЕ, плівки, а також для попереднього дроблення стрейч-плівки і поліпропіленових подрібнених мішків для їх вторинної переробки в агломерат-гранули неправильної форми розміром 3-15 мм, які застосовуються в якості вторинної сировини для виробництва труб, плівок, а також для лиття.



а)

б)

Рис. 1. Агломератор: а) – загальний вид; б) – схема установлювання

Агломератор - це апарат періодичної дії, що застосовується як для виконання цілого циклу переробки, що містить в собі всі раніше відмічені стадії, так і в комбінації з іншими апаратами для виконання однієї або ряду стадій з подальшою переробкою в інших апаратах, а також в лініях переробки вторинних матеріалів. Він складається з рами, приводу, що включає електродвигун і клинопасову передачу, робочого корпусу із завантажувальним вікном і елементів вивантаження готового матеріалу. При роботі відходи плівки завантажуються в робочу камеру, де матеріал подрібнюється і перетворюється в єдину масу. Далі відбувається подача "шокової" води в камеру, щоб дати цій масі охолонути і полімеризуватися, в результаті чого отримується агломерат.

УДК 629.787.

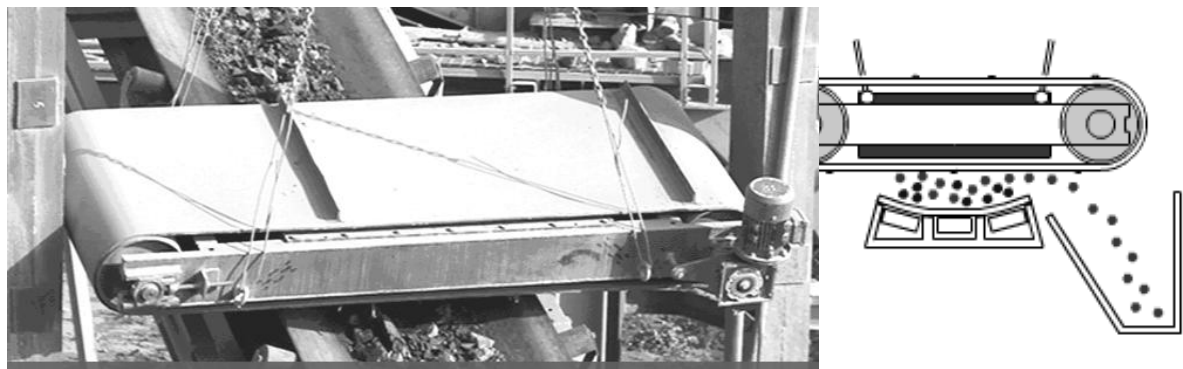
ПІДВІСНИЙ МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР

студенти: Король А. Ю., Тищенко К. В., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Магнітні сепаратори відокремлюють метали з інертного матеріалу з метою їх очищення, а також з метою захисту подальшого обладнання. В даний час існує великий асортимент сепараторів, що відрізняються принципом роботи. Підвісний саморозвантажувальний магнітний сепаратор підвішується над конвеєром поперек напрямку його руху і здійснює поділ суміші в автоматичному режимі.



а)

б)

Рис. 1. Підвісний магнітний сепаратор : а) – загальний вид; б)– схема установки

Такі сепаратори бувають з постійним магнітом, до якого притягуються частинки з розташованої перед ним конвеєрної стрічки, яка пересуває їх далі від магніту, де вони падають під впливом сили тяжіння, а також з електромагнітами, які використовують енергію, яка постачається блоком живлення. Основною перевагою сепараторів на основі постійних магнітів перед електромагнітними є можливість виконувати роботу без споживання електроенергії. Підвісні магнітні сепаратори використовуються як окремо, так і в комплексі з шківними, збільшуючи тим самим глибину вилучення.

УДК 678. 073.

БАРАБАННИЙ МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР

студенти: Кушнірук В. М., Черняк В. М., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Магнітні сепаратори у вигляді обертових барабанів відомі давно і широко використовуються. Вони можуть бути встановлені окремо, а також їх встановлюють в конвейерний комплекс замість ведучого барабана на стрічкових конвеєрах в місці висипання продукту. Корпус барабана виготовлений з немагнітопровідної нержавіючої сталі і покривається суперзносоустійкою гумою.



Рис.1. Привід барабана.

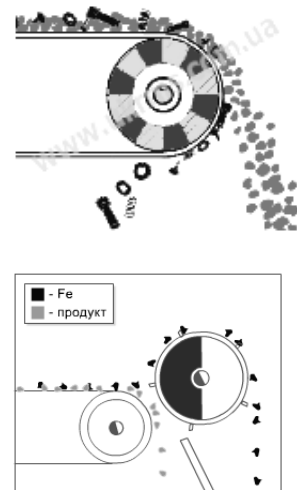


Рис.2. Схеми сепарації

У середині барабана розташована магнітна система на основі потужних неодимових магнітів з рідкоземельного сплаву NdFeB. Для запобігання можливості прослизання транспортерної стрічки поверхня барабана може бути оброблена поліуретановою або гумотканинною футеровкою. У процесі подачі оброблюваного матеріалу по конвеєрній стрічці на барабан, феромагнітні включення під дією потужного магнітного поля затримуються на стрічці до моменту виходу з магнітного поля, а потім опадають в спеціальний контейнер.

УДК 621.822.

ГІБРИДНІ ПІДШИПНИКИ

студенти: Орел О. Ю., Пінчук В. В., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підшипники з кільцями з підшипникової сталі і керамічними кульками називаються гібридними. Керамічним матеріалом для тіл кочення є підшипниковий нітрид кремнію, який складається з тонких довгастих частинок



бета-нітриду кремнію, розташованих в кристалічній фазовій матриці. Гібридні підшипники мають ряд факторів, які відрізняють їх від інших підшипників, основними з яких є наступні: електроізоляційні властивості; менша вага, а

отже і менша інерція, що забезпечує відмінну роботу при різких запусках і зупинках і хороші швидкісні характеристики; менша щільність тіл кочення з нітриду кремнію в поєднанні з низьким коефіцієнтом тертя значно знижує температуру підшипників при високій частоті обертання, тому зниження робочої температури збільшує термін служби як мастильного матеріалу, так і підшипника; висока твердість тіл кочення забезпечує зносостійкість і жорсткість підшипника; при вібраціях ймовірність помилкового брінеллірування (утворення неглибоких западин в доріжках кочення, яке призводить до викришування і подальшої передчасної відмови підшипника) значно зменшується; зменшений ризик задирів при високих частотах обертання і різких прискореннях; низький коефіцієнт теплового розширення. Гібридні підшипники добре працюють в умовах змащування матеріалами, що формують ультратонку мастильну плівку, наприклад, з холодоагентами. Це дозволяє створювати безмасляні підшипникові вузли, наприклад, для компресорів і паливних насосів.

УДК 66

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД

доц., к.т.н. Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

Проблема виникнення так званих "перед мостових ям" що виникають в безпосередній близькості від штучних інженерних споруд завжди актуальна оскільки впливає, як на швидкісний режим руху транспорту, так і на стан інженерних споруд. Ці пошкодження шляхів сполучення визвані тим що вони накопичують залишкові деформації на прогонових будовах на відмінність від шляхів на дорожньому полотні, а також в зоні стикування двох конструкцій має місце перепад жорсткості (модуля пружності) шляху.

Ця проблема вирішувалася шляхом створення спеціальних ділянок змінної жорсткості призначення яких згладити перепад жорсткості та деформативності шляхів. Принцип роботи таких ділянок полягає в поступовому збільшенні жорсткості колії по мірі наближення до штучного спорудження. В інженерній практиці реалізовано кілька варіантів конструкції в зоні сполучення шляху на баласті з безбалластною верхньою будовою шляхом: застосування плит з різною опорною площею; заміна верхньої частини ґрунту підхідного насипу залізобетонними бездонними коробами, заповненими щебенем; заміна верхньої частини ґрунту підхідного насипу щебенем, пошарово армованим геосетками; замонолічення баластної призми на підході до безбалластного шляху.

Використання плоских геосіток, залізобетонних коробів, в'язучих матеріалів призводить до збільшення міцності елементів шляху, схильних до накопичення залишкових деформацій. Однак найбільшою стабільністю можна досягти, не тільки збільшивши міцність шляху, але і знизивши вплив на його елементи. Тому пропонується знижувати жорсткість шляху і основах при їх одночасному влаштуванні з метою підвищення міцності деформаційних елементів шляху сполучення в зоні стикування.

УДК 629.113.

ОЧИЩЕННЯ КОРПУСІВ РЕДУКТОРІВ ДРОБОМ

студенти: Нечипоренко Р. А., Холод І. І., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Корозія скорочує термін служби редукторів. Відомі кілька способів очищення їх поверхні від іржі та інших проявів агресивного впливу. Найбільш поширеним способом є очищення із застосуванням сталевго дробу, коли потік жорстко не пов'язаних між собою твердих частинок у вигляді дробу доставляється з великою швидкістю до поверхні, що очищається, вдаряється об неї і зриває іржу.

При цьому застосовують два схожих методи очищення: дробоструминний і дробометальний. Відмінність між ними в тому, що при першому методі дріб



захоплюється повітряним потоком, а в другому він отримує прискорення за допомогою турбіни, яка з високою швидкістю обертається в спеціальному сталевому корпусі з напрямним отвором. Сам дріб теж відрізняється по виду, твердості і формам. Дріб, що позначається буквою S, має вигляд дробинок з твердістю 46-52 HRC, які вилиті зі сталі.

Він використовується для зняття окалини і іржі. Після її використання поверхня має невелику шорсткість зі згладженими вершинами. Такий тип дробу застосовується при очищенні корпусів великогабаритних редукторів. Дріб SG, LG і HG має вигляд колотих дробинок, що відрізняються твердістю. Дріб SG застосовується для тих же випадків, що і дріб S. При цьому він більш ефективно видаляє забруднення, але залишає поверхню з більшою шорсткістю. Дріб LG застосовують при обробці конструкцій, виконаних з особливо міцних сталей, які важко піддаються обробці. Дріб HG використовується при необхідності швидкої обробки поверхні і без особливих вимог до шорсткості поверхні. Використовується він також перед фарбуванням або іншим покриттям поверхні, з метою виконання насічки.

УДК 621.855.

СПОСОБИ ЗМАЩУВАННЯ ПРИВОДНИХ ЛАНЦЮГІВ

студенти: Ткачук М. В., Нурадінов І. А., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Визначальним фактором при виборі способу змащування є швидкість ланцюга. Найбільш розповсюджені три способи змащування: ручне, крапельне і змащування в масляній ванні. Ручне здійснюється при швидкості руху ланцюга до 0,5 м / сек. Мастило наноситься на приводний ланцюг пензликом або аерозольно.

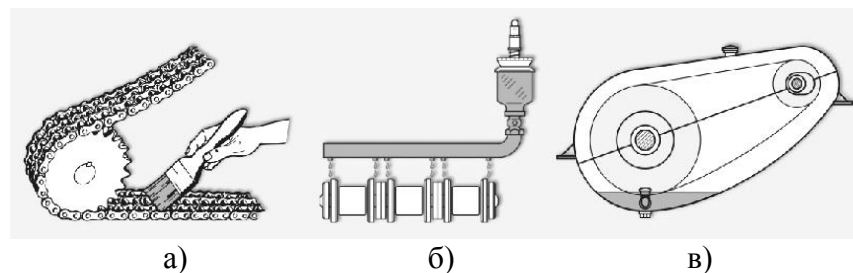


Рис.1. Способи змащування: а–ручне; б- крапельне; в– в масляній ванні.

Крапельне змащування застосовують найчастіше при швидкості руху ланцюга від

0,5 до 1,5 м / сек. в стаціонарних приводах. Такі схеми можна зустріти на різних транспортуючих і конвеєрних лініях. Процес змащування здійснюється автоматично, оскільки мастило подається постійно на верхню частину пластин приводного ланцюга через спеціальні форсунки. Змащування ланцюга в масляній ванні застосовують при швидкостях руху ланцюга від 1,5 до 8 м/сек. Якщо швидкість руху ланцюга перевищує 4 м/сек, то при цьому в масляному резервуарі встановлюється додатковий диск, який розбризкує мастило, не допускаючи тим самим його спінювання. При проходженні ланцюга через масляну ванну відбувається надійне, економічне і безпечне для навколишнього середовища його змащування. Промивати приводні ланцюги перед змащуванням допускається тільки дизельним паливом або гасом. Ні в якому разі не можна застосовувати очищення паром або очисниками, що мають в своєму складі їдкі і кислотовмістні речовини.

**СЕКЦІЯ 7
««МАТЕМАТИКА, ФІЗИКА»»**

УДК:535

КВАНТОВІ ТОЧКИ, ЯМИ ТА НИТКИ.

ЗАСТОСУВАННЯ НАНООБ'ЄКТІВ В МЕДИЦИНІ .

студент Євзютін П.Ю., доц. Печерська-Громадська К.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

З розвитком сучасних нанотехнологій, з кожним днем, зростає кількість галузей їх застосування. За допомогою нанооб'єктів вже зараз медицина виходить на новий рівень надчутливої і надточної ранньої діагностики захворювань, що відіграє колосальну роль у подальшому перебігу лікування. Зокрема, квантово- розмірні структури широко використовуються у таких діагностиках.

Приведемо кілька слів стосовно таких об'єктів та їх властивостей.

Квантові ями це системи, в яких є розмірне квантування руху носіїв заряду в одному напрямку. Основні фізичні явища в квантових ямах: розмірне квантування електронного спектра, квантовий ефект Холла (цілочисельний і дробовий), при спеціальному приготуванні дуже висока рухливість електронів. Застосування в приладах : високочастотні польові транзистори з високою рухливістю електронів, напівпровідникові гетеролазери, світлодіоди і фотоприймачі ІЧ діапазону.

Квантові нитки - це системи, в яких рух носіїв заряду квантоване в двох напрямках. Перші квантові нитки виконувалися на основі квантових ям за допомогою створення потенційного рельєфу за допомогою двох затворів, розташованих над квантової ямою. Основні фізичні явища в квантових нитках: квантування провідності, сильно корельований електронний транспорт.

Квантові точки - нанооб'єкти, в яких рух носіїв заряду квантоване у всіх трьох напрямках. Мають дискретний енергетичний спектр (штучний атом). Основні фізичні явища в квантових точках: одноелектронні і однофотонні явища. Приладові застосування: лазери і світлодіоди в ближньому ІЧ діапазоні.

Унікальні властивості КТ дозволяють застосовувати їх майже в усіх системах маркування або візуалізації біологічних об'єктів. Для цього необхідно вводити їх у об'єкт безпосередньо або з «пришитими» розрізняючими молекулами (зазвичай це антитіла або олігонуклеотіди). Нанокристали проникають до об'єкту та розподіляються по ньому у відповідності зі своїми властивостями. В итозі, потрібний об'єкт (наприклад пухлинний) буде пофарбований заданим кольором.

Інший метод - використання квантових елементів для «сендвичевого» принципу реєстрації: тут той об'єкт, що потрібно зареєструвати використовується, як ланцюжок, що пов'язує між собою між «донором» і «акцептором», введеними зовні наночастинками. Прикладом реалізації такого методу є створення діагностикума на актоимуне захворювання: системна склеродермія. Тут донором були викоростані КТ з довжиною хвилі випромінювання 590нм, а акцептором – органічний барвник – AlexaFluor 633.

Важливість даної роботи, і взагалі перспектив подальшого використання квантових нанооб'єктів у біодіагностиці і медицині полягає у тому, що існує можливість діагностувати різноматині захворювання, зокрема, пухлинні та аутоімунні, на самій ранній стадії її формування, що дає змогу більш ефективного лікування.

Джерела:

- 1.Соровский образовательный журнал №5,1997 стр 80-86.
2. Олейников В.А. Квантовые точки в биологии и медицине. Природа № 3 (2010), 22 стр.
3. Олейников В.А., Суханова А.В., Набиев И.Р. Флуоресцентные полупроводниковые нанокристаллы в биологии и медицине. Российские нанотехнологии.№ 2 (2007), 160–173 стр.

УДК 517.518.45+621.3.03

**ЗАСТОСУВАННЯ РЯДІВ ФУР'Є В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ
ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ДІЮЧИХ ЗНАЧЕНЬ
НЕСИНУСОЇДАЛЬНИХ СТРУМІВ, ЕРС І НАПРУЖЕНЬ**

студент Італьянцев О. І., доц. Листопадова В. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ряд Фур'є – це тригонометричний ряд вигляду:

$$f(x) = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (B_n \cos nx + C_n \sin nx),$$

де $A_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx$, $B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nxdx$, $C_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nxdx$.

В електротехніці зручніша інша формула:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_{nm} \sin(n\omega_n t + \psi_n),$$

де ω - основна частота гармоніки A_0 - постійна складова,

$$A_{nm} = \sqrt{B_{nm}^2 + C_{nm}^2}, \quad \psi_k = \arctg \frac{C_{mk}}{B_{mk}}.$$

При $k=1$: $A_{1m} \sin(1\omega_1 t + \psi_1)$ - перша гармоніка.

При $k = 2, 3, \dots$: $A_{nm} \sin(n\omega_n t + \psi_n)$ - вища гармоніка.

Таке уявлення дозволяє при розрахунку лінійних електричних ланцюгів застосовувати принцип суперпозиції. Вважаючи, що несинусоїдальний сигнал - сигнал від джерела, проводять ряд розрахунків для кожної складової періодичного ряду. Отримані при цьому результати додаються.

Застосування рядів Фур'є, в електротехніці, розглянемо на прикладі знаходження діючих значень несинусоїдальних струмів, ЕРС і напружень.

Діюче значення струму будь-якої форми визначається за формулою:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}.$$

1)

Якщо несинусоїдальний струм виразити у вигляді ряду Фур'є

$$i = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t + \psi_n - \varphi_n),$$

то, підставивши це співвідношення в (1), одержимо:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left(I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t + \psi_n - \varphi_n) \right)^2 dt}.$$

Після піднесення до квадрату многочлена в дужках, одержимо:

$$\frac{1}{T} \int_0^T I_0^2 dt = I_0^2;$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T 2I_{km} \sin(k\omega t + \psi_k - \varphi_k) I_{lm} \sin(l\omega t + \psi_l - \varphi_l) dt = 0.$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T I_{km}^2 \sin^2(k\omega t + \psi_k - \varphi_k) dt = \frac{I_{km}^2}{2} = I_k^2; \quad \frac{1}{T} \int_0^T (I_0 I_{km} \sin(k\omega t + \psi_k - \varphi_k)) dt = 0;$$

Таким чином, діюче значення несинусоїдального струму дорівнює:

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2},$$

де, I_0 - постійна складова струму, а $I_1 = \frac{I_{1m}}{\sqrt{2}}$; $I_2 = \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}}$; ...; $I_n = \frac{I_{nm}}{\sqrt{2}}$ - діюча

складова струмів окремих гармонік.

Аналогічно отримаємо, діюче значення несинусоїдального ЕРС:

$$E = \sqrt{E_0^2 + E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2};$$

та діюче значення несинусоїдальної напруги:

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}.$$

Перелік посилань:

1. Дубовик В. П. Вища математика: навч. посібн. / Дубовик В. П., Юрик І. І.- К.: А.С.К., 2005. – 648 с.
2. Раскатов А.І. Задачник по электротехнике и электрооборудованию. - М.: Высшая школа, 2013.- 570 с.

УДК: 537

КЕРАМІЧНІ ПРОВІДНИКИ

студ. Кузнецова А.Д., доц. Печерська-Громадська К.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Однією з галузей електрокераміки є керамічні провідники. На відміну від металів будь-якого класу, кераміка має найширший спектр електричних властивостей. Тому її нерідко використовують для вироблення сучасних провідників.

Більшість кераміки протидіє потоку електричного струму, і з цієї причини вона і є відмінним провідником електрики. Багато провідників виробляють з високоякісної кераміки, враховуючи всі параметри матеріалу. Ізолююча кераміка використовується для ряду важливих додатків, наприклад, пакети для інтегральних схем.

Електрична провідність в кераміці, як і в більшості матеріалів, буває двох видів: електронна і іонна. Електронна провідність - це проходження вільних електронів через матеріал. У кераміці іонні зв'язки, які утримують атоми разом, не допускають вільні електрони. Проте, в деяких випадках домішок різної валентності, що включені в матеріал, домішки можуть виступати в якості донорів або акцепторів електронів. В інших випадках можуть бути включені перехідні метали або рідкоземельні елементи різної валентності; ці домішки можуть виступати в якості центрів для поляронів - видів електронів, які створюють невеликі ділянки локальної поляризації, які рухаються від атома до атома. Електропровідна кераміка використовуються в якості резисторів, електродів, і нагрівальних елементів.

Напівметалеві керамічні провідники мають найвищі провідності, крім надпровідної кераміки. Прикладами напівметалевої кераміки є оксид свинцю, діоксид рутенію. Як і метали, ці матеріали мають пересічні смуги енергії електронів і тому відмінні від електронних провідників. Вони

використовуються в якості «чорнила» для трафаретного друку резисторів в товстоплівкових мікросхемах.

Широке застосування мають термістори і електричні резистори, чії властивості опору змінюються з температурою. Вони виготовлені з матеріалів, які мають високі температурні коефіцієнти опору. Така кераміка, як правило, виготовляється на основі оксидів заліза, кобальту і марганцю, які мають невелику полярну провідність. При нормальних температурах існує енергетичний бар'єр для переміщення електронів. Оскільки теплова енергія підвищується з ростом температури, здатність електронів подолати цей бар'єр збільшується, так що питомий опір знижується.

Кращими керамічними провідниками є так звані високі надпровідники, матеріали, які втрачають свій опір при значно більш високих температурах, ніж аналоги з металевих сплавів. Перший такий провідник був відкритий в 1986 році швейцарськими дослідниками Дж. Беднорцом і Карлом Мюллером. Але керамічні надпровідники важко обробляти (на відміну від металевих сплавів надпровідників), і вони, як відомо, мають крихку структуру, що обмежує їх застосування. Вони застосовуються для високоефективних надпровідних магнітів, а також в сучасних пристроях, таких як контакти Джозефсона. Джозефсоновські контакти, що утворилися при співдотикі двох надпровідників, можуть перетворювати постійну напругу в змінний струм, частота якого зростає зі збільшенням прикладеної напруги так, що частоти можуть досягати до діапазонів надвисоких.

Перелік посилань:

1. <https://www.britannica.com/technology/conductive-ceramics>
2. <https://www.britannica.com/technology/electroceramics>
3. Ceramic Materials: Science and Engineering, C. Barry Carter, M. Grant Norton

УДК:535

ІНЖЕКЦІЙНІ АБО НАПІВПРОВІДНИКОВІ ЛАЗЕРИ ТА ПРИНЦИП ЇХ РОБОТИ.

студент Терещенко І.Ю., ст. викл. Печерська Т.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Відмінною особливістю напівпровідників, що виділяє їх в окремий клас матеріалів, є можливість керовано змінювати (інвертувати) тип їх електропровідності. Причому зміни питомого опору можуть досягати двадцяти і більше порядків. Саме ця особливість привела до створення р-n-переходу і розвитку напівпровідникової електроніки і мікроелектроніки. Використання розглянутих процесів випромінювальної рекомбінації в напівпровідниках при інжекції неосновних носіїв заряду через р-n-перехід, дозволило створити нові класи приладів - світлодіоди і напівпровідникові інжекційні лазери.

Напівпровідниковий або інжекційний лазер- генератор когерентного випромінювання в ультрафіолетовій, видимій або інфрачервоній областях на основі напівпровідникового кристалу. За способом збудження НПЛ поділяють на інжекційні, лазери з оптичним накачуванням і лазери з накачуванням пучком швидких електронів.

Інжекція - фізичне явище, що спостерігається в напівпровідникових або гетеропереходах, при якому при пропусненні електричного струму в прямому напрямку через р-n-перехід в прилеглих до переходу областях створюються високі концентрації нерівноважних («інжектованих») носіїв заряду. Явище інжекції є наслідком зменшення висоти потенційного бар'єру в р-n-переході при подачі на нього прямого зміщення.

Інжекційні лазери з фотодіодами є тими елементами, на яких базується сучасна оптоелектроніка. Можливості для їх застосування величезні - від найпростіших світлових індикаторів до волоконно-оптичних ліній зв'язку надвисокої місткості або лазерних систем обробки інформації. Маючи традиційні переваги напівпровідникових приладів: мали габарити, миттєву готовність до роботи, низькі робочі напруги, надійність, сумісність з інтегральною напівпровідниковою технікою, економічність і низька вартість - світлодіоди і інжекційні лазери ефективно перетворюють електричну енергію (сигнал) в світлову. Світлодіоди перетворюють електричний сигнал в некогерентне випромінювання оптичного діапазону, а інжекційні лазери - в когерентне.

Найбільшу цікавість зараз викликають напівпровідникові лазери. Використання напівпровідників в якості активного середовища дозволяє безпосередньо перетворити електричну енергію в енергію світлового

випромінювання. Внаслідок цього напівпровідникові лазери мають високий ККД і дозволяють порівняно просто здійснювати модуляцію.

Відповідно до квантової теорії в кристалах напівпровідника валентні електрони зазвичай займають одну з енергетичних зон, так звану валентну зону. Для того щоб в кристалі напівпровідника створити пару «електрон - дірка», одному електрону в валентній зоні необхідно повідомити додаткову енергію, яка передається йому впливом світла, струму або при підвищенні температури. В результаті електрон переходить в зону з більш високою енергією - в зону провідності (верхній рівень), що призводить до появи пари носіїв заряду: електрона (в зоні провідності) і дірки (в валентній зоні). Енергія, необхідна для створення пари електрон - дірка, вимірюється шириною забороненої зони. Коли збуджені електрони переходять із зони провідності у валентну зону (а дірки в цей же час роблять перехід в протилежному напрямку), відбувається рекомбінація пар електрон - дірка; при цьому виділяється енергія у вигляді квантів світлового випромінювання (фотонів) або квантів енергії термічних коливань решітки кристала (фононів).

Щоб надати світлу певний напрям, на двох протилежних сторонах кристала необхідно помістити паралельні дзеркала. Це можна зробити завдяки спеціальному поліруванню протилежних граней кристала. Слід зазначити, що ці дві бічні грані кристала обов'язково робляться паралельними один до одного і перпендикулярними до площини р-п переходу. Вони утворюють резонансну систему лазера. Дві інші грані поліруються під кутом одна до одної, щоб в напрямку цих граней не було випромінювання.

Випромінювання напівпровідникового лазера можна модулювати відповідною зміною струму зміщення, що подається на діод в прямому напрямку. При цьому частота модулюючих коливань досягає тисяч мегагерц.

Також, значною перевагою напівпровідникових лазерів є те, що вони можуть працювати при більш високих частотах проходження імпульсів (десятки кілогерц), ніж лазери на рубіні. Але, нажаль, нема нічого ідеального. І основний недолік інжекційних лазерів в тому, що, в порівнянні з іншими типами лазерів, вони випромінюють коливання в більш широкій смузі частот, і тому їх випромінювання менш сфокусовано.

Перелік посилань:

1. Хмельов К. Ф. Основи SDH: Монографія. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2003.
2. <http://www.explainthatstuff.com>
3. <http://msd.com.ua>
4. <http://www.teh-lib.ru>
5. <http://megabook.ru>
6. <https://ru.wikipedia.org>

УДК: 535-1/-3, 535.8

ФОТОДІОДИ НА ОСНОВІ ВИПРОМІНЮВАЧІВ БІЛОГО СВІТЛА

студ. Яцюк І.О., ст. викл. Печерська Т.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Світлодіоди - монохроматичні джерела світла, на їх основі можна створювати джерела білого світла. Людське око сприймає світло як біле, якщо всі три групи рецепторів його сітчатки збуджені у визначеному співвідношенні. Координати кольоровості білого світла знаходяться в області, що розташована у центрі кольорової діаграми.

Отримати біле світло можна на основі великої кількості спектрів випромінювання. Існує декілька способів створення білого світла за допомогою монохроматичних випромінювачів видимого спектру. Наприклад, на основі випромінювання світлодіодів двох, трьох та чотирьох кольорів. Випромінювачі характеризуються наступними параметрами: світловою віддачею, світловою ефективністю випромінювання та кольоропередачею. Двокольорові джерела білого світла, як правило, мають самі високі значення світлової ефективності, але при цьому найгіршу кольоропередачу. Трикольорові випромінювачі мають прийнятні параметри кольоропередачі ($CRI > 80$) та середні показники світлової ефективності (більше 300 лм/Вт). Індeksi кольоропередачі чотирикольорових джерел білого світла можуть бути більше 90.

Відоме джерело білого світла, сформовано за схемою «червоний-зелений-синій» (ЧЗС), тобто шляхом адитивного змішування червоного, зеленого і синього світла. Складається воно, з джерела синього світла і шару суміші двох флуоресцентних матеріалів. При опроміненні синім один з них випускає червоний, а інший - зелене світло. Флуоресцентний шар виконаний з кристалічного молібдату гадолінію $Gd_2(MoO_4)_3$, легovanого туллієм, тербієм і європієм.

Молібдат гадолінію, легований туллієм, при опроміненні синім світлом з максимумом інтенсивності в діапазоні довжин хвиль 370-390 нм, випромінює синє світло, але з максимумом смуги випромінювання на довжині хвилі 453 нм.

Якщо легувати тербієм, при опроміненні синім світлом з максимумом інтенсивності в тому ж діапазоні довжин хвиль, випромінюється зелене світло з максимумами смуг випромінювання на довжинах хвиль 543 нм і 548 нм. Молібдат гадолінію, легований європієм, при опроміненні синім світлом з максимумом інтенсивності в тому ж діапазоні довжин хвиль, випромінює червоне світло з максимумом смуги випромінювання 615 нм.

При спільному легуванні Gd₂ (MoO₄)₃ Туллієм, тербієм і європієм опромінення кристала синім світлом з максимумом інтенсивності в діапазоні довжин хвиль 370-390 нм призводить до незалежного випромінювання всіх трьох оптично активних центрів. При цьому, за рахунок адитивного змішування, візуально фіксується біле випромінювання.

Важливо відзначити, що Gd₂ (MoO₄)₃, легований тулієм, тербієм і європієм, є термічно стабільним в широкому температурному інтервалі і характеризується високою радіаційною стійкістю, що дозволяє використовувати розглянуте джерело білого світла в різних практичних застосуваннях.

Окрім того, інколи використовуються джерела які, створюються з великої кількості світлодіодів, зокрема 4 або більше. Наприклад додається оранжеве світло. Відношення потужностей випромінювання джерел оранжевого, зеленого та синього світла підбираються так, щоб координати кольоровості результуючого випромінювання співпадали з координатами кольоровості абсолютно чорного тіла з кольоровою температурою 6500 К.

Зростання кількості світлодіодів різного типу часто веде до зниження світлової віддачі. Чотирикольорові джерела білого світла, як правило, мають більші індекси кольоропередачі, але меншу світлову ефективність випромінювання у порівнянні з трикольоровими, отже на практиці ширшого використання набули саме трикольорові діоди.

Перелік посилань:

1. В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась «Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування», Харків ХНАМГ 2012, ст.227-238
2. <http://www.findpatent.ru/patent/245/2456712.html>

УДК 66.011

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

студент Яцюк І.О., к.ф.-м.н., доц. Листопадова В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

“Якщо хтось хоче глибше осягнути хімічні істини,
то він повинен вивчати механіку.

А оскільки знання механіки передбачає знання

чистої математики, то той, хто прагне до найближчого вивчення хімії, має бути обізнаним і з математикою”.

М.В.Ломоносов

Формуванню компетентного підходу до вивчення хімії слугує математика. Сучасна хімія не може обходитися без математичних обчислень, зокрема, під час розрахунків хімічних процесів на виробництвах та ін. Наприклад, при необхідності перевірки на виробництві готової деталі на брак за формою і за розмірами, звертаються до теорії ймовірності.

Нехай, ймовірність браку за формою дорівнює 0,05, за розмірами – 0,01. Яка ймовірність того, що взята навмання деталь буде бракованою і за формою і за розмірами? Яка ймовірність того, що деталь буде якісною?

Розв’язання: Нехай подія **A** - взята навмання бракована деталь; події **A1** - брак за формою, **A2** - брак за розмірами. Тоді

$$A = A1 + A2,$$

де **A1** і **A2** - сумісні і незалежні події. Згідно з теоремою про додавання ймовірностей сумісних подій (ймовірність появи хоча б однієї з двох сумісних подій дорівнює сумі ймовірностей цих подій без ймовірності їх сумісної появи),

$$P(A) = P(A1 + A2) = P(A1) + P(A2) - P(A1 \cdot A2),$$

$$P(A) = 0.01 + 0.05 - (0.01 \cdot 0.05) = 0,0595.$$

Отже, поява якісної деталі дорівнює $1 - P(A) = 1 - 0,0595 = 0,9405$. Ймовірність того, що взята деталь бракована і за формою і за розмірами, за теоремою про множення ймовірності випадкових подій визначаємо наступною формулою:

$$P(A1 \cdot A2) = P(A1) \cdot P(A2) = 0.01 \cdot 0.05 = 0.0005.$$

Також на виробництвах, для досліджень хімічних процесів використовують математичні моделі, які дають можливість зекономити тисячі гривень, на непотрібні експерименти. Одним із прикладів застосування

математичних моделей у хімічних процесах є модель обчислення накопичення речовини:

зміна маси деякого рідкого або твердого компонента в межах системи може бути представлена у вигляді похідної маси за часом $\frac{dm_i}{dt}$, де m_i - маса i -ї речовини; t - час. З урахуванням об'єму області V і концентрації речовини c_i (кмоль/м³ або кг/м³) останній вираз для будь-якого компонента можна подати у вигляді:

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{d(Vc_i)}{dt}.$$

Для урахування накопичення (зміни маси) газів може бути використане рівняння Менделєєва-Клапейрона, яке зв'язує концентрацію n_i i -ї речовини (у мольних частках) із парціальним тиском p_i і температурою T : $p_i V = n_i RT$. У термінах концентрації це рівняння має вигляд:

$$c_i = \frac{n_i M_i}{V} = \frac{p_i M_i}{RT} = \frac{y_i P M_i}{RT},$$

де y_i - мольна частка і M_i - молекулярна вага i -го компонента у газовій фазі; P - повний тиск у системі. У цьому випадку процес накопичення для газової фази з урахуванням першої формули набуде вигляду:

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{d(Vc_i)}{dt} = \frac{d\left(\frac{V p_i M_i}{RT}\right)}{dt} = \frac{M_i}{R} d\left(\frac{V p_i y_i}{T}\right).$$

Для всієї газової системи перше рівняння отримає вид:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(V\rho)}{dt},$$

де ρ - густина газової фази.

Отже, ми бачимо як математичні моделі дають змогу обчислити та пояснити багато хімічних та фізичних процесів, що ілюструє активне застосування різних розділів математики в хімічних процесах та на виробництві.

Перелік посилань:

1. Луговський В. І. «Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології»: конспект лекцій з курсу для студентів хіміко-технологічних спеціальностей. ОНПУ, 2003 – с. 20-65.

2. Вища математика в прикладах та задачах. Частина VI. Випадкові події: Навч. посібник /Укл.: А.В. Павленко, І.В. Пасічник, А.Г. Моня та ін. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 79 с.

СЕКЦІЯ 1

ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ

Бушма Я.Ю., Зубрій О.Г. 4

ЛІНІЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБОК МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА БАЗІ КАСКАДНОГО ДИСКОВО- ШЕШТЕРЕННОГО ЕКСТРУДЕРА

Гумінська А.О., Швед М.П. 6

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА АЗОТНОЇ КИСЛОТИ З РОЗРОБКОЮ АБСОРБЦІЙНОЇ КОЛОНИ, ХОЛОДИЛЬНИКА НІТРОЗНИХ ГАЗІВ, СЕПАРАТОРА

Кот Р.О., Двойнос Я.Г. 8

ВІДПАРНА КОЛОНА, ХОЛОДИЛЬНИК, ДЕЛЕГМАТОР У ПРОЦЕСІ СЕЛЕКТИВНОЇ ОЧИСТКИ МАСТИЛА ФЕНОЛОМ ТА КРЕЗОЛОМ

Лапа М.С., Степанюк А.Р. 10

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДІЛЬНИЦІ ГРАНУЛЮВАННЯ КАРБАМІДУ

Полозов В. В., Двойнос Я. Г. 12

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРНОГО БЛОК УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

Поленок Р.В., Степанюк А.Р. 14

МОДЕРНІЗАЦІЯ АБСОРБЕРА РОТОРНОГО ДИСКОВОГО З НАСАДКОЮ

Полозов В. В., Двойнос Я. Г. 16

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ НАФТОВИХ ГАЗІВ

Фурс О.В., Степанюк А.Р. 18

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З РОЗРОБКОЮ СКРУБЕРА, ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ПАРОВОГО ПІДГРІВАЧА

Шеляг А.В., Степанюк А.Р. 20

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОТИТОЧНОГО АБСОРБЕРА ДЛЯ ПОГЛИНАННЯ SO₂ ВОДОЮ

Борисенко А. С., Степанюк А. Р. 22

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА З ПЛАВАЮЧОЮ ГОЛОВКОЮ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Гребелюк І. В., Степанюк А. Р. 24

ТАРІЛЧАСТА ВІДПАРНА РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА ДЛЯ ВІДДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКІВ ВІД МАСТИЛА

Денисенко В.Р., Степанюк А.Р. 26

МОДЕРНІЗАЦІЯ СПІРАЛЬНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ МАЗУТУ

| | |
|--|----|
| Іваненко М.С., Степанюк А. Р. | 28 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОВІТРЯНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА ДЛЯ УСТАНОВКИ ВІДДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКІВ ВІД МАСТИЛА | |
| Ільєнко А.В., Степанюк А.Р. | 30 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ БЕНЗОЛ-МЕТИЛБЕНЗОЛ | |
| Козакова А.В., Степанюк А.Р. | 32 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРА-ПОЛІМЕРИЗАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ | |
| Сацердотов А.О., Гулієнко С.В. | 34 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРУБЧАСТОГО ЕЛЕМЕНТА ТЕПЛООБМІННИКА | |
| Тищенко К. В., Степанюк А. Р. | 36 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА З ВІНОСНОЮ КАМЕРОЮ ДЛЯ УСТАНОВКИ ВІДДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКІВ ВІД МАСТИЛА | |
| Труба А.М., Степанюк А.Р. | 38 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СУПЕРФОСФАТУ | |
| Чеберда В.О., Степанюк А.Р. | 40 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИСТОГО БАРІЮ | |
| Шиховцев Є.Р., Степанюк А.Р. | 42 |

СЕКЦІЯ 2 КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БІОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

| | |
|--|----|
| ВДОСКОНАЛЕННЯ ФЕРМЕНТЕРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ | |
| Драгузя О.В., Дахненко В.Л. | 45 |
| ДО РОЗРОБКИ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА | |
| Драгузя К. В., Дахненко В. Л. | 47 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА | |
| Драгузя К.В., Дахненко В.Л. | 49 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ФЕРМЕНТЕРА ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ | |
| Драгузя О.В., Дахненко В.Л. | 51 |
| БЛОК СИНТЕЗУ АМІАКУ З РОЗРОБКОЮ КОЛОНИ СИНТЕЗУ, КОТЛА - УТИЛІЗАТОРА ТА ВІНОСНОГО ТЕПЛООБМІННИКА | |
| Мельник О.М, Зубрій О.Г. | 53 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ФЕРМЕНТЕРА В ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІЗИНА | |
| Метліна М.С., Зубрій О.Г. | 55 |

| | |
|--|----|
| УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ» | |
| Гайдін Є.М., Андреев І.А. | 57 |
| ВИПАРНИЙ АПАРАТ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ | |
| Лещенко О.А., Гулієнко С.В. | 59 |
| УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА | |
| С.Г.Мішуков, І.А.Андреев | 61 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ФЕРМЕНТЕРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ | |
| Ю.П.Новікова, О.Г.Зубрій | 63 |
| ФЕРМЕНТАТОР УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ | |
| Новодворський В.В., Гулієнко С.В. | 65 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТА ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ | |
| Б.І.Пищик, І.А.Андреев, | 67 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА | |
| Є.В. Романюк, І.А.Андреев | 69 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОГО АБСОРБЕРА ДЛЯ ПОГЛИНАННЯ ПАРІВ АЦЕТОНУ | |
| Атаманенко К.Є., Гулієнко С.В. | 71 |
| РОЗПИЛЮЮЧА СУШАРКА ДЛЯ СУШІННЯ АНТИБІОТИКІВ | |
| Шемета С.А., Гулієнко С.В. | 73 |

СЕКЦІЯ 3

ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ

| | |
|--|----|
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРЬОХВАЛЬНОГО ПРЕСА КАРТОНОРІВНОЇ МАШИНИ | |
| Процак А.С. Марчевський В.М. | 76 |
| СУШИЛЬНА ЧАСТИНА КРМ | |
| Вашук С.М. | 78 |
| КОМБІНОВАНИЙ ПРЕС КАРТОНОРІВНОЇ МАШИНИ | |
| Ковальчук В.В. | 80 |
| ТИПИ ТА КОНСТРУКЦІЇ НАКАТІВ В ПАПЕРОРІВНИХ МАШИНАХ | |
| Молодцов В.В. | 82 |
| СУЧАСНІ ПРЕСОВІ ВАЛИ | |
| Олійник А.Р., Новохат О.А. | 84 |
| ВАЛ З ГІДРОПІДТРИМКОЮ СОРОЧКИ | |
| Рисич О.В., Зайцев С.В. | 86 |
| ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАЛАНДРІВ | |
| Шкут М.А., Мельник О.П. | 88 |
| ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ КАРТОНОРІВНИХ МАШИН | |
| Бобела С. О., Мельник А. С., Зайцев С. В. | 90 |

| | |
|---|-----|
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРІБНОЇ МАШИНИ | |
| Вишар А.С., Мельник О.П. | 92 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПРМ З ГЛУХИМИ ОТВОРАМИ | |
| Гордієнко І.М., Зайцев С.В. | 94 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КРМ | |
| Гурін Д.В., Гробовенко Я.В. | 96 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРІБНОЇ МАШИНИ | |
| Деркач О. Д., асист. Гробовенко Я. В. | 98 |
| ЦЕОЛІТ В ЯКОСТІ НАПОВНЮВАЧА ПАПЕРУ І КАРТОНУ | |
| Маргарян А.А., Марчевський В.М. | 100 |
| СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ ПРИ СУШІННІ САНІТАРНО - ГІГІЄНІЧНОГО ПАПЕРУ | |
| Перепелиця Д.О, Новохат О.А. | 102 |
| ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА | |
| Пензев О.С., Новохат О.А. | 104 |
| ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ | |
| Сюрвасев С.В., Мельник О.П. | 106 |
| АНАЛІЗ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ ДЛЯ ПАКУВАННЯ | |
| Хора Б.О., Мельник О.П. | 108 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ | |
| Шквира Б. Г., Мельник О. П. | 110 |

СЕКЦІЯ 4

ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ

| | |
|--|-----|
| АЛЬТЕРНАТИВНА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНА СИРОВИНА | |
| Власенко М., Дану А., Черьопкіна Р.І. | 113 |
| ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ШАХТНОЙ ВОДЫ (ШАХТА М.ГОРЬКОГО, Г.ДОНЕЦК) | |
| Оверченко Т.А., Козачек Т., Земляная Н. | 115 |
| ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРУПОВОГО УРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ (МГУА) В ДОСЛІДЖЕННЯХ З ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ КУКУРУДЗЯНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ | |
| Старосила Ю.С., Плосконос В.Г. | 117 |

СЕКЦІЯ 5

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

РАФІНУВАННЯ ОЛІЇ З НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Бабко Д.Є., Горобійовська Є.М., Копиленко А.В. 121

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Бондарчук А.В., Копиленко А.В. 123

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СОРБЕНТІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД

Зінець Є.О, Зоткіна Л.В., Копиленко А. В. 125

ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ СОРБЕНТІВ У БУРЯКО-ЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Ліхван І.Г., Копиленко А.В. 127

ЗАСТОСУВАННЯ ШЕСТИВОДНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ СУШАРКИ

Улітько Р.М. 129

СЕКЦІЯ 6

ТЕОРЕТИНЧА МЕХАНІКА

КОЛИВАННЯ АСТАТИЧНОГО МАЯТНИКА

Гавриленко В.В., Штефан Н.І. 132

ЗБУРЕНІ МАЛІ КОЛИВАННЯ СИСТЕМИ З ДВОМА СТЕПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

Євзютін П.Ю., Штефан Н. І. 134

ДИНАМІКА ПОСЛІДОВНИХ УДАРІВ

Італьянцев О. І., Штефан Н. І. 135

ЗГАСАЮЧІ МАЛІ КОЛИВАННЯ СИСТЕМИ З ДВОМА СТЕПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

Камінський В. С., Штефан Н. І. 136

ЯВИЩЕ УДАРУ В МЕХАНІЦІ

Коваль В. О., Штефан Н. І. 137

КОСІЙ УДАР ДВОХ КУЛЬ

Крамар О. В., Штефан Н. І. 139

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ ПРО ЗМІНУ КІЛЬКОСТІ РУХУ В ЗАДАЧІ ПРО УДАР

Кузнецова А.Д., Штефан Н.І. 140

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ ОСТРОГРАДСЬКОГО КАРНО ПРО ВТРАТУ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Стеблецький І.М., Штефан Н.І. 141

КОЛИВАННЯ ФІЗИЧНОГО І МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКІВ

Яцюк І.О., Штефан Н. І. 143

СЕКЦІЯ 7

ДЕТАЛІ МАШИН

НАНЕСЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ СТАЛЕЙ КАРБІДНИХ ПОКРИТІВ

| | |
|---|-----|
| НА ОСНОВІ КАРБІДІВ ТИТАНУ ТА ВАНАДІЮ Гаврілов Є.Е., Горобець О.І. | 145 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ШТАМПІВ І НОЖІВ З ПОКРИТТЯМИ Захарчук А.О., Ключников Ю.В. | 147 |
| ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА МОДИФІКУВАННЯМ ЙОГО ПОВЕРХОНЬ КАРБІДАМИ ТИТАНУ ТА ВАНАДІЮ Лаюк О.М., Сердітов О.Т | 149 |
| ПРИВІД КОЛЕСА ЛУНОХОДА Михалишина Т. С., Ковба А. М., Скуратовський А. К. | 150 |
| СЕГМЕНТНІ СЕКЦІЙНІ ПІДШИПНИКИ Процюк О.О., Тертус О. Г., Скуратовський А.К. | 152 |
| ОДНОШНЕКОВІ ЕКСТРУДЕРИ Крестошина О. П., Ішкіна Н. З., Скуратовський А. К. | 153 |
| ВИГОТОВЛЕННЯ КУЛЬКОВИХ ПІДШИПНИКІВ Котенко Д. В., Матохнюк М. Б., Скуратовський А.К. | 154 |
| АГЛОМЕРАТОР Пінчук А. Є., Шевченко Я. М., Скуратовський А.К. | 155 |
| ПІДВІСНИЙ МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР Король А. Ю., Тищенко К. В., Скуратовський А. К. | 156 |
| БАРАБАННИЙ МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР Кушнірук В. М., Черняк В. М., Скуратовський А. К. | 157 |
| ГІБРИДНІ ПІДШИПНИКИ Орел О. Ю., Пінчук В. В., Скуратовський А. К. | 158 |
| МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД Рубльов А.В. | 159 |
| ОЧИЩЕННЯ КОРПУСІВ РЕДУКТОРІВ ДРОБОМ Нечипоренко Р. А., Холод І. І., Скуратовський А. К. | 160 |
| СПОСОБИ ЗМАЩУВАННЯ ПРИВОДНИХ ЛАНЦЮГІВ Ткачук М. В., Нурадінов І. А., Скуратовський А. К. | 161 |

**СЕКЦІЯ 7
МАТЕМАТИКА, ФІЗИКА**

| | |
|--|-----|
| КВАНТОВІ ТОЧКИ, ЯМИ ТА НИТКИ. ЗАСТОСУВАННЯ НАНООБ'ЄКТІВ В МЕДИЦИНІ. Євзютін П.Ю., Печерська-Громадська К.Ю. | 163 |
| ЗАСТОСУВАННЯ РЯДІВ ФУР'Є В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ДІЮЧИХ ЗНАЧЕНЬ НЕСИНУСОЇДАЛЬНИХ СТРУМІВ, ЕРС І НАПРУЖЕНЬ Італьянцев О. І., Листопадова В. В. | 165 |
| КЕРАМІЧНІ ПРОВІДНИКИ Кузнецова А.Д., Печерська-Громадська К.Ю. | 167 |

**ІНЖЕКЦІЙНІ АБО НАПІВПРОВІДНИКОВІ ЛАЗЕРИ ТА ПРИНЦИП
ЇХ РОБОТИ**

Терещенко І.Ю., Печерська Т.В. 169

ФОТОДІОДИ НА ОСНОВІ ВИПРОМІНЮВАЧІВ БІЛОГО СВІТЛА

Яцюк І.О., Печерська Т.В. 171

**ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
В ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСАХ**

Яцюк І.О., Листопадова В.В. 173

Підписано до друку 01.12.2016 р. Формат 60x90 1/16.

Папір офсетний. Умовн. др. арк. 7,6

Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 1512/01.

Підприємство «УВОІ «Допомога» УСІ»

Свідоцтво про державну реєстрацію №31245580

03056, м. Київ, пров. Політехнічний, 6, корп. 5 (КП)

Тел.: 277-80-08.