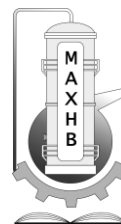


**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”
НТУУ “КПІ”**

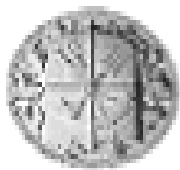
Інженерно-хімічний факультет



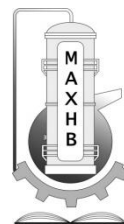
**Збірник тез доповідей X всеукраїнської
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

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

01-04 квітня
Київ 2012



**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”
НТУУ “КПІ”**



Інженерно-хімічний факультет

**Збірник тез доповідей X 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., доцент Андреев Ігор Анатолійович

к.т.н., доцент Швед Микола Петрович

к.т.н., доцент Зубрій Олег Григорович

к.т.н., доцент Степанюк Андрій Романович

ІТТФ НАН України

д.т.н., професор Снежкін Юрій Федорович

Інститут Газу НАН України

к.т.н., доцент Ільєнко Борис Кузьмич

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

Комп'ютерна верстка: Ступак С

Рекомендовано до друку
кафедрою машин та апаратів хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 10
від 11 квітня 2012 р.

Посвідчення Українського інституту науково-технічної і економічної
інформації (УкрІНТЕІ) № 301

СЕКЦІЯ 1

**«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

УДК 66.095.26-977

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРА ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ СТИРОЛУ В
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМІ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ЕМУЛЬСІЙНОГО ПОЛІСТИРОЛУ**

студент Давидов А.С., асистент Гатілов К.О.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Сучасні ринкові відносини передбачають використання підприємствами хімічної промисловості обладнання нового типу, що забезпечує поліпшення якості продукції, підвищення ефективності виробництва, підвищення рентабельності. Провідна роль у багатьох технологічних операціях відводиться перемішуванню реакційної маси з підводом або відводом тепла.

Емульсійний полістирол має важливе значення в промисловості та будівництві завдяки його невисокої вартості, простоті переробки і великому асортименті марок [1]. Його отримують в апараті з якірною мішалкою і гріючою оболонкою. За допомогою перемішування досягається тісний контакт частинок і безперервне оновлення поверхні реагуючих речовин, з метою прискорення процесів тепло- та масообміну, зменшення часу протікання хімічної реакції.

В середовищі, що перемішується потрібно створювати значні зрізуючі зусилля, які залежать від величини градієнта швидкості. В тих зонах апарата, де градієнт швидкості має найбільше значення, відбувається найбільш інтенсивне диспергування дисперсної фази. Головною метою перемішування є зниження концентраційних і температурних градієнтів в об'ємі апарата. Для економічної доцільності проведення процесу, необхідно щоб бажаний ефект перемішування досягався за менший період часу, тобто зменшувались питома витрата енергії на одиницю продукції, що є показником економічної ефективності перебігу процесу, Дж/кг:

$$j = \frac{Q}{\tau G},$$

де τ – час на перемішування, с;

Q – кількість енергії, витраченої на процес перемішування, Дж;

G – продуктивність апарата, кг/с.

Ефективність перемішування характеризує ступінь рівномірності

розподілу твердої фази в об'ємі апарату при інтенсифікації теплових і дифузійних процесів – співвідношенням коефіцієнтів тепло- і масопередачі при перемішуванні і без його. Ефективність залежить від конструкції перемішуючого приладу та від величини енергії яку вводять в рідину, що перемішують. Інтенсивність перемішування визначається часом досягнення заданого технологічного результату, чим вище інтенсивність перемішування, тим менше часу потрібно для досягнення заданого ефекту перемішування.

Інтенсифікувати процес дозволяє пасивна та активна зміна параметрів процесу. Збільшення числа обертів та розмірів перемішуючого приладу відноситься до пасивної або екстенсивної зміни параметрів процесу; конструктивна зміна, що забезпечує покращене змішування, високу ефективність гідравлічної системи, запобігає утворенню вихрових потоків та кавітаційних бульбашок, стабілізує роботу перемішуючого приладу – активні або інтенсивні зміни.

Геометричні співвідношення апарата і перемішуючого приладу впливають на інтенсивність теплообміну і енергетичні затрати. Тому слід застосовувати оптимальні геометричні співвідношення для вибраного типу перемішуючого пристрою.

Метою дипломної роботи є вибір, проектування та модернізація реактора полімеризації стиролу в технологічній схемі процесу виготовлення емульсійного полістиролу, інтенсифікації реакційних та тепло-масообмінних процесів активними та пасивними методами, що і покладено в основу корисної моделі [2],[3].

Перелік посилань:

1. Давидов А.С., Гатілов К.О. Реактор полімеризації стиролу технологічній схемі виготовлення емульсійного полістиролу// Збірник тез доповідей IX всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів ” -2011-С.11-12.

2. Патент №26161 України на корисну модель. МПК C08F 2/00. Реактор полімеризації./ Давидов А.С., Гатілов К.О.

3. Патент №26164 України на корисну модель. МПК C08F 2/00. Реактор полімеризації./ Давидов А.С., Гатілов К.О.

УДК 62 - 68

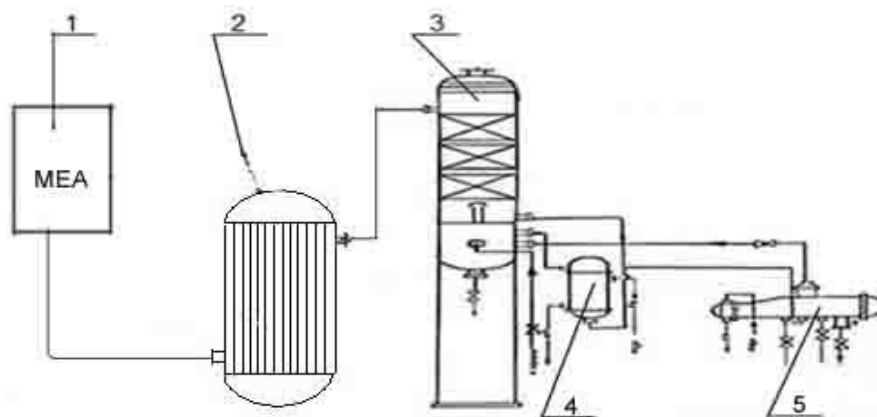
МОДЕРНІЗАЦІЯ ДІЛЯНКИ ДЕСОРБЦІЇ РОЗЧИНУ МОНОЕТИЛАМІНУ (МЕА) ПРИ ОТРИМАННІ ВОДНЮ З КОНВЕРТОВАНОГО ГАЗУ

студент Вербовський Д.О., к.т.н., доц. Швед М. П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Одержання водню із конвертованого газу є досить поширеним процесом, який застосовується на виробництвах. Технологічний процес одержання водню складається із наступних ділянок: конверсії окису вуглецю, охолодження газового конденсату, десорбції розчину МЕА (рис.1), ділянки холодильної машини, глибокої осушки водню, збору парового конденсату та ділянки зберігання азоту. Теплові процеси в даному виробництві мають ключове значення в плані економії та збереження теплової енергії.



1 – ємність МЕА; 2 – теплообмінник; 3 – десорбер; 4 – кип'ятильник;
5 – смолівідокремлювач;

Рис. 1 – Схема ділянки десорбції МЕА виробництва водню

На поверхню теплообміну і на віднесену до неї частку капітальних витрат, а також на вартість експлуатації впливає недорекуперація теплоти. Чим менше величина недорекуперації теплоти, тобто чим менша різниця

температур гарячого теплоносія на вході і теплоносія, що нагрівається на виході при протитечії, тим менші експлуатаційні витрати.

У теплообміннику 2, відбувається підігрівання розчину МЕА від 70 °С до 110 °С гріючою парою. Через те, що розчин МЕА має відносно високу в'язкість (коефіцієнт динамічної в'язкості становить $19 \cdot 10^{-3}$ Па·с) раціонально було б замість кожухотрубного теплообмінника використовувати теплообмінник з вищою інтенсивністю теплопередачі та меншим гідравлічним опором, наприклад спіральний [1].

Ці теплообмінники компактні, площа поперечних перерізів каналів по всій довжині лишається незмінною, потік не зазнає різких змін напрямку, через що забруднення поверхні спіральних теплообмінників і гідравлічний опір менший, ніж у теплообмінних апаратів інших типів. Конструкція апарата дозволяє проводити порівняно легке очищення каналів.

Один кубічний метр спірального теплообмінника вміщує до 82 квадратних метрів поверхні теплообміну на відміну від кожухотрубного, який вміщує до 64 [2], що значно зменшує площу, яку займає апарат. Основними складовими ефективності використання теплообмінного апарату є його поверхня, гідравлічний опір та вартість матеріалів, з яких він виготовлений. Через те, що інтенсивність теплопередачі, гідравлічний опір та металоємність спіральних теплообмінників кращі чим в кожухотрубному апараті, а також враховуючи те, що вартість одиниці поверхні теплообміну з листового матеріалу значно нижче вартості одиниці поверхні теплообміну, що утворюються з труб, цілком можливо отримати значний економічний ефект при заміні кожухотрубного теплообмінника спіральним.

Перелік посилань:

1. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств / М.Ф.Михалев, Н.П Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.

УДК 621.184.2

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА
УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ**

к.т.н., доцент Швед М.П., студент Кравченко С.Є.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Теплообмінні апарати є великогабаритним, металоємким, дорогим і наукоємким устаткуванням, що в значній мірі визначає компоновку, ефективність і надійність роботи лінії виробництва водню в цілому.

Більшість теплообмінних апаратів в схемі синтезу водню мають кожухотрубну конструкцію.

Критеріями оцінки сучасного рівня розробок теплообмінних апаратів з точки зору їх надійності і довговічності прийнято рахувати наступні показники : - встановлений термін служби - не менше 30 років; - міжремонтний період (між капітальними ремонтами) - не менше 50 000 ч.; - середнє напрацювання на відмову - не менше 16 000 ч.; - коефіцієнт готовності - не менше 0,99; -високий ККД [1].

В основу модернізації покладено завдання підвищення ефективності роботи холодильника, за допомогою підвищення ККД , шляхом модернізації холодильника, або підбору апарата іншої конструкції, що дозволить збільшити коефіцієнт теплопередачі і, відповідно, підвищує інтенсивність тепловіддачі [2].

Пластинчасті теплообмінні апарати, як правило, мають наступні переваги (порівняно з кожухотрубними):

1. Вищий (у 3-5 разів) коефіцієнт теплопередачі, що, природно, повинно зумовлювати менші массогабаритні характеристики апаратів.
2. Вищу надійність апаратів.
3. Простоту експлуатації і обслуговування.

Нижче представлений аналіз цих чинників, у тому числі з позицій можливості вживання пластинчастих теплообмінних апаратів в схемах.

Досягнення високих значень коефіцієнтів теплопередачі в пластинчастих теплообмінних апаратах цілком можливо. Це визначається особливостями їх (апаратів) конструкцією, зокрема - малими розмірами каналів (1,5 - 5,0 мм), а також їх профілізацією (гофрируванням), що в сукупності зумовлює високу міру турбулізації теплоносіїв. Але гідравлічні втрати в пластинчастих апаратах, які за даними [2] істотно (у рази) вище, ніж в аналогічних кожухотрубних апаратів. Допустимий тиск у вузьких каналах з штучною шорсткістю при високій мірі турбулізації теплоносіїв.

Надійність роботи устаткування є в даний час однією з основних вимог як при розробці (проектуванні), так і при його експлуатації (в т.ч. при модернізації устаткування). Пластинчасті апарати, як правило, в порівнянні з кожухотрубними, мають вищу корозійну стійкість, бо виготовляються з корозійностійких матеріалів: неіржавіюча сталь, титан, нікелеві сплави і тому подібне.

Технічна характеристику холодильника : продуктивність по технічній воді 9,49 кг/с; початкова температура технічної води 295 К; кінцева температура технічної води 323 К; тиск технічної води 0,3 МПа; витрата конденсату 8,68 кг/с; початкова температура конденсату 343 К; кінцева температура конденсату 313 К; тиск 0,3 МПа,

Враховуючи переваги і недоліки даних апаратів, а також технічну характеристику холодильника, приймаємо, що доцільніше модернізувати даний кожухотрубний холодильник .

Перелік посилань:

1. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1998. - 286 с.
2. Теплообменники энергетических установок: Учебник для вузов. К.Э.Аронсон, С.Н.Блинков, В.И.Брезгин и др. Под ред. Ю.М.Бродова. Екатеринбург: Изд-во "Сократ", 2003. - 986 с.

УДК 66.045

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ

студент Плешко О.В., к.т.н., доц. Швед М. П.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

На сьогоднішній день в Україні постала необхідність у виробництві якісних синтетичних розчинників і сировини для виробництва полімерних матеріалів. Одним з таких матеріалів є стирол.

Стирол – це агресивна безбарвна рідина зі специфічним запахом, майже нерозчинна у воді, але гарно розчиняється в органічних розчинниках, його густина $\rho = 906 \text{ кг/м}^3$, а в'язкість $\mu = 0,763 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Кипить при температурі 145°C .

Стирол використовують для виробництва різних полімерів: від еластичної піни до високоякісних технічних пластмас, але в основному він витрачається на виробництво полістиролу, який є відносно дешевим полімером і набув широкого використання в народному господарстві.[1]

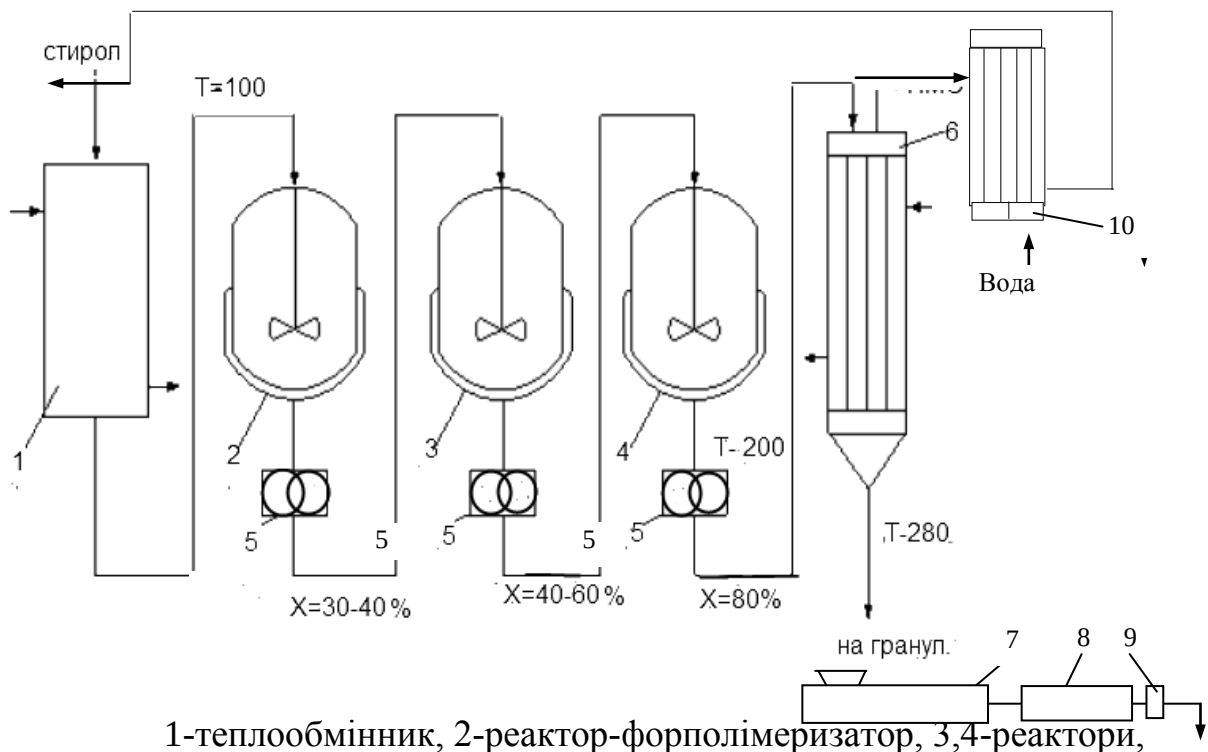
У технологічній схемі виготовлення полістиролу (Рис.1) велике значення має теплообмінник 1, робота якого визначає температуру стирулу, що подається в реактори для полімеризації та дозволяє стабілізувати процеси полімеризації в реакторі і значно підвищити якість отриманого продукту. [2]

Нагрівання стирулу в теплообміннику відбувається від 353 К до 373 К, тому в якості гріючого агенту вибираємо гріючу пару. Оскільки стирол більше забруднює стінки апарату, а труби набагато легше чистити ніж міжтрубний простір, то стирол пускаємо у трубний простір, а пару – в міжтрубний простір.

В основу модернізації покладено завдання підвищення ефективності процесу нагрівання, за допомогою підвищення коефіцієнта теплопередачі. Враховуючи високий коефіцієнт в'язкості стирулу, а відповідно і високий гідравлічний опір, доцільно було б використати для нагрівання інший тип теплообмінника з більш інтенсивним процесом нагрівання та меншим гідравлічним опором. Наприклад спіральний теплообмінник. Ці

теплообмінники мають невисокий гідравлічний опір, високий коефіцієнт теплопередачі, неметалоємні прості в експлуатації.

Тому заміна кожухотрубного теплообмінника спіральним забезпечить кращі техніко – економічні показники і дасть змогу отримати значний економічний ефект і покращити показники собівартості виробництва полістиролу. [3]



1-теплообмінник, 2-реактор-форполімеризатор, 3,4-реактори,
5-шестеренний насос, 6-вакуум-камера, 7-екструдер, 8-
охолоджувальна ванна, 9- дисковий ніж, 10-конденсатор

Рисунок 1. Технологічна схема виробництва полістиролу

Перелік посилань:

1. Брацыхин Е. А., Шульгина Э. С. Технология пластических масс. Л. Химия, 1982 г. 328 с.
2. И.Ш. Пик, С.А. Азерский , Технология пластических масс. – Москва: Высш. школа, 1975. – 375 с.
3. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1998. - 286 с.

УДК 622.691.4

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГІДРООЧИЩЕННЯ ГАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ

к.т.н. Степанюк А. Р., студент Календюк Я. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Гідроочищення застосовується для видалення з нафтових фракцій, які містять сірчисті й азотисті сполуки, небажаних компонентів, що можуть або отруювати каталізатори, або погіршувати якість товарних нафтопродуктів. В якості каталізаторів застосовують оксиди або сульфідні нікелю, кобальту, молібдену.

Гідроочищення гасу з використанням високотемпературної сепарації забезпечує зниження масової частки сірки в сировині – гасі – з 0.166 до менш ніж 0.001 %. Використовується в різних галузях виробництва, в тому числі і в нафтохімічній промисловості. Під час процесу гідроочищення виникає необхідність охолоджувати компоненти. В таких випадках використовують теплообмінники повітряного охолодження.

Апарат складається із однієї секції, зібраної із біметалічних труб, що обдуваються потоком повітря, котре нагнітається осьовим вентилятором.

В основу модернізації покладено завдання підвищення ефективності роботи теплообмінника повітряного охолодження шляхом пониження його аеродинамічного опір і інтенсифікування теплообміну в повітряних каналах.

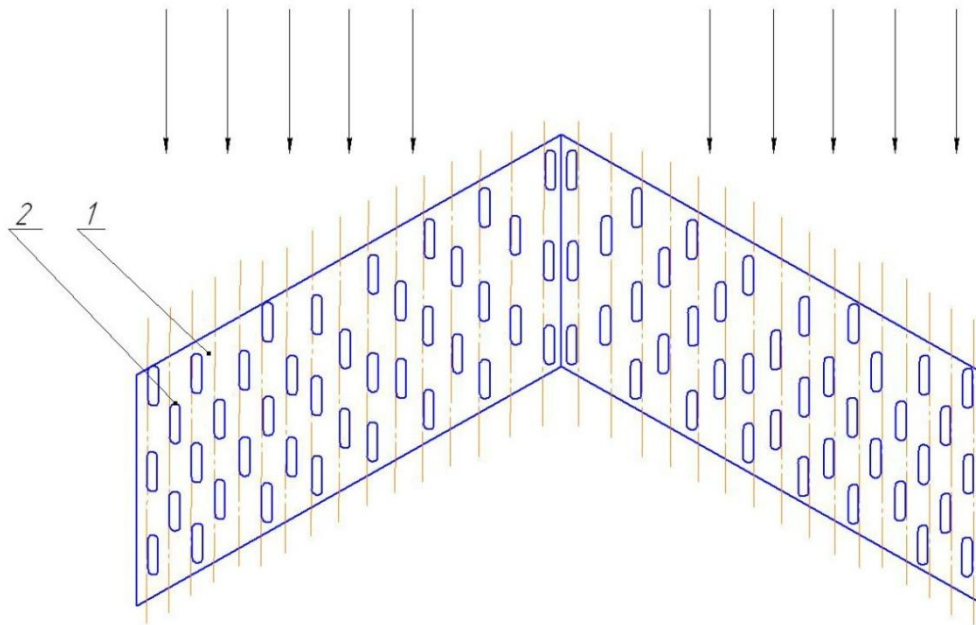
Поставлене завдання досягається установкою суміжних секцій під кутом 110-120° між великими гранями, а також розташування плоскоовальних труб в секціях відносно фронтальної площини теплообмінника.

Теплообмінник містить секції 1 теплообмінних труб 2, розташованих рядами, виконаних з поперечним перетином у формі паралелограма і зістиковані по площині менших граней, причому площа стику розташована перпендикулярно фронтальній площині теплообмінника, а

кут між великими гранями обернений вершиною до цієї площини рівний 110-120°. У середній частині труби мають обребрення і утворюють канали для циркуляції повітря. Впускні і випускні колектори кожної секції 1 за допомогою фланців сполучені з підводячим і відводячим колекторами, проходячими посередині секції.

Робота теплообмінника полягає у наступному: охолоджуємий теплоносій через впускний колектор кожної секції поступає в теплообмінні труби, проходить по ним, обмінюючись при цьому теплом з повітрям через стінки труб, і відводиться з теплообмінника через випускні колектори.

Головною перевагою апарата повітряного охолодження є



використання повітря в якості охолоджуючого агента. Повітря – це екологічно чисте охолоджуюче середовище, яке не потребує додаткової обробки та дотримання чітких стандартів використання. Воно не викликає корозію, його запаси невичерпні і воно безкоштовне.

УДК 66.066.4

ТЕПЛООБМІННИК ДЕТАНДЕРНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ БЛОКУ РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ

студент Кирилець В.С., к.т.н., доц. Ракицький В. Л.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

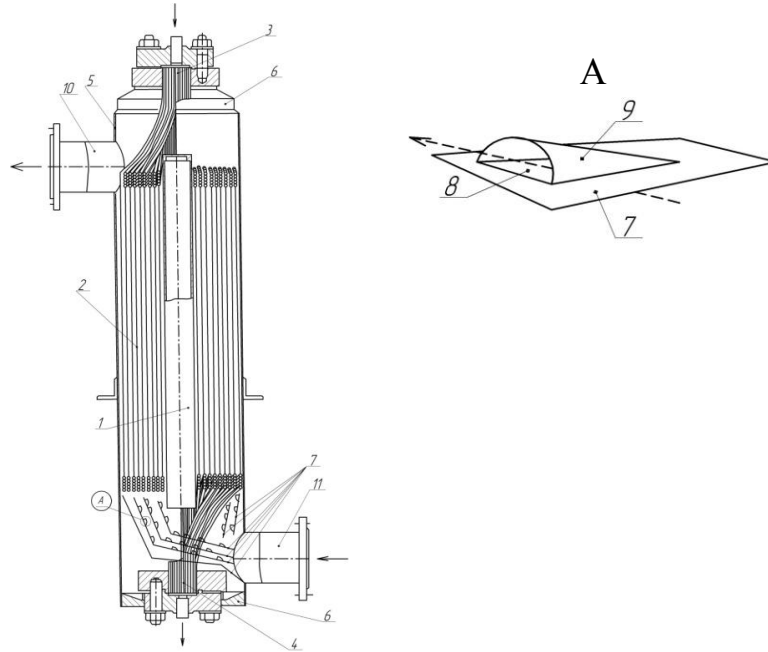
В блоці розділення повітря отримують: кисень, азот, аргон, водень. Газ кисень застосовується в металургії, як окисник у багатьох хімічних виробництвах, в техніці — при зварюванні і різанні металів. Основний промисловий метод отримання кисню — розділення повітря методом глибокого охолодження [1 – 3].

В склад блоку розділення повітря входить теплообмінник детандерний. Він призначений для охолодження прямого потоку газу до температур, необхідних для проведення технологічного процесу в блоці глибокого охолодження [1].

Основними недоліками апарату є те, що внаслідок щільної навивки гладких труб на осердя, погіршується турбулізація потоку газу, який проходить між ними, що знижує коефіцієнт тепловіддачі і, як наслідок, збільшує необхідну поверхню теплообмінника [4].

Вдосконалений апарат зображений на рисунку 1 працює в такий спосіб. Прямий потік газу через вхідний колектор входить до трубного простору теплообмінника, рухається всередині труб зверху донизу і виходить через вихідний колектор. Зворотний потік газу через вхідний штуцер входить до міжтрубного простору теплообмінника, де за допомогою направляючих турбулізуючих елементів турбулізується і рівномірно розподілюється по усьому поперечному перерізу міжтрубного простору, проходячи між елементами. При цьому, за наявності на турбулізуючих елементах отворів із відбійниками, газ додатково проходить через отвори. Далі рівномірно розподілений і турбулізований зворотній потік проходить знизу доверху через міжтрубний простір теплообмінника і, після процесу теплообміну, виходить через штуцер виходу.

Завдяки встановленню направляючих елементів з отворами відбувається турбулізація потоку газу, також направляючі елементи рівномірно розподілюють газ по усьому поперечному перерізу міжтрубного простору, що підвищується коефіцієнт тепловіддачі між потоком газу і стінкою труби.



1—циліндричне осердя; 2—труби; 3—вхідний колектор; 4—вихідний колектор; 5—циліндричний кожух; 6—днища; 7—направляючі турбулізуючі елементи; 8—отвір; 9—відбійник; 10—вихідний штуцер; 11—вхідний штуцер

Рисунок 1— теплообмінник детандерний

На запропоноване вдосконалення подана заявка на корисну модель до УКРПАТЕНТУ України [4].

Перелік посилань:

1. Герш С.Я. Глубокое охлаждение. Ч.1 и 2. –М. –Л.: Госэнергоиздат, 1957 – 1960. –888 с.
2. Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
3. Глизменко Д.Л. Получение кислорода. – М.: Химия, 1972. – 752 с.
4. Заявка № u 2012 02481; дата 01.03.2012. Теплообмінник витий поперечно—течійний/ заявники Кирилець В.С., Ракицький В. Л.

УДК 621.184.2

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРУБНОГО ЕЛЕМЕНТА КИП'ЯТИЛЬНИКА
УСТАНОВКИ ДЛЯ ГІДРООЧИЩЕННЯ ГАСУ З
ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ**

к.т.н. Степанюк А.Р., студент Сапон А.Ю.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Гідроочищення використовують для поліпшення якості продукту або фракції за рахунок видалення небажаних домішок, таких, як сірка, азот, кисень, смолисті сполуки, ненасичені вуглеводні.

Гідроочищення гасу з використанням високотемпературної сепарації забезпечує зниження масової частки сірки в сировині – гасі – з 0.166 до менш ніж 0.001 %. Використовується в різних галузях виробництва, в тому числі і в нафтохімічній промисловості. Під час процесу гідроочищення виникає необхідність випаровувати компоненти. В таких випадках застосовуються кип'ятильники [1].

Кип'ятильник складається з корпусу з паровим простором, штуцерів та трубних елементів. Від форми та розташування цих елементів залежить ефективність роботи кип'ятильника.

В основу модернізації покладено завдання підвищення ефективності роботи елемента кип'ятильника, за допомогою удосконалення конструкції теплообмінної труби, шляхом встановлення в трубу рухомої пружини з лопатями, що дозволяє збільшити коефіцієнт теплопередачі і, відповідно, підвищує інтенсивність тепловіддачі [2].

Поставлене завдання досягається тим, що в елемент кип'ятильника, який представлений трубою, приєднується по всій довжині труби рухома пружина з лопатями. При цьому пружина кріпиться за допомогою допоміжних елементів таким чином, що дозволить вільно здійснювати поздовжні та поперечні переміщення під дією потоку теплоносія.

Таким чином, збільшення тепло знімання можна досягти, збільшуючи коефіцієнт теплопередачі. Збільшення коефіцієнта теплопередачі дозволяє підвищити менший коефіцієнт тепловіддачі і знизити термічний опір. Використання рухомої пружини дозволяє зруйнувати тепловий пограничний шар, тим самим сприяючи інтенсифікації процесу теплопередачі.

Елемент кип'ятильника (Рис.1) складається власне з рухомої пружини 1 з лопатями 2, яка прикріплена на внутрішню поверхню труби 3.

Робота елемента кип'ятильника полягає у наступному: теплоносій, що нагрівається, рухається усередині труби 3, віддає тепло рідині, яка подається зовні труби. Рухома пружина 1 з лопатями, що кріпиться до внутрішньої поверхні труби, турбулізує рідину та зменшує товщину пристінного ламінарного шару. Переміщення пружини забезпечується лопатями.

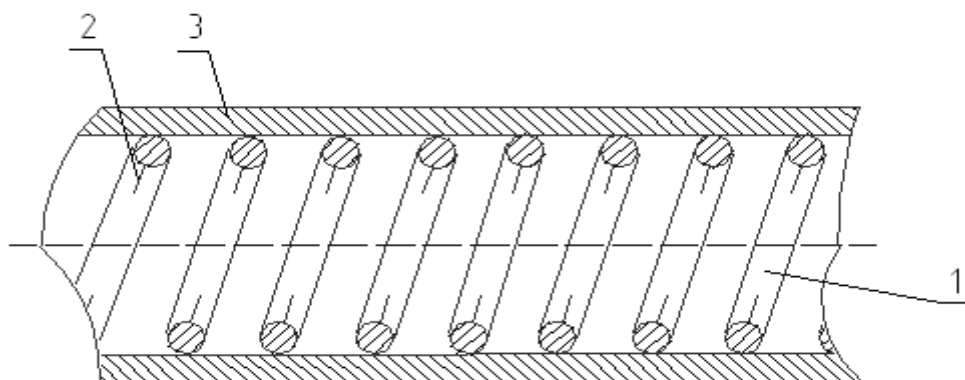


Рис.1- Елемент кип'ятильника

Перелік посилань:

1. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лазинский А.А., Толчинский А.Р., «Машиностроение», 1970г.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии», Ленинград: Химия, 1987 год.

УДК 666.94.047; 66-047-52

УМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ

асистент Гатілов К.О., студент Зеленчук В.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

У промисловості і техніці широке застосування знаходить порошок-сирець. Використання деталей, виготовлених з металевого порошку, обумовлюється їхніми особливими властивостями (пластичністю, високою електро- та теплопровідністю, антикорозійною здатністю, малою питомою вагою, великою питомою міцністю та ін.), важливими для сучасного машинобудування, а також інших галузей народного господарства.

Порошкові вироби широко застосовуються в машино- і приладобудуванні. Їх випускають у вигляді деталей або заготовок, що вимагають незначної механічної обробки. При цьому скорочуються витрати металу, знижуються трудові витрати і вартість виробів.

При виготовленні металевих порошків методом розпилення з подальшим водним охолодженням важливу увагу необхідно зосередити на подальшому їх зневодненню та сушінню, бо від якості реалізації цієї стадії процесу залежатиме якість виготовлених з них виробів 1 .

Фізична модель процесу фільтрації наведена на рисунку 1. В загальному найпростішому випадку фільтр являє собою ємність, корпус 1 розділений на дві частини фільтруючою перегородкою 4. Суспензія 2 надходить у верхню частину ємності таким чином, щоб протягом всього процесу фільтрації контактувала з фільтруючою перегородкою. На фільтруючій перегородці та після неї створюють відповідну різницю тисків $\Delta P = P_1 - P_2$, що є рушійною силою процесу фільтрації. Під дією різниці тиску рідина проходить через пори фільтруючої перегородки, утворюючи фільтрат 5 після неї. Тверді частинки затримуються на поверхні фільтруючої перегородки 4, утворюючи осад 3.

Товщина шару осаду та його структура суттєво впливає на швидкість процесу фільтрації та якість фільтрату, оскільки визначає опір під час процесу фільтрації. При фільтрації висота осаду збільшується, що призводить до збільшення гідравлічного опору, але і підвищує ефективність процесу, зменшуючи його швидкість. Швидкість фільтрації – кількість освітленої рідини (фільтрату), що проходить через 1 м^2 поверхні фільтруючої перегородки за

одиницю часу, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$:

$$W_f = \frac{dV}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{r \cdot l + R},$$

де F – площа поверхні фільтрації, м^2 ;

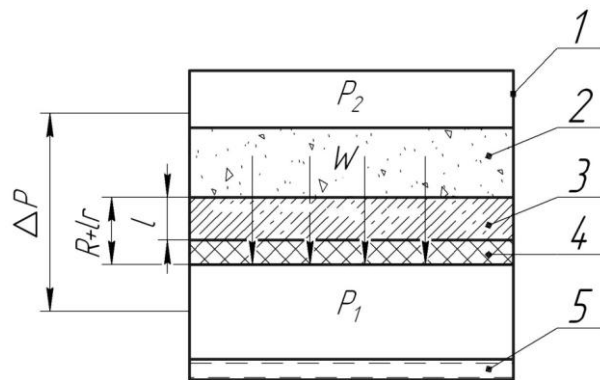
dV – об'єм подаваного фільтрату, м^3 ;

$d\tau$ – час фільтрації, с;

l – висота шару осаду, м;

r – питомий опір осаду, $\frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}$;

R – опір перегородки, $\frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{м}}$.



1 – корпус, 2 – суспензія, 3 – осад;

4 – фільтруюча перегородка; 5 – фільтрат

Рисунок 1 - Схема фільтра при розділенні суспензії

Отже, основними параметрами впливу при модернізації процесу зневоднення та просушки порошку-сирцю на барабанному-вакуум фільтрі є: різниця тиску, що обмежується механічними властивостями фільтрувальної перегородки; товщина шару осаду на фільтрі, збільшення якої призводить до зменшення швидкості, а отже і продуктивності; площа поверхні фільтрації, що включає в себе такі геометричні розміри, як діаметр та довжину барабана. Тому найбільш ефективним методом підвищення продуктивності при незмінно високій швидкості фільтрації є підвищення поверхні фільтрації при незмінних габаритних розмірів апарату. Саме це і покладено в основу корисної моделі 2.

Перелік посилань:

1. Гатілов К.О., Зеленчук В.А. Барабанний вакуум-фільтр// Збірка тез доповідей науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" -2011-С.13-14.

2. Заявка 201114624 Україна Вакуум-фільтр/ Зеленчук В.А., Гатілов К.О.; заявник Зеленчук В.А. - № 2011 14642; заявл. 09.12.2011.

УДК 678.746.22

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІСТИРОЛУ

асистент Гатілов К.О., студент Кліщ О.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Полістирольні пластики (полістирол, удароміцний полістирол, АБС-сополімери, сополімери стиролу з акрилонітрилом, метилметакрилатом та інші мономері) відносяться до числа найбільш розповсюджених пластмас.

Полістирол – синтетичний термопластичний твердий, жорсткий, аморфний полімер, продукт полімеризації стиролу. Масово випускається у формі полістиролу загального призначення і ударостійкого полістиролу.

Промислове застосування отримали наступні методи полімеризації стиролу по радикальному механізму: блочний (у масі) з повною конверсією, блочний (в масі) з неповною конверсією, суспензійний, блочно-суспензійний та, в менших масштабах, емульсійний.

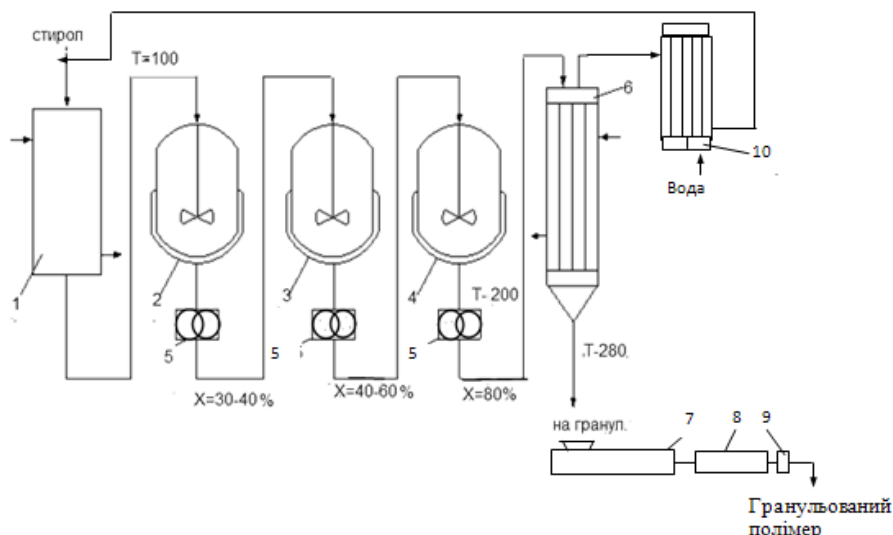
При отриманні полістиролу методом неповної конверсії (рисунок 1) стирол чи суміш каучуку в стиролі дозуючим насосом безперервно подається через теплообмінник 1, де нагрівається до 80 – 100°C, подається в реактор 2 і далі послідовно перекачується шестеренчатими насосами 5 в реактори 3 і 4. Реактори є апаратами із кислотостійкої сталі об'ємом 15 – 20 м³, забезпечені теплообмінними оболонками та мішалками. Так як зі збільшенням ступеня конверсії збільшується в'язкість, то реактори мають різні типи мішалок. Температура реакції зростає від реактора до реактора.

Полімеризація протікає в такому режимі:

	1-й реактор	2-й реактор	3-й реактор
Температура, °C	120 – 140	160	180
Конверсія (кінцева), %	40 – 50	80	90
Час перебування, год	2	2	2

Дисипативна теплота відводиться через теплообмінні оболонки охолоджуючими потоками теплоносіїв та за рахунок випаровування стиролу. З останнього реактора розплав полістиролу і непрореагованого мономера перекачуються у вакуумну камеру 6, в якій при надлишковому тиску 0,7–5 кПа і температурі 190 – 200°C видаляється непрореагований стирол на подальшу регенерацію; розплав полістиролу із вакуумної камери

6 поступає в екструдер 7, який має зону дегазації, де випаровуються рештки мономеру. На виході із екструдера одержують стренги діаметром 3-4 мм, які охолоджуються у ванні охолодження 8 і ріжуться на гранули ножем 9.



1 – теплообмінник; 2, 3, 4 – полімеризатори; 5 – шестеренчаті насоси;
6 – вакуумна-камера; 7 – екструдер-гранулятор; 8 – ванна охолодження;
9 – ніж; 10 – конденсатор

Рисунок 1 – Технологічна схема блочної полімеризації стиролу методом неповної конверсії

Проведення процесу полімеризації методом неповної конверсії має ряд переваг, основні з яких є:

- 1) Значна продуктивність, яка в рік складає 15 – 25 тис. тон полістиролу на одному агрегаті, тоді як при методі з повною конверсією вона не перевищує 5 тис. тон в рік.
- 2) Більш висока молекулярна маса та менша полідисперсність полімера, так як процес проходить при більш низьких температурах.

Теплообмінне обладнання 1 (рисунок 1), яке використовується у вищенаведеній схемі, повинно забезпечувати високий коефіцієнт тепловіддачі при найменшому гідравлічному опорі. Це створює завдання інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках. Отже метою дипломного проекту є модернізація теплообмінника 1 схеми блочної полімеризації стиролу, шляхом розробки оригінальної конструкції апарата, яка б забезпечувала інтенсифікацію теплообміну.

УДК 621.184.2

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

к.т.н., доцент Швед М.П., студент Кравченко С.Є.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Теплообмінні апарати є великогабаритним, металоємким, дорогим і наукоємким устаткуванням, що в значній мірі визначає компоновку, ефективність і надійність роботи лінії виробництва водню в цілому.

Більшість теплообмінних апаратів в схемі синтезу водню мають кожухотрубну конструкцію.

Критеріями оцінки сучасного рівня розробок теплообмінних апаратів з точки зору їх надійності і довговічності прийнято рахувати наступні показники : - встановлений термін служби - не менше 30 років; - міжремонтний період (між капітальними ремонтами) - не менше 50 000 ч.; - середнє напрацювання на відмову - не менше 16 000 ч.; - коефіцієнт готовності - не менше 0,99; - високий ККД.

В основу модернізації покладено завдання підвищення ефективності роботи холодильника, за допомогою підвищення ККД , шляхом модернізації холодильника, або підбору апарата іншої конструкції, що дозволить збільшити коефіцієнт теплопередачі і, відповідно, підвищує інтенсивність тепловіддачі [2].

Пластинчасті теплообмінні апарати, як правило, мають наступні переваги (порівняно з кожухотрубними):

1. Вищий (у 3-5 разів) коефіцієнт теплопередачі, що, природно, повинно зумовлювати менші массогабаритні характеристики апаратів.
2. Вищу надійність апаратів.
3. Простоту експлуатації і обслуговування.

Нижче представлений аналіз цих чинників, у тому числі з позицій можливості вживання пластинчастих теплообмінних апаратів в схемах.

Досягнення високих значень коефіцієнтів теплопередачі в пластинчастих теплообмінних апаратах цілком можливо. Це визначається особливостями їх (апаратів) конструкцією, зокрема - малими розмірами каналів (1,5 - 5,0 мм), а також їх профілізацією (гофрируванням), що в сукупності зумовлює високу міру турбулізації теплоносіїв. Але гідравлічні втрати в пластинчастих апаратах, які за даними [3] істотно (у рази) вище, ніж в аналогічних кожухотрубних апаратів. Це цілком природно у вузьких каналах з штучною шорсткістю при високій мірі турбулізації теплоносіїв.

Надійність роботи устаткування є в даний час однією з основних вимог як при розробці (проектуванні), так і при його експлуатації (в т.ч. при модернізації устаткування). Пластинчасті апарати, як правило, в порівнянні з кожухотрубними, мають вищу корозійну стійкість, бо

виготовляються з корозійностійких матеріалів: неіржавіюча сталь, титан, нікелеві сплави і тому подібне.

Між тим відомо [1], що сучасні кожухотрубні теплообмінні апарати, трубні системи яких(в окремих випадках і корпуси) виготовляються з аналогічних матеріалів (сплавів), мають показники надійності що значно перевищують показники надійності апаратів, що раніше виготовляються. Порівнюючи показники надійності пластинчатих і кожухотрубних апаратів необхідно також мати на увазі, що за даними [4] пластинчаті теплообмінники дуже чутливі до гідро- і термоударам, а також до механічних дій із з боку приєднувальних трубопроводів. Кожухотрубні ж апарати сучасних конструкцій цього недоліку не мають.

Враховуючи все переваги і недоліки даних апаратів приймаємо, що доцільніше модернізувати даний кожухотрубний холодильник .

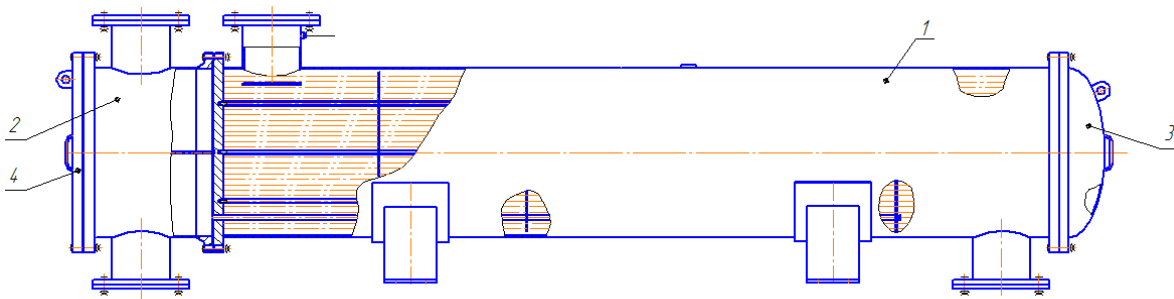


Рисунок 1 – Конструктивна схема теплообмінника

1- Корпус; 2 – камера; 3- кришка; 4 – днище.

Перелік посилань:

1. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1998. - 286 с.

2. Теплообменники энергетических установок: Учебник для вузов.

К.Э.Аронсон, С.Н.Блинков, В.И.Брезгин и др. Под ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: Изд-во "Сократ", 2003. - 986 с.

3. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок. - 3-е изд., перераб. и доп.

/ Ю.М.Бродов, К.Э.Аронсон, Г.Д.Бухман и др. Екатеринбург: Изд-во Президиума УрО РАН, 2004. - 456 с.

4. Бродов Ю.М. Совершенствование рекуперативных теплообменных аппаратов паротурбинных установок на различных этапах их жизненного цикла // Теплоэнергетика. 2005. № 5. С. 20 - 23.

УДК.666.66.02

МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОТИ КОМПЕНСАТОРА ТЕПЛООВОГО РОЗШИРЕННЯ

асистент Гулієнко С.В., студент Місюров К.Д.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Вісбрекінг - один з ефективних і гнучких вторинних процесів переробки мазуту і гудронів. В схемі вісбрекінгу нафтові залишки, перед потраплянням у піч, підігріваються теплообмінником. Під час експлуатації теплообмінника, виникає висока різниця температур його окремих частин, що призводить до додаткових температурних напружень. А як відомо, жорсткі конструкції не допустимі, якщо сумарне напруження буде більшим за допустиме. В таких випадках застосовуються компенсатори.

Даний тип компенсатора належить до компенсаторів теплового розширення, що з'єднує між собою кінці двох ділянок трубопроводу, призначеного для транспортування гарячого рідко текучого середовища чи гасу, а також теплообмінних апаратів. Цей компенсатор розроблявся для того, щоб забезпечити поглинання поздовжніх диференційних теплових розширень з'єднаних ділянок трубопроводу, завдяки своїй кривизні і вигину, а також завдяки своїй простій конструкції легко проводити розбирання для чистки, ремонту, заміни елементів тощо.

Компенсатор теплового розширення (Рис.1.) з'єднує між собою кінці двох трубопроводів 1 і 1', призначених для транспортування гарячої рідко текучого середовища або газу і має квадратний або круглий поперечні перерізи. Кожен з кінців трубопроводів забезпечений кінцевими фланцями 2, 2', звареним до кожного з кінців відповідного трубопроводу. Компенсатор теплового розширення містить муфту 3, утворену гнучкою стрічкою, яка охоплює обидва зварених один до одного кінця трубопроводів і жорстко пов'язаної з елементами 4, 4', які приєднані до пазів 5, 5' на гвинтах. Згадана стрічка 3 може складатися з кількох керамічних композицій шарів і прошарків тефлону.

Трубопроводи 1 і 1' теплоізолювані за допомогою шару термоізоляційного матеріалу 9, 9', розташованого зовні або зсередини згаданих трубопроводів 1, 1'. Шари термоізоляційного матеріалу 10 розташовуються також всередині пропонованого компенсатора теплового

розширення. З'єднувальний елемент 4, 4' поглинає теплові деформації, пов'язані з різницею температур між кінцевим фланцем 2, 2', який є гарячим, оскільки безпосередньо піддається впливу температури гарячого середовища, що транспортується по трубопроводах 1, 1', і пазами 5, 5'.

В відповідному винаході з'єднувальні елементи 4, 4', з'єднані з пазами 5, 5' гвинтовим способом, а з кінцевими фланцями 2, 2' закріплені жорстко.

Стрічки 3 жорстко закріплені на з'єднувальних елементах 4, 4' за допомогою гвинтів 6, 6' до пазів 5, 5' які щільно вставлено між двома профілями 7 і 8, привареними до зовнішньої поверхні трубопроводу 1.

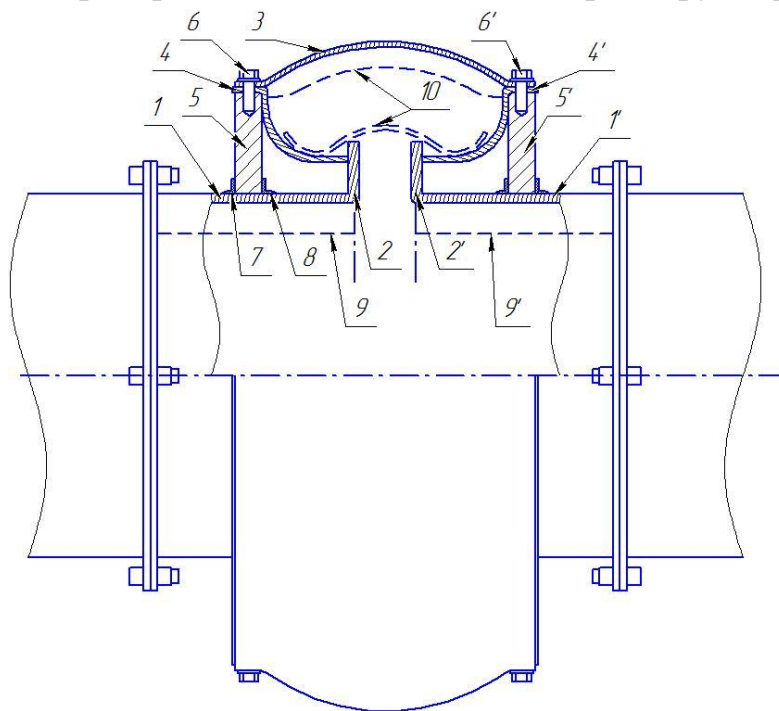


Рисунок 1 – Компенсатор теплового розширення

Перелік посилань:

1. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лещинский А.А., Толчинский А.Р., «Машиностроение», 1970г.
2. В.В. Іванченко, О.І. Барвін, Ю.М. Штонда. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля. – 2006.

УДК 621.311.22(088.8)

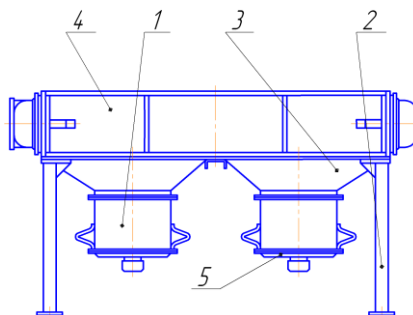
АПАРАТ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ В УСТАНОВЦІ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ

студентка Тишко Ю. А., к.т.н., доц. Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Апарат повітряного охолодження, що проектується використовується для охолодження бензинового дистиляту.

Апарат повітряного охолодження, зображений на рисунку 1, складається з наступних основних вузлів: 4 – теплообмінної секції; 1 – осьового вентилятора з приводом; 2, 5 – опорних і огорожувальних конструкцій.



1 – вентилятор; 2 – опора; 3 – дифузор; 4 – теплообмінна секція; 5 – огороження.

Рисунок 1 – Апарат повітряного охолодження малопоточний горизонтальний

Основним елементом апаратів охолодження є теплообмінні секції, теплообмінну поверхню яких компонують з оребрених труб, закріплених в трубних решітках в чотири, шість або вісім рядів. Труби зазвичай розташовують по вершинах рівностороннього трикутника, тому, що коридорне розташування забезпечує гіршу тепловіддачу. До трубних ґраток приєднані кришки, внутрішня порожнина яких служить для розподілу охолоджуваного потоку рідини по трубах. Секції розташовують горизонтально, вертикально або похило, що визначає тип АВО.

Охолодження рідких теплоносіїв здійснюється за рахунок теплообміну з повітрям. Процес досить інтенсивний, тому, що використовуються оребрені труби, оснащені турбулізаторами повітряного потоку (рисунок 2), площа зовнішньої поверхні яких в 10 - 25 разів більше площі їх внутрішньої поверхні.

Труби для стандартизованих вітчизняних апаратів повітряного охолодження мають зовнішні ребра двох типів виконання: біметалічна труба, що складається з внутрішньої гладкою (сталевий або латунної) і

зовнішньої (алюмінієвої) з накатаними гвинтовим ребром виконання Б; монометалічна (алюмінієва) труба з торованим гвинтовим (спіральним) ребром виконання М.

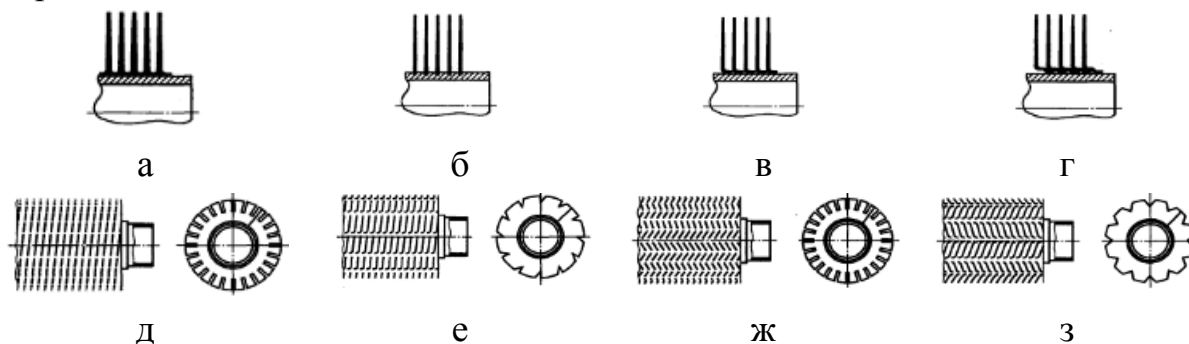


Рисунок 2 – Види труб

а - труби з накатаними ребрами; б - з вальцьованими ребрами; в - L-обгортка; г - подвійна ступінчаста L-обгортка; д - труби з торованими ребрами з розрізними ребрами; е - з накатаними ребрами з розрізними ребрами форми «напівінтеграл»; ж - з торованими ребрами з розрізними ребрами зигзагоподібної форми; з - з накатаними ребрами з розрізними ребрами форми «інтеграл»

Другим необхідним елементом будь-якого типу АВО є вентилятор, який, обертаючись в порожнині колектора, нагнітає повітря через Міжтрубний простір секцій. Значні витрати повітря в апаратах повітряного охолодження при порівняно невеликому статичному напорі (100 - 400 Па) забезпечуються осьовими вентиляторами з числом лопатей 4, 8 і діаметром 0,8 - 6,0 м. Колектор з'єднується з теплообмінними секціями за допомогою дифузора, форма якого сприяє вирівнюванню потоку повітря по перетину теплообмінної секції. Дифузор і колектор вентилятора кріпляться до рами, на якій встановлені теплообмінні секції.

В даному апараті повітряного охолодження приймаємо оребрені труби, що розташовані по вершинах правильних трикутників. Оребрення труб дозволяє збільшити коефіцієнт теплопровідності, а вибране розташування труб значно збільшить площу теплообміну.

Перелік посилань:

- 1.Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник/ А.А. Лашинский, 1981. – 382с.;
- 2.Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения / Н.П. Крюков, 1983. – 168с. ;
- 3.Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Том 2 / А.С. Тимонин ,2002.- 1017с.

УДК 620.92; 62-169;

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

студент Воронцов М.Є.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

к.т.н., с.н.с. Чалаєв Д.М.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Найбільш поширеним способом сушки термолабільних матеріалів є сушка за допомогою конвективних сушильних установок. Конвективна сушка здійснюється шляхом обдування висушуваного матеріалу потоком гарячого повітря з подальшим викидом зволоженого повітря в атмосферу. Основним способом інтенсифікації процесу видалення вологи при конвективній сушці є підвищення температури теплоносія і висушуваного продукту. Однак, при сушці термолабільних матеріалів можливість підвищення температури лімітується умовою збереження якості продукту. У зв'язку з цим термолабільні матеріали сушать при низьких температурах, що не перевищують 40 – 50 °С.

Низькотемпературна конвективна сушка є тривалим і енергоємним процесом. Витрати енергії на видалення вологи при низькотемпературній сушці досягають 6000 кДж / кг, тому вирішення питань зниження енергоспоживання та інтенсифікації тепломасопереносу при сушінні термолабільних матеріалів є актуальною науково-технічною задачею.

Одним з перспективних напрямів інтенсифікації процесу конвективного сушіння термолабільних матеріалів є застосування теплових насосів. При теплонасосній сушці волога, що видаляється з продукту не виноситься сушильним агентом в навколишнє середовище, а конденсується на холодній поверхні випарника і видаляється у вигляді рідини. Сприйнята випарником теплота відпрацьованого повітря на більш високому температурному рівні повертаються в процес сушки, що значно знижує витрати енергії на сушку. Примусова осушка сушильного агента сприяє підвищенню потенціалу сушки і дозволяє здійснювати процес з достатньою інтенсивністю при невисоких температурах.

При сушінні термолабільних матеріалів харчового і медичного призначення важливим є забезпечення стерильності процесу зневоднення. Це завдання можна вирішити шляхом застосування замкнутого контуру циркуляції сушильного агента з відведенням вологи з об'єму сушильної камери у вигляді конденсату. Організація процесу зневоднення в замкнутому циркуляційному контурі дозволяє використовувати в якості сушильного агента не тільки атмосферне повітря, а й інертне газоподібне середовище (азот, вуглекислий газ та ін.)

Складність застосування традиційних теплонасосних агрегатів в сушарках із замкнутим циркуляційним контуром полягає в тому, що в процесі їх роботи в конденсаторі теплонасосного агрегату виділяється більша кількість тепла, ніж підводиться до випарника. Це викликає поступове зростання температури в сушильній камері в процесі сушки. Для забезпечення стабільної температури процесу сушки зазвичай використовують додатковий конденсатор, розташований поза сушильної камери, за допомогою якого надлишкове тепло конденсації відводиться в навколишнє середовище. Внаслідок неповного використання теплової енергії така сушарка має невисокі енергетичні показники.

Нами розроблена конструкція теплонасосної сушильної установки, яка дозволяє повністю використовувати теплоту конденсації, зберігаючи при цьому стабільність температури сушки.

У даній сушарці надлишкова теплота, що виділяється в конденсаторі, акумулюється за допомогою матеріалу з фазовим переходом і використовується на кінцевому етапі процесу сушки для видалення з продукту залишкової пов'язаної вологи. Це сприяє швидкому досушуванню продукту, тому що при видаленні зв'язаної вологи вологовміст теплоносія практично не впливає на інтенсивність процесу та більш ефективним є кондуктивне підведення тепла до висушуваного продукту.

Для здійснення процесу сушки зазначеним чином нами розроблений спеціальний сушильний піддон, що містить камеру з термоаккумулюючим матеріалом (ТАМ). Камера з ТАМ знаходиться в тепловому контакті з площиною піддона, на якій розкладений висушуваний продукт. Для забезпечення температурної стабільності процесу сушки, кількість ТАМ в камерах розраховувалося таким чином, щоб надлишкова тепла енергія повністю поглиналася даним матеріалом.

В процесі роботи сушарки одночасно відбувається процес сушки продукту і накопичення тепла в ТАМ. На кінцевій стадії сушки теплонасосний агрегат вимикається і видалення вологи з матеріалу здійснюється за рахунок тепла, накопиченого у цьому матеріалі. При цьому десорбована з продукту волога викидається в пароподібному вигляді в атмосферу.

Пропонована схема роботи теплонасосної сушарки дозволяє корисно використовувати весь наявний тепловий потенціал і знизити величину питомих енерговитрат на здійснення процесу сушки.

СЕКЦІЯ 2

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

УДК 665.7.033.52

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ПІДГРІВУ ВОДИ ДЛЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖЕННЯ КРОХМАЛУ

студент Гончарова І. С., к.т.н., доц. Швед М.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Серед сучасних харчових добавок значне місце займають модифіковані (розріджені) крохмалі, які в порівнянні з природним крохмалем проявляють в харчових продуктах нові властивості. Ці крохмалі застосовують для виробництва харчових концентратів швидкого приготування та при консервуванні [1].

Функціональні властивості модифікованих крохмалів залежать від типу крохмалю, його кількості в продукті від різноманітних факторів. Використання модифікованих крохмалів в якості харчових добавок дозволяє не тільки змінювати структуру продуктів, їхні фізико-хімічні та органолептичні властивості але й знизити кількість жиру та цукру в продуктах, підвищити вміст вуглеводів.

Галузі використання: модифіковані крохмалі застосовують для виробництва харчових концентратів швидкого приготування, харчових консервів. Проведено дослідження фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей модифікованих крохмалів.

Модифіковані крохмалі підвищують гідрофільні властивості тіста, укріплюють клейковину, інтенсифікують окисно-відновні процеси.

Наприклад при переробленні борошна з високою автолітичною активністю покращується стан м'якушки хліба, хліб довше зберігає свіжість.

Для проведення ферментативного розрідження крохмалю існує два методи нагрівання: гострою парою та глухою.

У технологічній схемі важливе значення відіграє процес нагрівання хімічно очищеної води від 40°C до 150°C за допомогою насиченої водяної пари, яка буде конденсуватись в між трубному просторі. Коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки в декілька разів більший ніж в трубному просторі. З метою підвищення інтенсивності теплопередачі необхідно підвищити коефіцієнт тепловіддачі з боку води. Тобто, можна використати багатоголовий теплообмінник. В цьому випадку в кришки апарату необхідно встановлювати роз'єднуючі перегородки.

З метою надійності ущільнення проведена модернізація кришок апарату, в основу якої покладено зміну U-подібного профілю, який виконаний з відгином на 150° та має заокруглені відгини на кінцях.

Перелік посилань:

1. Костенко В.Г., Овчинников А.Е., Горбатов В.М. Производство крахмала. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 200 с.

УДК 66.047

**ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ
БІОГАЗУГАЗОВИМ КОНДЕНСАТОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ
ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ БІОГАЗУ**

студент Гайдай С. С., керівник асистент Михальчук О. Д.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

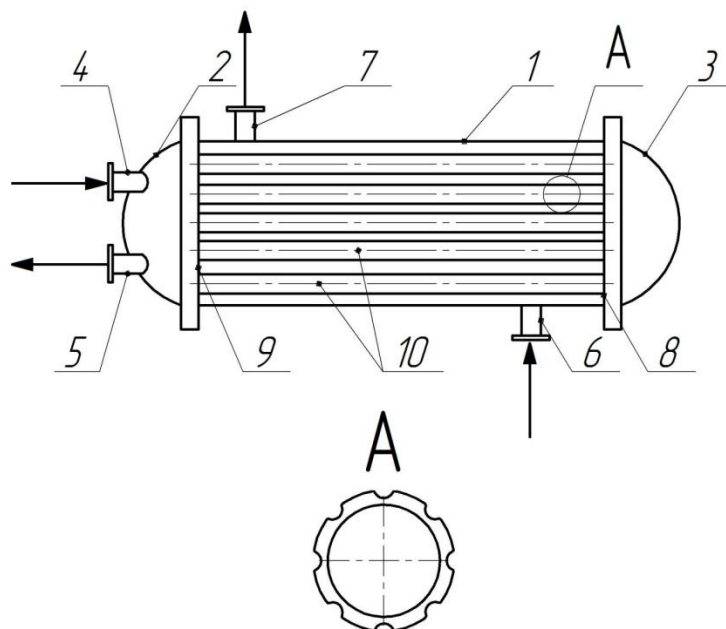
Розрізняють два основні способи очистки біогазу, а саме інерційний та гравітаційний. Очистка біогазу інерційним способом є досить поширеним процесом, перевагами якого є менші енергозатрати, простота процесу та апаратів, використаних у ньому. До складу біогазу входить 70% метану, 29% вуглекислоти та незначна кількість домішок. Після очищення біогазу від вуглекислоти виходить біометан. Біометан – повний аналог природного газу, відмінність у вмісті метану та походженні.

Так як очистка біогазу належить до найбільш динамічно прогресуючих галузей паливної енергетики то актуальним напрямком є підвищення ефективності технологічної схеми шляхом інтенсифікації режимів функціонування апаратів, а саме високою продуктивністю та економічністю процесу. Кожухотрубний теплообмінник не є основним апаратом, але є невід'ємною частиною технологічної схеми. Саме у ньому відбувається охолодження газу та нагрів газового конденсату, які потрібні для подальшого процесу. Отже, ефективність всієї схеми визначатиметься якістю переробки цього процесу, тому доцільна модернізація теплообмінника, бо саме він лімітує продуктивність всієї схеми, наслідком чого буде збільшення кількості продукту.

Метою даної роботи є проектування та модернізація кожухотрубного теплообмінника для охолодження біогазу. На основі відомого кожухотрубного теплообмінника, що містить кожух, дві кришки, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них теплообмінними трубами [2]. Запропоновано вдосконалення кожухотрубного теплообмінника, в якому нове виконання його теплообмінних труб забезпечує турбулізацію потоку, яка сприяє збільшенню коефіцієнта тепловіддачі, а отже і теплопередачі, підвищує інтенсивність нагріву, а відповідно підвищується й ефективність роботи теплообмінника. Вдосконалення досягається тим, що в кожухотрубному

теплообміннику, на зовнішній поверхні кожної теплообмінної труби виготовляють поздовжні канавки по всій її довжині.

На рисунку 1 приведено поздовжній розріз теплообмінника та схематично представлений поперечний переріз теплообмінної труби із можливим варіантом виконання зовнішньої поверхні трубок.



1- кожух; 2,3 – кришки; 4,7 – патрубки; 8,9 – трубні решітки; 10 – теплообмінні труби

Рисунок 1 – Схема кожухотрубного теплообмінника

У ході роботи було зроблено декілька варіантів параметричного розрахунку апарата і на даний момент підбирається найбільш оптимальна конструкція кожухотрубного теплообмінника. У подальшому будуть проведені розрахунки які підтверджують працездатність конструкції, розроблені складальні креслення апарата та основних його вузлів, розрахунки економічного ефекту від модернізації та розрахунки по техніці безпеки.

Перелік посилань:

1. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Химия, 1991- 493 с.
2. А. Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. «ГХИ», 1961. – 784 с.

УДК 663.5

РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ЕТИЛОВИЙ СПИРТ-ВОДА

к.т.н. Серебрянський Д.О., студент Петрик Л. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Ректифікація широко розповсюджена в багатьох галузях промисловості й призначена для розділення рідких сумішей на практично чисті компоненти або фракції, які відрізняються за температурою кипіння. У хімічній і нафтопереробній технологіях цей процес використовується для розділення нафтопродуктів, зріджених газових сумішей і повітря, у виробництві спиртів, кремнійорганічних сполук, капролактаму, полівінілхлориду тощо. Основним елементом ректифікаційної установки є колона.

Етанол (етиловий спирт) – органічна речовина, яка має важливе значення в промисловості і побуті завдяки своїм властивостям. Вона широко використовується як розчинник, паливо, сировина для багатьох хіміко-технологічних процесів у різних галузях промисловості. Також вона використовується в багатьох галузях промисловості, як сировина, або компонент для виготовлення різноманітної продукції, для отримання барвників, штучного каучуку, ацетальдегідів та інших органічних продуктів, входить до складу антифризів, розчинників, а також, як вихідний продукт для отримання хімічних сполук та різних синтезів.

Тому розробка устаткування для виробництва цього вуглеводню, що відповідає сучасним вимогам, є актуальною і важливою задачею.

В хімічній, нафтопереробній, газовій, харчовій та інших галузях промисловості найбільшого поширення набули насадкові й тарілчасті колони, які задовольняють більшість вимог до технологічної апаратури. Так, вони мають високу роздільну здатність і продуктивність, Достатню надійність і гнучкість в роботі, низькі матеріаломісткість, енергоємність та

експлуатаційні витрати, просту технологічну конструкцію. Останні вимоги визначають не тільки капітальні витрати, але й забезпечують легкість і зручність виготовлення колони, її монтажу, демонтажу та експлуатації.

Для розділення суміші «етанол-вода» доцільно вибрати тарілчасту ректифікаційну колону, оскільки температури кипіння компонентів знаходяться в межах 30...150 °С. В даному температурному режимі найкраще розділення можна досягти саме у тарілчастих колонах, які працюють за атмосферного тиску. Оскільки суміш, яку необхідно розділити є хімічно активною обираємо керамічну насадку у вигляді кілець Рашига. Так як основний опір масо передачі зосереджено в рідкій фазі, застосовуємо насадки з гострими кромками, що сприяють хвилеутворенню.

Метою даної роботи є модернізація ректифікаційної колони для розділення суміші етиловий спирт-вода: збільшення коефіцієнта корисної дії масообмінної тарілки, шляхом удосконалення її конструкції та зменшення затрат на обслуговування колони, завдяки автоматизації процесу.

У ході даної роботи був виконаний параметричний розрахунок, а саме було визначено висоту колони $H=7.77\text{м}$, діаметр $D=1.8\text{м}$. та кількість тарілок $N=23$, а також розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції: конструктивний, тепловий, гідравлічний розрахунки. В подальшому будуть проведені розрахунки на міцність і надійність основних елементів конструкції апарата, розроблені складальні креслення апарата та його основних вузлів.

Перелік посилань:

1. Чернобыльский И. И. «Машины и аппараты химической промышленности», - М. МАШГИЗ, 1962. – 524 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.

УДК 66.047

РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ МАСТИЛ ФЕНОЛОМ

к.т.н., Серебрянський Д.О., студент Руденко О.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Фенол - безбарвні голчасті кристали. Розчинний у воді (6 г на 100 г води), в розчинах лугів, в спирті, в бензолі, в ацетоні. 5% розчин у воді - антисептик, широко застосовується в медицині.

Так як очистки мастил фенолом належить до найбільш динамічно прогресуючих галузей хімічного виробництва то актуальним напрямком є підвищення ефективності технологічної схеми шляхом інтенсифікації режимів функціонування апаратів, а саме високою продуктивністю та економічністю процесу. Випарна тарільча та ректифікаційна колона не є основним апаратом, але є невід'ємною частиною технологічної схеми. Саме у ньому відбувається виділення розчинника з не летючого залишку, який складається з масла (рафінату). Отже, ефективність всієї схеми визначатиметься якістю переробки цього процесу, тому доцільна модернізація колони, бо саме вона лімітує продуктивність всієї схеми, наслідком чого буде збільшення продуктивності.

Метою даної роботи є проектування і розрахунок установки селективної очистки фенолом. На основі відомої ректифікаційної колони, що містить корпус, контактний пристрій, опору.

На рисунку 1 приведено поздовжній розріз ректифікаційної колони.

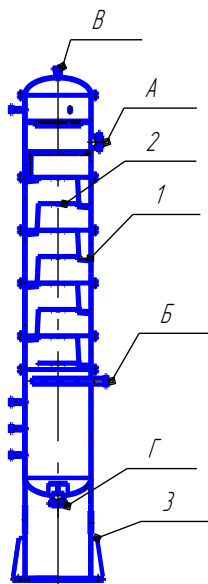


Рисунок 1 – Схема ректифікаційної колони

Апарат працює наступним чином: рідина, яка поступає на розділення в колону являє собою суміш масла (50% - фенолу, 50% - крезолу) і розчинника входить через патрубок А. Стікаючи по колоні і взаємодіючи з паром, рідина все більше збіднюється на розчинник, який переходить в пару. Коли рідина досягає нижньої тарілки, вона стає майже чистим маслом і виводиться через патрубок Г, в опорі 3.

У ході роботи було зроблено декілька варіантів параметричного розрахунку апарата. Був отриманий діаметр $D=7$ м, висота колони $H=14,6$ м та кількість тарілок $n=8$. У подальшому будуть проведені розрахунки які підтверджують працездатність конструкції. За цими розрахунками будуть розроблені складальні креслення апарата та основних його вузлів, розрахунки економічного ефекту від модернізації та розрахунки по техніці безпеки.

Перелік посилань:

1. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1991- 493 с.
2. А. Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. «ГХИ», 1961. – 784 с.
3. Н. Плановский, П. И. Николаев, Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, Гостоптехиздат, 1960.

УДК 66.067.55/57

ОСВІТЛЕННЯ МАСЛА В ЦЕНТРИФУЗІ

студент Семененко Д.С., магістрант Левчук І.О., доц., к.т.н. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Забезпечення країни енергоресурсами є одним з ключових питань. Різноманітні шляхи вирішення потребують вибору найбільш технологічних та економічних обґрунтувань. Для забезпечення транспорту більш дешевим і екологічним паливом існує необхідність розвитку технологічного виробництва біопалива в цілому і біодизельного палива зокрема. Також необхідно вдосконалити апарати технологічної схеми виробництва.

Метою даної роботи є дослідження процесу освітлення рослинних масел в надцентрифугі.

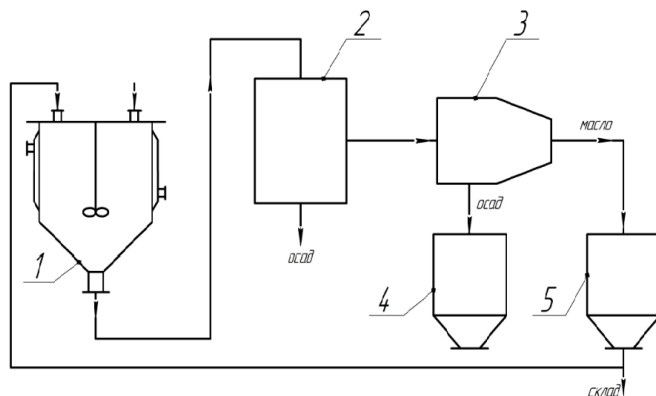
Ріпакове масло – жирне рослинне масло, яке отримують із зерен ріпаку. Відрізняється високим вмістом ерукової кислоти (47-50%). Рапсове масло використовують в основному в миловарінні, текстильній промисловості, а також для виробництва оліф [1].

Перед використанням ріпакове масло, як і інші масла підлягає очистці, одним із з методів є очищення глиною.

Контактний спосіб очистки, або очистку масел відбілюючими глинами (земляними), застосовують як правило, в комбінації з іншими. Цей спосіб заснований на поглинанні поверхнею частинок відбілюючої глини, домішок, котрі видаляються із масел. Контактний спосіб застосовують частіше всього для остаточної очистки масел після обробки їх сірчаною кислотою. Кисотно-контактним способом очищують як дистилятні масла, наприклад автоли, турбінні, трансформаторні, так і залишкові (авіаційні масла) [2].

На рисунку 1 зображена схема для вивчення процесу очищення рослинного масла.

У збірнику 1 вихідна суміш усереднюється по температурному полю та густині. Встановлена мішалка сприяє швидкому розподілу теплоти від сорочки нагріву до середовища. Нагріта суміш відфільтровується на фільтр-пресі 2, де фільтрат відбирається на подальшу очистку, а фуза вивантажується.



1-збірник-гомогенізатор; 2-фільтр; 3-центрифуга; 4-збірник осаду;
5-збірник-дегазатор

Рисунок 1 – Технологічна схема переробки масла

Тонка очистка виконується на осаджуючій центрифугі 3. Напівфабрикат розділюється на масло певної кондиції та осад. В збірнику 4 збирають осад. З очищеного масла видаляють газ в збірнику дегазаторі 5.

Нами, дослідним шляхом було встановлено, що після розділення масла в центрифугі при частоті обертання валу центрифуги 10000 об/хв значення коефіцієнта освітлення для часток діаметром 66,5 мкм дорівнює 93,4%, а при частоті 14800 – 98,6%. Таким чином забезпечується очистка масла від часток діаметром більше 66,5 мкм.

Перелік посилань:

1. Рапсовое масло // БСЭ. – 3-е издание. — М.: Советская энциклопедия, 1975. – т.21. – 462 с.
2. Белобородов В.В. основные процессы производства растительных масел. — М.: Пищевая промышленность, 1966. – 478 с.

УДК 66.047

**ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ
БІОГАЗУГАЗОВИМ КОНДЕНСАТОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СХЕМИПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ БІОГАЗУ**

асистент Михальчук О. Д., студент Углянський В.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Біогаз — газ, що отримується метановим бродінням біомаси. Розкладання біомаси відбувається під впливом 3-х видів бактерій. У ланцюжку живлення подальші бактерії харчуються продуктами життєдіяльності попередніх. Перший вигляд — бактерії гідролізні, другий кислото-створюючі, третій — метанотвірні. У виробництві біогазу беруть участь не лише бактерії класу метаногенів, а всі три види.

До складу біогазу входить 70% метану, 29% вуглекислоти та незначна кількість домішок. Після очищення біогазу від вуглекислот виходить біометан. Біометан – повний аналог природного газу, відмінність у вмісті метану та походженні.

Розрізняють два основні способи очистки біогазу, а саме інерційний та гравітаційний. Очистка біогазу інерційним способом є досить поширеним процесом, перевагами якого є менші енергозатрати, простота процесу та апаратів, використаних у ньому.

Так як очистка біогазу належить до найбільш динамічно прогресуючих галузей паливної енергетики то актуальним напрямком є підвищення ефективності технологічної схеми шляхом інтенсифікації режимів функціонування апаратів, а саме високою продуктивністю та економічністю процесу. Кожухотрубний теплообмінник не є основним апаратом, але є невід’ємною частиною технологічної схеми.

Метою даної роботи є проектування та модернізація кожухотрубного теплообмінника для нагрівання біогазу. На основі

відомого кожухотрубного теплообмінника, що містить кожух, дві кришки, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них теплообмінними трубами [2].

На рисунку 1 приведено поздовжній розріз теплообмінника та схематично представлений поперечний переріз теплообмінної труби.

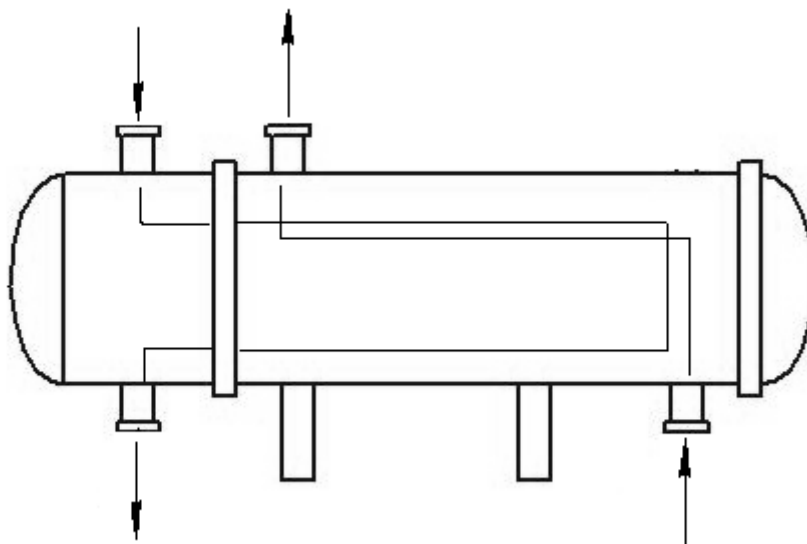


Рисунок 1 – Схема кожухотрубного теплообмінника

У ході роботи було зроблено параметричні розрахунки кількох апаратів і на даний момент підбирається найбільш оптимальна конструкція кожухотрубного теплообмінника. У подальшому будуть проведені розрахунки які підтверджують працездатність конструкції. За цими розрахунками будуть розроблені складальні креслення апарата та основних його вузлів, розрахунки економічного ефекту від модернізації та розрахунки по техніці безпеки.

Перелік посилань:

3. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1991- 493 с.
4. А. Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. «ГХИ», 1961. – 784 с.

СЕКЦІЯ 3

**«ОБЛАДНАННЯ РЕСУРСОЕНЕРГОЗАОЩАДЖУЮЧИХ І
ЕКОБЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ХОЛОДИЛЬНИХ І ХІМІЧНИХ
ВИРОБНИЦТВ»**

РОЗРОБКА СЕПАРАТОРА ДЛЯ ЛІНІЇ РАФІНАЦІЇ ГІДРАТОВАНОЇ ОЛІЇ

студент Абаєв А.Ю., доц., к.т.н. Ракицький В. Л.
Національний технічний Університет України
«Київський політехнічний інститут»

До складу лінії рафінації гідратованої олії входять сепаратори, в яких відбувається розділення емульсії. Емульсія – дисперсна система, яка складається щонайменше з двох практично взаємно нерозчинних фаз, в яких і дисперсна фаза і дисперсне середовище – рідини. В нашому випадку дисперсним середовищем є нейтралізована олія, а дисперсною фазою – водні розчини солей жирних кислот (мила), якісне розділення яких відповідає за якість процесу рафінації соняшникової олії [1].

Принципова технологічна схема рафінації гідратованої олії та її описання наведені раніш [2].

Метою даної роботи є вдосконалення конструкції сепаратора [3] та проведення розрахунків які підтверджують ефективність його роботи.

Недоліками відомого сепаратора є складність конструкції ротора, який виконано з двох частин з'єднаних між собою в осьовому напрямку, що утворюють клапан для періодичного видалення важкого компонента та періодичність режиму видалення важкого компонента, що знижує продуктивність апарата.

В основу корисної моделі [4] поставлено задачу удосконалити відомий відцентровий сепаратор шляхом зменшення металомісткості апарата, за рахунок спрощення конструкції системи відведення важкої фракції, підвищення продуктивності та якості сепарації за рахунок подачі реагенту в патрубок подачі рідини, що сепарується, та подачі промивної рідини на периферію сепараційного барабана для покращення виводу важкої фракції.

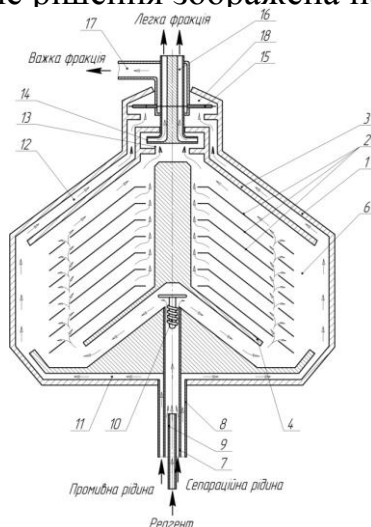
Поставлена задача вирішується тим, що для зменшення металомісткості та спрощення конструкції апарата, ротор виконано суцільним, а відведення важкої фракції відбувається через канал виходу важкої фракції, який утворений верхньою частиною ротора і верхньою пластиною, та через випускну камеру, яку оснащено нерухомим розвантажуючим пристроєм та кільцевим каналом видалення важкої фракції.

Для покращення якості процесу розділення рідини, що сепарується на фракції, сепаратор обладнаний системою подачі реагенту. Подача реагенту відбувається безпосередньо в патрубок подачі рідини, що сепарується, в якому відбувається перемішування потоків за рахунок встановлення додаткового пристрою для перемішування потоків у вигляді гвинтової лінії, який оснащено відбивачем, для покращення розподілення рідини та запобігання ерозії обладнання в місці виходу рідини, що сепарується.

Для підвищення продуктивності сепаратор обладнаний системою подачі промивної рідини на периферію ротора, подача якої відбувається в

нижній частині сепараційного барабана. Така конструкція дозволяє досягти більш ефективний вивід важкої фракції.

Запропоноване технічне рішення зображена на рисунку 1.



1 – вертикальний ротор, 2 – пакет конічних тарілок, 3 – верхня пластина, 4 – розподільник, 6 – камера розділення, 7 – порожнистий вал, 8 – патрубок подачі промивної рідини, 9 – патрубок подачі реагенту, 10 – пристрій для перемішування потоків, 11 – канал для розподілення промивної рідини по периферії ротора, 12 – канал виходу важкої фракції, 13 – випускна камера легкої фракції, 14 – розвантажуючий пристрій легкої фракції, 15 – розвантажуючий пристрій важкої фракції, 16 – кільцевий канал видалення легкої фракції, 17 – кільцевий канал видалення важкої фракції, 18 – випускна камера важкої фракції.

Рисунок 1 – Загальний вид частини сепаратора в розрізі

Запропоноване технічне рішення дає змогу зменшити металомісткість апарата, за рахунок спрощення конструкції системи відведення важкої фракції та підвищити продуктивність і якість сепарації за рахунок подачі реагенту в патрубок подачі рідини, що сепарується, та подачі промивної рідини на периферію сепараційного барабана для покращення виводу важкої фракції.

Перелік посилань:

1. Гавриленко И.В. Оборудование для производства растительных масел. – М.: Пищ. пром. – 1975. – 350 с.
2. Збірник тез та доповідей IX всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – НТУУ "КПІ", 01-04 листопада 2011. – 110 с.
3. Патент US5160311 А кл. В04В1/08, В04В11/00, 03.11.1992 р.
4. Заявка на патент № u2011 15257 МПК (2011.11) В04В11/00. Відцентровий сепаратор / Абасв А.Ю., Ракицький В. Л., заявник і патентовласник вони же; заявл. 22.12.2011.

АПАРАТ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ БЕНЗИНОВОЇ ФРАКЦІЇ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ

студент Коноваленко М.А., к.т.н., доцент Б.К.Ільєнко
Національний технічний Університет України
«Київський політехнічний інститут»

Теплообмінні апарати з повітряним охолодженням широко застосовуються в хімічній, нафтопереробній та нафтохімічній промисловості. Такими апаратами обладнані установки синтезу аміаку і метанолу, при виробництві стиролу та поліпропілену, альдегідів спиртів ін. Значна частина із загальної кількості теплообмінної апаратури, що використовується в нафтопереробній промисловості приходить на апарати повітряного охолодження для пониження температури продуктів фракційного розділення нафти в ректифікаційних колонах. Повітря – це екологічно чисте охолоджуюче середовище, яке не потребує спеціальної обробки та додержання строгих стандартів. Воно не викликає корозію, його запаси невичерпні, повітря нічого не вартє.

Загальні відомості. Апарати повітряного охолодження представляють собою теплообмінний апарат, який складається з наступних основних частин:

- теплообмінна поверхня (теплообмінна секція);
- система подачі повітря, що включає вентилятор з приводом від електродвигуна, -
- дифузор та колектор;
- опірна металоконструкція.

Принцип дії. Атмосферне повітря за рахунок системи повітря через дифузор та колектор подаються в теплообмінні секції. Теплообмінні секції складаються з набраних рядами оребрених труб. Оребрення здійснюється методом накатки алюмінієвої труби на сталеву трубу, що дозволяє збільшити коефіцієнт тепловіддачі в порівнянні із стандартними теплообмінними апаратами з гладкими трубами.

Апарати повітряного охолодження горизонтальні типу АВГ (Рис.1). Такі апарати призначені для конденсації та охолодження пароподібних, газоподібних та рідких середовищ, які застосовуються в технологічних апаратах нафтопереробної, нафтохімічної та хімічної промисловості. Секції апаратів АВГ призначені для охолодження середовищ із в'язкістю на виході до 5,1-5 м²/с (50 сСт).

Малопоточні апарати повітряного охолодження АВМ (Рис.2). Такі апарати мають таке ж призначення, що і апарати АВГ. Апарати цього типу виготовлюються в горизонтальному (Г) та вертикальному (В) виконанні.

По вимозі замовника апарати АВМ можуть комплектуватися :

- жалюзі з ручним приводом або електроприводом;
- системою внутрішньої рециркуляції нагрітого повітря (жалюзі,
- короб рециркуляції, вітрозахисний кожух) – для апаратів горизонтального виконання;
- підігрівач повітря.

Апарати з повітряним охолодженням зигзагуваті АВЗ. Такі апарати мають таке призначення, що і апарати типу АВМ та АВЗ з в'язкістю на виході $5 \times 10 - 5 \text{ м}^2/\text{с}$.

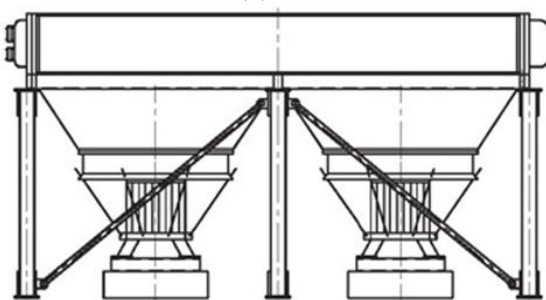


Рис 1 . Апарат повітряного охолодження типу горизонтальний типу АВГ

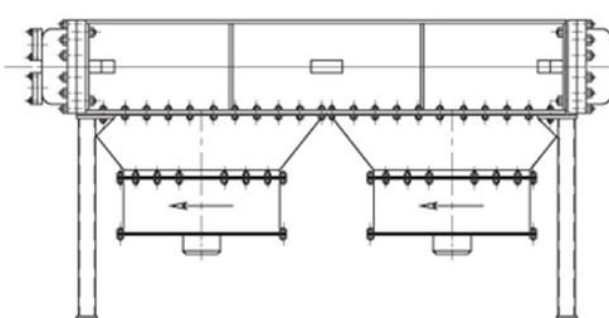


Рис 2 . Апарат повітряного охолодження мало поточний типу АВМ

Нижче представлені характеристики апарату повітряного охолодження бензинової фракції газового конденсату малотоннажної установки по переробці газового конденсату продуктивністю 500 кг/год.

Технічна характеристика	
Витрати бензину	0.082 кг/с
Температура:	
- на вході	120 °C
- на виході	45 °C
- навколишнього середовища	20 °C
Тиск (Розрахунковий)	0,15 МПа
Габаритні розміри:	
- довжина	1160 мм
- ширина	600 мм
- висота	990 мм
Маса	180 кг

УДК 621.21

СУШАРКА З КИПЛЯЧИМ ШАРОМ ДЛЯ СУШІННЯ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ

студент Плахтир І.О., асистент Михальчук О. Д.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

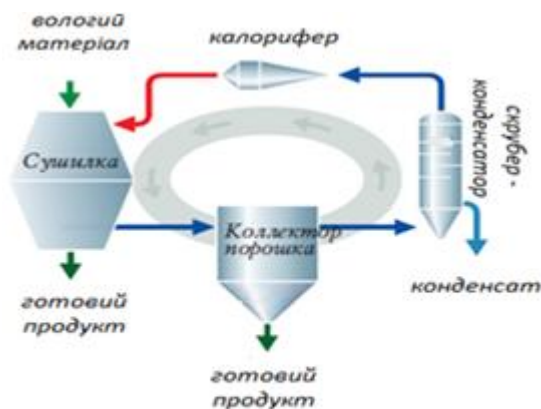
Виробництво сульфату амонію – дорогий та енергоємний процес. Отже розробка устаткування для його виробництва, що відповідає сучасним вимогам, є важливою задачею.

Сульфат амонію — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Це добриво, яке містить близько 21% азоту, воно добре розчиняється у воді, мало злежується, зберігаючи розсипчастість. Сульфат амонію містить також до 24% сірки, тому одночасно він є джерелом сірчаного живлення.

Для виготовлення та висунення гранул сульфату амонію використовують сушарки з киплячим шаром. Ці апарати відрізняються високою надійністю, скороченням часу сушіння за рахунок посиленого перемішування матеріалу в сушильній камері. Процес сушки проходить за схемою з замкнутим циклом.(рис.1) Таким чином установка дозволяє мінімізувати забруднення навколишнього середовища, що є дуже актуальним у наш час.

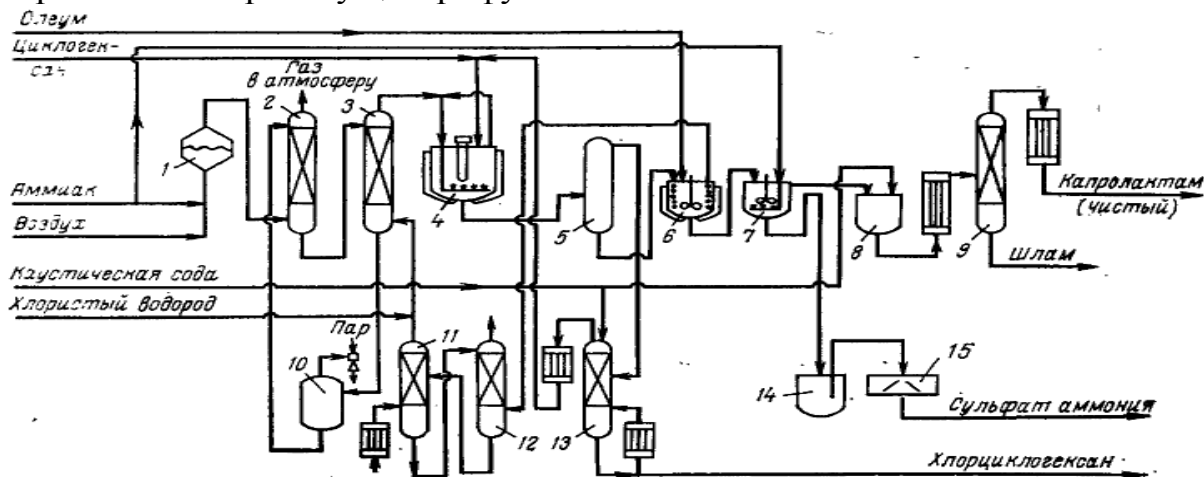
За заданими вхідними даними зробив параметричний розрахунок сушарки з псевдозрідженим шаром. Отримав: діаметр $D=1\text{ м}$; висота апарату $h=3.2\text{ м}$; гідравлічний опір $\Delta P=2.6 \cdot 10^3\text{ Па}$.

Аналізуючи сушарку з киплячим шаром роблю висновок, що у верхній частині сушарки вологий газ охолоджується і конденсується на стінках апарату. Він стікає до нижньої частини і потрапляє на ще не висушений матеріал і додатково його зволожує. В основу вдосконалення апарату поставлено завдання відводу утвореного конденсату. Таким чином рідина, сконденсована у верхній частині апарату буде стікати у жолоб і відводитися з апарату через вивідний патрубок. Це значно підвищує якість сушіння сипучого матеріалу.



Система з замкненим циклом
рисунок 1

Модернізацією є заміна центрифуги на схему з замкнутим циклом (рис.1) при виробництві капролактаму. Замінивши нею центрифугу, для висушування сульфату амонію (рис .2). Таким чином можна отримати якісно висушений гранульований продукт і зекономити енергію яка витрачається на роботу центрифуги.



- 1 - Реактор окислення аміаку; 2 — апарат для отримання нітрозилсульфатної кислоти; 3— генератор нітрозилхлориду; 4 — реактор фотохімічного нітродування; 5 - колона для відділення циклогексаноксиду від непрореагованого циклогексану; 6 - реактор для проведення бекмановського перегрупування; 7 — нейтралізатор; 8 — апарат для хімічної очистки; 9 — ректифікаційна колонна; 10 — концентратор сірчаної кислоти; 11 — колона для отримання гідроген-хлориду; 12 — колона для регенерації гідроген-хлориду; 13 - колона для регенерації циклогексану; 14 — апарат для виділення та очистки сульфату амонію; 15 — центрифуга.

Рисунок 2 - Технологічна схема виробництва капролактаму методом фотохімічного нітродування циклогексану. Фірма «Тоё раён» (Японія)

Будуть виконані розрахунки, які підтверджують надійність та працездатність апарату. За розрахунками будуть виконані креслення принципової схеми установки, схема автоматичного регулювання, корпус, днище, кришка, опора. Також поведуться розрахунки для визначення економічної доцільності.

Перелік посилань:

1. Дитнерський Ю.И. Процеси та апарати хімічної технології.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии.

УДК 66.047.541

УМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ

асистент Улітько Р.М., студент Продан О. С.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Технічний казеїн знаходить широке застосування в промисловості, а саме в хімічній, легкій, деревообробній, целюлозно-паперовій, харчовій та фармацевтичній. Його використовують як водостійку речовину, яка забезпечує адгезію клею на поверхнях що склеюються, як сполучну речовину при виробництві клейових фарб і при проклеюванні паперу, а також в якості стабілізатора в різних емульсіях. Оброблюючи казеїн формальдегідом можна отримати пластик.

При виготовленні технічного казеїну важливу увагу необхідно зосередити на процесі сушіння, бо від якості реалізації цієї стадії залежатиме, тривалість зберігання, якість кінцевого продукту та якість виготовлених з них виробів 1.

Фізична модель процесу псевдозрідження показана на рисунку 1. В загальному найпростішому випадку процес псевдозрідження відбувається при умові :

$$G - A - S = R; R < 0; W_{\varepsilon} > W_{кр}$$

де G – сила земного тяжіння, що діє на частинку, Н;

A – сила Архімеда, Н;

R – рівнодійна всіх сил, прикладених до частинки, Н;

S – сила тертя, Н;

W_{Γ} – швидкість сушильного агента, що подається в апарат, м/с;

$W_{кр}$ – мінімальна швидкість сушильного агента, що потрібна для створення в апараті процесу псевдозрідження, м/с.

На процес псевдозрідження суттєво впливає критична швидкість газу, але тим самим збільшується гідравлічний опір.

$$W_{кр} = \sqrt{\frac{\pi d g (\rho_m - \rho_c)}{6 \psi \cdot \rho_c}},$$

де d – діаметр частинок, що псевдозріджуються, мм;

g – прискорення земного тяжіння, м/с²;

ρ_m – густина матеріалу, кг/м³;

ρ_m – густина середовища, кг/м³;

Ψ – узагальнений коефіцієнт гідравлічного опору.

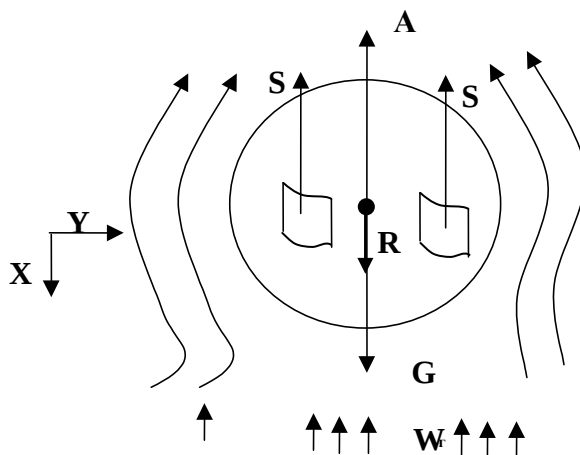


Рисунок 1 – Фізична модель процесу псевдо зрідження

Отже, основними параметрами впливу при модернізації процесу сушіння в сушарці псевдозрідженого шару є: розмір частинок, що висушуються, критична швидкість псевдозрідження, товщина шару казеїну, надмірне збільшення якої призводить до зменшення швидкості, а отже і продуктивності. Одним з найбільш ефективних методів підвищення продуктивності, при незмінній швидкості псевдозрідження, є застосування газорозподільної решітки безпровального типу з отворами, що мінімізують гідравлічний опір.

Перелік посилань:

1. Продан О.С., Улітько Р.М, Сушарка ВС300 КПІ для сушіння казеїну, Збірник тез доповідей IX всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів», К.: НТУУ «КПІ» ІХФ, 01-04 листопада 2011 – 110 с.

УДК 665.63

УСТАНОВКА КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ КАТАЛІЗАТОРА

студент Ференс В.М., асистент Улітько Р.М.

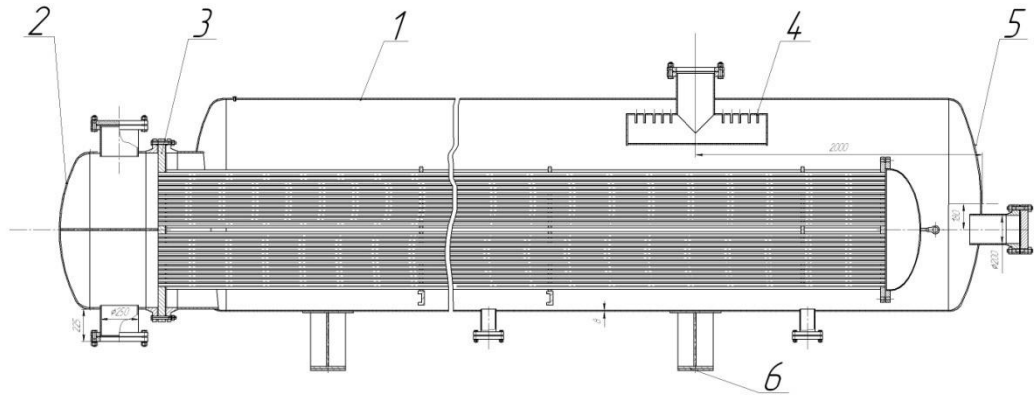
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Реактор каталітичного крекінгу – колонний апарат з псевдозрідженим шаром каталізатора. Сировина з паром і рециркулює подаються на вхід в реактор, сюди ж подається дрібносферичний каталізатор. Він попадає в зону форсованого киплячого шару, де починає виділятися сировина від каталізатора. В верхній частині реактора вмонтовано циклони для очистки парів від каталізатору

Найпростішим методом очистки газу від пилу є відстоювання газу в пилових камерах. Проте цей метод в сьогоденній час практично не використовується, так як він потребує великогабаритної апаратури і є малоефективним. Найбільш розповсюдженим методом очистки газу від пилу є відцентрове пиловловлювання в циклонах. Ступінь очистки газу в циклонах залежить від відношення розмірів циклонів і якості їх виготовлення. Циклон складається з вихлопної труби , вхідного патрубку , корпусу , днища .

Для отримання водяного пару заданих параметрів використовуємо кип'ятильник.

Димові гази потрапляючи в штуцер проходять трубний простір і передають теплоту хімічно очищеній воді. Трубна решітка виконана у вигляді пучка труб з плаваючою головкою для компенсації температурних деформацій. Корпус виконано циліндричної форми з паровим простором.



1 - корпус; 2 - кришка; 3- трубний пучок; 4 - сепаратор; 5- кришка;
6- опора

Рис. 1. Схема кип'ятильника

Перелік посилань:

1. Беранек Я., Сокол Д. Техника псевдоожигения. Пер. с чешск. М., Гостоптехиздат, 1962. 160 с.
2. Михаил Р., Кырлогану К. Реакторы химической промышленности. Л. "Химия", 1971. 432 с.

УДК 628.5

МІШАЛКА ДЛЯ КОЛОНИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ СТИРОЛУ

ст. викл. Магазій П.М., студент Чиж Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

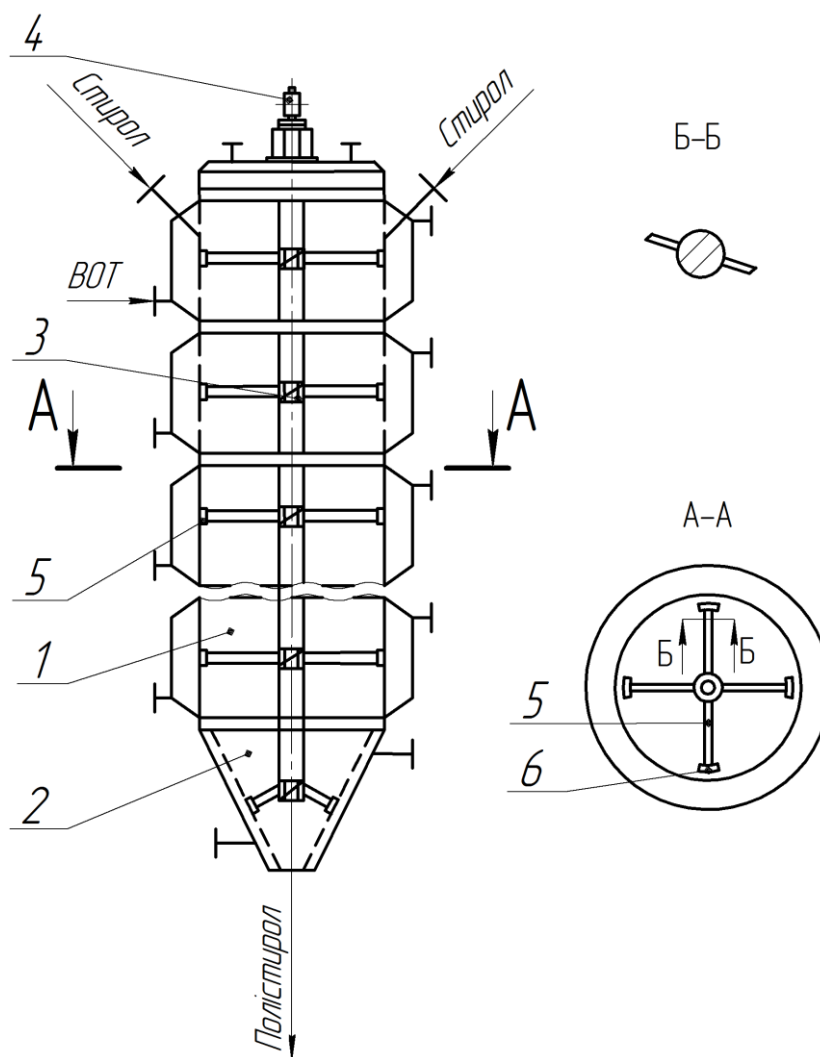
Полімерація стиролу блочним методом проводиться в дві стадії, де завершальна стадія відбувається в колонному апараті без мішалки, при малих швидкостях переміщення і значному тепловиділенні реакції полімеризації [1].

Для поліпшення умов теплообміну можливе використання перемішуючого пристрою - якірної або рамної мішалки[2]. Але при роботі таких мішалок на валу виникають великі крутні моменти, пов'язанні з збільшенням в'язкості реакційної маси, а також ними порушується необхідний температурний режим по зонах.

Для усунення недоліку цих мішалок на кінці стержнів перемішуючого пристрою приєднуються пластини вигнуті по спіралі, за допомогою яких відбувається вирівнювання осьової швидкості руху розчину та з'являється можливість позонного перемішування і регулювання температури. Крім того, відбувається очищення стінок корпусу апарата від налипання. Завдяки криволінійній поверхні пластин реакційна маса біля стінок реактора переміщується і напрямляється вдовж осі реактора, чим зменшується (усувається) тормозний вплив стінки реактора на швидкість потоку маси.

Колонний апарат (рис. 1) складається з циліндричного корпусу 1, конічного днища 2, мішалка з пластинами 3, привід 4, пластина 6.

Апарат працює в неперервному режимі. В корпус 1 зверху неперервно подається реакційна маса. Мішалка з пластинами приводиться до руху за допомогою привода 4, перемішує та переміщує масу біля стінок вздовж осі колони. Вивантаження продукту відбувається через отвір в конічному днищі 2 апарату.



1 - циліндричний корпус; 2 - конічне днище; 3 - мішалка; 4 - привід; 5 - стержень; 6 - пластина.

Рисунок 1 – Колонний апарат

Перелік посилань:

1. Чернобыльский И.И. Полимеризационные аппараты. - Техника, 1968. - 162с .

2. Збірник тез доповідей VIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів", Частина 2, 20-22 квітня, Київ 2011. УДК 665.63, Вибір конструкції перемішувального пристрою для реактора-полімеризатора полістиролу./ Семінський О.О., Мельник М.П.

КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК ДИЗЕЛЬНОЇ ФРАКЦІЇ УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ

студент А.А.Матвієнко, к.т.н., доцент Б.К.Ільєнко
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Кожухотрубні теплообмінники є найбільш поширеною конструкцією теплообмінної апаратури. Сталеві кожухотрубні теплообмінні апарати виготовляють наступних типів: Н – з нерухомими трубними решітками; К – з температурним компенсатором на кожусі; П – з плаваючою голівкою; У – з U-подібними трубками; ПК – з плаваючою голівкою та компенсатором на ній. Мідні кожухотрубні теплообмінники виготовляють двох типів (Н і К).

В залежності від призначення кожухотрубні апарати можуть бути теплообмінниками, холодильниками, конденсаторами та випарниками.; їх виготовляють одноходовими та багатоходовими. Використання сталевих кожухотрубних теплообмінних апаратів різних типів в хімічних виробництвах характеризується приблизно такими даними: Н – 75 %, К – 15 %; У – 3 %, П і ПК – інше.

Теплообмінники з нерухомими трубними решітками (тип Н). Схема теплообмінника з нерухомими трубними решітками приведена на рисунку. В кожусі 1 розміщений трубний пучок, теплообмінні труби якого 2 розвальцьовані в трубних решітках 3. Трубна решітка жорстко з'єднана з кожухом. З торців кожуху апарат закритий розподільчими камерами 4 і 5. Кожух і камери з'єднані фланцями.

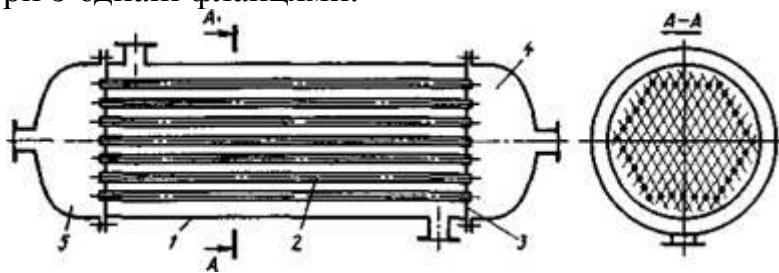


Рис.1 - Теплообмінник з нерухомою трубною решіткою

Для підведення та відведення робочих середовищ (теплоносіїв) апарат обладнаний штуцерами. Один з теплоносіїв в такому апараті рухається по трубах (в нашому випадку це дизельна фракція газового конденсату з ректифікаційної колони), другий (сировина – газовий конденсат) – в міжтрубному просторі, обмеженому кожухом та зовнішньою поверхнею труб.

Особливістю апаратів типу Н є те, що труби в них жорстко з'єднані з трубними решітками, а решітки приварені до кожуху. У зв'язку з цим

виключена можливість взаємних переміщень труб та кожуху, тому апарати такого типу ще називають теплообмінниками жорсткої конструкції.

Варіанти кріплення трубних решіток до кожуху апарату. Труби в кожухотрубних теплообмінниках намагаються розмістити таким чином, щоб зазор проміж внутрішню поверхню стінки кожуха і поверхню, що огинає пучок труб, був мінімальним, інакше більша частина теплоносія може минути основну поверхню теплообміну. Для зменшення кількості теплоносія, що проходить між трубним пучком та кожухом, в цьому просторі встановлюють спеціальні заповнювачі, наприклад приварені до кожуху подовжні смуги або глухі труби, які не проходять через трубні решітки і можуть бути розміщені безпосередньо біля внутрішньої поверхні кожуху.

Нижче представлені характеристики кожухотрубного теплообмінного апарату охолодження дизельної фракції газового конденсату малотоннажної установки по переробці газового конденсату продуктивністю 500 кг/год.

Параметр	Простір	
	міжтрубний	трубний
Витрата середовища, G, кг/г.	500	185
Розрахунковий тиск, МПа	0,53	0,27
Температура розрахункова на вході, °С	21	240
Тиск при гідравлічному випробуванні (надлишковий), МПа	0,74	0,38
Температура розрахункова на виході, °С	80	50
Гідравлічний опір, кгс/см ²	$45 \cdot 10^{-6} G^2$	$10 \cdot 10^{-6} G^2$
Поверхня теплообміну, м ²	33	
Габаритні розміри:		
Довжина, мм	4670	
Ширина, мм	568	
Висота, мм	660	
Маса, кг	548	
Маса заповненого теплообмінника, кг	680	

УДК 06.66.41

РЕАКТОР З МІШАЛКОЮ ДЛЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПИВА

студент Безручко О.В., асист. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Устаткування для змішування, а саме реактори з мішалками – виконують провідну роль в технологічних лініях виробництва. Процеси в таких апаратах багато в чому визначають ефективність подальших процесів і формують якість готового продукту. Вент призначене для отримання охолодженої суміші сусли, забезпечення однорідної консистенції при зберіганні, а також прискорення тепло - і масообміну в процесі виробництва продукції.

Змішування здійснюється механічним пристроєм, що обертається – якірною мішалкою. Для змішувача конфігурацію і форму лопатей вибирають, враховуючи стан перемішувачої маси, її об'єм, продуктивність, співвідношення змішуваних компонентів, спосіб завантаження і вивантаження продукту, вимоги технології. [1]

Якість роботи апаратів з мішалками оцінюється за ефективністю та інтенсивністю процесу, на які форма поверхні теплообміну; еквівалентний діаметр і компонування каналів, що забезпечують оптимальні швидкості руху середовища; середній температурний напір; наявність турбулізуючих елементів у каналах і т.д.

Ефективність змішування оцінюють таким показником, як однорідність отриманої суміші, а для кількісної оцінки використовують коефіцієнт неоднорідності. Практично однорідною вважається суміш, в якій вміст компонентів в будь-якому її об'ємі не відрізняється від заданого змісту для всієї суміші.

Вертикальний циліндричний апарат (Рисунок 1) є стандартизованим і випускається серійно, та являє собою найбільш розповсюджений вид апаратів з перемішувачами.

Характерні особливості перемішувача:

1. Апарат має на валу якірну мішалку;

2. Апарат комплектується одним приводом, що встановлений на його кришці таким чином, щоб вісь вихідного вала мотор-редуктора співпадала з віссю вала мішалки, а вісь вала мішалки співпадала з віссю корпусу апарата;

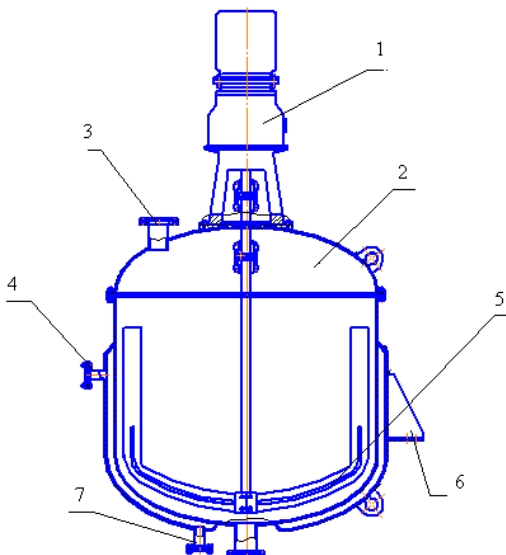


Рисунок 1- Реактор з мішалкою

1- привід; 2-кришка; 3-вхідний патрубок для подачі сусла;
4-патрубок для подачі охолоджуючої води; 5-мішалка; 6-опора; 7 –
штуцер виходу охолоджуючої води.

3. В даному випадку реактор виготовлений без внутрішніх пристроїв. Апарат має стропові пристрої, що забезпечують можливість використання вантажопідйомних механізмів при установленні апарата в робоче положення, а також при складанні та розбиранні. Також має в складі рухомі і нерухомі елементи, які утворюють єдину жорстку конструкцію. Ця конструкція встановлюється за допомогою опор на фундамент. На кришці апарата розташовані технологічні штуцера.

Перелік посилань:

1. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

УДК 06.66.41

РЕАКТОР З МІШАЛКОЮ ДЛЯ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПИВА

студент Куценко А.І., асист. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Реактор з мішалкою один із найпоширеніших апаратів в хімічній промисловості, оскільки даний апарат призначений для проведення різноманітних технологічних процесів рідкими середовищами в хімічній та інших галузях промисловості при перемішуванні з одночасним обігрівом (охолодженням) середовища в межах, що забезпечують необхідний температурний режим. В ньому використовується якірна мішалка.

Вертикальний циліндричний апарат з перемішуючим пристроєм (рисунок 1) є найбільш розповсюдженим видом апаратів, що застосовується в хімічному машинобудуванні. Вони стандартизовані і випускаються серійно.

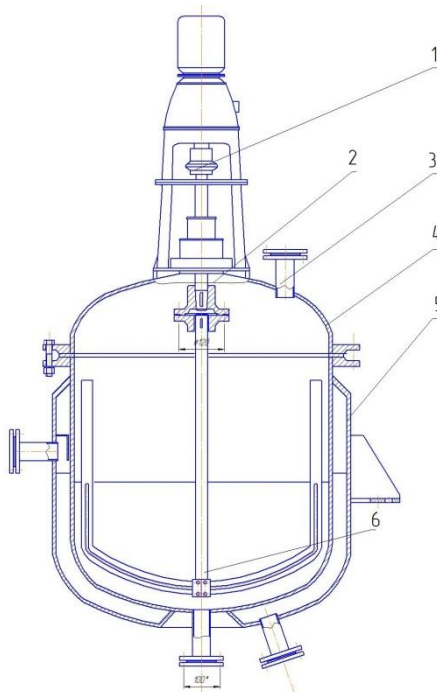


Рисунок 1-Апарат з перемішуючим пристроєм
1-привід зі стійками; 2-муфта; 3-штуцер; 4-корпус; 5-рубашка;
6-мішалка

Характерні особливості вертикального апарата:

1. Апарат комплектується одним приводом, що встановлений на його кришці таким чином, щоб вісь вихідного вала мотор-редуктора співпадала з віссю вала мішалки, а вісь вала мішалки співпадала з віссю корпусу апарата;

2. Апарат має на валу одну мішалку (в інших випадках може мати більше);

3. В даному випадку реактор виготовлений без внутрішніх пристроїв (в інших випадках можуть мати внутрішні пристрої).

Апарат має в складі рухомі і нерухомі елементи, які утворюють єдину жорстку конструкцію. Ця конструкція встановлюється за допомогою опор на фундамент. Апарат має стропові пристрої, що забезпечують можливість використання вантажопідйомних механізмів при установленні апарата в робоче положення, а також при зборці та розборці. На кришці апарата розташовані технологічні штуцера, штуцера для контрольно-вимірювальних пристроїв, штуцера для запобіжних пристроїв, люк.

Основними вимогами при конструюванні апарата є: забезпечення найбільш високого коефіцієнта теплопередачі при заданих витратах енергії на перемішування; компактність і найменша витрата матеріалів; надійність і можливість механічного очищення від забруднень; уніфікація вузлів і деталей; технологічність механізованого виготовлення широких рядів поверхонь теплообміну для різного діапазону робочих температур, тисків і т.д.

Перелік посилань:

1. Ермолаева Г.А, Колчев Р.А :Технология и оборудованиепроизводства пива и безалкогольныхнапитков. – М.: ИРПО;изд. центр «Академия», 2000. – 415 с.
2. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. – Л.: Химия, 1975. – 256 с.

УДК 664.8.047

БАРАБАННА СУШАРКА ДЛЯ СУШІННЯ ЯЧМЕНЮ

асист. Гулієнко С.В., студент Франк О.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

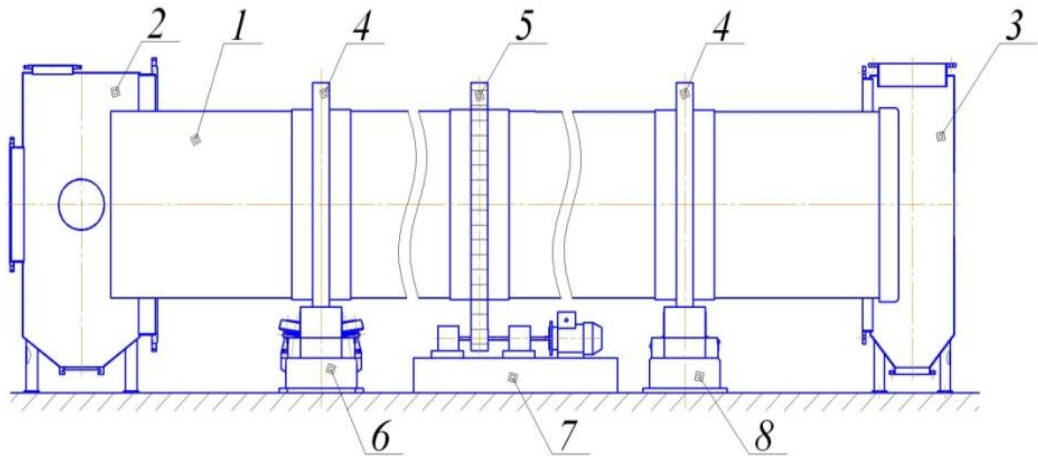
Останнім часом дуже гостро постала проблема виробництва якісної харчової продукції. Наявність великої сировинної бази виводить на перший план необхідність вдосконалення технологій переробки сировини та виробництва готової продукції у відповідності до світових стандартів.

При підготовці рослинної сировини для переробки використовують конвективне сушіння, що реалізується у барабанних сушарках, які широко використовуються для сушіння сипучих матеріалів [1]. При нагріванні над матеріалом утворюється пара, що видаляється потоком нагрітого повітря. Волога випаровується з поверхні матеріалу.

Матеріал, що надходить для сушіння, у вигляді дрібних шматків. Наприклад зерна злаків, поступає у припіднятий кінець барабана. При обертанні барабана матеріал переміщується до нижнього краю. Теплоносій просочується через сушильний барабан за допомогою вентилятора, далі проходять через циклон та викидається в атмосферу.

Для прискорення процесу сушіння на внутрішній поверхні барабана встановлюють лопаті, насадки, навішують ланцюги. Це сприяє кращому перемішуванню матеріалу, рівномірному та одночасному його нагріванню, оскільки теплоносій омиває шматки з усіх сторін. Зменшення часу перебування матеріалу у сушарці призводить до зменшення енерговитрат на проведення процесу.

На рисунку 1 представлена конструкція барабанної сушарки [2], що складається з барабана 1, що обертається за допомогою вінцевої шестерні 5, яка зв'язана з шестерню на валу редуктора, який входить до складу приводної станції 7. Вісь барабана нахилена до горизонту під невеликим



1 – барабан; 2 – завантажувальна камера; 3 – розвантажувальна камера; 4 – бандаж; 5 – вінцева шестерня; 6 – опорно-упорна станція; 7 – приводна станція; 8 – опорна станція;

Рисунок 1 – Схема барабанної сушарки

кутом. Тиск від усіх мас, що обертаються, передається через бандажі 4 на ролики опорно-упорної 6 та опорної станції 8. Опорні ролики застосовуються як опори, упорні – для запобігання осьового переміщення похилого барабана. Бандаж 4 являє собою кільце прямокутного перерізу, що надягається на встановлені по колу барабана башмаки. На барабані з обох боків встановлюються завантажувальна 2 та розвантажувальна 3 камери.

Перелік посилань

1. Лыков А. В., Тепломассообмен. Справочник, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1978. - 480 с.
2. Сушильные аппараты и установки. Каталог НИИХИММАШ, М., 1988;

СЕКЦІЯ 4

«ОБЛАДНАННЯ ЛІЧОВОГО КОМПЛЕКСУ»

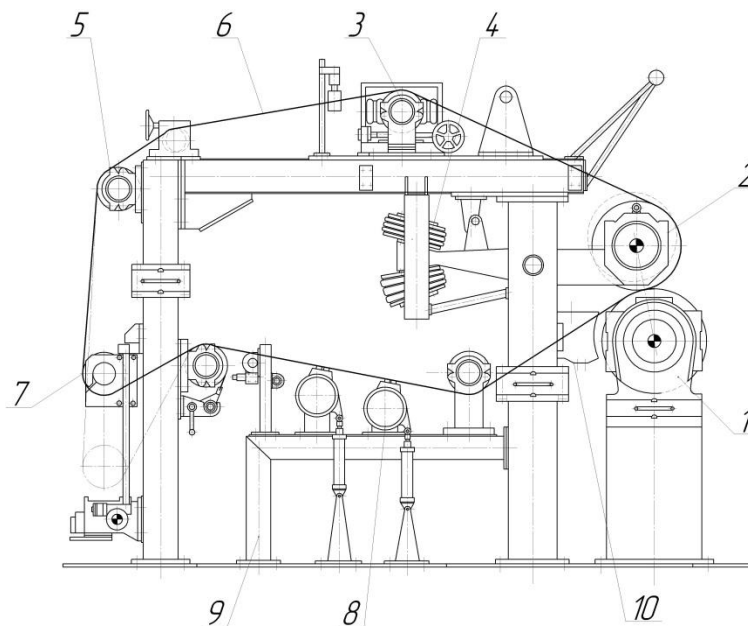
УДК 676.056.42

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСУ ПОВОРОТНОГО ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

асистент Новохат О.А., студент Єгоров А.О.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Якість картону і продуктивність картоноробних машин багато в чому залежить від ефективності та інтенсивності зневоднення полотна картону з отриманням заданих фізико-механічних властивостей; забезпечення рівномірної вологості полотна по ширині; безобривної проводки полотна з мінімальними ділянками вільного пробігу [1]. Оскільки реалізація зазначених процесів здійснюється на пресовій частині, її вдосконалення є актуальною задачею.

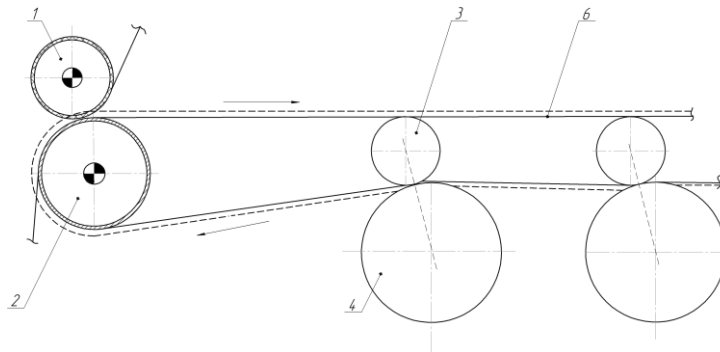
Схема поворотного пресу, що розроблюється, зображено на рисунку 1.



1 – відсмоктувальний вал; 2 – притисний гумований вал; 3 – автоматична сукноправка; 4 – механізм притискання верхнього вала; 5 – сукноведучий вал; 6 – сукно; 7 – сукнонатяжка; 8 – щільова сукномийка; 9 – станина, 10 – паровий ящик

Рисунок 1 – Прес поворотний

Схема пресування зображено на рисунку 2.



1 – вал гумований; 2 – вал відсмоктувальний; 3–знімальний валик; 4 –вакуумформер; 5 – картонне полотно; 6 – сукно

Рисунок 2 – Схема поворотного преса

Даний прес дозволяє здійснити поперечну фільтрацію води в сукні, забезпечує збільшення лінійного тиску в захваті преса, порівняно зі звичайним, і відповідно збільшення рушійної сили фільтрації, високу інтенсивність процесу пресування та відсутність вірогідності розриву картонного полотна.

Обґрунтовано необхідність розроблення нової конструкції преса поворотного з розробкою парового ящика для підігрівання картонного полотна перед пресуванням. Це дозволяє збільшити величину і рівномірність сухості картонного полотна по всій ширині та зменшити ймовірність обривів.

Паровий ящик виконує функцію підігрівання картонного полотна[2]. Зі збільшенням температури полотна в'язкість води і поверхневий натяг в ньому зменшується, процес зневоднення інтенсифікується. Завдяки незалежній системі клапанів подачі пари по всій ширині полотна, паровий ящик контролює поперечний профіль вологості. При однаковому тиску в зазорі з нагрітих зон вилучається більша кількість води, чим з холодних.

Перелік посилань:

1. Чичаев А.А. „Оборудование целлюлозно-бумажного производства” двух томах. Том 2 „Бумагоделательные машины”– М. „Лесная промышленность” 1981.– 264 с.
2. Эйшлин И.Я. „Бумагоделательные и отделочные машины” М. “Лесная промышленность” 1970.- 624 с.

УДК.676.056.42

МОДЕРНІЗІЦІЯ ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

асист. Новохат О.А., студент Жаркой Р.В.

Національний технічний університет України

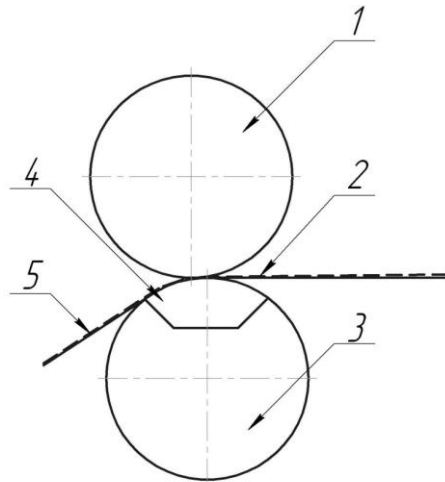
“Київський політехнічний інститут”

Як раніше було зазначено, целюлозно-паперове виробництво є одним з найбільше енергозатратних. Тому модернізація пресу папероробної машини зі зменшенням металоємності та енергозатрат є актуальною.

Попередній аналіз конструкцій пресів папероробної машини показав існування таких типів: звичайний двухвальний прес з гладкими, гранітними, гумованими чи стонітовими валами, башмачний прес з розширеною зоною пресування, відсмоктуючий, поворотний, гарячий, жолобчатий прес, з глухими отворами, офсетний, клеїльний та ін. [1].

Кожен з різновидів пресів має свої переваги та недоліки.

Конструкцію пресу, що модернізується, зображено на рисунку 1.

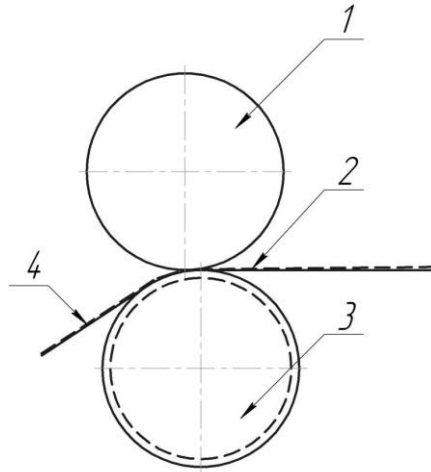


1 – верхній вал; 2 – сукно; 3 – нижній вал з відсмоктувальною камерою;
4 – відсмоктувальна камера; 5 – паперове полотно.

Рис.1. - Схема першого пресу папероробної машини до модернізації

Прес складається з двох валів: гранітного та відсмоктуючого. Між ними на пресовому сукні проходить паперове полотно. Ця конструкція має такі переваги, як значна інтенсивність процесу зневоднення. Проте існує і ряд таких недоліків, як складність конструкції та експлуатації, висока вартість, недовговічність, відносно низька міцність, що обмежує діапазон робочого прижимного зусилля [2].

В зв'язку з цим вирішено замінити відсмоктуючий вал на жолобчатий. За рахунок наявності жолобків на гумованій поверхні валу вода потрапляє в них та відводиться з зони пресування, зменшуючи вологість пресового сукна.



1 – верхній вал; 2 – сукно; 3 – нижній вал жолобчатий;
4 – паперове полотно.

Рис.2. - Схема першого пресу папероробної машини після модернізації

Попередній досвід використання жолобчастих валів в пресах пресової частини папероробних машин показав, що заміна відсмоктувальних валів з відсмоктувальними камерами на жолобчасті вали дає такі переваги: витрати на ремонтні роботи знижуються в середньому в чотири рази, знижується вартість установки, зменшуються експлуатаційні витрати, збільшується сухість паперу, рівномірنا вологість по ширині паперового полотна, збільшення тиску пресування не визиває роздавлювання полотна та маркування і найголовніше, що відсутні витрати на створення вакууму.

Таким чином жолобчатий прес має значні переваги, тому розробка і впровадження цих пресів в виробничу лінію є доцільним.

Перелік посилань

1. Чичаев А.А. „Оборудование целлюлозно-бумажного производства” двух томах. Том 2 „Бумагоделательные машины” – М. „Лесная промышленность” 1981. -264 с.
2. Эдлин И.Я. „Бумагоделательное и отделочные машины” – М. „Лесная промышленность” 1970. -624 с.

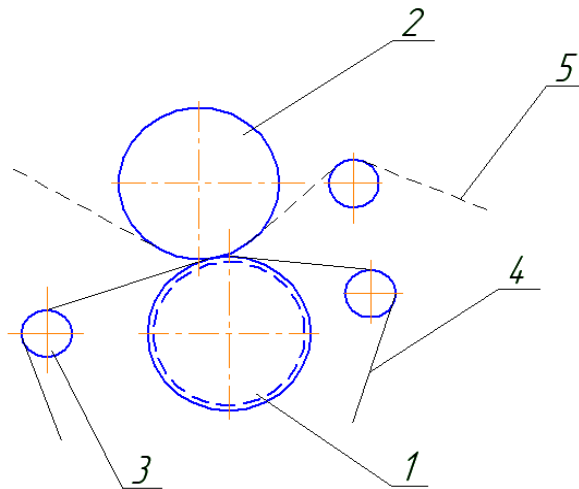
УДК 676.056.42

МОДЕРНІЗАЦІЯ КІНЦЕВОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

асистент Улітько Р.М., студент Лягера А.В.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

На процес зневоднення вологого полотна паперу і картону в пресовій частині машини та властивості готової продукції впливають багато конструктивних і технологічних чинників, серед яких найважливішими є : якість сукон і тип застосовуваних пресів, питомий тиск при пресуванні, композиція паперової маси і ступінь її млива , температура полотна, швидкість машини тощо [1].

З підвищенням питомого тиску збільшується не тільки сухість полотна, але й підвищується його щільність, зростають показники механічної міцності внаслідок кращого контакту між волокнами і підвищення міжволоконних зв'язків, знижується пористість.



1 – вал жолобчатий; 2 – вал гранітний; 3 – вал сукноведучий; 4 – сукно; 5 – паперове полотно.

Рисунок 1 - Схема захвату жолобчатого пресу

Питомий тиск при пресуванні залежить від лінійного тиску між валами і ширини зони їхнього контакту. Величина питомого тиску при пресуванні обмежується сухістю пресового полотна і його міцністю у вологому стані, фільтрувальною здатністю сукон і типом пресів. З

підвищенням сухості полотна, тобто від першого до наступних пресів, лінійний тиск при виробництві різного виду паперу і картону поступово підвищується та у залежності від типу пресів може досягти 350...1100 кН/м.

З підвищенням швидкості машини зневоднювання полотна на пресах погіршується, тому що зменшується час пресування і помітніший вплив на цей процес здійснює сила інерції руху віджатої води, особливо в пресах із подовжньою її фільтрацією.

Швидкість зневоднення картонного полотна на пресах, так, як і в інших випадках технологічного процесу виробництва картону залежить від композиції і ступеня млива маси. Целюлозні добре розмелені волокна, що мають на своїй поверхні велику кількість вільних гідроксильних груп, міцніше утримують воду, ніж волокна деревної маси аналогічного ступеня млина, тому що в останніх багато гідроксильних груп покриті лігніном і недоступні до абсорбції на них води.

В даній роботі модернізується останній прес пресової частини, який стоїть перед сушильною частиною. Замість гранітного валу пропонується встановити жолобчатий, а замість верхнього чавунного гумованого - плаваючий вал з покриттям, розробленим фірмою «Metso paper». Це дозволяє підвищити ступінь зневоднення і відмовитись від використання сукна.

Оскільки з підвищенням температури пресованого полотна помітно знижуються в'язкість і поверхневий натяг води, то природно що у цьому випадку вона легше видалиться на пресах.

Перелік посилань

1. 1.Примаков С.П, Барбаш В.А. «Технологія паперу і картону». Київ ЕКМО 2002, -425 с.
2. В.А.Чичаев «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» т.2, 1981-264 с. М. «Лесная промышленность».
3. .Эйдлин И.Я.«Бумагоделательные и отделочные машины» М.«Лесная промышленность»1970-624 с.

УДК 676.02

ТРЬОХВАЛЬНИЙ ПРЕС КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

ст. викладач Зайцев С.В., студент Овсюков Є.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

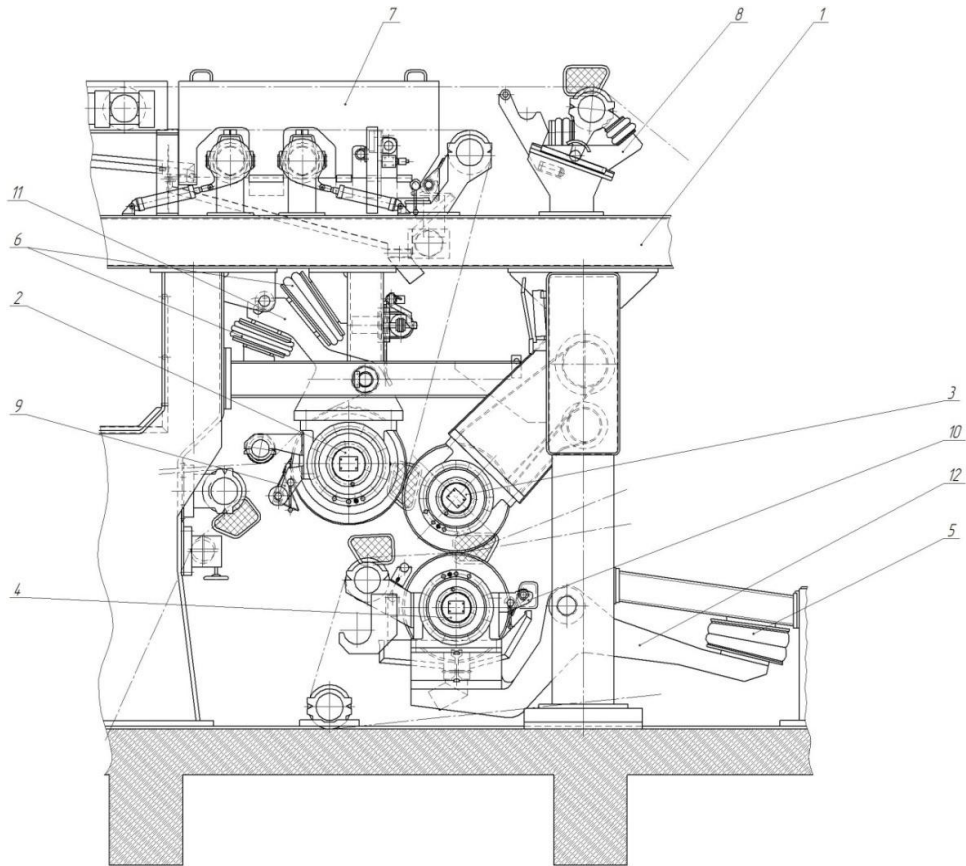
Обсяг виробництва картону зростає і підвищуються вимоги до якості картону. Це вимагає створення нового і вдосконалення існуючого обладнання, зокрема пресової частини КРМ.

Пресова частина КРМ повинна забезпечувати: максимальне зневоднення полотна картону з отриманням заданих фізико-механічних властивостей; рівномірну вологість полотна по ширині; безобривну проводку полотна з мінімальними ділянками вільного пробігу.

Багатовальний прес ставиться після відсмоктуючого преса, який в свою чергу стоїть після сіткової частини з гауч-пресом. На багатовальний прес подається віджате полотно після відсмоктуючого.

Поширеною конструкцією багатовального пресу є трьохвальний, зображений на рисунку 1.

Принцип дії преса полягає в притисканні валу з глухими отворами та гранітного валу до жолобчатого за допомогою пневмобалонів через важелі, на яких встановлені вали. Пневмобалони призначені для забезпечення рівномірної товщини та сухості картону по ширині. Всі вали шарнірно закріплені на станині і мають високу жорсткість закріплення.



1 – станина; 2 – вал гранітний; 3 – вал жолобчатий; 4 – вал з глухими отворами; 5 – нижній пневмобалон; 6 – верхні пневмобалони; 7 – сукнонатяжка; 8 – сукноправка; 9 – верхній шабер; 10 – нижній шабер; 11 – верхній важіль; 12 – нижній важіль.

Рисунок 1. Конструкція преса

Одним з можливих напрямів модернізації конструкції є збільшення лінійного тиску в захваті пресу при зменшенні діаметрів валів.

Перелік посилань:

1. В.А.Чичаев «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» Том 2 1981-264с. М. «Лесная промышленность».
2. Примаков С.П, Барбаш В.А. «Технологія паперу і картону». Київ ЕКМО 2002, -425с.

УДК 676.05

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

асист. Мельник О.П., студент Пустовіт В.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Накат є завершальним пристроєм папероробної машини, який здійснює намотування паперу у рулони. Основною вимогою до наката є рівномірність щільності рулонна та щільна намотка паперу, необхідна для його нарізування, транспортування, зберігання, обробки та переробки.

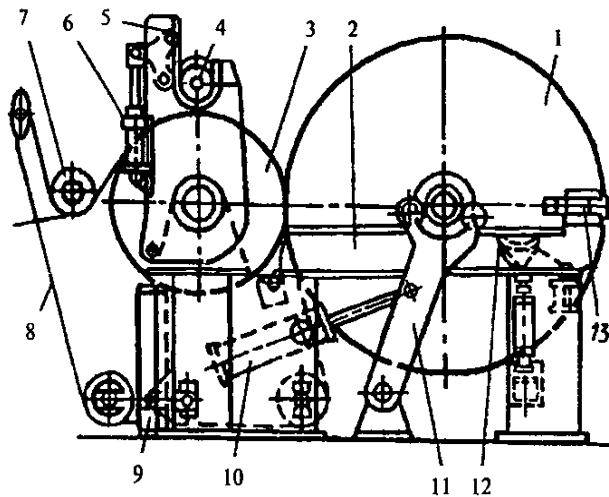
Периферичний накат застосовують на всіх швидкісних та широкоформатних папероробних машинах. Основною його перевагою є можливість рівномірної та щільної намотки майже при будь - якій швидкості та ширині машини, а також при меншому натягненні паперового полотна, ніж на інших накатах.

В даному проекті для покращення роботи наката було модернізовано тормозний пристрій рулонна. Тому, що саме від нього залежить швидкість зупинки намотаного рулонна, а отже і час його перезавправки.

До конструкції пристрою входить пневмоциліндр, поршень та шток, до якого шарнірно кріпиться колодка з фрикційною накладкою виконаною з ферадо. Ферадо складається з фібри із вкрапленнями мідної стружки та має великий коефіцієнт тертя ($f=0,3$).

В результаті розрахунків тормозного пристрою було визначено, що завдяки великому коефіцієнту тертя ферадо, сила притискання на гальмівних колодках, яку необхідно створити для зупинки рулону на модернізованому пристрої значно менше ніж на аналогах.

В периферичному накаті рулон паперу, що намотується прижимають до приводного циліндру наката, який обертається з постійною кутовою та відцентровою швидкістю. Поки проводять намотку паперу на тамбурний валок, встановлений на приймальних важелях, намотаний рулон, що знаходиться на робочих важелях, знімають спеціальним краном. Для швидкої зупинки відведеного рулонна використовують тормозний пристрій. Після рулон, що намотується переводять з приймальних важелів на звільнені робочі де продовжується його намотування.



1— рулон паперу, що намотується; 2 — станина; 3 — циліндр наката; 4 — тамбурний валик; 5 — приймальний ричаг; 6 — пневмоциліндр прижима тамбурного вала; 7 — разправляючий валик; 8 — заправочний канатик; 9 — циліндр привода поворота приймальних важелів; 10 — циліндр привода основних (робочих) важелів; 11 — основной важіль; 12 — тормозний пристрій рулона; 13 — демпфер.

Рисунок 1 – Схема периферичного намоту

Виконана модернізація підвищує продуктивність, скорочує час намотування рулону, внаслідок чого покращуються економічні показники та робота пристрою.

Перелік посилань

- 1.Справочник технолога – машиностроителя. Т 1 и 2 / Под ред. А.Г. Кисиловой и Р. К, Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985-1986 г.
2. Примаков С. Ф., Барбаш В. А. Технология бумаги и картона: Учебное пособие для вузов.- М.: Экология, 1996.
3. Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно- бумажной производства. М.: Лесная промышленность в двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины. 1991.

УДК 676.026,522

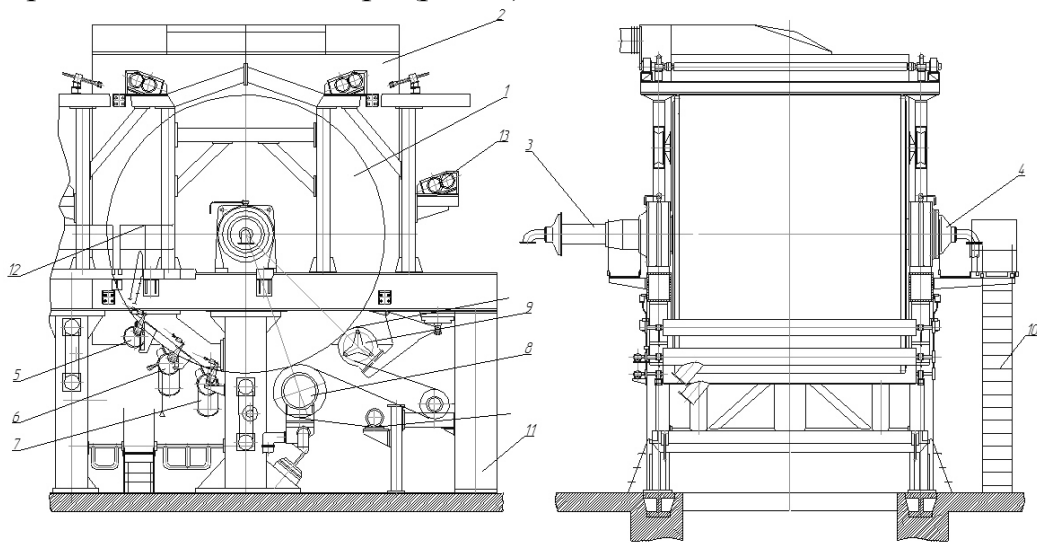
СУШИЛЬНА ЧАСТИНА ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ З РОЗРОБКОЮ ЛОЩИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА

асистент Улітько Р.М., студент Пустовіт О.В.

Національний технічний університет України:

«Київський політехнічний інститут»

Для виготовлення паперу односторонньої гладкості, санітарно-гігієнічних видів паперу, та картону високої якості (наприклад хром-ерзац) застосовують паперо- та картоноробні машини з лощильним циліндром великого діаметра (рис. 1).



1 – циліндр лощильний, 2 – ковпак конвективного сушіння,
3 – головка конденсатовідвідна, 4 – головка паровпускна, 5 –
шабер з'йомний, 6 – шабер крепуючий, 7 – шабер очисний, 8 –
перший гарячий прес, 9 – другий гарячий прес, 10 – сходи, 11 –
станина, 12 – містки, 13 – редуктор

Рисунок 1 – Схема сушильної частини ПРМ

Лощильний циліндр – основний елемент сушильної частини папероробних машин. Циліндр складається з корпусу, торцевих кришок та центрального порожнистого вала з цапфами. Кришки з'єднані з корпусом і валом болтами. В обох кришках, а також у центральному пустотілому валу є люки, необхідні для проведення монтажних робіт і внутрішнього огляду. Корпус циліндра відливається з чавуну модифікованого з високими

характеристиками міцності та високою теплопровідністю. Твердість чавуна забезпечує високу гладкість та чистоту зовнішньої поверхні, а відповідно, і високий коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні циліндра до паперу. Остання шліфується та полірується. Остаточна обробка циліндра виконується з урахуванням того, що в процесі експлуатації його поверхня, яка контактує з полотном, охолоджується ним, а дотичні до кришок ділянки, мають більш високу температуру, ніж робоча поверхня циліндра.

Одним з напрямків модернізації даної конструкції є покращення конструкції ковпака високошвидкісної сушки, покращення конденсатовідвідної системи, збільшення площі теплообміну внутрішньої поверхні лоцильного циліндра, збільшення кута охоплення паперу до зовнішньої поверхні циліндра.

Перелік посилань

1. Примаков С.П, Барбаш В.А. «Технологія паперу і картону». Київ ЕКМО 2002, -425с.
2. В.А.Чичаев «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» Том 2 1981-264с. М. «Лесная промышленность».
3. .Эйдлин И.Я.«Бумагоделательные и отделочные машины» М. «Лесная промышленность»1970-624 с.

УДК.676.056.42

МОДЕРНІЗЦІЯ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

асист. Новохат О.А., студент Сапронов К.

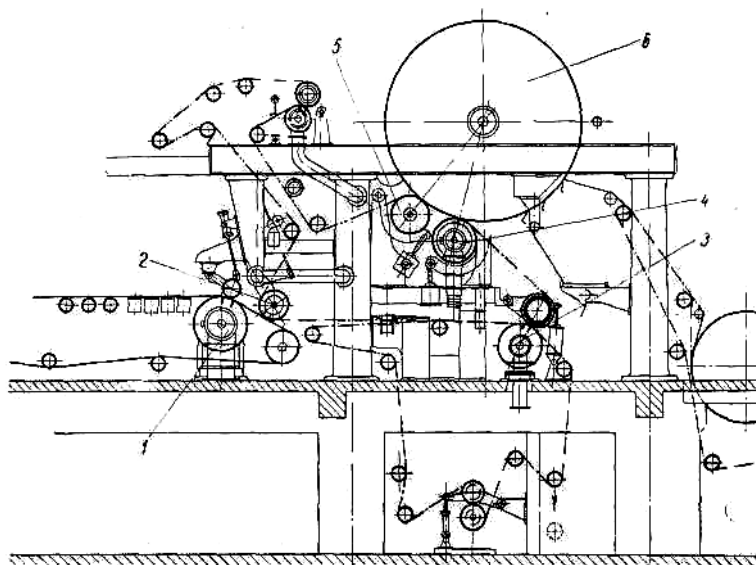
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут”

Целюлозно-паперове виробництво – одна з найважливіших галузей промисловості. Продуктами цього виробництва є целюлоза, напів-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-гігієнічна для рушників та серветок, обгорткова тощо) вагою до 60 г/м². Для таких видів паперу характерні висока поглинаюча здатність, велика м'якість та велика здатність до розтягування. Санітарно-гігієнічний папір переважно виготовляють з маси садкого помелу.

Зневоднення паперового полотна з малою масою квадратного метру реалізується на папероробних машинах з лощильним циліндром, де

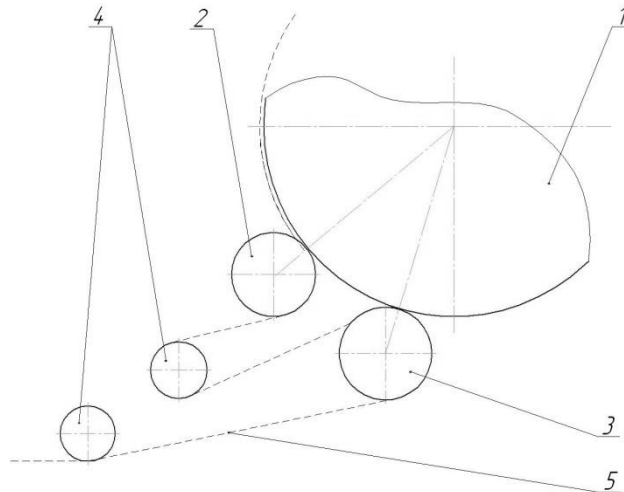


пресова частина комбінується разом з сушильною (рис. 1).

1 – гауч; 2 – пересмоктуючий вал; 3 – прес; 4 – перший гарячий прес;
5 – другий гарячий прес; 6 – сушильний циліндр

Рисунок 1 – Сушильна частина в поєднанні з гарячим пресом

Двозахватний гарячий прес складається з двох гладких валів, що прижимаються до поверхні лощильного циліндра (рис. 2).



1 – лоцильний циліндр; 2, 3 – вали пресові; 4 - вал сукноведучий; 5 - сукно.

Рисунок 2- Прес папероробної машини

Для інтенсивності пресування гладкі пресові вали замінені на жолобчатий вал та гумований вал з глухими отворами (на рис. 2 позиції 2 і 3 відповідно).

В якості першого гарячого пресу вибрано жолобчатий вал. Жолобчатий вал застосовується на пресах з поперечною фільтрацією води [1]. Такі працюють при підвищеному лінійному тиску (100...120 кН/м) та мають більш тверде покриття, ніж звичайні та відсмоктуючі преси. 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.

В якості другого гарячого пресу вибрано вал з глухими отворами. Зі збільшенням швидкості 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.

Перелік посилань

1. Чичаев А.А. „Оборудование целлюлозно-бумажного производства” двух томах. Том 2 „Бумагоделательные машины” – М. „Лесная промышленность” 1981. -264 с.
2. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 240 с.

УДК 621.928

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВАКУУМ-ФОРМУЮЧОГО ЦИЛІНДРА КРМ

асист. Улітько Р.Н., студент Биковець Д.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

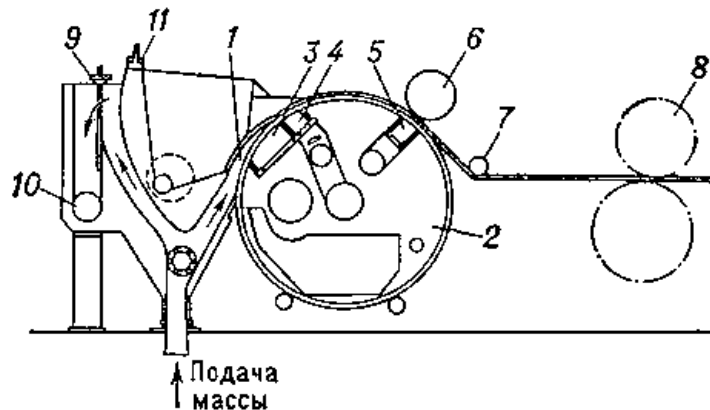
Папероробна машина складається з сіткової, пресової, сушильної і обробної частин. Також до неї відносяться машинний басейн для акумулювання паперової маси перед подачею на машину, устаткування для рафінування, розмелу і очищення маси, насоси для подачі води і маси, вакуумні насоси, басейни оборотної води, припливно-витяжна вентиляційна система, та контрольно-вимірювальні прилади.

Сіткова частина призначена для формування і зневоднення паперового полотна та складається з напірного ящика і сіткового стілу. Напірний ящик призначений для рівномірного і безперервного напуску маси на сітку по всій її ширині. В даний час широко застосовуються закриті напірні ящики, в яких необхідний напір маси створюється тиском повітряної подушки. Паперова маса на сітку виливається за допомогою напускного пристрою, що забезпечує її вихід з однаковою швидкістю і в однаковій кількості по всій ширині сітки, подачу маси спокійним потоком, без перехресування струменів, завихрень і згустків.

Сітка є найголовнішим елементом сіткового столу. На ній відбувається формування паперового полотна з паперової маси. За допомогою сітки приводяться до руху грудний вал і всі інші валики сіткового столу. При виконанні технологічних функцій сітка піддається інтенсивному механічному та хімічному впливу, тому вона повинна мати достатню міцність на розрив, вигин, стирання і бути кислотостійкою. Вона повинна мати хорошу водопропускну здатність і високу щільність, щоб менше дрібних волокон йшло із зворотною водою і було менш помітним маркування паперу (відбиток сітки на боці полотна паперу, що стикається з сіткою при формуванні). У сучасних швидкохідних папероробних машинах використовують гідропланки та відсмоктуючі ящики. Це забезпечує якісне формування структури полотна паперу при більш інтенсивному процесі його зневоднення.

Круглосіткові столи являють собою вершину інженерної думки (на даний момент), займають набагато меншу площу в порівнянні з плососітковими столами, мають високу швидкість та велику продуктивність. Тому доцільно проводити розробку круглосіткових столів в напрямку підвищення швидкості, а отже і продуктивності, зниження енерговитрат, підвищення сухості та покращення якості паперу при завершенні формування. Схему круглосіткової КРМ наведено на рис.1.

Найчастіше на вакуум-формуючих пристроях використовують металеву сітку, яка спаюється на стику, але з стрімким розвитком індустрії почали використовувати різні полімерні матеріали, такі як фторопласт, кевлар, та інші ноу-хау.



1 — напірний ящик; 2 — вакуум-формуючий циліндр; 3, 4, 5 — відсмоктуючі камери; 6 — притискний валик; 7 — папероведучий валик; 8 — прес; 9 — пристрій для регулювання рівня маси; 10 — труба для відводу переливу маси; 11 — регулюючий пристрій.

Рисунок 1 - Схема папероробної машини типу ротоформер

Недоліком металеві сітки є те, що вона може залишати незначне маркування, та сліди корозії, при недостатній сили натягу може проковзувати, має високий коефіцієнт тертя. За рахунок підвищеного тертя обмежується максимальна швидкість валу та збільшуються енергетичні витрати. При використанні полімерних матеріалів ці проблеми відсутні, оскільки полімерна сітка одягається на вал у вигляді труби та обтискається шляхом термічної обробки. При цьому відсутнє маркування, сліди корозії та невеликий коефіцієнт тертя. Це знижує енергозатрати та підвищує строк експлуатації, саме тому заміна сітки є найбільш актуальним та економічно обґрунтованим шляхом модернізації вакуум-формуючого пристрою.

Перелік посилань.

1. Бумагоделательные и отделочные машины, Эйдли И.Я. Лесная промышленность, 1970, - 143 с.
2. Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. М.: Лесная промышленность, Том 1. Оборудование для производства волокнистых полуфабрикатов, 1981 – 398с.

СЕКЦІЯ 5

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

УДК 513/534 (075.8)

ОСОБЛИВОСТІ КІНЕМАТИКИ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

студентка Гнатюк Н.М., доц., к.т.н. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Особливістю робототехніки є те, що вона вивчає кінематику і динаміку сукупності твердих тіл (найчастіше двох - п'яти).

Науковою базою робототехніки є теоретична механіка. В робототехніці, з одного боку, використовуються основні доробки всіх розділів теоретичної механіки, а з іншого боку, робототехніка як наука поєднує по суті теоретичну механіку, кібернетику та комп'ютерні технології.

Відомі алгоритми є найбільш загальними і охоплюють найскладніші випадки з'єднання і взаємодії тіл. У промислових роботах з'єднання двох тіл або їх взаємодія характеризується не з допомогою шести координат, а як правило, з допомогою однієї координати, тобто тіло 2 може переміщатись відносно тіла 1 або за допомогою *телескопічної (призматичної)* пари, яка організовує лише поступальний рух тіла 2 відносно тіла 1 і лише по одній координаті, або за допомогою *обертальної* пари, яка робить можливим відносний поворот тіл лише на один кут повороту.

При цьому у техніці розповсюджені й такі з'єднання або взаємодія тіл, що реалізуються через два кути повороту, наприклад, карданна передача.

Усі шість степенів вільності реалізуються при русі літальних апаратів та плавучих об'єктів.

Спільними для всіх цих систем є те, що взаємодіє велика кількість тіл, які створюють системи з двома і більше степенями вільності.

Нами розглянуто особливості кінематики маніпуляційних роботів, що складаються з n твердих тіл, які включають до свого складу з'єднання, що є телескопічними або обертальними парами.

УДК 5 31/534(075.8)

УМОВА СТІЙКОСТІ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА

студентка Поліщук М.О., доц., к.т.н. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

В дослідженні розглядається тверде тіло з нерухомою точкою, що обертається за інерцією з навколо осі, яке збігається з однією з головних осей інерції, наприклад з віссю Oz . З'ясуємо чи буде це обертання стійким, тобто чи зміниться воно суттєво, якщо незначно змінити ω_z , наприклад, завдаючи легкі удари по тілу, чи це обертання в основному збережеться, спричинивши тільки незначні коливання осі обертання навколо її початкового положення.

Стійкість руху визначається таким чином: незбурений рух системи, що визначається її розв'язком, називають стійким по відношенню до його змінних, якщо при малих збуреннях початкових умов – відхилень і швидкостей – збурений рух системи буде мало відрізнятися від незбуреного або відхилення лежатимуть у заданих межах.

Дослідимо зміну ω_z , розглядаючи динамічні рівняння Ейлера, враховуючи вигляд коренів характеристичних рівнянь.

Аналізуючи їх, отримаємо:

- якщо добуток $(I_z - I_y)(I_y - I_x) < 0$, то $p_{1,2} = \pm i n$ ($n = \sqrt{-1}$) і $\Delta\omega_x = \omega_x, \Delta\omega_z = \omega_z$;

- якщо $(I_z - I_y)(I_y - I_x) > 0$, то $\Delta\omega_x = \omega_x, \Delta\omega_z = \omega_z$, $p_{1,2} = \pm n$.

Умова стійкості обертання тіла за інерцією має вигляд

$$(I_z - I_y)(I_y - I_x) < 0 \quad (1)$$

Ця нерівність виконується, якщо $I_y > I_z, I_y > I_x$ або $I_y < I_z, I_y < I_x$.

Обертання твердого тіла буде стійким відносно тієї головної осі інерції, відносно якої значення моменту інерції буде або найбільшим, або найменшим.

Умова стійкості (1) повинна обов'язково враховуватись при конструюванні рухомих об'єктів.

УДК 531/534(075.8)

ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ ФУНКЦІЇ ГАМІЛЬТОНА ТА НАЙПРОСТІШІ ІНТЕГРАЛИ ГАМІЛЬТОНА

студент Курінювський О.В., доцент, к. т. н. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Нагадаємо поняття функції Гамільтона

$$H(p, q, t) = \sum_{i=1}^k p_i \cdot \dot{q}_i - L(q, \dot{q}, t), \text{ або } H = \sum_{i=1}^k \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \dot{q}_i - L \quad (1)$$

Для механічної системи з голономними в'язями, що перебуває під дією консервативних сил, враховуючи функцію Лагранжа $L=T-\Pi$, а також теорему Ейлера про однорідні функції, функцію Гамільтона запишемо у вигляді

$$H=T_2+(\Pi-T_0).$$

Для реономної системи з потенціальними силами, коли функція Лагранжа явно від часу не залежить, функція Гамільтона збігається з узагальненим інтегралом енергії

$$H = T_2 + \Pi - T_0 = h \quad (2)$$

Для канонічної системи рівнянь відносно змінних $q_1, \dots, q_k, p_1, \dots, p_k$ інтегралом є

$$f(q, p, t) = C = \text{const}, \text{ де } C = f(q_0, p_0, t_0).$$

Коли функція Гамільтона H явно не залежить від часу, то (2) є інтегралом канонічної системи, отже існує узагальнений інтеграл енергії

$$H(q, p) = T_2 + \Pi - T_0 = h = \text{const},$$

що виражає сталість узагальненої енергії системи під час її руху.

Другий найпростіший тип інтеграла дістанемо тоді, коли функція H не залежить від будь-якої узагальненої узагальненої координати q_i . При цьому $\frac{\partial H}{\partial q_i} = 0$. Звідси дістанемо, що $p_i = \text{const}$. Інтеграл цього типу

називається циклічним. Якщо узагальнена координата q_i не входить у гамільтоніан $H(q, p, t)$ канонічної системи, то вона не увійде й у вираз узагальнених швидкостей, а отже, й у вираз узагальнених імпульсів. Тому, відповідно, функція Лагранжа $L(q, p, t)$ також не залежить від q_i .

УДК 531/534(075.8)

НАЙПРОСТІШІ КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ ТА ЇХ ІНТЕГРАЛИ НА ПРИКЛАДІ РУХУ ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА

студент Попович А.Г., доцент, к. т. н. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Фізичний маятник - найпростіша консервативна система зі стаціонарними гомоломними в'язями. Його положення визначається кутом повороту навколо осі підвішування φ .

- Нехай нульова еквіпотенціальна поверхня поля сил ваги проходить через вісь підвішування маятника. Тоді:

- Потенціальна енергія: $\Pi = -mgl \cos \varphi$.

- Кінетична енергія: $T = \frac{1}{2} I \dot{\varphi}^2$.

- При цьому функція Лагранжа має вигляд: $L = T - \Pi = \frac{1}{2} I \dot{\varphi}^2 + mgl \cos \varphi$.

- Узагальнений імпульс: $p = \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = I \dot{\varphi}$, звідки $\dot{\varphi} = \frac{p}{I}$.

- Знаючи, що функція Гамільтона $H(q, p) = T_2 + \Pi - T_0 = h = \text{const}$ та

враховуючи, що $T_0 = 0$ і $T = T_2$ маємо: $H(p, \varphi) = \frac{p^2}{2I} - mgl \cos \varphi = E$.

- На основі того, що $\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}$; $\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$; $i = 1, \dots, k$, дістаємо канонічне

рівняння руху маятника $\dot{\varphi} = \frac{p}{I}$, $\dot{p} = -mgl \sin \varphi$.

Під час руху маятника функція $H(p, \varphi)$ не змінюється, інакше кажучи є інтегралом руху. Дійсно, обчислюючи похідну від $H(p, \varphi)$ за часом t , з урахуванням рівняння руху маятника дістанемо:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial \varphi} \dot{\varphi} + \frac{\partial H}{\partial p} \dot{p} = \frac{pmgl}{I} \sin \varphi - \frac{pmgl}{I} \sin \varphi = 0$$

Якщо маятник «вироджений» у тверде тіло, центр маси якого збігається з віссю підвішування ($l = 0$), тоді канонічні рівняння набувають вигляду: $\dot{\varphi} = \frac{p}{I}$, $\dot{p} = 0$. Звідси:

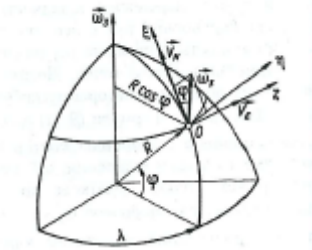
$$p(t) = p_0 - \text{циклічний інтеграл, а } \varphi(t) = \varphi_0 + \frac{p_0}{I} (t - t_0).$$

УДК 531/534(075.8)

ВИЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОЇ ШВИДКОСТІ ТА АБСОЛЮТНОГО ПРИСКОРЕННЯ ОБ'ЄКТА В ГЕОГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

студент Воробей Н.Г., доцент, к. т. н. Штефан Н. І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Мета даної роботи – необхідно знайти кутову швидкість обертання рухомого об'єкта та його прискорення в географічній системі координат, якщо складова відносної швидкості об'єкта на північ V_N , а на схід - V_E , а кутова швидкість добового обертання Землі - ω_3 .



Рух об'єкта (точку O) ми задаємо в сферичній системі координат. Рух об'єкта зі складовою швидкості V_N спричинений зміною кута φ , а зі складовою V_E - географічної довготи λ . Тому кутова швидкість $\dot{\lambda}$ напрямлена перпендикулярно до площини паралелі, та паралельна кутовій швидкості обертання

Землі ω_3 , а кутова швидкість $\dot{\varphi}$ напрямлена в бік, протилежний напрямку осі $O\xi$ (на схід по дотичній до паралелі):

$$\dot{\varphi} = \frac{V_N}{R}, \quad \dot{\lambda} = \frac{V_E}{R \cos \varphi}.$$

Враховуючи формули проєкцій кутової швидкості на осі географічної системи і алгебраїчні перетворення, запишемо формули для абсолютної швидкості об'єкта в проєкціях на осі $O\xi\eta\zeta$:

$$v_{a\xi} = v_N; \quad v_{a\eta} = \frac{dR}{dt}; \quad v_{a\zeta} = \omega_3 R \cos \varphi + v_E$$

Для знаходження абсолютного прискорення відомою з кінематики формулою:

$$\vec{W}_a = \frac{d\vec{V}_a}{dt} + \vec{\omega}_e \times \vec{V}_a,$$

де $\vec{\omega}_e$ - кутова швидкість обертання системи координат $O\xi\eta\zeta$ відносно нерухомої.

Записуючи проєкції останнього виразу, враховуючи певні підстановки та алгебраїчні перетворення, отримаємо вирази для визначення абсолютного прискорення об'єкта в географічній системі координат.

Місце перетворень найпростіших рухів твердого тіла в техніці

В інженерній справі мають широке поширення перетворення найпростіших рухів твердого тіла:

- перетворення одного поступального руху в інший поступальний рух;
- перетворення обертального руху відносно однієї осі в обертальний рух відносно іншої осі;
- перетворення поступального руху в обертальний і навпаки;
- комплексні перетворення рухів, наприклад перетворення поступального руху одного тіла в обертальний рух іншого тіла, який викликає поступальний рух системи в будь-якому напрямку.

Метою роботи є детальне з'ясування всіх цих перетворень.

Прикладом перших перетворень може бути простий кулісний механізм, блочні механізми. Перетворення обертальних рухів дуже поширене в техніці. Якщо осі обертання паралельні чи перетинаються, то обертання можна передати за допомогою зубчастих та фрикційних передач. Перетворення обертальних рухів з паралельними осями реалізується за допомогою пасових або ланцюгових передач.

Основою для кінематичного розрахунку цих передач є припущення, що в системі немає ковзання, зазорів між зубцями коліс, а паси, ланцюги тощо не деформуються. Це означає, що швидкість на ободі зубчастих коліс, які знаходяться в зчепленні, та швидкості на ободах шківів пасових і ланцюгових передач однакові. Тобто:

$$v = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \text{ або } \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}.$$

Основою перетворення поступального руху в обертальний є кривошипно-шатунні механізми.

Прикладом перетворення поступального руху в обертальний і навпаки є колісні транспортні засоби всіх видів.

Дуже широке поширення має перетворення обертального руху в поступальний і навпаки спостерігається у гвинтових механізмах.

Комплексні перетворення також дуже поширені в техніці і охоплюють собою такі перетворення, які мають не менше трьох найпростіших рухів у будь-якій комбінації (дверні замки, велосипед, турбінні двигуни, планетарні механізми тощо)

УДК 531/534 (075.8)

ФІЗИЧНІ ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ КОРІОЛІСОВОГО ПРИСКОРЕННЯ

студент Овчарук І.І., доцент, к. т. н. Штефан Н. І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Мета роботи – розглянути причини виникнення прискорення Коріоліса. Покажемо, що їх дві.

1. Розглянемо O_1A_1 та O_2A_2 – два прямих відрізки (рис.1). M_1 та M_2 точки, які рухаються по них. Відрізок O_1A_1 рухається поступально разом з точкою M_1 , а O_2A_2 обертається відносно точки O_2 відповідно з точкою M_2 . Позначимо через $\vec{v}_{rM}$ та $\vec{v}_{eM}$ відносну та переносну швидкості точки M . Через деякий проміжок часу відрізок O_1A_1 займе положення $O_1'A_1'$, при цьому M_1 і M_1' однакові. Так як O_2A_2 в обертальному русі то переносні швидкості точки M_2 на відрізку O_2A_2 та $O_2'A_2'$ різні, при цьому $v_{eM2} = O_2M_2\omega_e$; $v_{eM2}' = O_2M_2' \omega_e$.

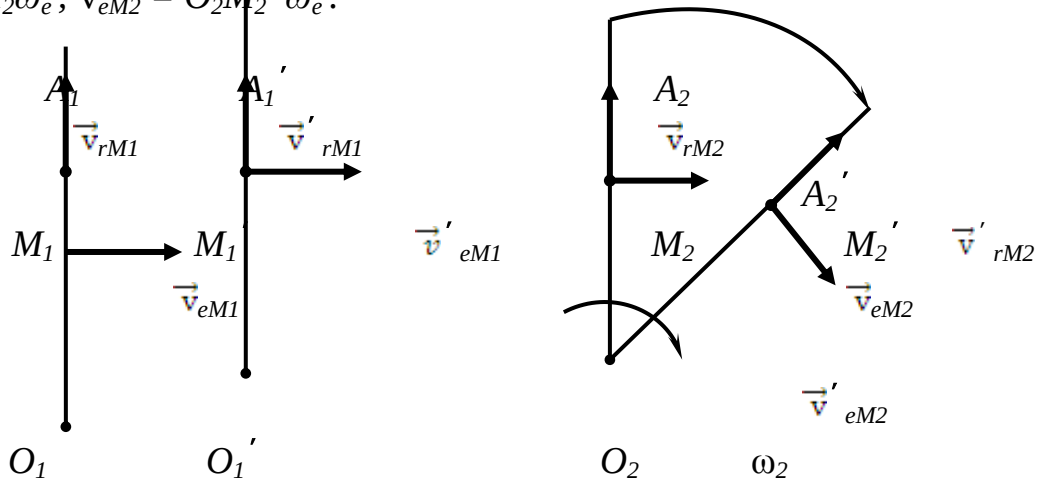


рис.1

Переносна швидкість точки M_2 залежить від її відносного руху вздовж відрізка O_2A_2 . При цьому переносна швидкість v_{eM2} точки M_2 , що створює додаткове прискорення, пропорційна відноській $\vec{v}_{rM2}$ та кутовій швидкості переносного руху ω_2 . У цьому суть першої фізичної причини.

Розглянемо другу причину.

2. Відносна швидкість точки M_2 , тобто $\vec{v}_{rM2}$, залежить від переносного обертального руху, оскільки напрям $\vec{v}_{rM2}$ змінюється при обертанні O_2A_2 . Швидкість змінення в часі відносної швидкості точки, тобто її прискорення, також буде пропорційне відноській $\vec{v}_{rM2}$ та кутовій ω_e швидкостям переносного руху.

О. І. Сомов зазначив, що коріолісове прискорення повертає вектор відносної швидкості в напрямі переносного обертального руху (поворотне прискорення).

Отже, змінення в часі переносної швидкості спричинюється переносним і відносним рухом точки. Аналогічно і з відотною швидкістю. Таким чином коріолісове прискорення $\vec{W}_c = 2 \vec{\omega}_e \times \vec{v}_r$, і воно характеризує змінення в часі відотної швидкості через переносний непоступальний рух точки і переносної швидкості через відносний рух точки.

УДК 531/534(075.8)

СТІЙКІСТЬ СТАТИЧНОЇ РІВНОВАГИ ТІЛА. ВЕРХНЯ І НИЖНЯ МАЯТНИКОВІСТЬ ТІЛА

студент Мартиненко Я. М., доцент, к. т. н. Штефан Н. І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Положення статичної рівноваги твердого тіла називається статично стійким, якщо при невеликих відхиленнях тіла від цього положення момент, який повертає тіло в положення рівноваги, буде більшим за збурюючий момент, що відхиляє тіло від цього положення.

Більша частина одноланкових механізмів або тіл зводяться до схеми фізичного маятника з верхньою чи нижньою маятниковістю.

Необхідною умовою збереження тілом вертикального положення відносно опори тіла є створення моменту сил який би утримував його в цьому положенні.

Прикладами тіл з верхньою маятниковістю є підймальні крани на рухомій основі (автомобіль чи інші рухомі об'єкти) (рис. 1), або й самі об'єкти, що рухаються по поверхні Землі, у воді або в повітрі. Якщо жорсткість пружних опор позначити k , то при повороті на невеликий кут α (рис. 2) в опорах А і В виникне пара сил $(\vec{F}, -\vec{F})$ з моментом Fl , який протилежно напрямлений моменту сили ваги P тіла Q відносно точки О. Зрозуміло, що тіло Q буде утримуватись в вертикальному положенні доти, поки момент пари пружних опор буває більшим за момент сили ваги P , який намагається перекинути тіло Q .

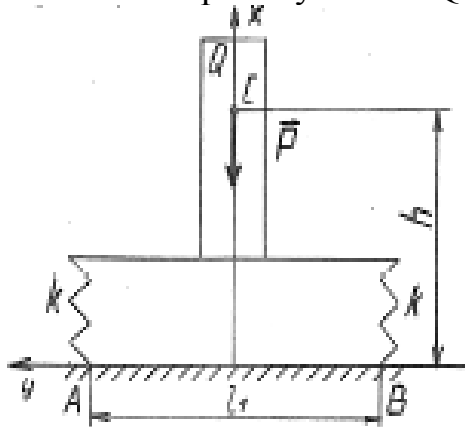


Рис. 1– Тіло з верхньою маятниковістю

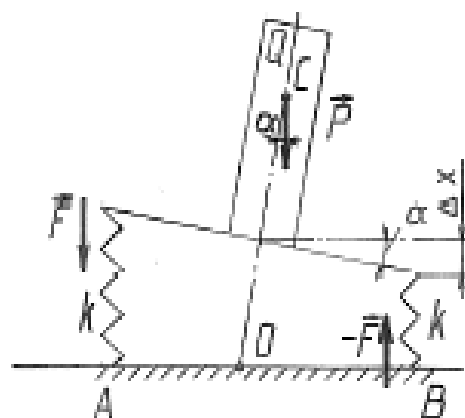


Рис. 2– Жорсткість пружних опор позначити при повороті на невеликий кут

Співвідношення між цими силами знаходиться наступним чином. При повороті тіла на кут α , згідно з законом Гука, в пружних опорах виникнуть сили

$$F = k\Delta x,$$

де $\Delta x = \frac{l}{2} \alpha$; k – коефіцієнт лінійної жорсткості опор.

Отже,

$$F = \frac{l}{2} \alpha.$$

Момент пари сил пружних опор дорівнюватиме

$$k \frac{l^2}{2} \alpha.$$

Тим часом момент сили ваги, що повертає тіло,

$$M_0(\vec{P}) = Ph\alpha.$$

Для забезпечення стійкості тіла необхідне виконання умови:

З урахуванням попередніх співвідношень,

$$k \frac{l^2}{2} > Ph,$$

$$k > \frac{2Ph}{l^2}.$$

З останнього виразу видно, що тіло буде більш стійким, чим більша жорсткість опор (k) і більша відстань (l) між опорами. Ці умови реалізуються на практиці. Наприклад, крани на автомобільних шасі ставлять на додаткові жорсткі металеві опори, які виносять за межі габаритів автомобіля, щоб збільшити l .

Системи з нижньою маятниковістю (рис. 3) реалізують у рухомих об'єктах, що переміщуються по воді або у воді – кораблі та підводні човни.

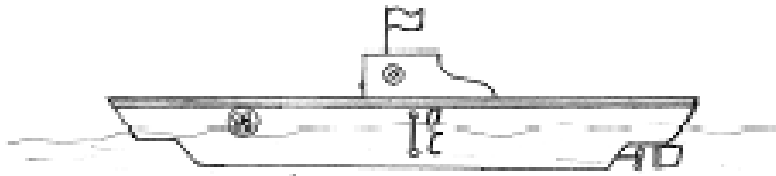


Рис. 3 – Системи з нижньою маятниковістю

Геометрію цих об'єктів і розташування мас у них вибирають так, щоб центр прикладення гідростатичних сил Архімеда (точка О) був завжди вищий центра ваги цієї конструкції (точка С) (рис. 3), тобто реалізують схему фізичного маятника.

Перелік посилань:

1. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.: іл..
2. Айзерман М. А. Классическая механика. – М.: Наука, 1974. – 357 с.
3. Лойцянский Л. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1984. – Т. 1. – 352 с.; Т. 2. – 640 с.

УДК 531/534(075.8)

РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТІ І ПРИСКОРЕННЯ ЛІТАКА ВІДНОСНО ЗЕМЛІ БЕЗ ВРАХУВАННЯ ТА ЗІ ВРАХУВАННЯМ ЇЇ ВЛАСНОГО ОБЕРТАННЯ

студент Солейко А.О., доцент, к. т. н. Штефан Н. І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Розглянемо літак, який рухається відносно Землі радіуса R на заданій висоті h зі швидкістю, яка має дві складові: східну $\dot{\vartheta}_O$ та північну $\dot{\vartheta}_N$ (рис.1). Для знаходження прискорення літака з урахуванням добового обертання та без урахування потрібно географічну систему координат $M[P]$ жорстко зв'язати із Землею. Літак рухається на сталій висоті, отже $r=R+h=const$. Отже, $r : \dot{r}=0, \ddot{r}=0$. За заданими даними можемо отримати швидкості по ортах осей координат: $\dot{\vartheta}_O = \dot{\psi} r \cos \theta$ та $\dot{\vartheta}_N = \dot{\theta} r$. Без урахування добового обертання за допомогою швидкостей отримаємо проекції прискорень:

$$W_r = \ddot{r} - r \dot{\psi}^2 \cos^2 \theta - r \dot{\theta}^2 = -\frac{\dot{\vartheta}_O^2 + \dot{\vartheta}_N^2}{r},$$

$$W_\theta = r \ddot{\theta} + 2 \dot{r} \dot{\theta} + r \dot{\psi}^2 \sin \theta \cos \theta = \dot{\vartheta}_N + \frac{\dot{\vartheta}_O^2}{r} \operatorname{tg} \theta.$$

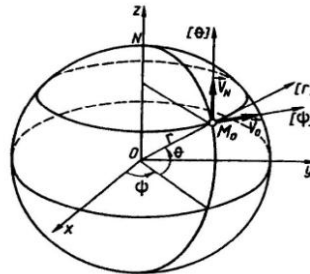


Рис.1

$$W_\psi = \frac{1}{r \cos \theta} \frac{d}{dt} \left(r^2 \dot{\psi} \cos^2 \theta \right) = \frac{\dot{\vartheta}_O r \cos \theta}{r \cos \theta} - \frac{\dot{\vartheta}_O r \dot{\theta} \sin \theta}{r \cos \theta} = \dot{\vartheta}_O - \frac{\dot{\vartheta}_O \dot{\vartheta}_N}{r} \operatorname{tg} \theta.$$

При врахуванні добового обертання Землі з'являється ще дві складові кутової швидкості $\omega_\theta = \omega_3 \cos \theta$ та $\omega_r = \omega_3 \sin \theta$ (рис.2). Отже вирази швидкості змінюються: $\dot{\vartheta}_O = \dot{\psi} r \cos \theta - \omega_3 r \cos \theta$ та $\dot{\vartheta}_N = \dot{\theta} r$. Підставивши отримані значення швидкостей в проекції прискорень, спостерігаємо зміну значень прискорень:

$$W_r = -\frac{\dot{\vartheta}_O^2 + \dot{\vartheta}_N^2}{r} - 2 \dot{\vartheta}_O \omega_3 \cos \theta - \omega_3^2 r \cos^2 \theta,$$

$$W_\psi = \dot{\vartheta}_O - \frac{\dot{\vartheta}_O \dot{\vartheta}_N}{r} \operatorname{tg} \theta - 2 \omega_3 \dot{\vartheta}_N \sin \theta,$$

$W_\theta = \dot{g}_N + \frac{g_O^2}{r} \operatorname{tg} \theta + 2g_O \omega_3 \sin \theta + \omega_3^2 r \cos \theta \sin \theta.$ Останні вирази і дають відповідь на питання.

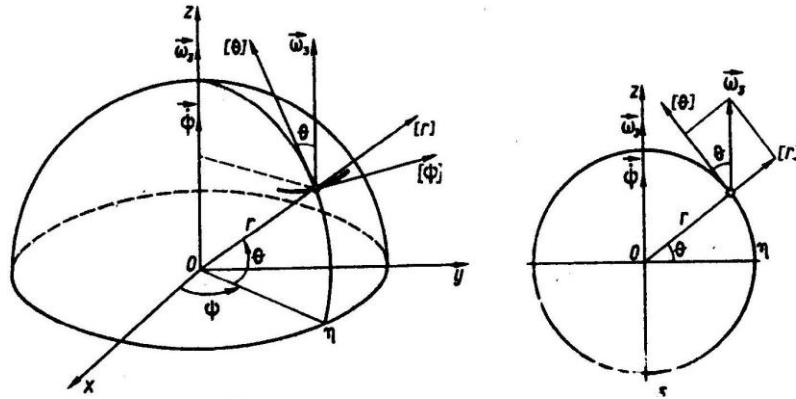


Рис.2

СЕКЦІЯ 6

«ДЕТАЛІ МАШИН»

УДК 621:620.

**ГОСТИВСЬКА ТВЕРДІСТЬ ДЕТАЛЕЙ – АРГУМЕНТ ТЕРТЯ
РОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ**

студент Погребна І. Д., студент Коваленко Д. В.,
с.н.с. Герасимов Г. В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Широке застосування роз'ємних з'єднань у машинобудуванні обумовлено їх надійністю, а також зручністю з'єднання та роз'єднання деталей. Втрати на тертя в спряженнях деталей характеризуються силою тертя, що виникає в навантаженому контакті. Велику роль відіграють фізико-механічні характеристики деталей. Трибологія, як науково-технічна дисципліна, об'єднує проблему тертя, як процеси взаємодії поверхонь під час їх руху. Нині ж результати трибологічних досліджень щорічно публікуються у 10000 джерелах.

В фундаментальній літературі найчастіше приведені фрагментарні дані щодо твердості деталей, коефіцієнту тертя, не кажучи, навіть, про їх залежність [1-4].

Нами зроблена спроба виправити вже відмічені зауваження [5]. У таблиці 1, новій за змістом, наведені характеристики особливостей твердоміра Роквелла, узагальнені формули глибини занурення індентора, твердості, крайні стандартизовані числа твердості, діаграма співвідношення значень HRC з HRB та їх обох з HB та інше. Нами, вперше, побудований графік діапазонів твердості болтів кожного класу міцності, згідно з ГОСТом 1759-70 «Механические свойства болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей при нормальной температуре» (Рис. 1). Очевидна велика варіація чисел твердості кожного класу міцності деталі різьбового кріплення, тобто деталь необмежена конкретним числом твердості, що має діапазон кінцевих чисел до 30 % середнього. Отже, ми зробили спробу наблизитись до конкретного розрахункового числа механічної характеристики, що в свою чергу, впливає на коефіцієнт тертя.

Перелік посилань:

1. Г. В. Герасимов Що таке трибологія? Київський політехнік. № 23 (2475). – 1999, 24 черв.,
2. В. Д. Зозуля и др. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин / Отв. ред. И. М. Федорченко/. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: «Наукова думка», 1990. – 260 с.
3. Д. Н. Гаркунов Триботехника. Износ и безизносность: Учебник, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с.
4. М. В. Кіндрачук та ін. Трибологія: Підручник. - К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ», 2009. – 392 с.
5. Д. В. Коваленко, І. Д. Погребна, Г. В. Герасимов До оцінки твердості машинобудівних виробів. Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції. Секція «Машинобудування». Підсекція «ЛТФТТ». – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – с. 106–107.

УДК 62-585.9.621.85522

ВПЛИВ ЗМАЩУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ НА КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ В ШАРНІРАХ

студент Гапонюк М. М., Мітусов Р. О., Степанюк Д. А.,
с.н.с. Герасимов Г. В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

В даній роботі досліджувався коефіцієнт тертя (f) в різних умовах змащення. Був використаний ланцюг ПР-12.7-1820-1 ГОСТ 13568-75 з параметрами, які наведені нижче: $p=12.7$ мм, $d=4.45$ мм, $q=0.65 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$, $l=0.65$ м, кількість ланок $z=52$ $G=0,436$ кг.

В 2011-12 роках в НТУУ «КПІ» була створена експериментальна установка для визначення f в шарнірах роликів та втулкових приводних ланцюгів [1].

В базовому підручнику завершального етапу загально - інженерної дисципліни, затвердженого МОН України, на жаль, відсутній трибологічний аспект основної механічної передачі різних верстатів, транспортних та сільськогосподарських машин, підйомних пристроїв, приводів конвеєрів та інше [2].

Ланцюг знаходився в застарілому мастилі, був промитий бензином, висушений, а потім змащений, новим мастилом. Нами була запропонована маловідома методика визначення f в шарнірах ланцюгів [3,4]. Результати дослідів показані на Рис. 1

Ланцюг був змащений мастилом ВМ-4 - вакуумним мастилом (ГОСТ 23019-78). Фахівцями рекомендується використовувати наступні мастила: И40А - індустріальне (ГОСТ 17479.4-87), циліндрове 11 (ISO 674310-81), АК15 - автотракторне – автол (ГОСТ 1862-60) [5].

В результаті дослідження було доведено, що змащений ланцюг має менший коефіцієнт тертя, ніж забруднений.

Зазначимо, що характер роботи ланцюгів такий, що змащувальна рідина погано проникає до поверхонь тертя і не затримується там довго. Тому мастило має мати невеликий коефіцієнт в'язкості, для того, щоб заповнювати зазори.

Було звернуто увагу, на те, що початковий прогин ланцюга повинен дорівнювати $0.02l$.

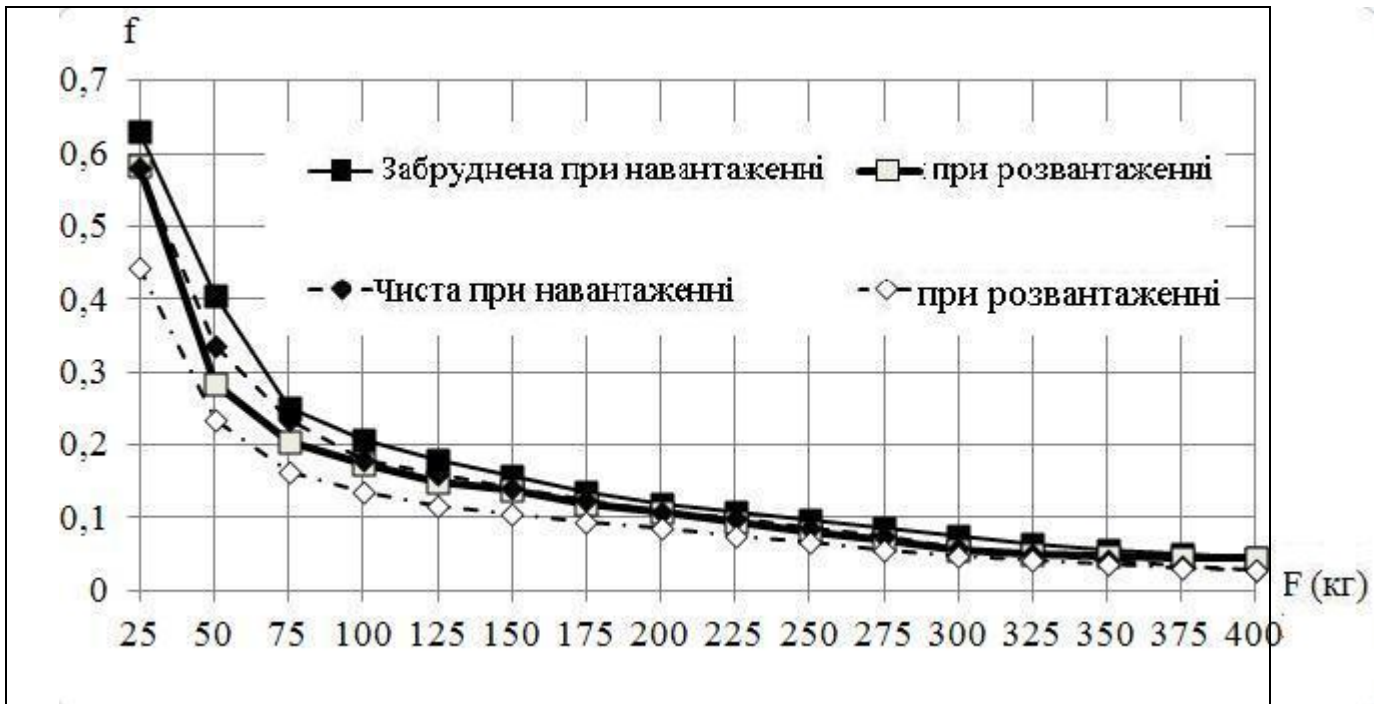


Рис.1 Залежність f від сили натягу (F) ланцюга при різному технічному стані

Коректна методика визначення f має знаходитись в інтервалі перших невеликих навантажень F ланцюга, коли має місце обертовий рух в шарнірах.

Перелік посилань:

1. Г.В. Герасимов, М.М. Гапонюк, Р.О.Мітусов, Д.А. Степанюк. Експериментальний стенд визначення коефіцієнта тертя в шарнірах привідних ланцюгів. Збірник тез доповідей IX всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів», Київ, 2011, с.50-51.
2. В.Т. Павлище . Основи конструювання та розрахунок деталей машин. Підручник видання друге, виправлене . Львів. Афіша. 2003 , 558с.
3. А.Н. Воробьев. Новый метод определения коэффициента трения в цепных передачах. Механические передачи . Межвузовский сборник . Выпуск 2 , Ижевск, 1977, с. 115-118.
4. Г.В. Герасимов, М.М. Гапонюк, Р.О.Мітусов, Д.А. Степанюк .Перші трибологічні дослід на установці ДМ-11. Збірник тез доповідей загально- університетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів присвяченої дню науки. «Машинобудування», Київ, 2011, с.50-51.
5. М.С.Тривайло, В.А.Стадник, Г.В.Герасимов. Смазка механических передач и смазочные устройства. Методические указания к выполнению курсового проекта по деталям машин. Київ, КПІ, 1985 .

УДК 621.822.7

ВИГОТОВЛЕННЯ КУЛЬОК ДЛЯ ПІДШИПНИКІВ

к.т.н., доц. Скуратовський А.К., студенти Вітюк Д.С., Татарчук О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Кульки для підшипників виготовляють у наступній послідовності. З бухти сталевго дроту нарізаються заготовки, які мають грубу форму майбутньої кульки. Заготовки розміщують між двома дисковими матрицями з канавками і обкатують до надання їм кулястої форми. При цьому отримують кульки з допуском 100 мікрон від фінального розміру.



Рис 1

Наступною виробничою стадією є холодне або гаряче формування кульок. Заготовки, діаметри яких приблизно дорівнюють діаметрам готових кульок, пропускають через висадочний верстат. У верстаті є металеві поглиблення у формі півкуль. Сталеві диски змикаються, формуючи у формі кульок металеві заготовки. Однак, навколо кульок залишаються металеві обідки і заготовки нагадують планету Сатурн. Потім для надання кулькам необхідної твердості вони піддаються термічній обробці: нагріванню, гартуванню і відпалу. Наступним етапом є шліфування кульок до досягнення розміру з точністю 10 мікрон від фінального значення. При цьому заготовки надходять у верстат, що відокремлює зайві обідки. У верстаті кулька обертається між двома товстостінними металевими листами. Один лист закріплений стаціонарно, а інший обертається. В листах виконані жолоби, профілі яких забезпечують круговий рух кульок. Один з листів має отвір, через який кульки надходять на обробку і видаляються з процесу. Під час роботи машини жолоби повністю заповнені кульками. Пройшовши весь шлях кулька вивалюється в відкриту секцію і перекочується там деякий час поки не потрапить в інший жолоб. Пройшовши багато жолобів кульки виходять з машини одного розміру, незважаючи на деяку різницю в розмірах самих жолобів. Фінальні операції - промивання, контроль, пакування.

УДК 621.825.7

МУФТА З ЗМІЄПОДІБНОЮ ПРУЖИНОЮ

к.т.н., доц. Скуратовський А.К., студенти Юрченко М.С., Холодова О.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Муфта складається з двох напівмуфт, що мають зубья, між якими розміщена змієподібна пружина. Пружину в робочому положенні утримує роз'ємний кожух, який заповнюється мастилом (Рис.1-а). Під дією навантаження робочі ділянки пружини деформуються і демпфують удари. Пружний зв'язок напівмуфт дозволяє компенсувати неспіввісність валів, усунути резонансні коливання при навантаженні, яке періодично змінюється, а також знизити величину короточасних перевантажень вузлів машини. Енергія в пружних муфтах витрачається на внутрішнє і зовнішнє тертя при деформації пружних елементів. Це сприяє зменшенню динамічних навантажень і призводить до швидкого згасання коливань.

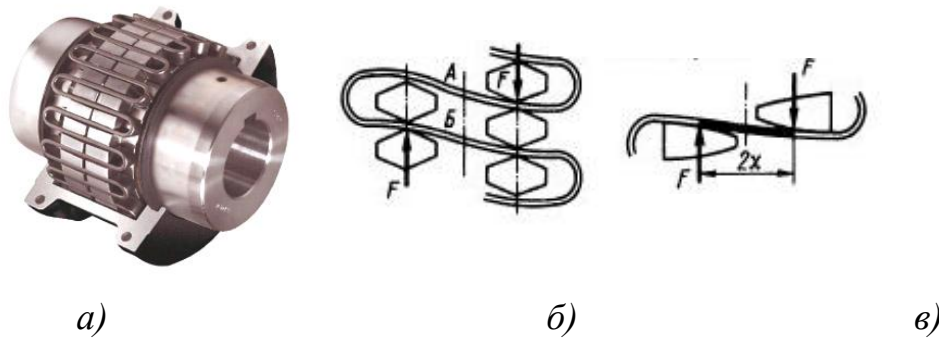


Рис. 1. а)–загальний вид муфти; б)–перша форма зубця; в)–друга форма зубця.

На практиці використовують дві форми перерізу зубця по утворюючому циліндру. Першу форму (Рис.1-б) застосовують в муфтах з постійною жорсткістю. Тут відстань між точками упору зубців в пружину постійна і не залежить від навантаження муфти. Другу форму зубця (Рис.1-в) застосовують в муфтах зі змінною жорсткістю, в яких при збільшенні навантаження пружина, згинаючись, вступає в контакт із зубцем на довжині, яка постійно зростає. При цьому зменшується довжина активної частини пружини до $2x$, а її жорсткість при цьому збільшується. Основна область застосування муфт з змієподібною пружиною - важке машинобудування (прокатні стани, турбіни, поршневі двигуни і т.п.). Вони можуть передавати рух при неспіввісності валів від 4 до 20 мм і кутових зсувах валів до $1^{\circ} 15'$.

УДК 621.961.2

СУЧАСНІ МЕТОДИ РІЗАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У ХІМІЧНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

студент Бірюк Д.О., старший викладач кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій Дубнюк В. Л.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Лазерний, гідро-абразивний та плазмовий методи різання швидкими темпами впроваджуються у сучасне виробництво, знаходячи нові й нові області застосування, зокрема, у хімічному машинобудуванні.

Але в ніякому разі не можна припинювати важливість й можливості інших більш традиційних методів різання, таких як різання фрезами, пилами, газокисневе, ацетиленове тощо. Ці методи в багатьох випадках є більш конкурентоздатними та економічно обґрунтованими.

Великі переваги нових методів різання пов'язані з їх можливостями та особливостями використання. Одна з головних переваг – легка автоматизація виробництва. Саме ці технології на даному етапі дозволяють зробити безлюдні виробництва або такі, на яких за усім технологічним процесом спостерігають один чи декілька працівників. Це дуже важливо у той час, коли весь цивілізований світ відчуває значні проблеми з висококваліфікованими трудовими ресурсами.

Використання цих методів різання на підприємстві дозволить підвищити гнучкість виробництва та незначними зусиллями переходити до виготовлення модернізованих або зовсім нових виробів. Для забезпечення роботи сучасного устаткування виникає потреба з підготовкою кадрів відповідної кваліфікації. З одного боку сучасний інженер, який опікується роботою верстату, що обов'язково оздоблений числовим програмним керуванням, повинен володіти додатковими вміннями в галузі обчислювальної техніки, працювати зі спеціальними пакетами програм. З іншого боку, саме величезні можливості сучасного обладнання як

технологічного, так і електронного, програмного забезпечення призводять до зменшення тягара знань на плечі інженера тому, що всі величезні обсяги інформації з технологічних режимів обробки та інші рутинні обов'язки перекладено на верстат.

Кожен з наведених методів різання має свою область використання і не пересікається з іншим. Так лазерний промінь та його можливості можна порівняти з медичним скальпелем, який точно та ювелірно виконує свою роботу. Тоді потік плазми, що народжується у плазмотроні, можна порівняти із сокирою, яка швидко (висока продуктивність) але не дуже акуратно (відносно низька точність), зробить доручену роботу. Ці методи основані на термічному впливі на матеріал, тому вони відбуваються на жорстко визначених оптимальних режимах різання. Будь-які, навіть незначні, відхилення від оптимальності призводять до погіршення результатів обробки. Саме тоді, коли необхідно гнучко змінювати якість обробки, її продуктивність, відповідно й собівартість, необхідно застосовувати гідро-абразивне різання, величезним позитивним моментом якої являється широкий діапазон оброблюваних матеріалів та їх товщини.

Гідро-абразивне різання відбувається за рахунок одночасної дії струменя рідини, зазвичай води, та абразивних зерен. Жоден матеріал будь-якої "розумної" товщини (до 200 мм й більше) не може встояти під тиском (до 6000 бар), який створюють сучасні верстати для здійснення цієї обробки.

Підводячи підсумок можна зазначити, що правильне застосування новітніх і традиційних методів різання ґрунтується на точному знанні їх переваг, недоліків та меж використання. Саме ці знання дозволять досягти необхідні результати обробки при потрібній продуктивності й меншій собівартості продукції.

УДК 621.961.2

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЛАЗЕРНОГО РІЗАННЯ У ХІМІЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

студент Оришкевич С.О., старший викладач кафедри лазерної техніки та
фізико-технічних технологій Дубнюк В. Л.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

На даний час саме різання є найбільш широко вживаним застосуванням лазерного випромінювання у сучасному машинобудуванні. Близько 70 % лазерних технологічних комплексів працюють на розділенні будь-яких матеріалів – від картону та тканин до надтвердих та корозійностійких металевих сплавів (рис. 1).

Це пов'язано в першу чергу з перевагами, які надає використання лазерного випромінювання:

1. Відсутність механічної дії та електричного контакту зі сторони інструменту (лазерного пучка) на оброблювану деталь, що дозволяє обробляти тонкостінні заготовки складної конфігурації.

2. Надвисока густина потужності лазерного пучка (у безперервному режимі генерування випромінювання до $10^8 \dots 10^9$ Вт/см² і до $10^{16} \dots 10^{17}$ Вт/см² – у імпульсному режимі), що дозволяє отримувати надвузький різ (значно менше 1 мм) і підвищує коефіцієнт використання матеріалу.

3. Порівняно легке керування лазерним пучком дозволяє здійснити лазерне різання по складному контуру плоских, а також об'ємних заготовок з високим ступенем автоматизації процесу зі швидким переналаштуванням на нові вироби.

4. Можливість транспортування випромінювання на значні відстані без втрати потужності дозволяє одночасне використання на декількох верстатах.

5. Локальність термічного впливу дозволяє провести обробку матеріалу без нагріву решти об'єму і порушення його структури і властивостей, що призводить до мінімально можливої небажаної деформації деталей.

6. Можливість регулювання режимів обробки у широкому діапазоні задля отримання потрібної якості продукції.



Рис. 1. Можливості лазерного різання металів

7. Висока екологічність процесу обробки, відсутність шкідливих газоподібних та твердих відходів.

Таким чином, теорія і практика лазерної обробки матеріалів підтверджує величезні можливості лазерних технологічних процесів, які дозволяють ефективно вирішувати величезну кількість виробничих задач. При цьому застосування лазерної техніки виводить виробництво на новий високоінтелектуальний рівень.

Для прикладу можливостей лазерного різання, у табл. 1 наведено режими різання вуглецевої сталі випромінюванням CO₂-лазера з використанням кисню в якості технологічного газу. Треба відзначити, що дані режими є справедливими для розкрою заготовок з "великими" контурами, тобто коли не виникають проблеми з відведенням тепла від зони різання і переміщення лазерного пучка відбувається без значних прискорень. У протилежному випадку (при обробці "малих" контурів) необхідно знижувати потужність, відповідно, і швидкість переміщення з метою запобігання перегріву оброблюваних ділянок та втрати точності обробки.

Таблиця 1. Режими різання вуглецевої сталі випромінюванням CO₂-лазера з використанням кисню в якості технологічного газу.

Товщина листа	м м	1	1, 5	2	2, 5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25
Фокусна відстань лінзи	д ю йм (м м)	5 (127)					7,5 (190)								
Діаметр сопла	м м	0,8					1,0		1,2		1,4	1,7	2, 0	2, 3	
Потужність лазерного випромінен ня	кВ т	1, 5	1, 2	1, 2	2, 5	2, 6	4, 5	5, 3	5, 7	5, 7	5,7	5,7	5,7	5, 7	5, 6
Швидкість різання	м/ хв.	8, 2	6, 4	5, 4	5, 2	5	4, 7	4, 2	3, 8	3, 1	2,6 5	2,1 5	1,7 5	1, 2	0, 9
Тиск технологічн ого газу	ба р	4,5			0,8					0,6				0,5	

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

1. Давидов А.С., Гатілов К.О. МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРА ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ СТИРОЛУ В ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМІ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕМУЛЬСІЙНОГО ПОЛІСТИРОЛУ	3
2. Вербовський Д.О., Швед М. П. МОДЕРНІЗАЦІЯ ДІЛЯНКИ ДЕСОРБЦІЇ РОЗЧИНУ МОНОЕТИЛАМІНУ (МЕА) ПРИ ОТРИМАННІ ВОДНЮ З КОНВЕРТОВАНОГО ГАЗУ	5
3. Швед М.П., Кравченко С.Є. МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ	7
4. Плешко О.В., Швед М. П. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ	9
5. Степанюк А. Р., Календюк Я. В. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГІДРООЧИЩЕННЯ ГАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ	11
6. Кирилець В.С., Ракицький В. Л. ТЕПЛООБМІННИК ДЕТАНДЕРНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ БЛОКУ РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ	13
7. Степанюк А.Р., Сапон А.Ю. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРУБНОГО ЕЛЕМЕНТА КИП'ЯТИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ГІДРООЧИЩЕННЯ ГАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ	15
8. Гатілов К.О., Зеленчук В.А. УМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ	17
9. Гатілов К.О., Кліщ О.В. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІСТИРОЛУ	19
10. Швед М.П., Кравченко С.Є. МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ	21

11. Гулієнко С.В., Місюров К.Д. МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОТИ КОМПЕНСАТОРА ТЕПЛООВОГО РОЗШИРЕННЯ	23
12. Тишко Ю. А., Степанюк А. Р. АПАРАТ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ В УСТАНОВЦІ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ	25
13. Воронцов М.Є., ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	27

СЕКЦІЯ 2

«КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БІОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»

14. Гончарова І. С., Швед М.П. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ПІДГРІВУ ВОДИ ДЛЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖЕННЯ КРОХМАЛУ	30
15. Гайдай С. С., Михальчук О. Д. ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ БІОГАЗУГАЗОВИМ КОНДЕНСАТОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОЦЕСУ ОЧИСТКИ БІОГАЗУ	32
16. Серебрянський Д.О., Петрик Л. С. РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ЕТИЛОВИЙ СПИРТ-ВОДА	34
17. Семененко Д.С., Левчук І.О., Зубрій О.Г. РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ РОЗЧИННИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ МАСТИЛ ФЕНОЛОМ	36
18. Семененко Д.С., Левчук І.О., Зубрій О.Г. ОСВІТЛЕННЯ МАСЛА В ЦЕНТРИФУЗІ	38
19. Михальчук О. Д., Углянський В.О. ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ БІОГАЗУГАЗОВИМ КОНДЕНСАТОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ БІОГАЗУ	40

СЕКЦІЯ 3

«ОБЛАДНАННЯ РЕСУРСОЕНЕРГОЗАОЩАДЖУЮЧИХ І ЕКОБЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ХОЛОДИЛЬНИХ І ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»

20. Абасєв А.Ю., Ракицький В. Л. РОЗРОБКА СЕПАРАТОРА ДЛЯ ЛІНІЇ РАФІНАЦІЇ ГІДРАТОВАНОЇ ОЛІЇ	43
21. Коноваленко М.А., Б.К.Ільєнко АПАРАТ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ БЕНЗИНОВОЇ ФРАКЦІЇ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ	45
22. Плахтирь І.О., Михальчук О. Д. СУШАРКА З КИПЛЯЧИМ ШАРОМ ДЛЯ СУШІННЯ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ	47
23. Улітько Р.М., Продан О. С. УМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ	49
24. Ференс В.М., Улітько Р.М. УСТАНОВКА КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ КАТАЛІЗАТОРА	3 51
25. Магазій П.М., Чиж Я.В. МІШАЛКА ДЛЯ КОЛОНИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ СТИРОЛУ	53
26. Матвієнко А.А., Ільєнко Б.К. КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК ДИЗЕЛЬНОЇ ФРАКЦІЇ УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ	55
27. Безручко О.В., Гулієнко С.В. РЕАКТОР З МІШАЛКОЮ ДЛЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПИВА	57
28. Куценко А.І., Гулієнко С.В. РЕАКТОР З МІШАЛКОЮ ДЛЯ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПИВА	59
29. Гулієнко С.В., Франк О.І. БАРАБАННА СУШАРКА ДЛЯ СУШІННЯ ЯЧМЕНЮ	61

СЕКЦІЯ 4

«ОБЛАДНАННЯ ЛІЧОВОГО КОМПЛЕКСУ»

30. Новохат О.А., Єгоров А.О. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСУ ПОВОРотноГО ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	64
31. Новохат О.А., Жаркой Р.В. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	66

32. Улітько Р.М., Лягера А.В. МОДЕРНІЗАЦІЯ КІНЦЕВОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	68
33. Зайцев С.В., Овсяков Є.О. ТРЬОХВАЛЬНИЙ ПРЕС КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	70
34. Мельник О.П., Пустовіт В.А. МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	72
35. Улітько Р.М., Пустовіт О.В. СУШИЛЬНА ЧАСТИНА ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ З РОЗРОБКОЮ ЛОЩИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА	74
36. Новохат О.А., Сапронов К. МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	76
37. Улітько Р.Н., Биковець Д.П. МОДЕРНІЗАЦІЯ ВАКУУМ-ФОРМУЮЧОГО ЦИЛІНДРА КРМ	78

СЕКЦІЯ 5

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

38. Гнатюк Н.М., Штефан Н.І. ОСОБЛИВОСТІ КІНЕМАТИКИ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ	81
39. Поліщук М.О., Штефан Н.І. УМОВА СТІЙКОСТІ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА	82
40. Куріньовський О.В., Штефан Н. І. ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ ФУНКЦІЇ ГАМІЛЬТОНА ТА НАЙПРОСТІШІ ІНТЕГРАЛИ ГАМІЛЬТОНА	83
41. Попович А.Г., Штефан Н. І. НАЙПРОСТІШІ КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ ТА ЇХ ІНТЕГРАЛИ НА ПРИКЛАДІ РУХУ ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА	84
42. Воробей Н.Г., Штефан Н. І. ВИЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОЇ ШВИДКОСТІ ТА АБСОЛЮТНОГО ПРИСКОРЕННЯ ОБ'ЄКТА В ГЕОГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ	85
43. Овчарук І.І., Штефан Н. І. ФІЗИЧНІ ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ КОРІОЛІСОВОГО ПРИСКОРЕННЯ	87
44. Мартиненко Я. М., Штефан Н. І. СТІЙКІСТЬ СТАТИЧНОЇ РІВНОВАГИ ТІЛА. ВЕРХНЯ І НИЖНЯ МАЯТНИКОВІСТЬ ТІЛА	89

- 45. Солейко А.О., Штефан Н. І.**
РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТІ І ПРИСКОРЕННЯ ЛІТАКА
ВІДНОСНО ЗЕМЛІ БЕЗ ВРАХУВАННЯ ТА ЗІ ВРАХУВАННЯМ ЇЇ
ВЛАСНОГО ОБЕРТАННЯ 91

СЕКЦІЯ 6

«ДЕТАЛІ МАШИН»

- 46. Погребна І. Д., Коваленко Д. В., Герасимов Г. В.**
ГОСТИВСЬКА ТВЕРДІСТЬ ДЕТАЛЕЙ – АРГУМЕНТ ТЕРТЯ
РОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ 94
- 47. Гапонюк М. М., Мітусов Р. О., Степанюк Д. А.,
Герасимов Г. В.**
ВПЛИВ ЗМАЩУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ НА КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ В
ШАРНІРАХ 95
- 48. Скуратовський А.К., Вітюк Д.С., Татарчук О.О.**
ВИГОТОВЛЕННЯ КУЛЬОК ДЛЯ ПІДШИПНИКІВ 97
- 49. Скуратовський А.К., Юрченко М.С., Холодова О.А.**
МУФТА З ЗМІЄПОДІБНОЮ ПРУЖИНОЮ 98
- 50. Бірюк Д.О., Дубнюк В. Л.**
СУЧАСНІ МЕТОДИ РІЗАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
У ХІМІЧНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ 99
- 51. Оришкевич С.О., Дубнюк В. Л.**
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЛАЗЕРНОГО РІЗАННЯ
У ХІМІЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ 101

Підписано до друку 04.05.2012 р. Формат 60х90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 4,58
Друк різнограф. Тираж 100 прим. Зам. № 0705/02.

Підприємство УВОІ “Допомога” УСІ”
Свідоцтво про державну реєстрацію №531018
03056, м. Київ, пров. Політехнічний 6, корп. 5 (КП)
Тел.: 277-41-46.