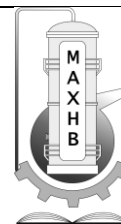




Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет



Присвячена 90-річчю кафедри Машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

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

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

28-29 листопада
Київ 2018

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей ХХІІІ всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 103 с

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

"ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ"

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

Члени оргкомітету:
НТУУ «КПІ»

к.т.н., професор Марчевський Віктор Миколайович

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

к.т.н., доц. Швед Микола Петрович

к.т.н., доц. Зубрій Олег Григорович

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

ІТТФ НАН України

д.т.н., професор Снежкін Юрій Федорович

Інститут Газу НАН України

к.т.н., доц. Ільєнко Борис Кузьмич

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

Комп'ютерна верстка: Улітько Р.М.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 4
від 8 листопада 2018 р.

УДК 378.6:94(477)

ДО 90-РІЧЧЯ КАФЕДРИ МАШИН ТА АПАРАТІВ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

к.т.н., доц. Андреев І.А.

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

Так склалося, що 2018 рік став ювілейним не тільки для КПІ ім. Ігоря Сікорського. В цьому році виповнюється 90 років базової кафедри факультету – кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв і 80 років інженерно-хімічному факультету.

Заснована кафедра (в той час вона називалася кафедрою хімічного машинобудування) в 1928 році на хіміко-технологічному факультеті КПІ. Завідувачем кафедри був випускник КПІ 1914 року, член-кореспондент АН УРСР, професор Василь Юхимович Васильєв. До складу кафедри входили доктора технічних наук, професора О. О. Кіров, М. О. Гейштофт і інші [1].

З метою індустріалізації країни приймається перший п'ятирічний план розвитку народного господарства, йдуть перетворення і у вищій школі. У 1930 році Вищою Радою народного господарства (ВРНГ) СРСР затверджується рішення про створення галузевих інститутів на основі факультетів вузів політехнічного профілю. Київський політехнічний інститут було розформовано (наказ ВРНГ від 20 березня 1930), а наказом ВРНГ № 1240 від 17 квітня 1930 року на базі КПІ створюються вісім самостійних галузевих інститутів: машинобудівний, енергетичний, хіміко-технологічний, авіаційний, інженерно-будівельний, інженерів залізничного і водного транспорту, легкої промисловості, харчової промисловості. Таким чином кафедра хімічного машинобудування виявилася в складі хіміко-технологічного інституту.

У 1931 році відкривається вечірнє відділення спеціальності «Хімічне машинобудування» під керівництвом доцента Олександра Сергійовича Плигунова, надалі професора, багаторічного ректора КПІ [2].

Чергові перетворення відбулися в 1934 році. Постановою уряду Київський машинобудівний, Київський енергетичний і Київський хіміко-

технологічний інститут, які розміщувалися в корпусах колишнього політехнічного інституту, знову були об'єднані в один інститут, який став називатися Київським індустріальним інститутом (КІІ) імені П. П. Постишева. Кафедра хімічного машинобудування була переведена на машинобудівний факультет КІІ.

Перший випуск інженерів-механіків хімічного машинобудування в кількості 16 чоловік був проведений в 1935 році [1]. З 1934 року за рахунок відкриття нової спеціальності "Машини і апарати целюлозно-паперової промисловості" набір на перший курс кафедри був збільшений з трьох до чотирьох академічних груп.

У 1938 році утворюється факультет хімічного машинобудування і ливарної справи, куди крім кафедри хімічного машинобудування увійшли ще кафедра машин ливарного виробництва і ливарного справи і кафедра гідравліки, насосів і компресорів.

У ювілейній збірці до 40-річчя інституту зазначалося, що, ще будучи студентами групи 6-ХМ С. А. Городинская, В. І. Гнатовский (згодом - викладачі кафедри) розробляли за завданням Київської міськради реальний проект центральної холодильної станції в місті Києві [1].

У 1939-1940 навчальному році, з метою кращого охоплення великого комплексу питань кафедра розділилася на кафедру загальної хімічної технології і кафедру хімічного машинобудування. Остання вела підготовку студентів по обладнанню хімічної промисловості, холодильним, газовим і компресорним установкам [3].

Під час Другої світової війни кафедра разом з інститутом була евакуйована в м. Ташкент і влилася до складу Середньоазіатського індустріального інституту.

У повоєнні роки кафедра стала називатися "Машини та апарати хімічних виробництв".

З 1945 року по 1973 рік кафедрою керував випускник КІІ 1922 року, видатний вчений в галузі хімічного машинобудування, доктор технічних наук, професор Йосип Ілліч Чорнобильський.

З 1948 по 1954 р. р. кафедра входила до складу механічного факультету, а з 1954 року, після приєднання до КПІ Київського технологічного інституту силікатів, кафедра входить до складу відтвореного факультету хімічного машинобудування.

З 1973 до 1999 року завідувачем кафедри був її випускник, доктор технічних наук, заслужений професор НТУУ «КПІ» Юрій Юхимович Лукач, а з 1999 року кафедрою керує Заслужений працівник народної освіти України, професор Ярослав Микитович Корнієнко.

З 1997 року кафедра, яка готує фахівців широкого профілю, носить назву "Машини та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв"

За час існування кафедри підготовлено понад 7000 інженерів, серед них з 1998 року по теперішній час підготовлено 274 магістри, з них за останні 5 років – 84 магістри.

За останні 5 років відбулося 4 захисти кандидатських дисертацій, а саме: Сачок Р.В. (2014 рік), Гулієнко С.В. (2016 рік), Новохат О.А. (2016 рік) та Швед Д.М. (2017 рік).

Перелік посилань:

1. Васильев В. Е. История развития кафедры химического машиностроения / В. Е. Васильев // Киевский индустриальный институт. Юбилейный сборник к 40-летию института / Редкол.: Селезнев М. М. (ред.) и др. – К.: Киевский индустриальный институт, книжная фабрика Госполитиздата при СНК УССР, Сенная пл., 14, 1939. – С. 215-217.

2. Кваско М. З. История инженерно-химического факультета. [Електронний ресурс]. — Дата доступу: вер. 2018 р. — Режим доступу:

<http://kpi.ua/ru/835-8-photo>.

3. Тананайко Ю. М. Краткая история кафедры машин и аппаратов химических производств: рукопись. – К.: Архив кафедры МАХНВ, 1986. – 9 с.

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРИНУ

студент Бараш Р.В., ст.викл., к.т.н. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Синтетичний спосіб синтезу гліцерину зберіг своє значення до теперішнього часу. Схему хлорного методу наведено на рисунку 1. Епіхлоргідрин і 6% розчин карбонату натрію підігріваються та перемішуються в апаратах 2, 12. Насос 1 забезпечує тиск суміші до 0,6 – 1,0 МПа для запобігання її скіпанню у реакторі, та емульгує суміш, що значно збільшує площу масообміну, що дозволяє збільшити питому продуктивність.

Дроселювання суміші після реактора дозволяє відокремити воду у вигляді пари, яка повертається у цикл. Наступне багатоступінчасте зневоднення суміші води та гліцерину у випарних апаратах відбувається з послідовним зменшенням тиску.

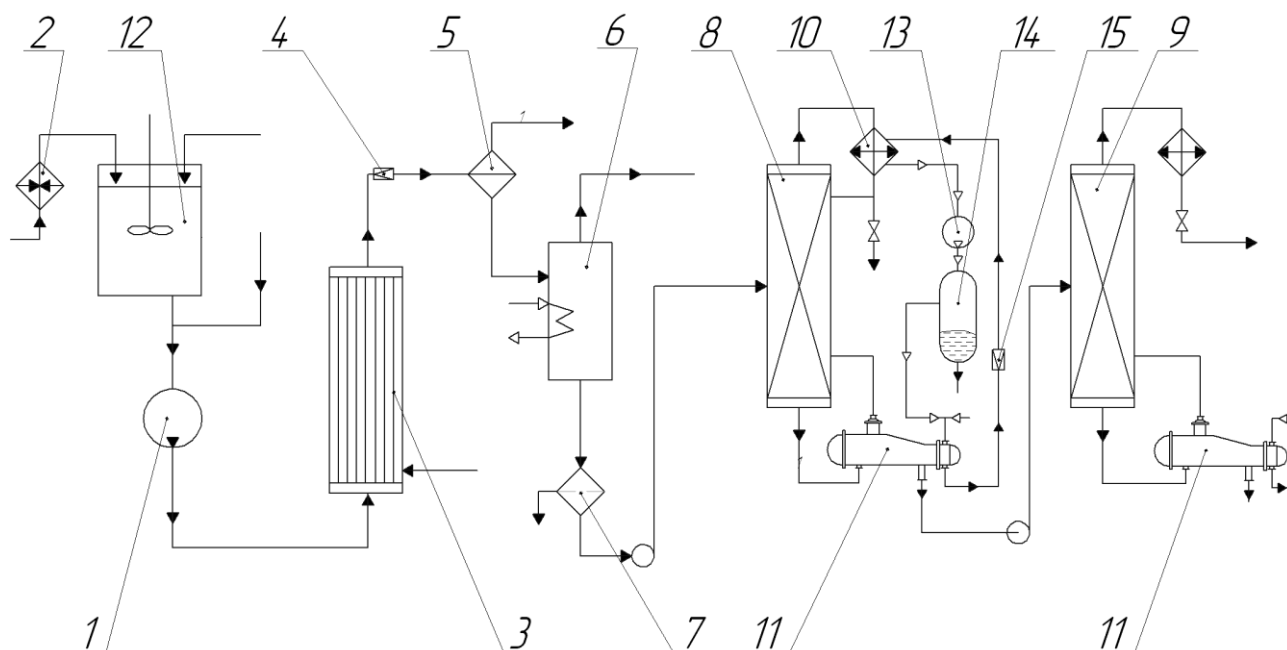
До ректифікаційної колони 8 суміш гліцерину з водою (гліцерину 80%) потрапляє для додаткового зневоднення, з кубу якої суміш потрапляє до другої ректифікаційної колони для відгонки гліцерину, в кубі другої ректифікаційної колони залишаються важкі ефіри.

Найбільш суттєвими споживачами теплоти в схемі є обладнання ректифікації, тому модернізація цих апаратів є актуальною.

Пропонується використати низькотемпературну теплоту конденсації у дефлегматорі для кубового кип'ятильника, для цього необхідно встановити тепловий насос за модернізованою схемою, що наведена на рисунку 1.

У дефлегматорі 10 вода кипить за тиску, який забезпечує конденсацію парів з колони, далі пара стискається у компресорі 13, при цьому частина пари конденсується, а частина пари догріваються на температурний перепад у колоні та двох теплообмінниках – дефлегматорі 10 та кип'ятильнику 11. Далі пара прямує до кип'ятильника 11, де конденсується. Конденсат через дросель повертається до конденсатора дефлегматора.

Для відділення сконденсованої води після компресору встановлено сепаратор 14.



1 – насос; 2 – підігрівач; 3 – реактор; 4 – дросельний вентиль; 5 – сепаратор;
6 – випарні куби; 7 – фільтри; 8 – колона відгону води; 9 – колона відділення
важкої фракції; 10 – конденсатор–дефлегматор; 11 – кип'ятильники; 12 – мішалка;
13 – компресор пари; 14 – сепаратор; 15 – дросель

Рисунок 1 – Модернізована технологічна схема отримання гліцерину хлорним методом

Встановлення теплового насосу доцільно, зважаючи на малий температурний напір у конденсаторі та кип'ятильнику, та невеликий температурний перепад у ректифікаційній колоні.

Висновок: для перевірки доцільності встановлення теплового насосу необхідно провести розрахунки кількох варіантів роботи нового устаткування в залежності від роботи ректифікаційної колони, а саме – температурного перепаду по висоті колони.

Перелік посилань:

1. Андреас Ф., Греббе К. Химия и технология пропилена — Л.: Химия, 1973. — 368 с.

УДК 628.5.66.002.08

ВИРОБНИЦТВО БЕНЗИНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УСТАНОВКИ ЕЛОУ-АВТ

студент Гавриленко Є.В., ст.викл., к.т.н. Сачок Р.В.

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

Бензин – суміш вуглеводнів різної будови, безбарвна рідина з межами кипіння 33-205°C. Температура замерзання нижче – 60°C, температура спалаху нижче 0°C, густина – 700—780 кг/м³. [1]

Принципова технологічна схема установки отримання бензину представлена на рисунку 1.

Знесолена нафта після нагрівання в трубчастій печі 1 надходить на перегонку в атмосферну колону 2. Розрахункова температура живлення колони 362 °C забезпечує масову частку відгону нафти на рівні сумарного відбору дистилятів фракцій – 54,3%. [2]

Пари бензину, що відводяться з верху колони, конденсуються в два ступені. На першій забезпечується більш низький вміст газоподібних вуглеводнів в складі зрошення, ніж у дистиляті. Газова і рідка фази бензину, що не зконденсувались, спільно додатково охолоджуються і надходять в сировинну ємність 6 дебутанізатора 7. У разі переробки нафти з підвищеним вмістом газу (C₂-C₄) – 2%, проти 1,1% в проектному сировину – частина стабільного бензину подається в якості абсорбенту в потік бензину після сепаратора 5. [2]

З атмосферної колони 2 через відпарну колону 3 одночасно відбирають три бічних погона: фракцію 140-250 °C і два компонента дизельного палива – фракцію 250-320 °C і фракцію 320-380 °C.

Залишком атмосферної колони є мазут. До низу атмосферної колони й відпарних колон 3 подається перегріта водяна пара.

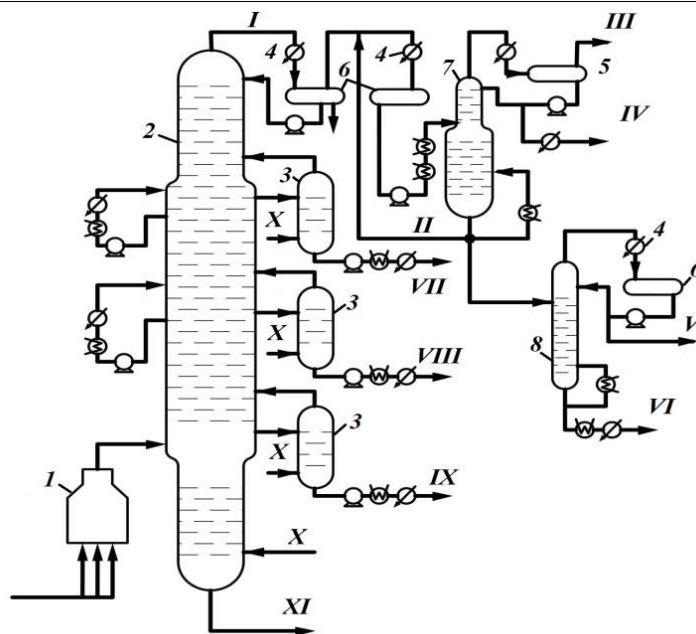


Рисунок 1 – Комбінована установка ЕЛОУ-АВТ дворового випаровування нафти:

1 - трубчаста піч; 2 - атмосферна колона; 3 - відпарна колона; 4 - конденсатор, холодильник; 5 - газосепаратор; 6 - ємність; 7 - дебутанізатор бензину; 8 - колона вторинної перегонки бензину, 8 — вакуумна колона.

I - бензин; II - стабільний бензин; III - сухий газ; IV - зріджена фракція $C_2 - C_4$, V - фракція $C_5 - 90^\circ C$; VI - фракція $90 - 140^\circ C$; VII - фракція $110 - 250^\circ C$; VIII - фракція $250 - 320^\circ C$; IX - фракція $320 - 380^\circ C$; X - водяна пара; XI - мазут;

Відбір суми світлих дорівнює 95% від вмісту в нафті фракцій до $380^\circ C$.

Фізична стабілізація бензину проводиться в дебутанізаторі 7. Відбір скрапленого газу становить 94,5% від потенціалу. Стабільний бензин містить 0,5% бутану і 0,0005% сірководню. Він витримує випробування на мідній пластинці, що не потребує залуження.

Вторинної перегонці в колоні 7 піддається приблизно 62% стабільного бензину, що пов'язано з обмеженою потребою у фракції $90 - 140^\circ C$, одержуваної з низу цієї колони, з верху колони 7 відбирають фракцію $C_5 - 90^\circ C$.

Перелік посилань:

1. <http://vseslova.com.ua/word/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BD-10132u>

2. Справочник нефтепереработчика: Справочник / Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986 – 648 с., ил.

УДК 66.081.5

ДЕСОРБЕР - РЕГЕНЕРАТОР СОРБЕНТУ В ЦИКЛІ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕЗ-ГАЗУ

студент Євзютін П. Ю., ст.викл., к.т.н.. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Аміак як і синтез-газ виробляють, переважно, з природного газу. Природний газ – це дефіцитна сировина для України, тому з кожним роком зростає інтерес до альтернативних джерел сировини при виробництві синтез-газу, а саме: газифікації кам'яного вугілля та твердих біологічних відходів (ТБВ). Сучасні методи отримання синтез-газу з ТБВ [1] спрямовані на збільшення робочого тиску в реакторі, інтенсифікації процесу з використанням псевдозрідженого шару. Економічна доцільність переробки вимагає комплексного підходу, який полягає у інтеграції функцій утилізації комунальних відходів, та генерації тепла для опалення.

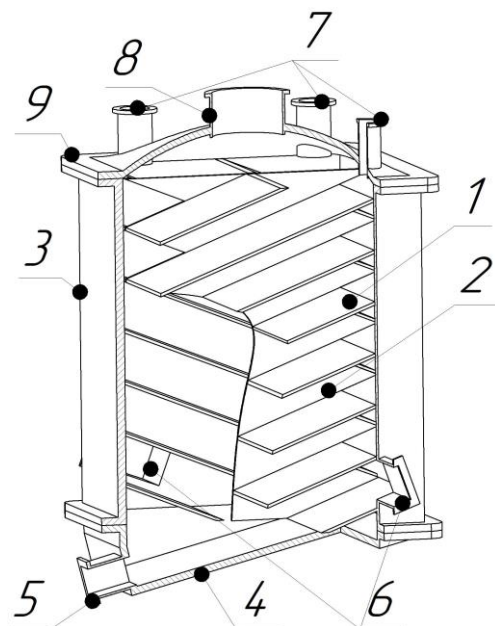
Синтез-газ, отриманий завдяки альтернативним методам більш забруднений, ніж з природного газу, тому його очищують в абсорбері. Процес абсорбування домішок синтез-газу водою найбільш поширений. До вилучених домішок входять: азот (N_2), сірководень (H_2S) та інші сполуки. Ці речовини є сировиною для інших виробництв, азот використовується в синтезі аміаку.

Для регенерації сорбенту використовують десорбер.

Відмінність обладнання сучасних виробництв синтез-газу та генераторного газу від традиційного в збільшенні продуктивності, робочого тиску, та необхідності більш повного очищення води (десорбції) від H_2S , що дозволяє зменшити габарити обладнання, яке працює під тиском.

Вхідними параметрами для проектування нового десорберу виробництва синтез-газу є необхідність дегазації сорбенту після абсорбції, яка оптимально відбувається при зменшенні тиску та підвищеній температурі, охолодження води для покращення процесу абсорбції, використання промислових вентиляторів для подачі повітря до десорберу. Таким чином, доцільно використати десорбер, що працює за атмосферного тиску, з крупною насадкою.

На рисунку 1 зображено варіант конструкції десорбера [2] з листовою насадкою 1, яка може бути використана для проектування апарату.



1 – листовая насадка; 2 – перегородка; 3 – корпус апарату; 4 – нижня кришка апарату; 5 – штуцер виходу сорбенту; 6– штуцер входу інертного носія, який приймає участь у десорбції (повітря); 7 – штуцер подачі сорбенту; 8 – штуцер виходу повітря

Рисунок 1 – Конструкція десорбера

Десорбер зображений на рисунку 1 працює наступним чином: в корпусі 3 встановлені нахилені пластини 1, розділені перегородкою 2, по яким стікає сорбент, що регенерується до нижньої кришки 4, та виводиться через патрубок 5. Подача сорбенту виконується через патрубки 7, які розташовані на верхній кришці апарату. Похилі пластини дозволяють реалізувати рух сорбенту плівкою самотоком. Стікаючи на наступну пластину рідина переміщується і ядро потоку з більшою концентрацією цільового компоненту виходить на поверхню плівки, таким чином покращується масообмін та можливе зменшення гідравлічного опору апарату.

Перелік посилань:

1. Справочник азотчика/[Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Заявка на корисну модель 201807554 Десорбер / П. Ю. Євзютін, Я.Г.Двойнос; заявник П. Ю. Євзютін – № u201807554; заявл. 05.07.2018.

УДК 66.081.2

АБСОРБЕР В ЦИКЛІ ВИРОБНИЦТВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ

студент Італьянцев О. І., к.ст.викл., к.т.н. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

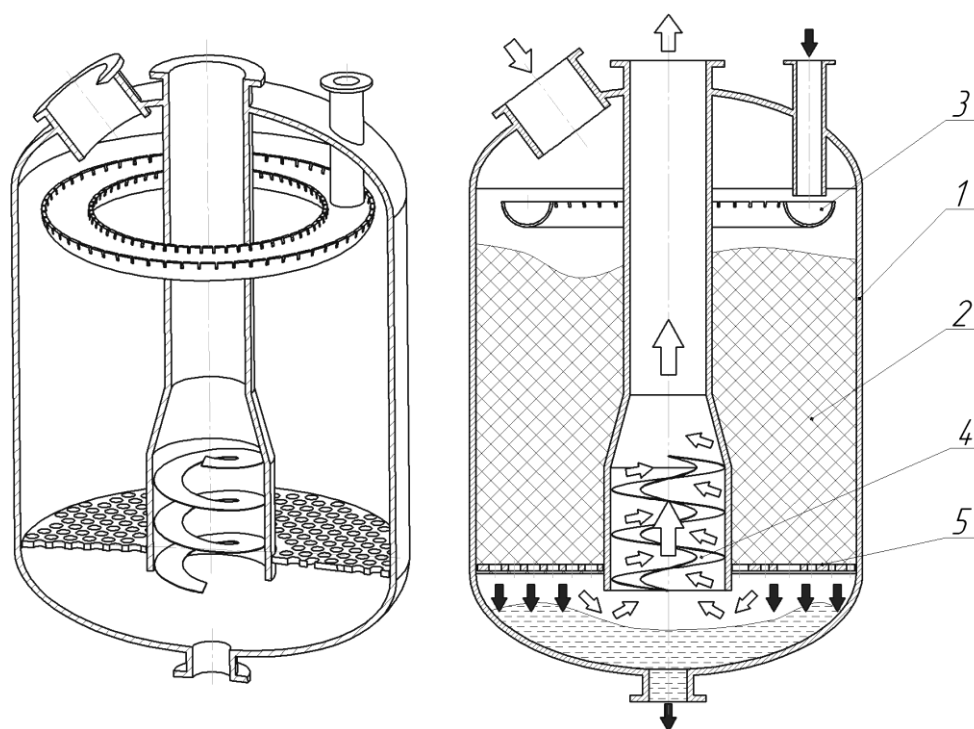
Переробка біопалива та твердих біологічних відходів в генераторний газ – пріоритетний напрям розвитку енергетичного комплексу України. Сучасні установки дозволяють організувати ефективний процес за тиску до 0,25 МПа у псевдо зрідженому шарі [1]. Апаратура, що працює під тиском вимагає нових підходів у проектуванні, а саме, – зменшення габаритів апаратів та інтенсифікації процесів. Важливою ланкою виробництва генераторного газу є очищення його від домішок перед виморожуванням азоту. Стандартне обладнання для очищення – абсорбер. Процес масообміну в абсорбері ускладнюється високою температурою газу та пульсаціями його об'ємної витрати, тому традиційна схема з протитечією потоків газу та абсорбенту не доцільна.

Пропонується використати абсорбер прямоточний з насадкою. Така схема дозволяє уникнути можливого «захливання» і дозволяє збільшити швидкість газу в абсорбері, що зменшує габарити абсорбера.

Приклад такої конструкції абсорбера наведено на рисунку 1.

При збільшенні питомого навантаження на насадку та сам апарат найбільш складним є організація сепарації газо– крапельної суміші після насадки, для цього після газорозподільної решітки встановлено центральну трубу з спіральним елементом. Абсорбер працює у такий спосіб. Абсорбент потрапляє в розподільчий пристрій, який дозволяє рівномірно зрошувати верхню поверхню шару насадки. Газ, що очищується, також потрапляє у верхню частину абсорбера, і рухається через шар насадки, захоплюючи за собою абсорбент за рахунок сил тертя. Проходячи через насадку між газом та абсорбентом відбувається масообмін, в результаті чого забруднення з газу переноситься до абсорбенту. Після шару насадки газ та абсорбент проходять через газорозподільчу решітку і потрапляють у нижню частину абсорберу. Крупні краплі абсорбенту під дією сил гравітації потрапляють у нижню частину

корпусу, а дрібні краплі у центральну трубу з встановленим всередині спіральним елементом, де відділяються за рахунок відцентрових сил, рухаючись у каналах спірального елемента.



1 – корпус абсорбера; 2 – насадка; 3 – пристрій розподілення абсорбенту; 4 – сепаратор; 5 – газорозподільча решітка

Рисунок 1 – Конструктивна схема модернізованого абсорберу

Дрібні краплі, що потрапили на внутрішню стінку центральної труби стікають плівкою під дією сил гравітації в нижню частину корпусу.

Перевагою нової конструкції абсорберу є відсутність застійних зон, що дозволяє використовувати у якості абсорбенту розчини, які реагують з компонентами газу з утворенням осаду.

Висновок: оригінальність конструкції модернізованого абсорберу вимагає проведення параметричного та конструктивного розрахунку, ескізного проектування та порівняння основних параметрів абсорберу з аналогами для прийняття рішення про доцільність модернізації.

Література:

1. Справочник азотчика/[Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Підручник "Процеси та обладнання хімічної технології" / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев. К.: НТУУ «КПІ», 2011. - [Ч. 1. - 300 С.; Ч. 2.-416 С.].

УДК 661.727.4

ВИРОБНИЦТВО АЦЕТОНУ ШЛЯХОМ ОКИСЛЮВАЛЬНОГО ДЕГІДРУВАННЯ ІЗОПРОПАНОЛУ

студент Камінський В.С., ст.викл., к.т.н. Гулієнко С.В.

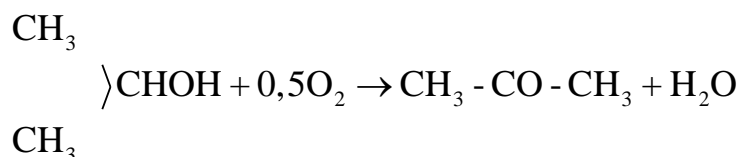
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ацетон в порівнянно невеликих кількостях отримується при сухій перегонці деревини разом з етановою кислотою. Довгий час його отримували бродінням вуглеводів у присутності особливих бактерій. Продукти бродіння містять 30,5% ацетону. В наш час цей спосіб вже не є ефективним, його витісняють синтетичні методи отримання ацетону, де якості сировин виступають продукти переробки нафти, нафтових газів і кам'яного вугілля [1].

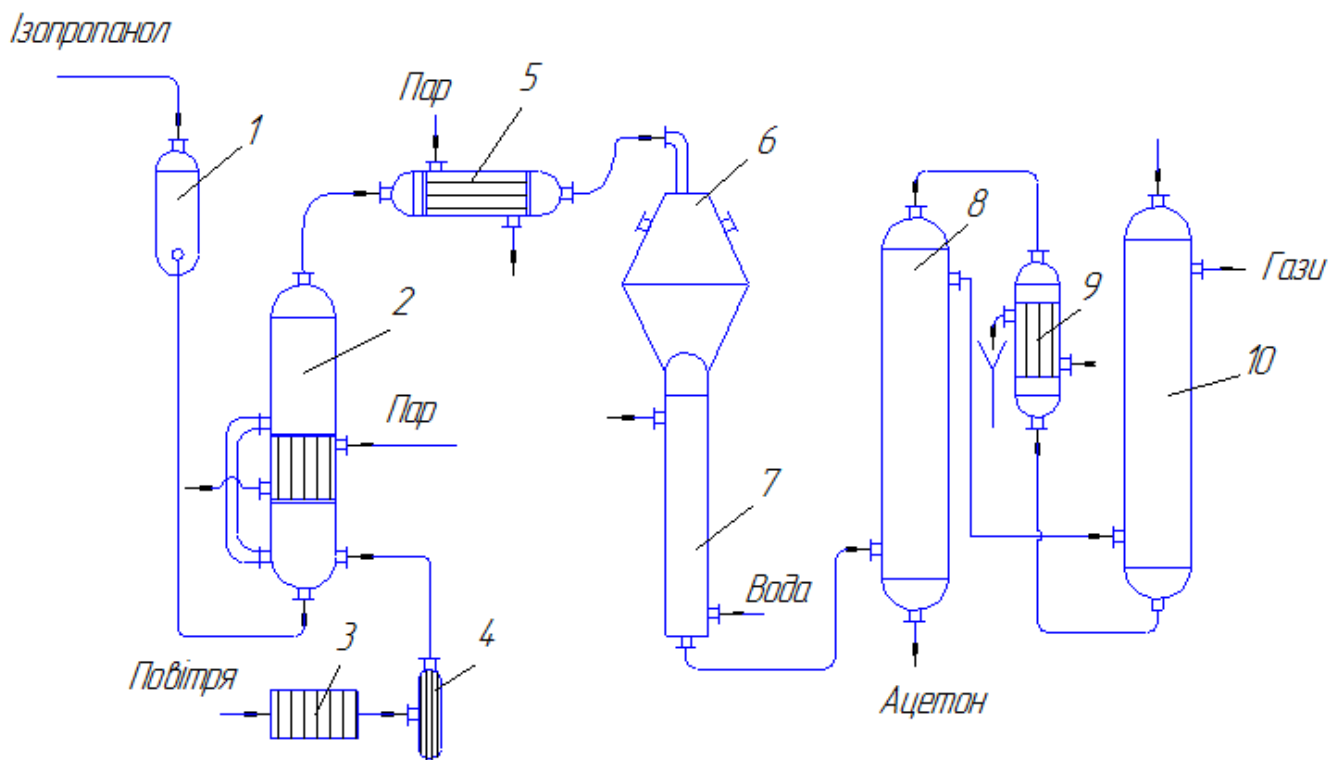
Промислові методи отримання синтетичного ацетону загалом численні. Найбільш поширеним методом є окислювальне дегідрування ізопропілового спирту.

При отриманні ацетону окислювальним дегідруванням ізопропанолу, в паровій фазі суміш парів спирту і повітря пропускають над металевим каталізатором при високій температурі:



Внаслідок екзотермічно реакції можливі сильні перегріву контактної маси і розкладання утвореного ацетона. Для зменшення сумарного теплового ефекта, процес проводять недостатку повітря [2].

Процес отримання ацетону окислювальним дегідруванням ізопропілового спирту складають наступні стадії (Рисунок 1) – випаровування ізопропілового спирту, насичення повітря парами спирту і перегрів пароповітряної суміші, окислювальне дегідрування ізопропанолу при 600°C на срібному каталізаторі і охолодження продуктів реакції, абсорбція ацетону з контактних газів водою, ректифікація і очистка ацетону.



1 – мірник; 2 – випаровувач; 3 – фільтр; 4 – повітродувка; 5 – підігрівач; 6 – контактний апарат; 7 – холодильник; 8,10 – Насадкові масообмінні колони; 9 – проміжний холодильник.

Рисунок 1– Схема виробництва ацетону окисленням ізопропанолу

Основним елементом технологічної схеми є насадкові масообмінні колони, які були вдосконалені, заміною насадки з малою питомою поверхнею на ланцюгову насадку з поперечними ланками і концентричним розташуванням самої насадки. Збільшення питомої поверхні контакту фаз значно збільшило рушійну силу процесу.

Перелік посилань:

1. Технология основного органического синтеза./ И. И. Юкельсон, 820 с.
2. Конвективный тепло– и массообмен./ В. М. Кэйс, 1972 – 800 с.

УДК 66.045

КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК З ТЕПЛОІЗОЛЬОВАНИМ МІЖТРУБНИМ ПРОСТОРОМ

студент Коваль В. О., к.т.н., доц. Андреев І. А.

Національний технічний університет України

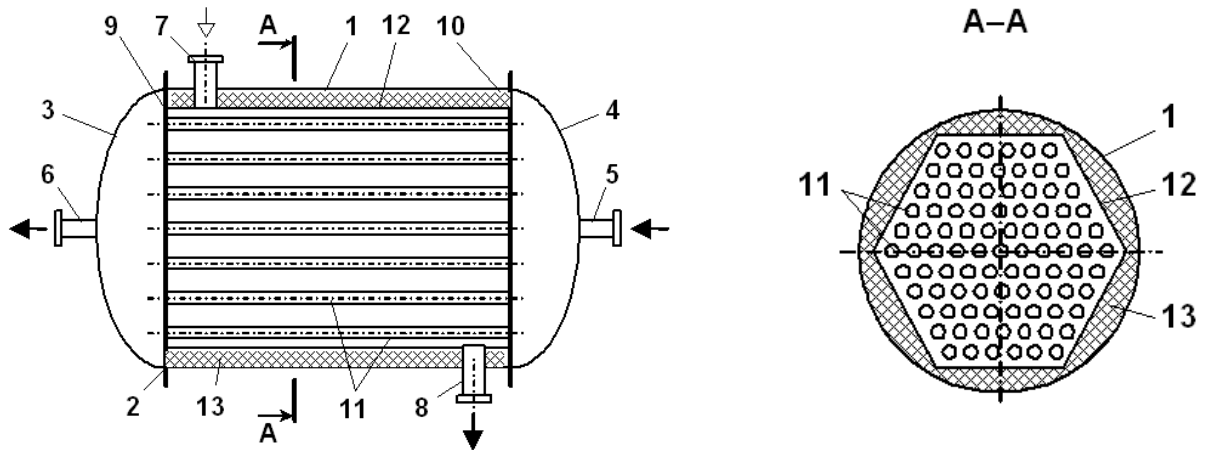
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Кожухотрубні теплообмінні апарати з прямолінійними трубами є одними з найбільш розповсюджених у хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та інших галузях промисловості. Типовий кожухотрубний теплообмінник містить обичайку корпуса, дві кришки або кришку й розподільну камеру, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них по вершинах рівносторонніх трикутників круглими теплообмінними трубами.

Недоліком такого теплообмінника є необхідність теплоізолювати його міжтрубний простір у разі руху в ньому теплоносія з високою або низькою температурою. Це ускладнює конструкцію та збільшує габарити апарата.

Для забезпечення теплоізолювання міжтрубного простору кожухотрубного теплообмінника без істотного ускладнення конструкції та збільшення габаритів теплообмінника авторами було запропоновано між трубними решітками, обичайкою й теплообмінними трубами розташовувати внутрішню обичайку у вигляді правильної шестигранної призми з відкритими основами, при цьому простір між трубними решітками, обичайкою корпуса й внутрішньою обичайкою заповнювати теплоізоляційним матеріалом (див. рисунок) [1].

При такому конструктивному виконанні не потрібно влаштовувати спеціальні пристрої для кріплення теплоізоляції на зовнішній поверхні обичайки. При цьому як теплоізоляційний матеріал можна застосувати пінополістирол, який характеризується ліофобністю й закритими порами, що унеможливорює його просочення рідиною.



1 – обичайка, 2 – корпус, 3, 4 – кришки, 5–8 – штуцери, 9–10 – трубні решітки, 11 – теплообмінна труба, 12 – внутрішня обичайка, 13 – теплоізоляційний матеріал

Рисунок – Кожухотрубний теплообмінник

Під час роботи теплообмінника теплоносії надходять у штуцери 5 і 7, а видаляються з теплообмінника крізь штуцери 6 і 8. При цьому теплообмін між теплоносіями відбувається крізь стінки теплообмінних труб 11.

Розташування між трубними решітками 9 і 10, обичайкою 1 й теплообмінними трубами 11 внутрішньої обичайки 12, а також заповнення простору між ними теплоізоляційним матеріалом забезпечує ефективне теплоізолювання міжтрубного простору теплообмінника без істотного ускладнення конструкції та збільшення габаритів теплообмінника.

Пропоноване технічне рішення підвищує енергоефективність теплообмінника.

Перелік посилань:

1. Пат. 128851 U Україна МПК (2018.01) F28D 7/00. Кожухотрубний теплообмінник / Андрєєв І. А., Мікульонок І.О., Коваль В.О.; заявник і патентовласник вони ж. – № у 201804090; заявл. 16.04.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.

УДК 66.045

**ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В
ТЕПЛООБМІННИКУ «ТРУБА В ТРУБІ»**

студент Крамар О.В., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

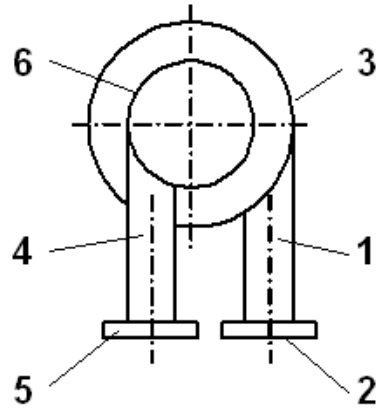
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Теплообмінник «труба в трубі» належить до теплообмінників з трубчастими теплообмінними елементами, і може бути використаний в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості.

Типовий однопотоковий розбірний теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, які з'єднуються між собою за допомогою калачів з фланцями.

Авторами було запропоновано нове конструктивне виконання теплообмінника, що забезпечує рух теплоносія у внутрішніх трубах по спіралі. Для цього внутрішні труби з'єднуються між собою за допомогою тангенційних патрубків з фланцями. У найприйнятнішому прикладі виконання теплообмінника тангенційні патрубки зовнішніх і внутрішніх труб розташовують з протилежних боків зазначених труб (див. рисунок). В результаті підвищується інтенсивність процесу теплопередачі, а отже й ефективність теплообмінника в цілому [1].

Удосконалений теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою тангенційних патрубків 1 з фланцями 2 зовнішні труби 3 і розміщені в них і з'єднані між собою за допомогою тангенційних патрубків 4 з фланцями 5 внутрішні труби 6. При цьому тангенційні патрубки 1 і 4 зовнішніх 3 і внутрішніх 6 труб розташовано з протилежних боків зазначених труб 3 і 6.



1 – тангенційний патрубок, 2 – фланець, 3 – зовнішня труба, 4 – тангенційний патрубок, 5 – фланець, 6 – внутрішня труба.

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 3, а інший – по внутрішніх трубах 6, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1 і 4, відповідно. З'єднання зовнішніх 3 і внутрішніх 6 труб між собою за допомогою тангенційних патрубків 1 і 4 забезпечує рух теплоносія у зазначених трубах 3 і 6 по спіралі, що підвищує інтенсивність процесу теплопередачі в теплообміннику. При цьому розташування тангенційних патрубків 1 і 4 з протилежних боків зовнішніх 3 і внутрішніх 6 труб забезпечує рух теплоносія в них по спіралі у протилежних напрямках, що ще більш інтенсифікує процес теплопередачі.

Для зниження гідравлічного опору теплообмінника на торцях зовнішніх 3 і внутрішніх 6 труб можуть бути встановлені плоскі заглушки (не показано), розташовані під кутом до поздовжніх осей відповідних труб 3 і 6, відмінним від прямого. При цьому унеможлиблюється утворення застійних зон на кінцевих ділянках зовнішніх 3 і внутрішніх 6 труб.

Перелік посилань:

1. Рішення від 21.08.18 про видачу патенту України. МПК (2018.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі»/Андреев І.А., Мікульонок І.О., Крамар О.В.; заявник і патентовласник вони же. — № u201804094; заявл. 16.04.18.

УДК 665.6/7

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІНОГО АПАРАТУ

В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ДИВІНІЛА ІЗ БУТАНІВ

студент Кузнецова А. Д., к.т.н., ст. викл. Гулієнко С. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

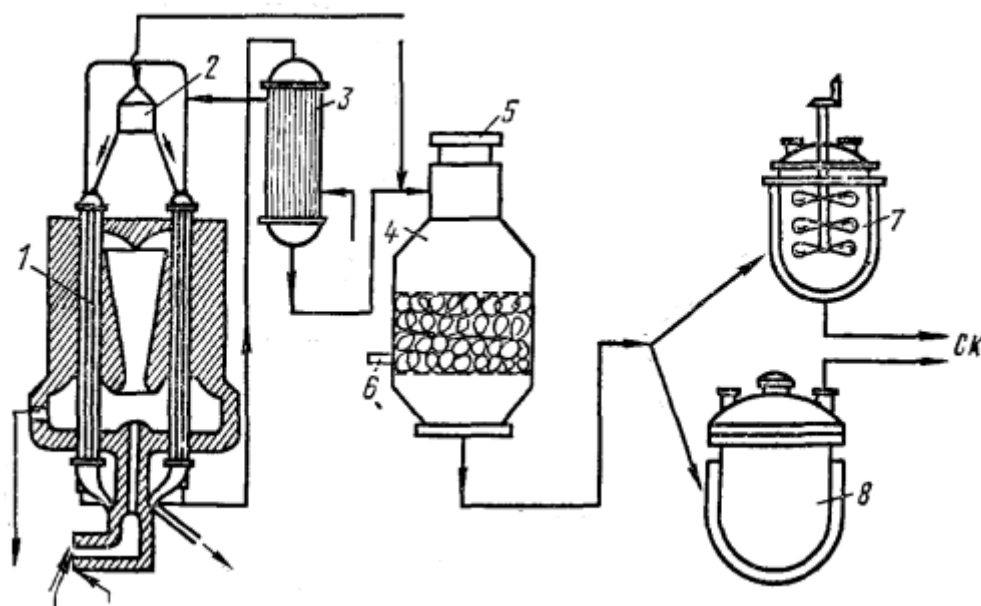
Важливе значення для промисловості синтетичного каучуку має процес каталітичного дегідрування бутану и бутілену до бутадієну. Проте найбільш економічним методом отримання дивінілу (бутадієн 1,3) є його виділення з газів піролізу нафтової сировини. Використання селективних каталізаторів забезпечує проведення процесу при більш низьких температурах, при яких термічній крекінг початкових і проміжних зв'язків відбувається в незначній мірі. Каталізатори, що використовують в промисловості, сприяє розриву зв'язків С-Н і одночасно запобігає розрив зв'язків С-С.

Дегідрування н-бутану в дивініл іде спочатку до н-бутиленів та вже потім при наступному дегідруванні утворюється дивініл

Теплота реакції залежить від структури початкових з'єднань і тому коливається в невеликих межах. На хід реакції дегідрування впливають склад і активність каталізатора, тиск, температура, тривалість процесу і наявність домішок у початкових речовинах. Вихід дивінілу обмежується не тільки умовами термодинамічної рівноваги, але реакціями крекінгу вуглеводнів, що одночасно відбуваються.

Процес дегідрування н-бутану здійснюється в одну чи дві стадії. Принципіальна схема двохстадійного способу виробництва дивінілу з бутану наведена на рисунку 1. Дегідрування бутану в рухомому або киплячому шарі каталізатора забезпечує безперервність і підвищує продуктивність реакторів (каталізатори – домішка окидів металів). Дегідрування н-бутиленів зазвичай здійснюються в адіабатичних контактних реакторах при 600-650 С в

присутності перегрітої водяної пари, що знижує парціальний тиск газів, що реагують. Вихід дивінілу 80-85% (в прорахунку газу, що прореагував).



- 1 – трубчастий реактор із зовнішнім обігрівом для дегідрування н-бутану в н-бутилен; 2 – бункер регенованого каталізатора; 3 – теплообмінник; 4 – реактор адіабатичного типу; 5 – люк для завантаження каталізатора; 6 – люк для вивантаження каталізатора; 7 – апарат для полімеризації в емульсії; 8 – апарат для полімеризації в масі (блоці)

Рисунок. 1– Принципова схема отримання дивіна і на його основі каучуків з бутанів:

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що теплообмінник 3 виконує важливу функцію в процесі виробництва, тому його модернізація є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Мухленов И. П. Общая химическая технология т.2., Высшая школа, 1977, с. 195.

УДК 664.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

студент Рудницький Б.А., ст.викл., к.т.н.. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Схему процесу синтезу етиленгліколю зображено на рисунку 1. Синтез проводять без каталізаторів при температурі 200°C під тиском, що забезпечує збереження суміші в рідкому стані. Вихідну шихту готують зі свіжого і оборотного водного конденсату та оксиду етилену [1].

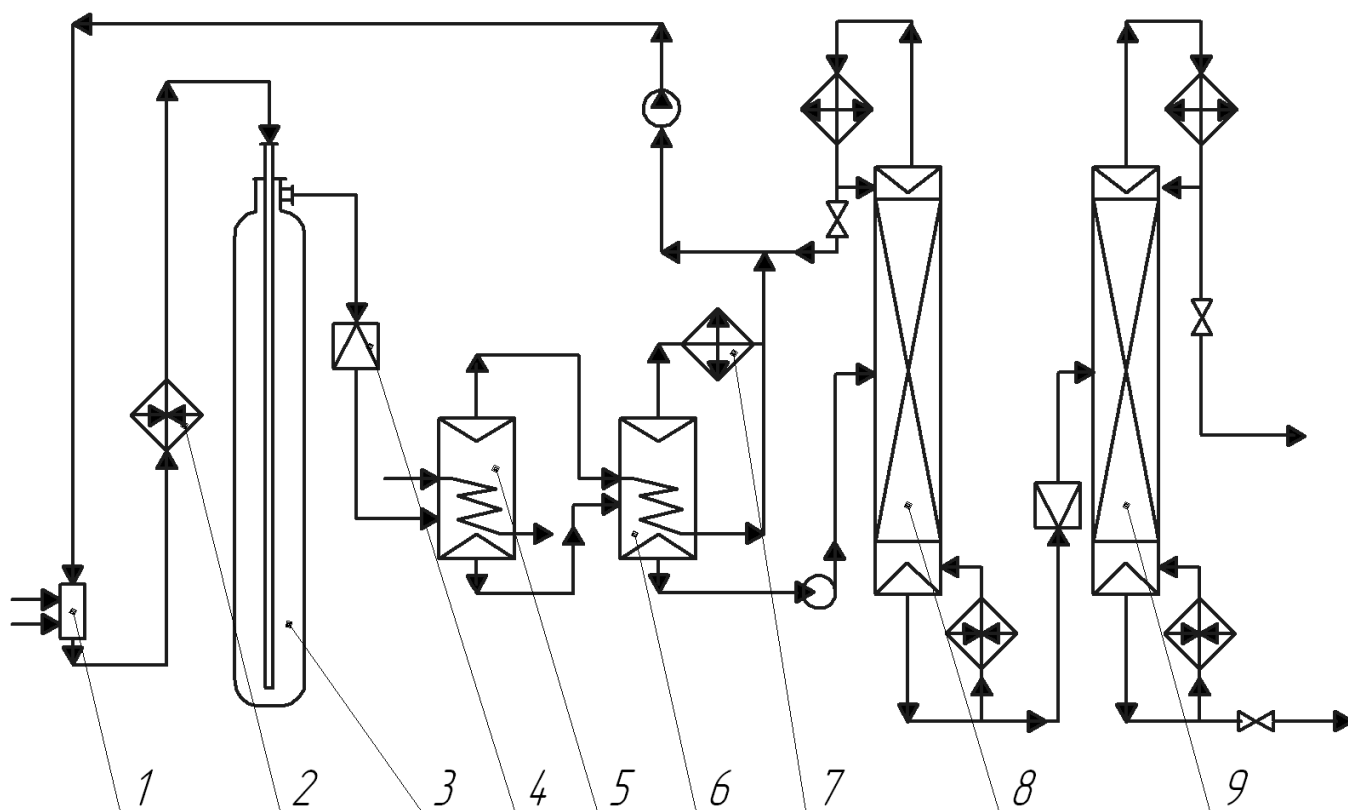
Оксид етилену, свіжий і оборотний конденсат подають під тиском в змішувач 1, потім в паровий підігрівач 2. Там шихта нагрівається до $130\text{-}150^{\circ}\text{C}$ і надходить в реактор 3 адіабатичного типу. Суміш проходить спочатку по нейтральній трубі апарату і додатково підігрівається гарячою реакційною масою, що знаходиться в обсязі реактора, де і протікає утворення продуктів. Крім етиленгліколю, та дітриетиленгліколю, побічно виходять ацетальдегіди (за рахунок ізомеризації оксиду етилену) і продукти його ущільнення. Після виходу з реактора рідина, нагріта до 200°C дроселюється в пристрої 4 до атмосферного тиску, з випаровуванням частини води, а рідина охолоджується до $105\text{-}110^{\circ}\text{C}$.

Суміш надходить в апарат 5, що є першою сходинкою багатокорпусної випарної установки, ступені якої працюють при все більш глибокому вакуумі (аж до 133 Па) і обігріваються за рахунок сокової пари з попереднього апарату.

Пара з останньої ректифікаційної колони конденсується і повертається до змішувача, а рідина потрапляє до ректифікаційної колони 8, де розділяється, – етиленгліколь збирається у дефлегматорі, а діетиленгліколь збирається у кубі колони. Ці продукти також представляють велику цінність, і їх поділяють на додатковій вакуумній ректифікаційній установці 9.

Температура кипіння етиленгліколю становить $197,3^{\circ}\text{C}$ за нормальних умов, тому основні енерговитрати при виробництві пов'язані з процесом ректифікації, а конструкція апарату має містити елементи для збереження та регенерації тепла.

Пропонується використати систему з вбудованим конденсатором дефлегматора першої ректифікаційної колони та виносним кип'ятильником другої ректифікаційної колони.



1 – змішувач; 2 – паровий підігрівач; 3 – реактор адіабатичного типу; 4 – пристрій дроселювання; 5, 6 – випарні апарати; 7 – конденсатор; 8 – ректифікаційна колона; 9 – вакуумна ректифікаційна колона

Рисунок 1 – Технологічна схема отримання етиленгліколю гідратацією окису етилену

Така замкнута система для двох ректифікаційних колон дозволить запобігти втратам тепла у навколишнє середовище, та використати дистильовану і деаеровану оборотну воду. Температурний напір у кип'ятильнику другої ректифікаційної колони достатній, оскільки вона працює на суміші діетиленгліколю з триетиленгліколем під розрідженням.

Перелік посилань:

1. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена / О.Н. Дымент и др., под общ. ред. О.Н. Дымент – М.: Химия, 1976.

УДК 66.021.3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОВПАЧКА ТАРІЛКИ МАСООБМІННОЇ КОЛОНИ

студент Стеблецький І.М., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Тарілчасті контактні пристрої застосовуються в ректифікаційних, абсорбційних та екстракційних колонах хімічної, харчової та споріднених з ними галузях промисловості.

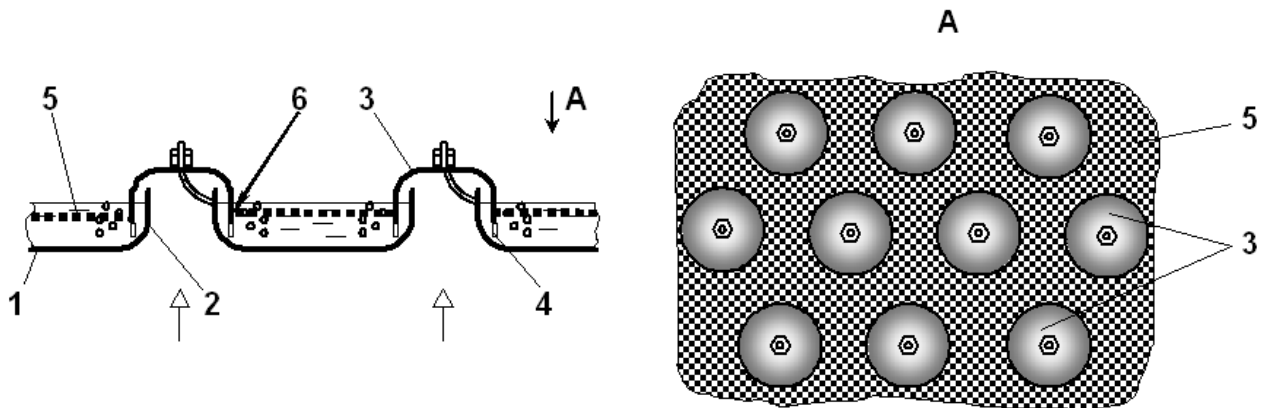
Типова ковпачкові тарілка містить горизонтальне полотно з патрубками для проходу легкої фази, розміщені над ними ковпачки з прорізами та/або щілинами в їхній нижній частині. Основним недоліком цієї тарілки є невисока ефективність масообміну через відносно низьку диспергувальну здатність прорізів та/або щілин ковпачків.

Більш ефективною є тарілка за патентом України № 62066, оскільки в ній завдяки наявності додаткового перфорованого горизонтального полотна підвищується ступінь диспергування легкої фази під час проходження нею шару важкої фази, що збільшує питому поверхню фаз на тарілці. Проте зазначена тарілка складна у виготовленні, а ефективність диспергування легкої фази за допомогою додаткового перфорованого горизонтального полотна невисока, оскільки зазначене полотно розташовано під прорізами та/або щілинами ковпачків.

З метою збільшення ефективності тарілки в цілому авторами було запропоновано ковпачки розташовувати в отворах додаткового перфорованого горизонтального полотна, встановленого над прорізами та/або щілинами ковпачків (див. рисунок). В цьому випадку спрощується виготовлення додаткового перфорованого горизонтального полотна (оскільки зазначена тарілка замість тривимірної стає двовимірною), а отже й конструкція тарілки в цілому.

Крім того, істотно підвищується ступінь диспергування легкої фази під

час проходження нею шару важкої фази, оскільки всі бульбашки легкої фази, що пройшла крізь прорізи та/або щілини ковпачків, додатково проходить перфорацію додаткового перфорованого горизонтального полотна. Це збільшує питому поверхню фаз на тарілці, а отже й ефективність тарілки та масообмінної колони в цілому [1].



1 – горизонтальне полотно, 2 – патрубок, 3 – ковпачок, 4 – проріз (щілина),
5 – перфороване горизонтальне полотно, 6 – отвір

Рисунок – Тарілка масообмінної колони

Під час роботи апарата важка фаза рухається по основному горизонтальному полотну 1 і додатковому перфорованому горизонтальному полотну 5, а легка – з підтарілкового простору крізь патрубку 2 проходить під ковпачки 3 і далі крізь їхні прорізи та/або щілини 4 диспергується в об'ємі важкої фази, що рухається під додатковим перфорованим горизонтальним полотном 5. Після цього легка фаза додатково диспергується в об'ємі важкої фази, що рухається над додатковим перфорованим горизонтальним полотном 5.

Пропонована тарілка істотно підвищує ефективність процесу масообміну.

Перелік посилань:

1. Рішення від 9.07.18 про видачу патенту України. МПК (2018.01) B01D 3/18, B01D 3/20. Тарілка масообмінної колони / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Стеблецький І. М.; заявник і патентовласник вони же. — № u201804231; заявл. 17.04.18.

УДК 661.525.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

студент Терещенко І. Ю. к.т.н., ст. викл. Гулієнко С. В.

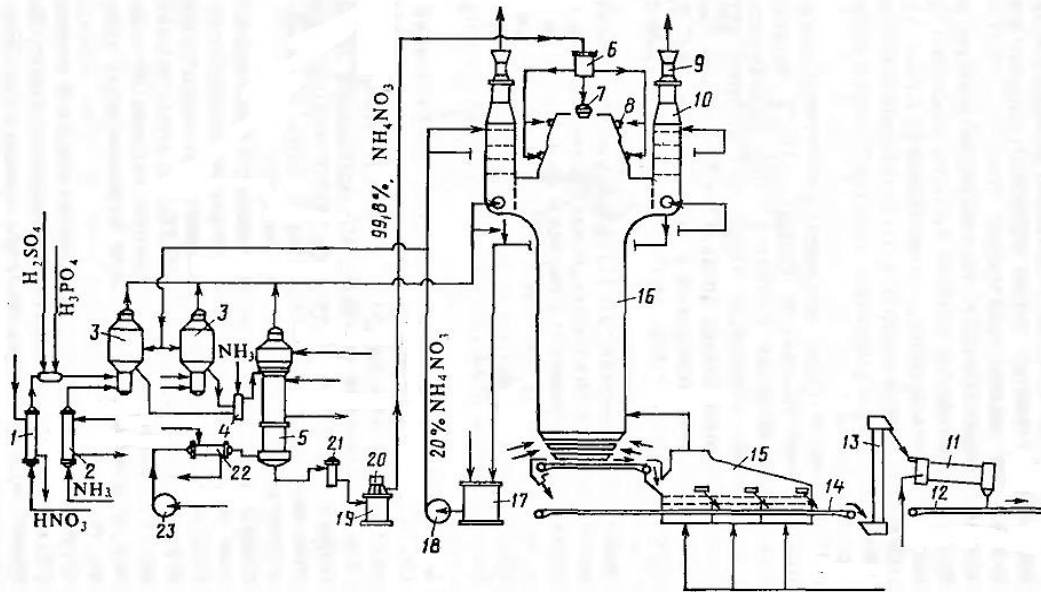
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Одним із найважливіших видів мінеральних добрив є азотні: аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, водні розчини аміаку та ін. Азот виконує важливу роль у життєдіяльності рослин: він входить до складу хлорофілу, що є акцептором сонячної енергії, і білка, необхідного для побудови живої клітини. Рослини здатні споживати тільки зв'язаний азот – у формі нітратів, солей амонію або амідів. Відносно невеликі кількості зв'язаного азоту утворюються внаслідок діяльності мікроорганізмів, що живуть у ґрунті, однак сучасне землеробство вже неможливо уявити без додаткового внесення в ґрунт азотних добрив, отриманих в результаті промислового зв'язування атмосферного азоту.

Аміачна селітра, або нітрат амонію, NH_4NO_3 - кристалічна речовина білого кольору, що містить 35% азоту в амонійній і нітратній формах, обидві ці форми азоту легко засвоюються рослинами. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки. Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

Для отримання аміачної селітри, що практично не злежується, застосовують ряд технологічних прийомів, зокрема, гранулювання. Сумарна поверхня однорідних гранул менше поверхні такої ж кількості дрібнокристалічної солі, тому гранульовані добрива повільніше поглинають вологу з повітря. Іноді аміачну селітру сплавляють з менш гігроскопічними солями, наприклад, сульфатом амонію, фосфатами амонію, хлоридом калію, нітратом магнію. Схема установки виробництва аміачної селітри представлена на рисунку 1.



- 1 – підігрівач кислоти; 2 – підігрівач аміаку; 3 – апарати ІТН;
4 – донейтралізатор; 5 – випарний апарат; 6 – напірний бак;
7, 8 – гранулятори; 9, 23 – вентилятори; 10 – промивний скруббер;
11 – барабан; 12, 14 – транспортери; 13 – елеватор, 15 – апарат киплячого шару; 16 – грануляційна башта; 17 – збірник; 18, 20 – насоси; 19 – бак для плаву; 21 – фільтр для плаву; 22 – підігрівач повітря.

Рисунок 1. Схема агрегату аміачної селітри АС-72.

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що випарний апарат 5 виконує важливу функцію в процесі виробництва, тому його модернізація є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен М. Г. Общая химическая технология 2-е изд., испр. и доп., М.: Высшая школа, 1990, с. 452.

УДК 661.721

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА У СХЕМІ ОЧИЩЕННЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТУ-СИРЦЮ

студент Шахунов М.О. к.т.н., ст. викл. Гулієнко С. В.

Національний технічний університет України

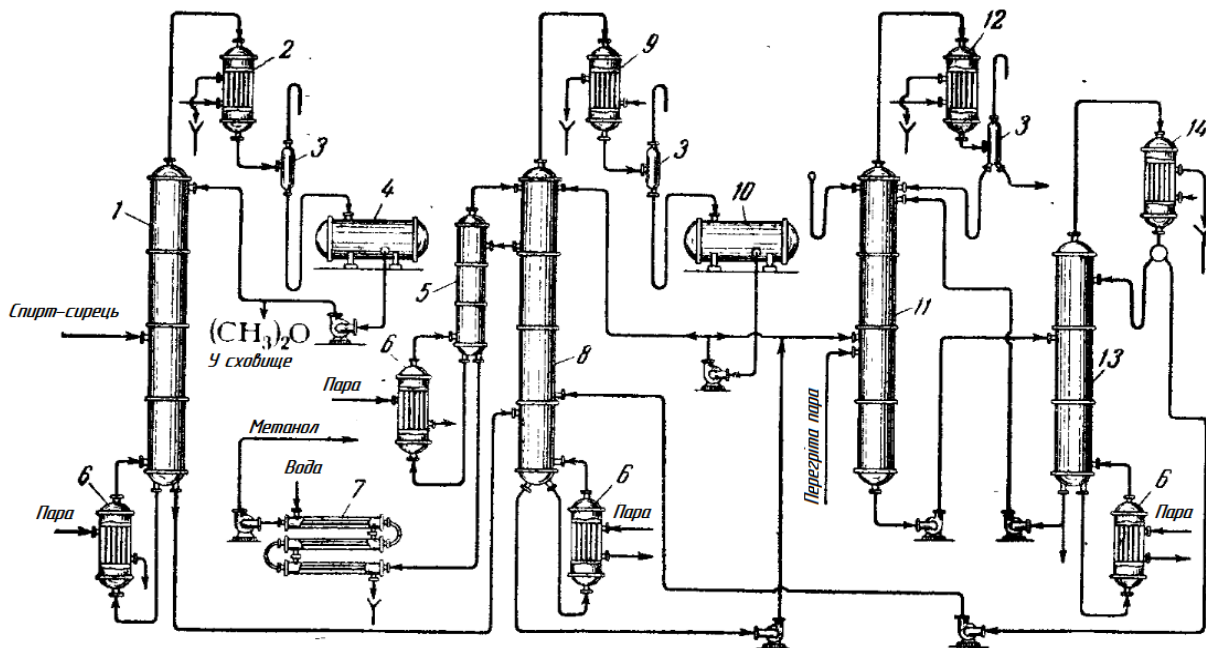
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Спирт-сирець являє собою безбарвну прозору рідину, що містить до 2 % органічних домішок, і саму тому має неприємний запах.

Вміст домішок у спирті-сирці хоч і невеликий, однак, для отримання чистого метилового спирту потрібна багаторазова ректифікація спирту-сирцю у поєднанні з екстракцією. Схема такої очистки зображена на рисунку 1.

У колоні 1 зі спирту-сирцю відганяють диметилловий етер, пари якого потрапляють у конденсатор 2. Конденсат відділяється від неконденсуючихся газів у сепараторі 3 і поступають у збірник 4, звідки частина етеру подається на зрошення колони 1, а інше прямує у сховище. Кубова рідина із колони 1 подається в колону 8, із якої відбирають три фракції. З середніх тарілок відбирається концентрований метиловий спирт с невеликою кількістю низькокиплячих домішок, відокремлюваних у колоні 5; із кубової частини колони 5 виходе чистий метанол, який охолоджується у теплообміннику 7 і перекачується на склад. З верхніх тарілок колони 8 відводять пари низькокиплячих сполук разом зі значною кількістю парів метанолу. Пари потрапляють у конденсатор 9; конденсат після відділення від газів у сепараторі подається в збірник 10. Частина цього конденсату використовується у вигляді флегми для зрошення колони 8, а залишок потрапляє в колону екстрактивної перегонки 11. Кубова рідина із колони 8 також подається у колону 11. Колона 11 обігривається перегрітим паром і зрошується водою. При розбавленні рідини в колоні водою азеотропні суміші руйнуються і полегшується відгонка домішок із спирту. Пароподібні домішки конденсуються в апараті 12; частина конденсату повертається на зрошення колони 11, залишок виводять із системи. Сполуки, які не конденсуються після відділення від рідини у сепараторі 3

видаляють в атмосферу. Із нижньої частини колони 11 розведений метанол передають в колону 13. Концентрований метанол (дистиллят) із конденсатору 14



направляють у колону 8 для вилучення чистого метанолу.

- 1, 5, 8, 13 – ректифікаційні колони ; 2, 9, 12, 14 – конденсатори;
3 – сепаратор; 4, 10 – збірники; 5 – випарний апарат; 6 – кип'ятильник;
7 – теплообмінник; 11 – колона екстрактивної перегонки;

Рисунок 1 – Схема очистки метилового спирту-сирцю

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що теплообмінник 7 виконує важливу функцію в процесі очищення, тому його модернізація є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. Издательство «Химия», 1968 г., с. 384.

УДК 66.045

ВДОСКОНАЛЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА

студент Яцюк І. О., к.т.н., доц. Андреев І. А.

Національний технічний університет України

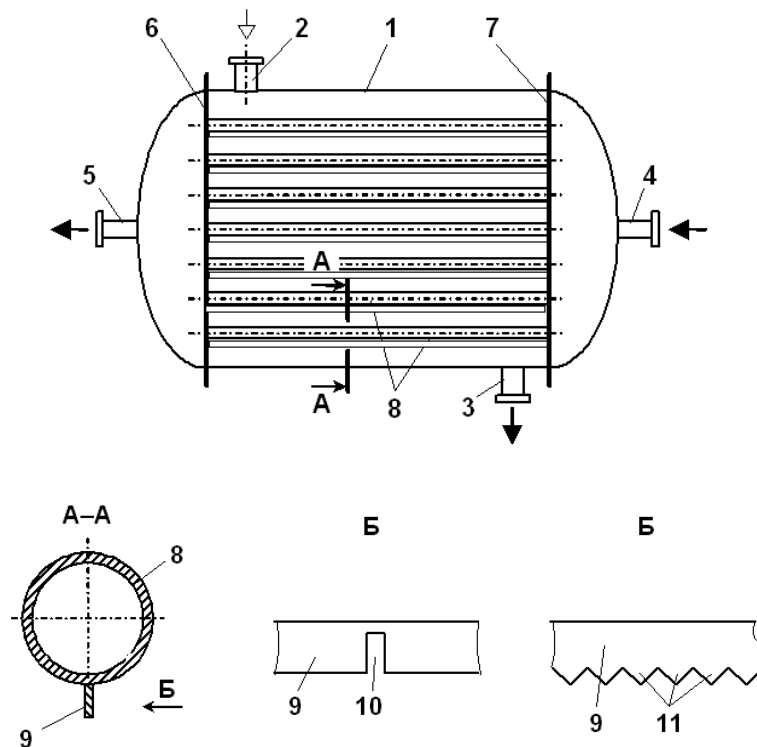
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Кожухотрубні, і передусім горизонтальні, конденсатори є одними з найбільш розповсюджених у хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та інших галузях промисловості.

Стандартний горизонтальний конденсатор містить корпус, дві трубні решітки із закріпленими в них круглими теплообмінними трубами і штуцери. Такий конденсатор характеризується відносно низькою ефективністю через інтенсивне утворення плівки конденсату на нижній стороні поверхні теплообмінних труб та, відповідно, уповільненням процесу конденсації пари в міжтрубному просторі.

Для забезпечення вчасного видалення утворюваної на зовнішній поверхні труб плівки конденсату було запропоновано на ділянці між трубними решітками кожну з теплообмінних труб у її нижній частині обладнати вертикальною поздовжньою планкою. У найприйнятніших прикладах виконання конденсатора поздовжню планку виконують з поперечними надрізами або зубчастою [1].

Така конструкція апарата забезпечує безперешкодне стікання утворюваної на зовнішній поверхні труб плівки конденсату та подальше її вчасне видалення, що інтенсифікує процес конденсації. Виконання же поздовжньої планки з поперечними надрізами або зубчастою в разі незначного нахилу конденсатора відносно горизонталі також сприяє вчасному розриву потоку конденсату та його видаленню з теплообмінних труб (див. рисунок).



1 – корпус, 2–5 – штуцери, 6, 7 – трубні решітки, 8 – теплообмінна труба, 9 – планка, 10 – надріз, 11 – зубець

Рисунок – Горизонтальний конденсатор

Під час роботи теплообмінника теплоносії надходять у штуцери 2 і 4, а видаляються з теплообмінника крізь штуцери 3 і 5. При цьому конденсація пари здійснюється на зовнішній поверхні теплообмінних труб 8, а завдяки наявності в їх нижній частині вертикальної поздовжньої планки 9 утворюваний конденсат вчасно видаляється за межі теплообмінних труб 8. Це звільняє нижню частину кожної теплообмінної труби 8 від товстої плівки конденсату, а отже й інтенсифікує процес конденсації.

Перелік посилань:

1. Рішення від 9.07.18 про видачу патенту України. МПК (2018.01) F28B 9/08, F28D 7/00, F28F 1/00. Горизонтальний конденсатор / Андреев І.А., Мікульонок І.О., Яцюк І.О.; заявник і патентовласник вони же. — № u201804230; заявл. 17.04.18.

УДК 539.3

ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ ЦЕНТРИФУГ

студенти Яцюк І. О., Стеблецький І. М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Існує тенденція встановлювати центрифуги не тільки на перших, але і на інших поверхах підприємств, тому виникає нагальна потреба організувати випуск центрифуг оснащених віброізоляторами.

Вимірювання показали, що при відсутності віброізоляції амплітуди коливань перекриттів при роботі осаджуючих центрифуг зі шнековим вивантаженням можуть в 30-50 разів перевищувати допустимі значення [1]. Велика тривалість вибігу машин, складаюча для центрифуги УЦМ 10-12 хвилин сприяє виникненню коливань з високими значеннями їх амплітуд.

Застосування віброізоляції обумовлює необхідність визначення динамічних навантажень для центрифуг. ЦНИСКом розроблений експериментальний метод визначення динамічних навантажень і вивчені основні типи центрифуг. Відповідно до цього методу, центрифуга встановлюється на амортизуючі опори, що володіють такою жорсткістю, щоб частота власних коливань центрифуги була в 3-4 рази менше частоти обертання головного валу.

У зв'язку з тим, що власні частоти центрифуги на віброізоляції в кілька разів менше частот збурюючих сил під час робочого режиму. При пусках і зупинках центрифуги неминуче виникнення резонансних явищ, при яких амплітуди вимушених коливань різко зростають.

Для зменшення амплітуд коливань центрифуг в цьому випадку можливе введення в конструкції віброізоляторів різних демпферів внутрішнього сухого або в'язкого тертя.

Перспективними методами підвищення швидкості проходження через резонанс є різні способи механічного та електричного гальмування вала при зупинці машини і способи, засновані на автоматичній зміні частотних характеристик віброізольованої установки.

Перелік посилань:

1. В.І.Соколов Современные промышленные центрифуги М.: Машиностроение, 1967 ,560с.
2. Фролов К.В., Фурман Ф.А. Прикладная теория виброзащитных систем. М.: Машиностроение, 1980 ,456с.

**СЕКЦІЯ 2
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОбНОЇ МАШИНИ

студент Бондарь О.Р., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

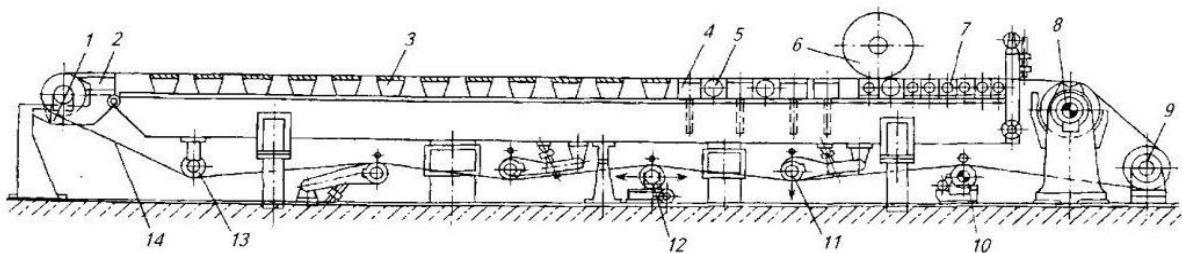
Основним призначенням формуючої (сіткової) частини картоноробної машини (КРМ) є формування та первинне зневоднення картонного полотна. Саме від способу і якості напуску волокнистої маси на сітку та її зневоднення залежать фізико-механічні показники картону.

Велике поширення отримали односіткові (плоскосіткові) формуючі частини картоноробної машини. Такий тип формувальної частини має ряд переваг: більш спрощена конструкція та менша металоємкість у порівнянні із двосітковими, простота в експлуатації та ремонті, малі енергозатрати на регенерацію сіток, рівномірне формування полотна по всій ширині та менші втрати волокна.

Робота формуючої частини КРМ (рис. 1) полягає в напусканні волокнистої маси із напного ящика на поздовжню нескінченну сітку, де і відбувається осадження волокон на поверхню сітки. Сітка огинає із однієї сторони грудний вал напного ящика, а з іншої сторони відсмоктуючий вал (гауч-вал) і сітководучий вал. Рекомендується застосовувати комбінацію відсмоктуючого і сітководучого валів, що забезпечує краще розподілення привідного зусилля та зручного зйому картонного полотна із сітки і його передачу на пресову частину машини.

Зневоднюючі елементи сіткової частини розміщуються в такому порядку: формуюча доска, гідропланки, мокрий ящик відкритого типу, мокрий ящик із додатковим вакуумом, відсмоктуючий ящик. Розміщення зневоднюючих елементів має важливе значення і виконується таким чином, щоб забезпечити відповідну сухість полотна після сіткової частини. В складі формуючої частини іноді застосовують паровий ящик для підвищення температури картонного

полотна перед пресою частиною. Довжина формуючої частини залежить від продуктивності КРМ, а довжина сітки залежить від кількості зневоднюючих елементів. В нижній частині сіткового столу сітка проводиться, натягується та направляється цілим рядом валів. На сучасних машинах формуюча частина оснащена автоматичними пристроями для натягу сітки до величини 2,5 – 8 Н/м. Під час зворотнього ходу сітка очищується водяними сприсками, і таким чином видалаються волокна, що не відділились від сітки разом із полотном. Ширину картонного полотна задають форматні сприски, які відділяють кромки полотна.



1 – грудний вал; 2 – формуючий ящик; 3 – «мокрый ящик»; 4 – «вакуумный ящик»; 5 – регістровий валик; 6 – вирівнювач; 7 – відсмоктуючий ящик;

8 – відсмоктуючий гауч-вал; 9 – ведучий вал; 10, 13 – сітководучі вали;

11 – сітконатяжний вал; 12 – сіткоправка; 14 – сітка

Рисунок 1 – Сітковий стіл формуючої частини КРМ

Модернізація даної частини КРМ направлена на покращення технологічних параметрів волокнистої маси, що напускається на сітку, шляхом удосконалення конструкції динамічного напірного ящика, задача якого полягає у рівномірному розподіленні маси по всій ширині сітки.

Перелік посилань:

1. Перелік посилань: 1. Інтернет – ресурс <https://voith.com/rus-ru/index.html> від 19.10.2017 р.

2. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил.

УДК 676.02

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Бугаєць Д.В., к.т.н. професор Марчевський В.М.

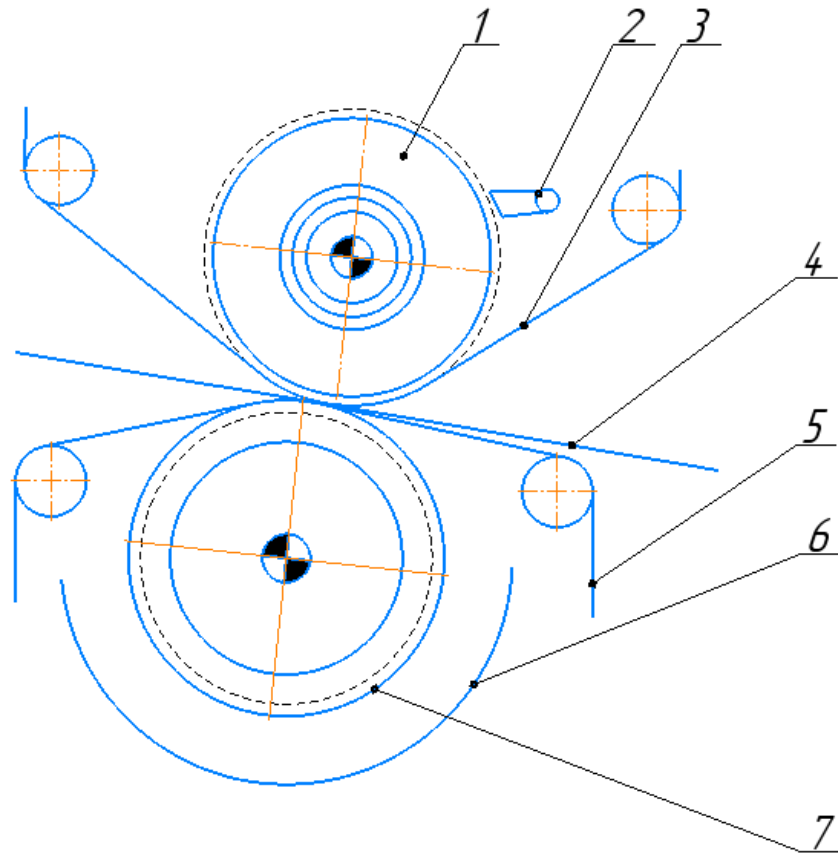
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пресова частина створює значний вплив на економію пари в сушильній частині. Збільшення сухості після пресу на 1% зменшує витрати енергії на сушильній частині на 5% тому робота, направлена на вдосконалення конструкції пресу з метою отримання більшої сухості відпресованого картону, є актуальною [1].

Прес вальцевий двовальний для пресування полотен із волокнистих матеріалів, паперу, картону, що містить нижній жолобчатий вал, верхній вал з панchoю з'єднали важелями з механізмами притискання, шабер та верхнє і нижнє сукно, відрізняється тим що, верхній вал оснастили полімерною сіткою закріпленою на його зовнішній гумованій поверхні, яка контактує з відсмоктуючим шабером встановленим на рухомому важелі.

Прес працює наступним чином: картонне полотно проходить між двома сукнами через пресовий захват, який складається з нижнього жолобчатого валу та верхнього валу з сітчатою панchoю, кожен вал має власний привід. В захваті полотно стискається і віддає вологу верхньому та нижньому сукнам. Шабер встановлений на верхній вал з сітчатою панchoю видаляє воду з ячеек поверхні сітчатої панchoи. Вода з нижнього жолобчатого валу видаляється в піддон, а з верхнього валу відсмоктується шабером. Сітчата панchoа верхнього валу створює поперечну фільтрацію води через верхнє сукно в ячейки сітки панchoи з ячеек сітки вода відводиться відсмоктуючим шабером, створений таким чином додатковий потік відведення води збільшує швидкість фільтрації та кінцеву сухість відпресованого картонного полотна.



- 1- верхній вал з панchoю, 2- відсмоктуючий шабер, 3- верхнє сукно,
4- картонне полотно, 5- нижнє сукно, 6- піддон, 7- нижній жолобчатий вал

Рисунок 1 – Схема першого пресу

Перелік посилань:

1. Чичаев В.А. "Оборудование целюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264с.

УДК 676.056

КОНСТРУКЦІЯ НАКАТУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студентка Вакульчук В. В., ст.викл., к.т.н. Новохат О. А.

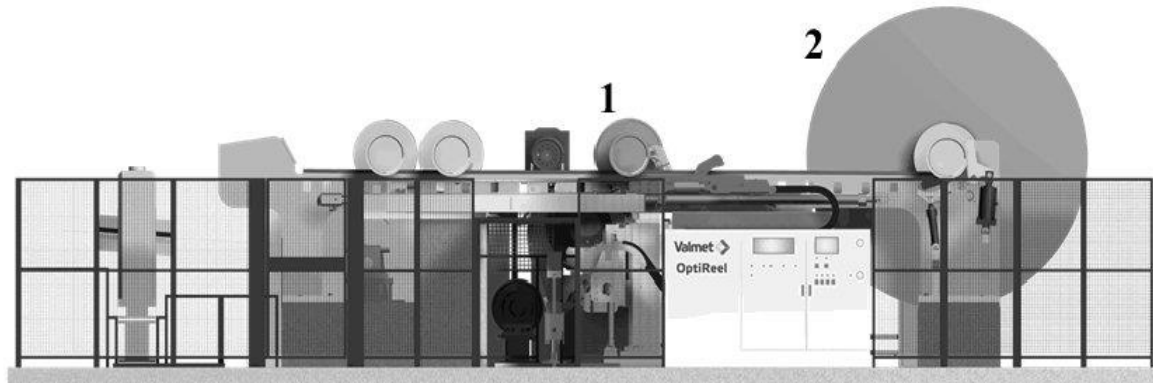
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Накат виконує важливу задачу в створенні картонного полотна на картоноробній машині – безперервне приймання з неї картонного полотна, його охолодження, часткове зволоження та намотування в щільні рулони.

Щільність та рівномірність намотування картону відіграє важливу роль в якості картону під час транспортування і подальшому використанні. В периферичному накаті, найбільш поширеному типі, намотуваний рулон картону притискається до циліндра наката, що обертається з постійною кутовою швидкістю [1]. Рулон картону обертається під дією колового зусилля, що створюється між поверхнями рулону і циліндра наката.

Тамбурний вал під час намотування картону встановлюється в прийомні важелі, які в свою чергу після попереднього намотування автоматично переводять його на напрямні станини. До важелів кріпляться пневмоциліндри, що притискають тамбурний вал до циліндра наката в момент намотування картону. Приймальні важелі зазвичай монтуються ексцентрично на корпусах підшипників циліндра наката. Тому в верхньому положенні тамбурний вал не дотикається до циліндра. У міру повороту важелів тамбурний вал наближається до циліндра і стикається з ним. Привід повороту прийомних важелів може бути виконаний гідравлічним або електромеханічним. На вітчизняних конструкціях накатів застосовуються здебільшого електромеханічні приводи. Після намотування рулону рулон автоматично перекладається в основні важелі [1]. Тобто в звичайному накаті тамбурний вал необхідно піднімати та опускати, що збільшує загальну кількість приводів, відповідно - збільшує енерговитрати. Даний недолік частково усунула фінська компанія Valmet [2]. В конструкції наката «OptiReel Linear» (рис. 1).



1 – тамбурний вал; 2 – намотуваний рулон картону

Рисунок 1 – Накат фірми Valmet

«OptiReel Linear» є абсолютно новим способом руху рулону та в цілому механізму накату. Замість застарілого габаритного механізму з підйомами та опусканнями рулону, в цій конструкції рулони та вали рухаються по твердим рейках. Це призводить до безперервного і безперебійного процесу розмотування. Оптимальний розмір рулону досягається за допомогою точних вимірювань та елементів керування для всіх параметрів розмотування.

Невелика висота конструкції «OptiReel Linear» забезпечує легкий доступ до робочих і обслуговуючих позицій. Не існує високих деталей, які ускладнюють дії з технічного обслуговування.

Початкова вартість інвестицій нижча внаслідок спрощеного дизайну через що менша кількість компонентів, приводів та запасних частин.

Перелік посилань:

1. Чичаев А. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х т., Т 2. Бумагоделательные машины / Чичаев А. А. – М.: Лесная промышленность. 1981. – 264 с.
2. <https://www.valmet.com/> від 21.10.2018 р.

УДК 676.056.4

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРЕСОВИХ ЧАСТИН КРМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛЕВОЇ СТРІЧКИ

студент Войтюк В.О., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

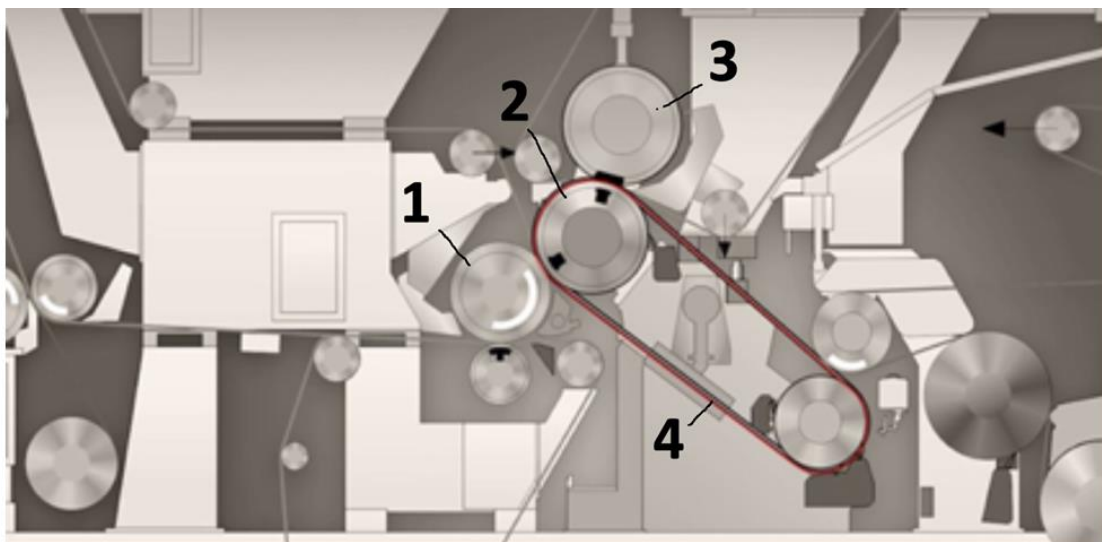
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У процесі пресування вода видаляється з полотна в результаті його ущільнення під дією зовнішнього навантаження. При цьому в основному видаляється вільна волога, що в результаті зростання дії капілярних сил призводить до значного збільшення числа контактів між волокнами.

Завдання пресової частини перш за все полягає в тому, щоб видалити воду шляхом мокрого пресування. Його кінцевою метою є максимальне збільшення сухості картону перед сушильною частиною. В результаті пресування зростають сухість, міцність і щільність картону.

Сучасним технічним рішенням є встановлення в пресовій частині безкінечної нагрітої металевої стрічки, що рухається навколо центрального пресового вала (рис. 1).



1, 2, 3 – пресові вали; 4 – нагріта металева стрічка

Рисунок 1 – Конструкція преса з нагрітою металевою стрічкою

Металева стрічка, що нагрівається паром, покращує продуктивність преса, оскільки температура картонного полотна збільшується з обох сторін. При цьому в'язкість вологи всередині полотна зменшується, що покращує процес зневоднення. Також можливе часткове випаровування вологи в картонному полотні, що збільшує внутрішній тиск і, відповідно, рушійну силу процесу пресування.

Металева стрічка також видаляє вільні волокна та дає можливість легкого переносу паперу чи картону від пресової частини до сушильної частини, мінімізуючи можливість обриву.

Переваги такої пресової частини становлять до 20% більш ефективного видалення води.

Нова технологія компактна і суттєво підвищує сухість, що робить її раціональним рішенням для модернізації існуючих картоноробних машин.

В цілому, аналіз сучасних конструкцій пресів показав, що крім технології металевої стрічки актуальним є встановлення сучасних типів пресів (гарячий прес, жолобчатий, башмачний, з глухими отворами)..

Тому сучасні методи вдосконалення пресової частини полягають в підігріві картонного полотна перед пресовою частиною, використання гарячих валів, підвищення площі пресування (наприклад використання башмачного преса), підтримання пресових сукон в чистому та сухому стані.

Перелік посилань:

1. Технологія целюлозно-бумажного виробництва. В 3 т. Т. II. Виробництво паперу і картону. Ч. 1. Технологія виробництва і обробки паперу і картону. — СПб.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил.
2. Фірма Валмет (<https://www.valmet.com/>)

УДК 676.026.4

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДРУГОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОбНОЇ МАШИНИ

студент Галайковський А.О., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

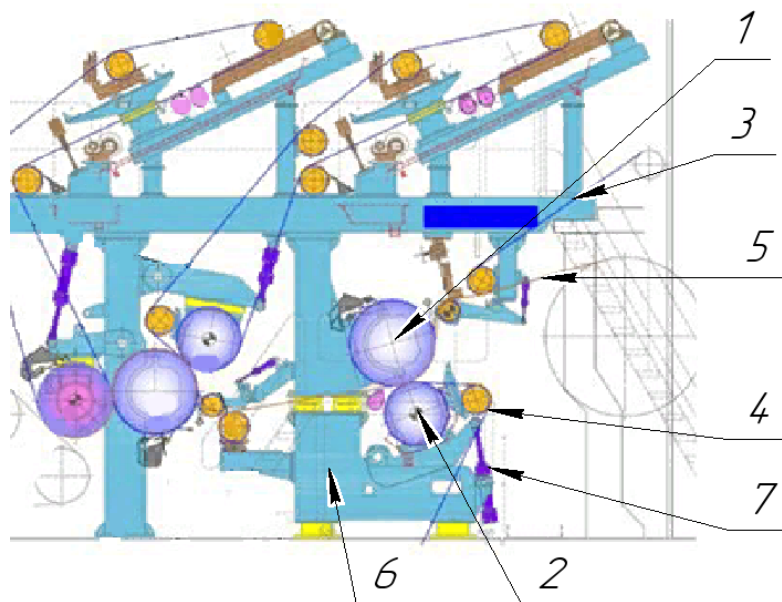
В останні роки целюлозно-паперова промисловість (ЦПП) стає однією з найголовніших та перспективних галузей для економіки України. Причиною значного збільшення продажу та експорту паперової і картонної продукції є зростаючий попит на світовому та місцевому ринку. Важливу роль в економії теплоенергії відіграє пресова частина, адже відомо, що збільшення сухості картонного полотна на 1% після пресування, дозволяє зменшити витрати пари в сушильній частині картоноробної машини на 5%, в порівнянні з термічним видаленням вологи, де витрати в 10–15 разів більш енергоємні, ніж механічні [1]. Тому модернізація пресової частини картоноробної машини (КРМ) дозволить зменшити витрати на виробництво та збільшити кількість і якість випущеної продукції.

Сухість полотна багато в чому залежить від пресової частини КРМ, адже кількість видаленої вологи оцінює роботу пресів. Важливу роль в процесі пресування картонного полотна відіграє другий прес, який видаляє вологу шляхом її фільтрації із полотна в сукна, що потребує значного лінійного тиску в захваті пресу та якісної регенерації сукон.

Модернізація пресових частин спрямована на підвищення ефективності процесу пресування; збільшення пресового імпульсу за рахунок валів більшого діаметру; використання більш м'якого покриття валів; використання полімерних сіток на поверхні валів; розширення зони пресування, шляхом застосування башмачного пресу, пресу з подовженою зоною пресування або пресу з підкладною сіткою; заміна звичайного верхнього пресового валу на гарячий, або використання відсмоктуючого валу [2]. Вдосконалення

конструкції другого пресу КРМ направлено на зменшення металоємкості устаткування, підвищення сухості картонного полотна після пресу, забезпечення безобривного проходження полотна через агрегати пресу та підвищення якості готової продукції.

Схема другого валу картоноробної машини зображена на рис. 1.



- 1 – верхній обгумований вал, 2 – нижній обгумований привідний вал,
3 – сукно верхнє, 4 – сукно нижнє, 5 – картонне полотно, 6 – рама,
7 – притискний механізм

Рисунок 1 – Схема другого валу картоноробної машини

Картонне полотно подається в захват пресу і проходить між двома сукнами, а волога фільтрується в нижнє та верхнє сукна [3]. Із рисунку 1 видно, що приискним являється нижній привідний вал.

Перелік посилань:

1. Чичаев А.А. «Оборудование целлюлозно – бумажного производства» в двух томах. Том 2. «Бумагоделательные машины» М.«Лесная промышленность» 1981. 264с.
2. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону. – К.: ЕКМО, 2008. – 425 с.
3. Прес картоноробної машини. Патент України на корисну модель UA89260, від 10.04.2014

УДК 676.056.4

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУ

студент Гламазда Д.О., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

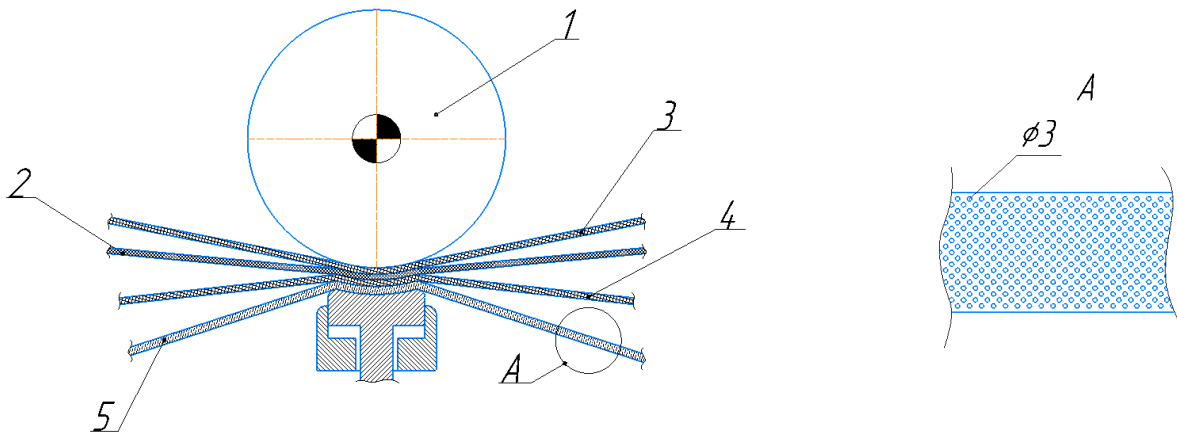
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Одними з найбільш ефективних пресів є преси з подовженою зоною пресування, або ж башмачні преси. Розрізняють башмаки різної довжини. Довгі башмаки, з пресуванням між двома сукнами, використовуються при виробництві важко зневоднюваних видів паперу та картону, наприклад в високим вмістом сульфатної целюлози або напівфабрикатів високого виходу. Коротші башмаки застосовуються при виробництві тонких видів паперу з невеликою масою 1 м^2 та високою початковою сухістю полотна [1]. На виробництві такі преси встановлюються, в якості останніх пресів пресової частини, безпосередньо перед сушильною частиною папероробних та картоноробних машин.

Башмачний прес фірми «Valmet» [2], яка є одним з найвідоміших постачальників паперо- та карторобних машин, складається (Рисунок 1) з верхнього пресового валу (1), верхнього (3) та нижнього (4) сукон, безкінечної стрічки (5) та башмаку (6). Головним недоліком цього преса є те, що відпресована рідина, яку не в змозі поглинути нижнє сукно, долає значний гідравлічний опір, повертаючись до входу в захват. Таким чином відбувається повздовжня фільтрація води, яка знижує ефективність преса та кінцеву сухість полотна на виході. Для інтенсифікації процесу пресування доцільне використання перфорованої стрічки, на яку оформлена заявка на патент України.

Таким чином картонне полотно 2 захоплюється двома сукнами – верхнім 3 та нижнім 4. Стиснене сукнами, полотно поступає у захват пресу між верхнім притискним валом 1 та безкінечною перфорованою стрічкою 5, яка притискається до верхнього валу башмаком 6. Вода, що відпресовується з

картонного полотна 2, проходить крізь нижнє сукно 4 та отвори перфорованої стрічки 5, долаючи мінімальний гідравлічний опір. Відпресована вода, що знаходиться між стрічкою і башмаком слугує додатковим змащувальним елементом, знижуючи тертя між башмаком і стрічкою.



1 – верхній пресовий вал; 2 – картонне полотно; 3 – верхнє сукно;
4 – нижнє сукно; 5 – стрічка; 6 – башмак

Рисунок 1 – Схема башмачного пресу.

Застосування цієї конструкції башмачного пресу підвищить ефективність процесу пресування, що в свою чергу зменшить витрати енергії на привід пресу та витрати пари на сушильній частині, а також значно знизить витрати мастила, що подається на стрічку.

Перелік посилань:

1. Коновалов А. Б., Смирнов В. А. Пресовые части бумаго- и картоноделательных машин: Учебное пособие. – ГОУПВПО СПбГТУРП, СПб., 2006. – 44-45с.
2. Патент №6159342 (US). Shoe press / Gustavsson L., Brox E. – 12.12.2000.

УДК 676.056.521

МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

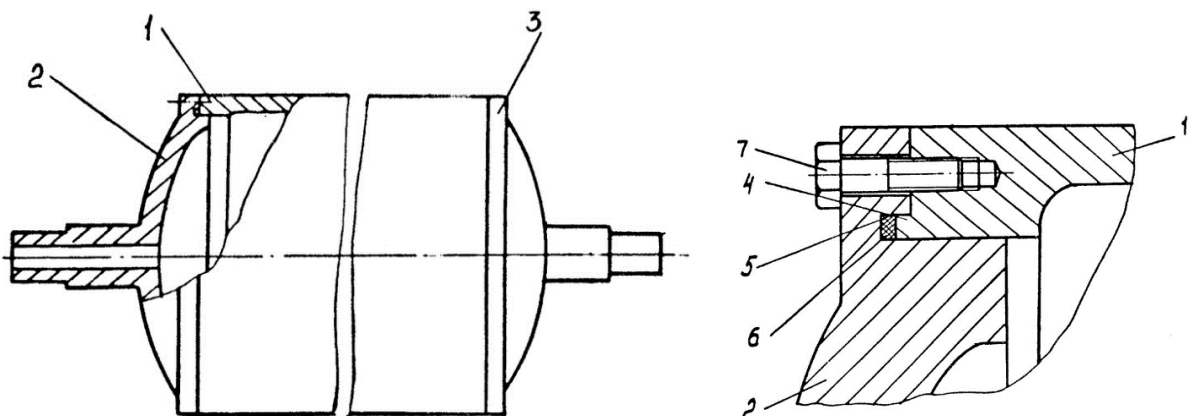
студент Грицюк Г. І., к.т.н., ст. викл. Новохат О. А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В целюлозно-паперовій промисловості сушіння паперу є найбільш ресурсозатратним етапом виробництва, а сушильна частина потребує найбільших затрат енергії на сушіння паперового полотна. Тому модернізація сушильного циліндра картоноробної машини з метою зменшення енергозатрат є актуальною задачею.

Сушильний циліндр, схема якого показана на рисунку 1, складається з корпусу і кришок. На торцевих поверхнях корпусу з двох сторін виконані кільцеві виступи, що входять в кільцеві канавки кришок. У канавках встановлені ущільнювальні кільця, наприклад еластичні прокладки. Затягування з'єднань корпусу з кришками здійснюється за допомогою болтів [1].



1 - корпус; 2, 3 - кришки; 4 - кільцеві виступи; 5 - кільцеві канавки;
6 - ущільнювальні кільця; 7 - болти.

Рисунок 1 – Сушильний циліндр

Для інтенсифікації процесу сушіння в сушильній частині доцільно застосовувати закриті ковпаки та ковпаки швидкісної сушки з сопловим обдувом картонного полотна гарячим повітрям. Ці пристрої підведуть додатковий тепловий потік, що призведе до зменшення кількості сушильних циліндрів в сушильній частині.

Також одним з актуальних способів інтенсифікації сушіння картону є встановлення на початку сушіння інфрачервоних випромінювачів. Оскільки картонне полотно на початку сушіння має високу вологість і майже не утворює пил, то мінімізується можливість займання полотна. Проте вологе полотно швидко прогрівається від поглинутої теплоти від інфрачервоного випромінювання. Тому на сушильних циліндрах волога вже поглинається з першого періоду сушіння, що, як відомо, має максимальну швидкість.

Аналіз теплообміну між парою, що конденсується, та прилеглим до зовнішньої поверхні полотном показав, що лімітуюча стадія його – від зовнішньої поверхні оболонки до картону. Тому найбільш доцільним шляхом удосконалення в цьому напрямку є покращення якості прилягання картонного полотна до зовнішньої поверхні оболонки сушильного циліндра. Це досягається завдяки нанесенню покриття, наприклад хромування, шліфування оболонки та щільне притискання сіткою або сукном.

Отже, завдяки запропонованим методам інтенсифікації процесу сушіння збільшиться продуктивність сушильної частини і, відповідно, картоноробної машини в цілому.

Перелік посилань:

1. <http://www.freepatent.ru/patents/2037595> від 15.10.2018 р.
2. В. А. Чичаев, А. А. Васильев, И. А. Васильев и др. — М.: Лесная пром-сть, 1981. – 5 с.

УДК 676.056.723

КЛЕЇЛЬНИЙ ПРЕС КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Запорожець О.В., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

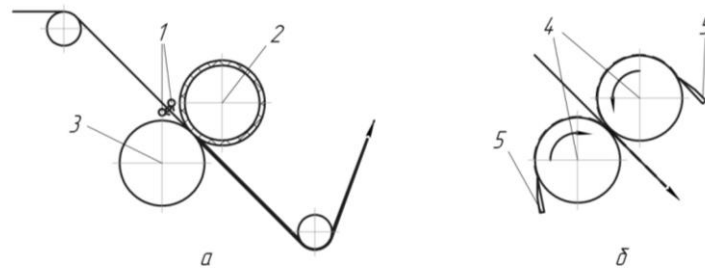
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для покращення характеристик картону на міцність і запобігання вищипування окремих волокон з поверхні листа при друкуванні липкими фарбами виконують проклеювання картонного полотна. Цей процес виконується на клеїльному пресі, що встановлюється в другій половині сушильної частини картоноробної машини.

Також клеїльний прес може використовуватись для регулювання остаточного кольору картонного полотна або для додаткової обробки його поверхні різними спеціальними компонентами. Після проклеювання на картонне полотно також зменшується вплив вологого повітря в цеху, воно менше згортається.

Клеїльний прес складається з пари валів, які розташовані вертикально або горизонтально. Один з валів покривають твердою гумою, а інший мякою. Тиск між валами складає 1—3 МПа. Принцип роботи полягає в тому, картонне полотно вологістю 4—12% оброблюється нагрітим до температури 50—60 °С клеєм з сприсків і далі проходять через вали. Інший варіант, коли клей з безпосередньо з поверхонь валів потрапляє на полотно. Надлишок клею видавлюється з картонного полотна і стікає у басейн, з якого всмоктується насосом і подається в напірний бак, а далі знову на клеїльний прес. Після клеїльного преса картонне полотно подається на сушильні циліндри, де досушується.

На рисунку 1 зображені типи клеїльних пресів.



а) зі сприсками; б) плівковий; 1 – сприски; 2- гумований вал; 3- стонітовий вал; 4 – вали клеїльного пресу; 5 – шаберний пристрій

Рисунок 1 – Схеми клеїльних пресів

Недоліком клеїльних валів є те що полотно на виході може зминатися та утворювати складки за рахунок прилипання до вала. Іншим недоліком проклеювання є ускладнення видалення волого з картонного полотна. Один з варіантів усунення даного недоліку встановлення після клеїльного вала додаткових пристроїв теплової обробки, щоб запобігти подальшому налипанню на сушильні циліндри. В якості таких пристроїв зазвичай використовують блоки інфрачервоних випромінювачів або ковпак конвективного сушіння. Під час проходження картонного полотна під такими пристроями клей встигає підсохнути, в результаті чого не налипає на зовнішню поверхню сушильних циліндрів.

Перелік посилань:

1. http://vslova.com.ua/word/Клеїльний_прес-47669u
2. С.Н. Иванов. Технология бумаги. Издание третье: МОСКВА.– 2006, ст. 198... 568

УДК 676.056.712

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА

студент Коваленко С.П., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

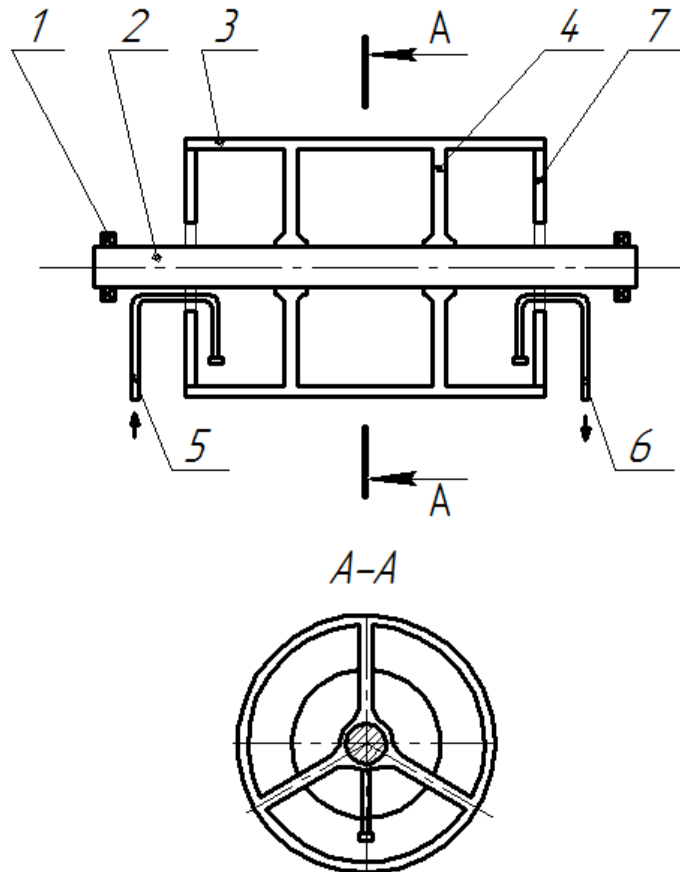
Картон - натуральний екологічно чистий матеріал, з якого виготовляється практична стильна упаковка з чудовими характеристиками. Дуже важливою операцією в виробництві картону є його охолодження. Це дозволяє частково зволожити полотно після сушильної частини, що покращує операцію каландрування [1]. Для охолодження використовують холодильні циліндри. Оскільки попит на картон високий і постійно зростає, виникає потреба в збільшенні продуктивності картоноробної машини. Тому удосконалення холодильної частини КРМ є актуальним. Конструкція удосконаленого циліндра наведена на рисунок 1.

Циліндр для охолодження паперового полотна [2], що містить циліндричну оболонку з спицями, суцільний вал з'єднаний з оболонкою металевими спицями. Конструкція запропонованого циліндра відрізняється тим, що оболонка містить торцеві кільцеві діафрагми, що утримують шар води при обертанні циліндра, за які заведені нерухомі Г-подібні патрубки для подачі холодної води і відведення теплої води.

Холодильний циліндр працює наступним чином: попередньо висушене та нагріте полотно потрапляє на зовнішню поверхню холодильного циліндра, що обертається, холодна вода подається під тиском через патрубок в порожнину циліндра. На внутрішній поверхні циліндра створюється шар холодоносія. Нагріта вода під дією відцентрової сили відводиться патрубком для відведення теплої води. Холодна вода рухається в циліндрі по внутрішній поверхні оболонки.

Холодильний циліндр працює наступним чином: попередньо висушене та нагріте полотно потрапляє на зовнішню поверхню холодильного циліндра, що обертається, холодна вода подається під тиском через патрубок в порожнину

циліндра. На внутрішній поверхні циліндра створюється шар холодоносія. Нагріта вода під дією відцентрової сили відводиться патрубком для відведення теплої води. Холодна вода рухається в циліндрі по внутрішній поверхні оболонки.



1- підшипники; 2- суцільний вал; 3- оболонка; 4- металеві спиці; 5- патрубок подачі води; 6- патрубок відведення теплої води; 7-діафрагми

Рисунок 1 – Схема холодильного циліндра

Запропонована конструкція холодильного циліндру є простою в виготовленні та збільшить інтенсивність теплообміну, зменшить кінцеву температуру картонного полотна, витрати електроенергії і матеріалу на виготовлення холодильного циліндра.

Перелік посилань:

1. Чичаев В.А. "Оборудование целлюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264с.
2. UA 60155 U (Петров В.В., Федорко І.І.)

УДК 676.056.71

МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Кошурніков М.Ю., асистент Гробовенко Я. В.

Національний технічний університет України

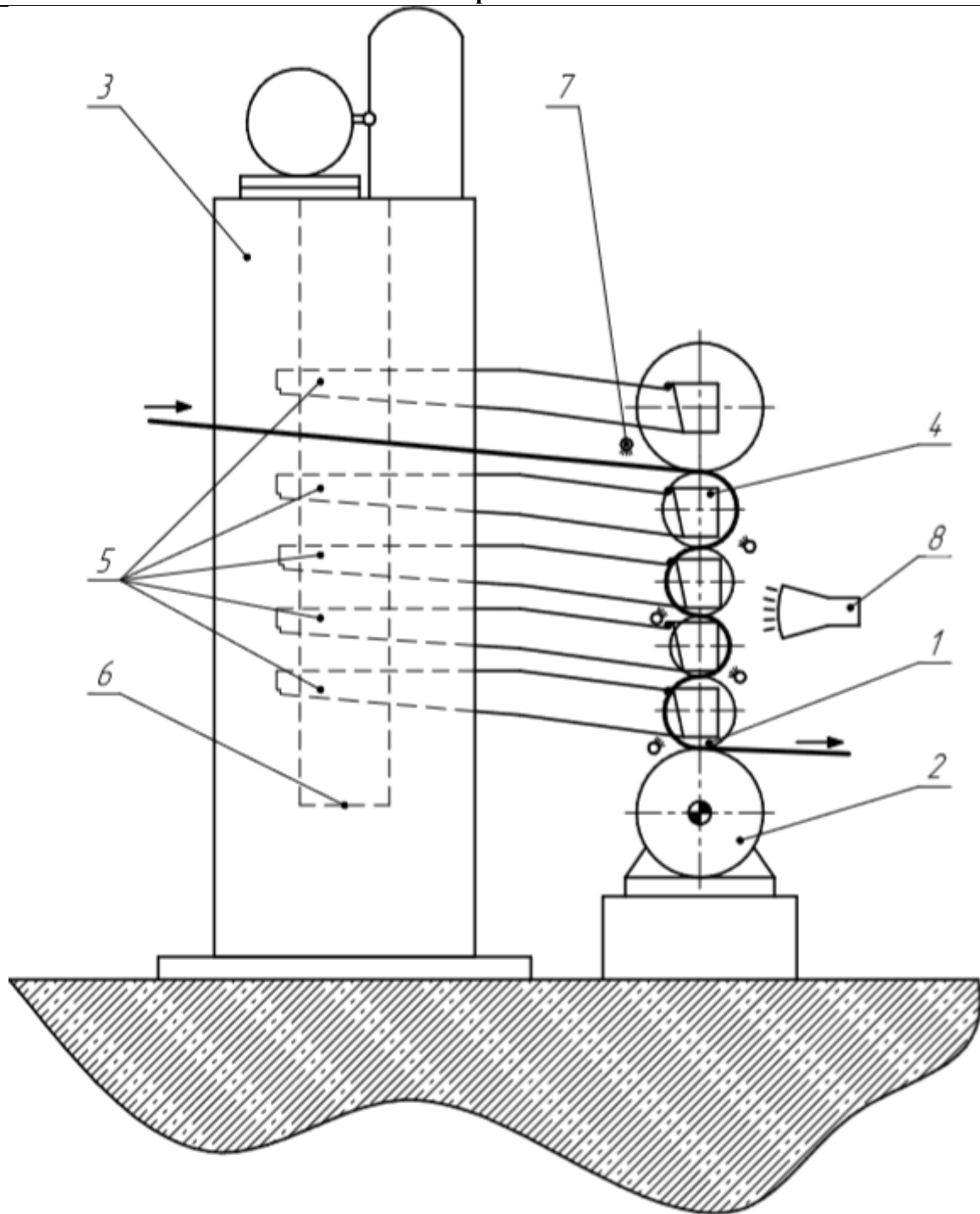
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Каландрування полотна є важливим технологічним процесом у картоноробному виробництві. Цей процес надає полотну необхідних властивостей, які мають важливе значення для різних видів картону. На більшій частині папероробних та картоноробних машин каландр встановлюють після сушильної частини.

Каландр складається з декількох полірованих чи футерованих валів, які розташовані у вигляді вертикальної батареї. Кількість валів в першу чергу залежить від виду оброблюваного картону чи паперу. При каландруванні полотно проходить між валами і стискається під тиском за рахунок сили тяжіння валів чи допоміжних механізмів притискання. В результаті збільшується об'ємна маса, вирівнюється поверхня полотна, зменшується товщина та пористість, підвищується гладкість і щільність.

На процес каландрування суттєво впливає тиск між валами, тривалість каландрування, температура валів, число захватів та вологість оброблюваного полотна. Каландрування значно залежить від вологості паперу що каландрується. Сухий картон гірше ущільнюється та вигладжується, а при каландруванні він часто розривається. З підвищенням вологості картону його пластичність також збільшується, що добре впливає на вигладжування паперу між валами каландра. Але при надмірній волозі картон починає темніти і з'являються плями, а також пропускання через нижні вали, де лінійний тиск максимальний, дуже ускладнюється. Тобто в залежності від умов каландрування та виду картону процент оптимальної вологості змінюється від 5% до 15%. Цю проблему вирішують за допомогою поступового підігрівання валів, найчастіше використовують паровий чи електричний нагрів.

З метою покращення процесу каландрування пропонується модернізація яка полягає в тому, що два середніх вала підігріваються інфрачервоним нагрівачем, схема конструкції наведена на рисунку 1. Така конструкція дозволяє підвищити якість каландрування шляхом збільшення пластичної деформації картону при обробці його парою та усуває негативні наслідки надмірної вологи полотна, тобто висушує частину вологи з полотна інфрачервоним випромінюванням, що значно зменшує ймовірність обриву. В результаті такої модернізації значно покращується лоск і гладкість картону.



1 — батарея валів, 2 — корінний вал, 3 — станина, 4 — корпуси підшипників, 5 — важелі валів, 6 — підйомно-притискний пристрій, 7 — парові сприски, 8 — інфрачервоний нагрівач.

Рисунок 1 – Каландр картоноробної машини

Перелік посилань:

1. В.А. Чичаев, 1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины 1981. – 264 с.
2. Бумагоделательные и отделочные машины, Эйлин И.Я. Лесная промышленность М., 1970, - 379с

УДК 676.026.24

КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Курмишев О.С., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

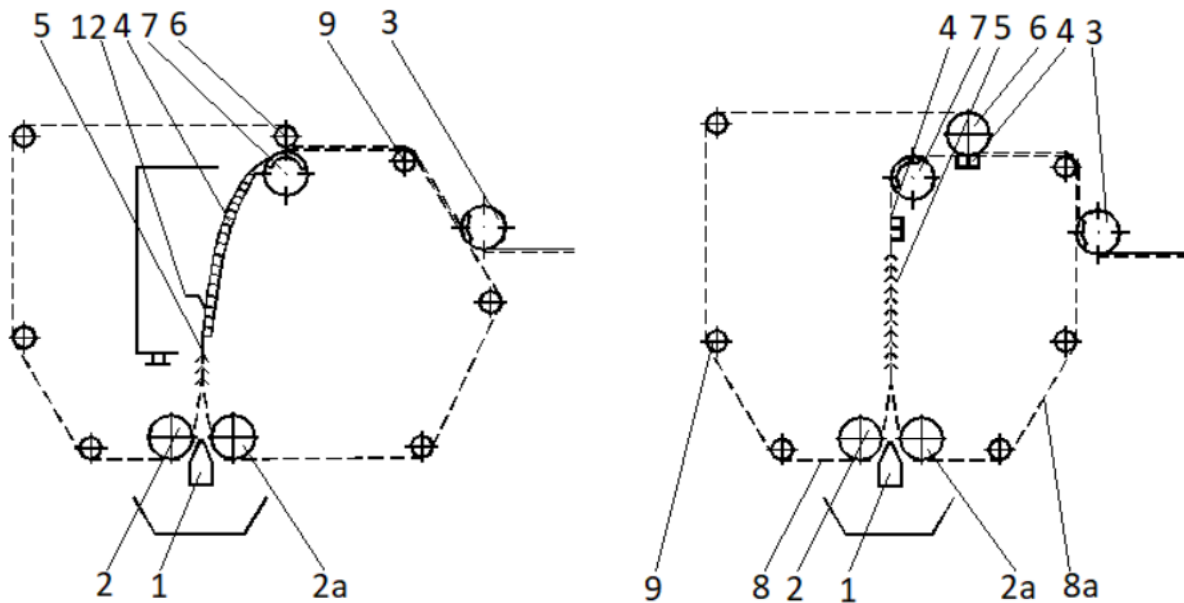
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Формуючий пристрій паперової машини ПРМ призначений для формування і зневоднення паперового полотна. Пристрій (рис. 1) включає напірний ящик, сітковий стіл, елементи зневоднення, формуючий вал та відсмоктуючий гауч-вал. Напірний ящик призначений для рівномірного і безперервного напуску маси на сітку по всій її ширині. Зараз широко застосовуються закриті напірні ящики, в яких необхідний натиск маси створюється тиском повітряної подушки. Паперова маса на сітку виливається за допомогою напускнуго пристрою, що забезпечує вихід її з однаковою швидкістю і в однаковій кількості по всій ширині сітки, подачу маси спокійним потоком, без перехрещування струменів, завихрень і утворення волокнистих вузлів.

Сітковий стіл представляє собою вертикальну площину, утворену двома сітками, одна із яких натягнута між формуючим валом і відсмоктуючим гауч-валом, а інша тримається на сітководучих валах. Зворотні гілки сіток підтримуються сітководучими, сіткоправильними і сітконатяжними валами. Натяг сіток здійснюється сітконатяжними валами, а сіткоправильні вали служать для запобігання сповзання сіток в сторони від поздовжньої осі столу. В рух сітка приводиться формуючим валом.

Сітка є основним елементом сіткового столу. На ній відбувається формування паперового полотна з волокнистої маси. Сітки піддаються інтенсивному механічному й хімічному впливу, тому вони повинні мати достатню міцність на розрив, вигин, стирання і бути стійкими до корозії. Крім того вони повинні мати хорошу водопропускну здатність і високу щільність,

щоб якомога менше дрібних волокон виводилось із зворотною водою та зменшити маркування паперового полотна.



- 1 – напірний ящик; 2, 2а – грудні вали; 3 – пересмоктуючий вал;
4 – відсмоктуючий ящик; 5 – дефлектор; 6 – гауч-вал;
7 – відсмоктуючий гауч-вал; 8, 8а – ліва і права сітка; 12 – шабер.

Рисунок 1 – Двосіткові формуючі пристрої ПРМ

Основне призначення зневоднюючих елементів – формування паперового полотна за рахунок створення режиму зневоднення паперової маси на сітці необхідної інтенсивності, а також підтримку сітки від провисання між грудним і гауч-валом. В сучасних швидкохідних папероробних машинах реєстрові валики поступилися місцем гидропланки і мокрим пиловідводним скриньках. Це забезпечує якісне формування структури полотна паперу при більш інтенсивному процесі його зневоднення.

Перелік посилань:

1. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу. Дослідження процесів устаткування целюлозно-паперових виробництв / В.М. Марчевський, О.О. Семінський, В.В. Петров. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.
2. Примаков С.П. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Примаков С.П., Барбаш В.А. – К.: ЕКМО, 2008. – 425с.

УДК 676.026.4

КОНСТРУКЦІЯ ПЕРШОГО ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Лисій В.С., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

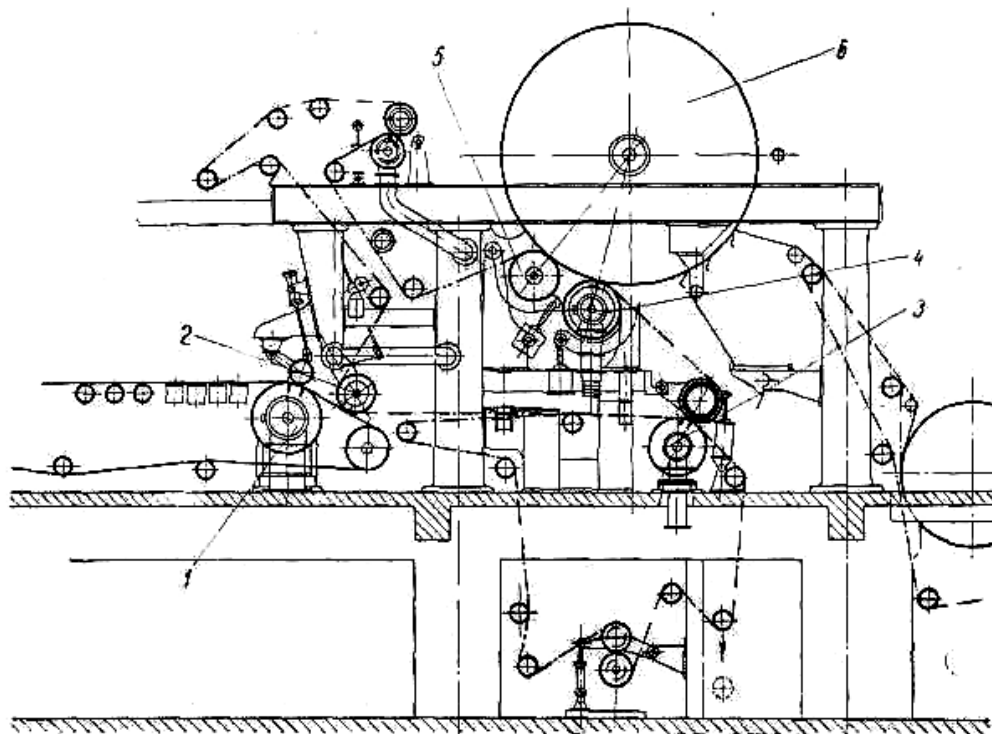
Процеси пресування паперового полотна займають важливе місце в технології отримання паперу. Вологе неміцне паперове полотно, отримане в формувальній частині папероробної машини (ПРМ), в залежності від її типу, має сухість від 8 до 25% [1]. Для подальшого зневоднення воно направляється до пресової частини, де в процесі проходження між валами пресів, тиск в яких по ходу машини поступово зростає, відбувається не лише підвищення сухості до 35...50 %, але й його ущільнення, в результаті чого покращується поверхня, знижується пористість, підвищується міцність та густина. Під дією пресування волокна в полотні зближуються, збільшуються площа їх контакту та сили зчеплення між ними, завдяки чому змінюються й властивості готової продукції: знижується пористість, повітропроникність, підвищуються фізико-механічні показники. Отже, від умов пресування залежить якість готової продукції.

Останнім часом все ширшого застосування набувають тонкі види паперу вагою до 60 г/м². Для таких видів паперу характерні висока поглинаюча здатність, велика м'якість та велика здатність до розтягування.

У наш час, у зв'язку з впровадженням автоматичної передачі паперу з сіткової частини на пресову за допомогою пересмоктуючого пристрою для тонких видів паперу застосовують пресову частину, що включає гаряче пресування полотна (рисунок 1) [2].

Перевагами такої конструкції пресової частини ПРМ є більш сприятливих умов передачі паперового полотна з сітки, більш висока сухість полотна після

пресової частин, менші забруднення знімного сукна та менші розтягуючі зусилля на пресових сукнах.



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

Рисунок 1 – Пресова частина ПРМ із застосування гарячого пресу

До можливих способів вдосконалення конструкції гарячих пресів належить: 1) удосконалення конструкції нагріваючих пристроїв; 2) покриття поверхні валів пористими полімерними матеріалами; 3) удосконалення механізмів притискання валів та натягіння пресових сукон.

Перелік посилань:

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

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

УДК 676.056.521

ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЕВИХ ЛОЩИЛЬНИХ ЦИЛІНДРІВ

студент Міліціян О. А., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

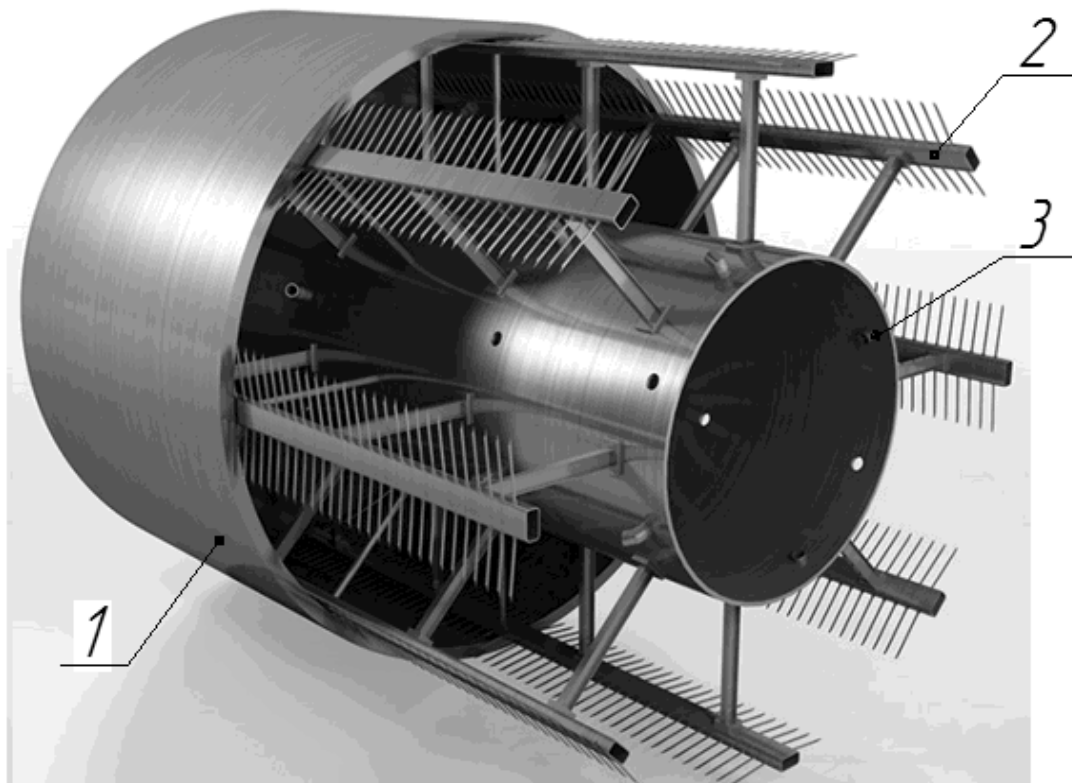
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Лощильні циліндри застосовуються на папероробних машинах, що виробляють папір з односторонньою гладкістю та санітарно-гігієнічний папір, що має низьку масу квадратного метра (зазвичай від 13 до 40 г/м²).

Після пресування на пресовій частині сухість паперового полотна складає приблизно 40-45%, а волога, що залишилася, має бути видалена з паперового полотна із застосуванням теплової енергії для її випаровування [1].

Традиційно лощильні циліндри виготовляються з чавуну з високою міцністю та теплопровідністю. Поліпшення методів виробництва та особливо технології зварювання дало можливість виробляти лощильні циліндри зі сталеву оболонкою.



1 – оболонка; 2 – турбулізатор; 3 – осердя

Рисунок 1 – Конструкція лощильного циліндра

Оскільки сталь має значно вищі допустимі напруги ніж чавун, стінку оболонки можна робити тоншою (на 30%), що зменшить витрати теплоти на теплопровідність через стінку[2].

Таким чином, за однакової витрати грійної пари в сталевому та чавунному циліндрі, в сталевому менші теплові втрати. Тому для досягнення однакового теплового потоку в сталевому можна зменшити витрати грійної пари.

Виготовлення сталеві оболонки такої ж товщини як і чавунної дозволить збільшити тиск водяної пари. Це приведе до збільшення інтенсивності сушіння. Таким чином можна збільшити швидкість папероробної машини та/або масу квадратного метра паперу, що виготовляється на ній.

Отже, заміна чавунних оболонок лоцильних циліндрів на сталеві може бути актуальним методом модернізації папероробної машини.

Перелік посилань:

1. В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екімова и др. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Том 2. Бумагоделательные машины, 1981. — 264 с.
2. <http://www.tissuestory.com/2017/09/11/steel-yankee-dryer-advantages-development-and-rapid-acceptance/>

УДК 676.058.1

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Ніколаєв В.О., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Накат однією з найважливіших частин папероробної машини, він використовується для намотування полотна паперу в рулони, це дуже відповідальна частина, тому що потрібно забезпечити щільне та рівномірне намотування.

Актуальною проблемою підвищення продуктивності накату папероробних машин і якості паперу є збільшення діаметра намотаного рулону.

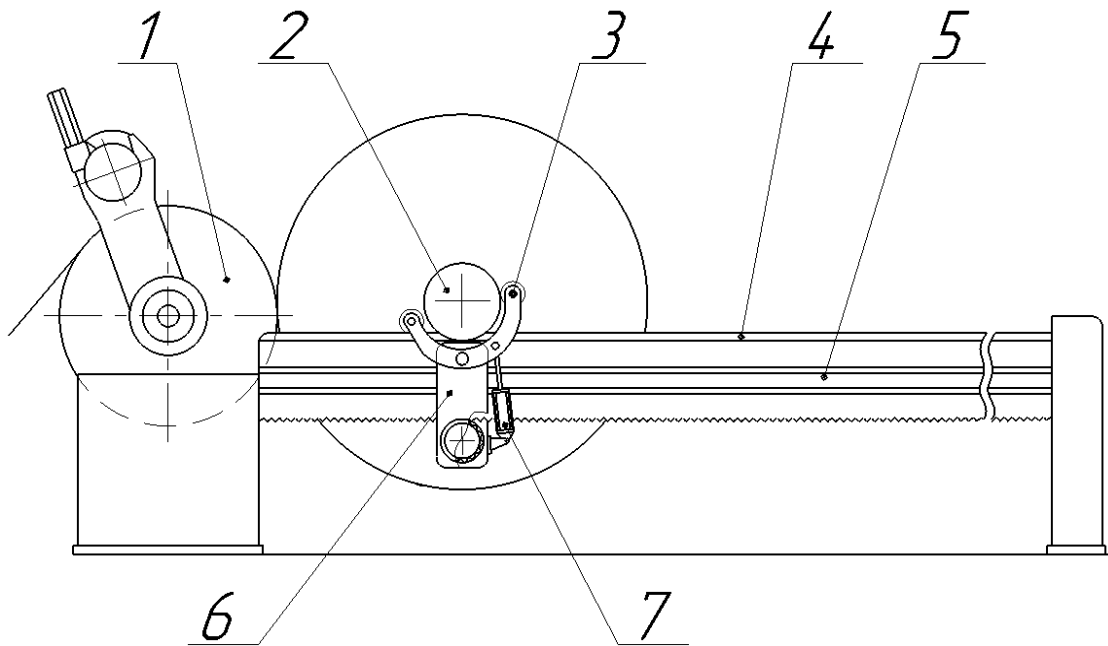
Після аналізу периферичних накатів [1], [2], [3], було виявлено, що діаметр рулона обмежується конструкцію важеля, який закріплений до станини.

В основу модернізації накату поставлено задачу створення механізму, який дозволить намотувати рулон будь-якого діаметра, що зменшить число перезаправок .

Поставлена задача вирішується шляхом встановлення механізму притискання на рухомій каретці, яка переміщується за допомогою привідної системи по направляючим, що закріплені на станині.

Паперове полотно циліндром накату намотується на тамбурний вал, який розміщений в важелях механізму притискання каретки, що забезпечують притискання рулона до циліндра наката. Зі збільшенням діаметру намотаного рулона каретка переміщується по станині зі швидкістю зростання діаметру рулона. Електричний привод переміщення каретки виключений. Для забезпечення необхідної щільності намотування, сила притискання рулона до циліндра накату регулюється гальмівним пристроєм, який створює гальмівний момент притисканням колодок до поверхні гальмівного диска. Важелі за

допомогою пневмоциліндрів утримують рулон в притиснутому стані до циліндра накату.



1 – циліндр накату; 2 – тамбурний вал; 3 – механізм притискання;
4 – станина; 5 – направляючі; 6 – каретка; 7 – пневмоциліндр

Рисунок 1 – Периферичний накат папероробної машини

Висновок: модернізація механізму притискання рулону папероробної машини дозволить: намотувати рулон будь-якого діаметра в межах довжини станини; зменшити число перезаправок; скоротити час переміщення приводом каретки на її стартову позицію, тому є доцільною, а розробка креслень нового пристрою є актуальною.

Перелік посилань:

1. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №55233; заявл. 10.12.2010.
2. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №78696; заявл. 25.03.2013.

Чичаев В. А. "Оборудование целлюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В. А. — М.: Лесная промышленность, 1981. — 264 с.

УДК 676.056.73

КОНСТРУКЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студентка Пінчук Ю. А., проф. Марчевський В. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В сучасному світі не можна представити папероробну машину без пресової частини. Вона відіграє велику роль в виготовленні паперового полотна. Пресову частину застосовують для механічного зневоднювання полотна паперу після формуючої частини. Підвищення сухості паперового полотна дозволяє значно знизити витрати енергії на сушильній частині ПРМ. Тому робота направлена на модернізацію пресових частин ПРМ з метою збільшення кінцевої сухості паперового полотна є актуальною.

Робота пресової частини папероробної машини оцінюється по кінцевій сухості полотна паперу після пресів. Паперове полотно, після формуючої частини з сухістю від 18 до 25% направляється до пресової частини. Для подальшого зневоднення, де в процесі проходження між валами пресів, тиск в яких по ходу машини поступово зростає, відбувається не лише підвищення сухості до 35...50%, але й його ущільнення, в результаті чого покращується якість поверхні полотна, знижується його пористість, а також підвищується міцність.

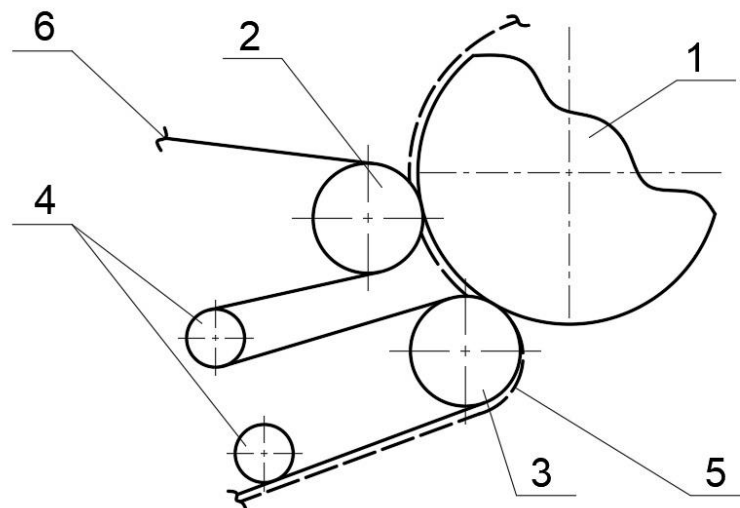
Пресова частина ПРМ складається з двох пресів. Інтенсивність обезводнення в пресі регулюється тиском між валами. У кожному пресі є сукно, що охоплює вали. Основне призначення сукна – оберігання структури полотна паперу від роздавлювання під час пресування, вбирання вологи, транспортування слабкого сирого полотна в пресі і його передача в наступний прес.

Гарячий прес рис. 1 містить лоцильний циліндр в якості нижнього валу та гумований вал з глухими отворами в якості верхнього валу.

Лоцильний циліндр забезпечує високу гладкість поверхні паперу і високу сухість паперового полотна при сушінні. Лоцильні циліндри (в залежності від продуктивності машини) мають діаметр від 3 до 6 м, стандартними діаметрами є 3600; 4250; 6000 мм. Такі циліндри зазвичай застосовуються для машин з обрізної шириною полотна до 4200 мм.

Циліндр складається з корпусу, торцевих кришок і центрального полого валу з цапфами. Кришки з'єднані з корпусом і валом болтами. В обох кришках, а також в центральному валу є люки, необхідні для проведення монтажних робіт і внутрішнього огляду. Корпус циліндра відливається з чавуну з високими характеристиками міцності і високою теплопровідністю.

Але замінивши чавун сталлю компанія SPECTRUM ANDRITZ знайшла спосіб не тільки знизити витрати на виготовлення але й підвищити експлуатаційну безпечність. Внутрішня поверхня циліндра виконується з кільцевими ребрами, чим досягається збільшення ефективної поверхні нагрівання, а також ліквідація суцільної конденсатної плівки на внутрішній поверхні циліндра і поліпшення конденсатовідводу. Конденсат в цьому випадку відводиться через сифонні трубки, що входять в канавки між ребрами. Продуктивність сушіння на циліндрі з внутрішньої ребристою поверхнею на 15-20% вище, ніж на гладкостінному циліндрі.



- 1- лоцильний циліндр; 2 - верхній вал з глухими отворами;
3 - нижній жолобчатий вал; 4 –сукноведучі вали; 5 - вологе паперове
полотно; 6- пресове сукно

Рисунок 1 – Гарячий прес

Посилання:

1. Примаков С. П., Барабаш В. А. Технологія паперу і картону. Київ ЕКМО 2002
2. Чичаев А. А. Оборудование целлюлозного – бумажного производства. В 2 – х т. Т 2. Бумагоделательные машины/Чичаев А. А. – М.: Лесная промышленность. 1981. – 264 с.

**СЕКЦІЯ 3
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

УДК 676.168

НАТРОННО-СОДОВА ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ

студенти: Гондовська А., Назаренко Д., Зуйков І., доц. к.т.н. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вирощування олійних культур сої та ріпаку за останні 5 років було не стабільне, що в основному пов'язано з кліматичними та економічними умовами. Але незважаючи на нестабільність, кількість відходів після їх перероблення є достатньою для перероблення на целюлозно-паперову продукцію [1].

У ході отримання напівфабрикатів із стебел ріпаку і сої для виробництва паперу та картону слід враховувати їх хімічний склад та анатомічні особливості. Особливістю стебла ріпаку є пола трубка, що полегшує просочування сировини варильним розчином та менш полімеризований лігнін, в порівнянні із деревиною, що дозволяє застосовувати низькі температури варіння та не високі концентрації розчинів. Використання класичних сульфатного та сульфітного способу варіння призводить до забруднення навколишнього середовища сірковмісними сполуками, тому пошук альтернативних способів є актуальною задачею перероблення недеревної сировини. Необхідно відмітити, що лужні та слабо лужні способи переробки є найбільш придатними за рахунок не тільки легшої делігніфікації, але і ефективного розчинення золи, що характерно для недеревної сировини із високим вмістом силікатів [2]. До таких способів можна віднести холодно-натронний, нейтрально-сульфітний, із зеленим щолоком, натронно-содовий та ін.. Застосування цих способів для переробки сировини дозволяє підвищити вихід за рахунок збереження вуглеводної частини [2].

Особливого значення набуває натронно-содовий спосіб варіння для перероблення недеревної рослинної сировини за низьких температур, що призводить до зниження забруднення та енергозатрат. Лужне середовище розчину, до складу якого входить гідроксид натрію, дозволяє переробляти всі види рослинної сировини, навіть високо смолянисті. В результаті взаємодії з активним лугом смоли та жири омиляються та розчиняються у вигляді натрієвих солей смоляних та жирних кислот.

Натронно-содовий метод дозволяє отримати целюлозу високої міцності за рахунок позивного впливу варильного розчину на делігніфікацію та збереження геміцелюлозної частини, целюлоза в процесі варіння піддається меншій деструкції, що є важливим для подальшої переробки ВНФ [3].

Мета роботи. Отриманням напівцелюлози для виготовлення паперу та картону екологічно чистим способом делігніфікації відходів сільського господарства.

Обговорення результатів. Дослідженню піддавали січку сої та ріпаку натронно-содовим способом за атмосферного тиску. В кінчні колби поміщали січку, заливали варильним розчином за ГМ 5 : 1, за витрат активного лугу 8% та 12% від маси абс. сух. сировини відповідно з додаванням антрахінону та без нього. Режимом варіння передбачено плавний підйом температури з 60°C до 95-97°C впродовж 15 хвилин, далі варіння за кінцевої температури 55-60 хвилин. Після варіння відпрацьований розчин відбирали в окрему колбу, а твердий залишок промивали проточною водою та піддавали фібрилюванню. В отриманих напівфабрикатах визначали вихід від абс. сух. сировини та показники міцності за стандартними методиками. Отримані дані наведено у табл.

Сировина	Витрати активного лугу, %	Вихід, %	Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Опір продавлюванню, кПа
Соя	8	84,0	1090	120	30
Соя+АХ	8	86,0	1280	130	32
Ріпак	12	75,5	1740	140	38
Ріпак+АХ	12	79,6	1890	150	34

Як видно із даних досліджень збільшення витрат активного лугу з 8 до 12 % призводить до зниження виходу волокнистих напівфабрикатів, але при цьому покращує фізико-механічні показники. Таку закономірність можна пояснити кращою делігніфікацією сої та ріпаку. Слід зауважити, що фізико-механічні показники дещо вищі у напівфабрикатах, отриманих із січки ріпаку в порівнянні із напівфабрикатами, отриманими із січки сої. Частково це пояснюється впливом анатомічної та морфологічної будови різних видів недеревної сировини на ступінь просочування, а відповідно тривалість взаємодії варильного розчину з компонентами сировини. Відповідно до прийнятої класифікації отримали волокнисті напівфабрикати у вигляді напівцелюлози.

Висновки. Результатом делігніфікації стебел ріпаку та сої є напівцелюлоза, яка характеризується високим вмістом лігніну. Лігнін надає жорсткості окремим волокнам, а отриманий із них папір в цілому характеризується підвищеними показниками жорсткості, що є основною вимогою для пакувальних видів паперу.

Перелік посилань:

1. Державна служба статистики України: Рослинництво України. Статистичний збірник 2017.
2. Технологія целюлозно-бумажного виробництва: в 3-х томах. Т.1. Сырье и производство полуфабрикатов . Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 633 с.
3. Иванов Ю. С., Никандров А. Б. Технология целлюлозы. Варочные растворы, варка и отбелка целлюлозы: учебно-практическое пособие/СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 41 с.

УДК 676.056.7

ПІДВИЩЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ І ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНИХ ВИДІВ ПАПЕРУ

магістрант Комісаренко Р.В., доцент, к.т.н. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою даної роботи є пропозиції щодо забезпечення стабільних умов праці і високих показників якості санітарно-гігієнічних видів паперу в умовах ПрАТ «Київський КПК».

На сьогоднішній день виробники санітарно-гігієнічного паперу докладають значних зусиль для того, щоб забезпечити стабільні умови праці і високі показники якості. Тим не менш, безперервний виробничий процес доводиться регулярно переривати, щоб передати певну кількість готової продукції на транспортно-пакувальну лінію. Даний момент потребує від працівника максимальної точності і концентрації, щоб виконати все якомога більш безпечно, швидко і ефективно.

Для підвищення продуктивності праці у виробництві санітарно-гігієнічного паперу пропонується два вирішення, а саме: система «EcoChange T» – система перезаправки тамбурів, яка дозволяє відчутно знизити кількість браку і водночас підвищити безпеку праці; теплоізоляція кришок янкі-циліндра, що попереджує відчутні втрати тепла в атмосферу і тим самим сприяє енергоефективному виробництву санітарно-гігієнічного виду паперу.

Повністю автоматизована система «EcoChange T» гарантує високу надійність перезаправки за мінімального залишку паперу на тамбурі та максимальну безпеку праці. Операція перезаправки виконується за декілька секунд за збереження повної ширини полотна паперу. Використовуються два водоструменевих ножа, що рухаються поперек полотна і починають вирізати в центрі стрічку для перезаправки. Завдяки наявності дрібнодисперсної форсунки за використання мінімальної кількості клею дана вузька стрічка фіксується на новому тамбурі. Через долю секунди два ножі рухаються від центру машини до кромки і вирізають клиноподібну смугу, яка вслід за приклеєною стрічкою

починає намотуватись на новий тамбур. Таким чином, навіть перші шари паперу намотуються симетрично і рівномірно. Коли тамбур з папером стає повним, він з обрізаним кінцем полотна виштовхується і пригальмовує.

Система «EcoChange T» розроблена на базі інноваційної технології водоструменевого різання і вирізняється винятковою зручністю в експлуатації.

Економія енергії – важлива тема і під час виробництва санітарно-гігієнічних видів паперу. Папероробна машина споживає велику кількість теплової енергії в процесі висушування полотна на крепувальному циліндрі з метою надати паперу необхідних властивостей. При цьому необхідно дотриматись ефективної передачі теплової енергії від циліндра до полотна. Проте значна частина енергії втрачається через кришки циліндра.

Такі втрати енергії можна істотно зменшити за рахунок теплоізоляції кришок янкі-циліндра. Для цього до них надійно прикріплюються ізолюючі сегменти. Сегменти наділені ударостійкими і волого-непроникаючими властивостями і, таким чином, забезпечують допоміжний захист проти осідання пилу на кришках янкі-циліндра. В конструкції сегментів враховано дія всіх фізичних сил, які присутні в системі (наприклад, центробіжних сил), а також вона адаптована для роботи за різких перепадів температури.

Ізолюючі сегменти можуть бути встановлені на існуючі янкі-циліндри будь-якого виробника або встановлені разом з новим янкі-циліндром. Теплові втрати на янкі-циліндрі можна скоротити на 3–8 % в залежності від діаметра циліндра, швидкості і асортименту продукції папероробної машини.

Перелік посилань:

1. https://www.voith.com/corp-de/voith-paper_twogether19.pdf від 15.10.2018р.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги/ С.Н.Иванов. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
3. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технология паперу і картону: навчальний посібник для ВУЗів. - Кит: ЕКМО. - 2008. - 425 с.

УДК 676.088

ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ СВІЖОЇ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИДУ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИГОТОВЛЯЄТЬСЯ

магістранти: Котлярська Н.О., Якименко О.С., доц., к.т.н. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою даної роботи є визначення вимог до комплексу показників якості свіжої води в залежності від виду продукції, що виготовляється.

Враховуючи великий асортимент продукції целюлозно-паперової галузі, вимоги до свіжої води під час виготовлення цих видів продукції вирізняються. Разом з тим, за умови виробництва продукції одного виду за даними різних авторів [1] вимоги до свіжої води також не ідентичні. Це пояснюється тим, що під спільною назвою автори розуміють продукцію різних марок та якості.

На базі аналізу даних багатьох авторів стосовно вимог до свіжої води, а також звітних даних діючих підприємств галузі споживачі свіжої води в залежності від виду продукції поділені на сім груп.

До першої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво паперу і картону та напівфабрикатів, до якості продукції яких не висуваються жорсткі вимоги відносно забарвленості, засміченості та зольності. Це, наприклад, виробництво паперу для гофрування, картону для плоских шарів гофрокартону, картону макулатурного та коробочного, а також паперу мішечного і пакувального.

До другої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво білих та світло зафарбованих видів паперу із невивіленої сульфатної целюлози або напіввивіленої сульфатної целюлози і деревної маси. Це, наприклад, виробництво газетного паперу та обкладинкового, а також виробництво невивіленої целюлози для таких видів паперу.

До третьої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво паперу та картону із вивілених напівфабрикатів і білої деревної маси, до яких висуваються вимоги білості або чистоти тону світлого забарвлення та незначної засміченості і необов'язкова незначна зольність. Це, наприклад, виробництво писального паперу і паперу для друку №1 і №2, етикеточного та сигаретного паперу, жиронепроникного білого паперу і картону, санітарно-гігієнічних видів паперу і т.п.

До цієї групи відносяться потоки маси для покрівельного шару із вибілених напівфабрикатів для багатошарового картону. На потоках маси для внутрішніх шарів картону можливо використовувати воду, яка задовольняє вимогам 1 та 2 груп.

До четвертої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво високо вибілених видів паперу, а саме: документального та основи фотопаперу. До цієї групи споживачів відноситься виробництво целюлози для цих видів паперу.

До п'ятої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво тих видів кабельного паперу, для яких не нормується колір забарвлення, але нормуються електроізоляційні властивості.

До шостої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво спеціальних видів технічного паперу із строго обмеженою зольністю, наприклад, фільтрувального беззольного паперу, а також кабельного паперу високого гатунку і конденсаторних видів паперу середнього гатунку.

До сьомої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво конденсаторних видів паперу вищого гатунку. Для виробництва таких видів паперу потрібна вода, яка майже не містить розчинних речовин, а питома електропровідність такої води повинна бути в межах $1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, тобто вода повинна бути майже хімічно чистою водою.

Підвищення вимог до якості свіжої води в значній мірі збільшує вартість очищення води, а це, в свою чергу, собівартість готової продукції. Тому неможливо знижувати якість води під час виробництва видів паперу та картону із строго нормованими властивостями і, разом з тим, можливо менш строго підходити до якості свіжої води, якщо це лише в деякій мірі позначиться на зовнішньому вигляді готової продукції. Наприклад, відомо, що деякі фабрики випускають писальний і типографський папір із кремовим відтінком, щоб не видаляти із свіжої води солі заліза.

Таким чином, визначається перелік груп виробництв споживачів свіжої води в залежності від виду целюлозно-паперової продукції, що виготовляється на підприємствах галузі.

Перелік посилань:

1. Заморуев Б.М. Использование воды в целлюлозно-бумажном производстве: - Изд-во: Лесная промышленность, М: 1993. - 216 с.
2. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: навчальний посібник для ВУЗів. - Кит: ЕКМО. - 2008. - 425 с.

**СЕКЦІЯ 4
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

УДК 531/534

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТИ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМУ УДАРІ ДВОХ КУЛЬОК

студент Бойчук Я. І., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Дослідимо питання про втрату кінетичної енергії при центральному ударі двох кульок. Вважатимемо, що ці кульки виготовлені зі слонової кустки однакової маси ($m=1$ кг) і вони рухаються одна за одною зі швидкостями $v_1 = 5$ м/с, $v_2 = 10$ м/с так, що їх центри переміщуються вздовж однієї прямої. Ще визначимо швидкості цих самих кульок u_1 і u_2 в кінці удару. Застосовуючи основне рівняння Ньютона в теорії удару і вираз для коефіцієнта відновлення, маємо:

$$mv_1 + mv_2 = mu_1 + mu_2,$$

$$k = \frac{u_2 - u_1}{v_1 - v_2}.$$

Для розглядуваного випадку :

$$15 = u_1 + u_2; \frac{8}{9} = \frac{u_2 - u_1}{-5},$$

отже, $u_1 = 9,7 \frac{м}{с}$, $u_2 = 5,3 \frac{м}{с}$.

Втрату кінетичної енергії визначимо за теоремою Остроградського-Карно, враховуючи отримані вище значення :

$$\Delta T = \frac{1-k}{1+k} \left[\frac{1}{2} (u_2 - v_2)^2 + \frac{1}{2} (u_1 - v_1)^2 \right] = \frac{1/9}{17/9} \left[\frac{1}{2} \cdot 4,7^2 + \frac{1}{2} \cdot 4,7^2 \right] = -1,3 \text{ Н.}$$

Висновок:

Як було показано М.Є. Жуковським, для того щоб задача про удар кульок була завершеною, треба визначати втрати кінетичної енергії під час удару, яка, в свою чергу, заходиться за теоремою Остроградського-Карно.

УДК 531/534

ШВИДКІСТЬ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В СФЕРИЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

студент Вірич С.І., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Обговоримо питання щодо визначення швидкості та прискорення точки в сферичній системі координат. Для початку використаємо співвідношення:

$x = r \cos \theta \cos \psi, y = r \cos \theta \sin \psi, z = r \sin \theta$, з яких:

$$\frac{\partial x}{\partial r} = \cos \theta \cos \psi, \frac{\partial x}{\partial \psi} = -r \cos \theta \sin \psi, \frac{\partial x}{\partial \theta} = -r \sin \theta \cos \psi,$$

$$\frac{\partial y}{\partial r} = \cos \theta \sin \psi, \frac{\partial y}{\partial \psi} = r \cos \theta \cos \psi, \frac{\partial y}{\partial \theta} = -r \sin \theta \sin \psi,$$

$$\frac{\partial z}{\partial r} = \sin \theta, \frac{\partial z}{\partial \psi} = 0, \frac{\partial z}{\partial \theta} = r \cos \theta, \text{ після чого можемо визначити коефіцієнти}$$

Ляме: $H_1 = \sqrt{(\cos \theta \cos \psi)^2 + (\cos \theta \sin \psi)^2 + \sin^2 \theta} = 1;$

$$H_2 = r \sqrt{\cos^2 \theta \sin^2 \psi + \cos^2 \theta \cos^2 \psi} = r \cos \theta;$$

$$H_3 = r \sqrt{\sin^2 \theta \cos^2 \psi + \sin^2 \theta \sin^2 \psi + \cos^2 \theta} = r.$$

В сферичній системі координат отримуємо:

$$V_r = \dot{r}, V_\psi = (r \cos \theta) \dot{\psi}, V_\theta = r \dot{\theta}.$$

Визначимо функцію T і частинні похідні від T :

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{r}} = \dot{r}; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} = (r^2 \cos^2 \theta) \dot{\psi}; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} = r^2 \dot{\theta}; \quad \frac{\partial T}{\partial r} = (r \cos^2 \theta) \dot{\psi}^2 + r \dot{\theta}^2; \quad \frac{\partial T}{\partial \psi} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = -(r^2 \cos^2 \theta \sin \theta) \dot{\psi}^2. \text{ Залишається вивести з даних формул}$$

прискорення: $W_\theta = \frac{1}{r} \left[\frac{d}{dt} (r^2 \dot{\theta}) + r^2 \dot{\psi}^2 \cos \theta \sin \theta \right] = r \ddot{\theta} + 2 \dot{r} \dot{\theta} + r \dot{\psi}^2 \sin \theta \cos \theta,$

$$W_r = \ddot{r} - r \dot{\psi}^2 \cos^2 \theta - r \dot{\theta}^2; \quad W_\psi = r \ddot{\psi} \cos \theta + 2 \dot{r} \dot{\psi} \cos \theta - 2 r \dot{\psi} \dot{\theta} \sin \theta.$$

УДК 531/534

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ Д'АЛАМБЕРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ УМОВИ НЕВАГОМОСТІ ОБ'ЄКТА

студент Гулаєвич С.О., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

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

Розглянемо питання про застосування принципу Д'Аламбера у вигляді $F+R+\Phi=0$. З визначенням реакції в'язі пов'язане поняття невагомості, а це і потрібно нам. Таке явище відбувається, коли реакція основи на якій стоїть,

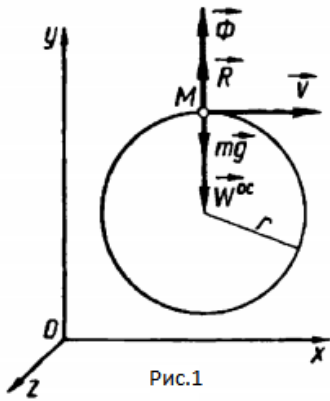


Рис.1

наприклад людина, дорівнює 0. Розглянемо *рис. 1*. Літак, який рухається по колу радіусом r зі швидкістю \vec{v} і визначимо співвідношення між r та \vec{v} , при якому пілот літака буде відчувати себе у невагомості. Якщо політ рівномірний, то свою вагу \vec{P} пілот відчуває, маючи реакцію сидіння $\vec{R} = -\vec{P}$. Під час руху літака по колу у вертикальній площині в точці M на пілота діє сила тяжіння $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ і реакція

сидіння \vec{R} . Проектуючи сили на Oy , маємо:

$$R - P + \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{r} = 0. \quad (1) \quad \text{звідси } R = P \cdot \left(1 - \frac{v^2}{r \cdot g}\right). \quad (2)$$

Невагомість настає в той момент, коли

$$R=0, \text{ тобто } 1 - \frac{v^2}{r \cdot g} = 0 \text{ або } v^2 = r \cdot g. \quad (3)$$

Кутова швидкість літака визначається з рівності:

$$1 - \frac{v^2}{r \cdot g} = 1 - \frac{\omega^2 \cdot r^2}{r \cdot g} = 1 - \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = 0 \quad (4). \text{ Звідки } \omega = \sqrt{g/r} \quad (5) \text{ і період цього}$$

$$\text{обертання } T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{r/g}. \quad (6)$$

Одержані умови невагомості (3-6) придатні для пояснення невагомості космонавта на коловій орбіті.

УДК 531/534

СТАТИЧНА СТІЙКІСТЬ ПОЛОЖЕННЯ РІВНОВАГИ ТВЕРДОГО ТІЛА

студент Кромбет М.О., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Статично стійке положення статичної рівноваги тіла – це таке положення, при якому момент, який повертає тіло в положення рівноваги, буде більшим за збурюючий момент, що відхиляє тіло від цього положення.

Поняття стійкості статичної рівноваги можна використовувати лише без урахування його динаміки і збурення початкових умов, тобто, коли відсутній рух.

При розв'язанні одноланкового механізму в прикладних задачах зручно буде використати поняття статичної стійкості, оскільки їх вирішення зводиться до схеми фізичного маятника з верхньою чи нижньою маятниковістю.

Задля утримування тіла з верхньою маятниковістю в вертикальному положенні потрібно створити момент сил, який утримує його в цьому положенні.

Прикладами таких систем є підймальні крани на рухомій основі, а також більшість об'єктів, що рухаються по поверхні Землі, у воді або повітрі.

Для того, щоб утворилась пара сил і момент Fl_1 , який протилежно напрямлений моменту сили ваги P тіла Q відносно точки O , потрібно повернути на невеликий кут тіло це тіло і тоді в опорах виникнуть сили $(\vec{F}, -\vec{F})$, що і будуть причиною виникнення цього моменту.

Щоб тіло Q утримувалось у вертикальному положенні, потрібно, щоб момент пари пружних опор був більшим за момент сили ваги P , яка

намагається перекинути (збурити) тіло Q , причому $k > \frac{2Ph}{l_1^2}$, де

k – коефіцієнт лінійної жорсткості опор. Остання нерівність показує що стійкість системи легше забезпечити, якщо жорсткість опор (k) і відстань (l) між опорами буде більша.

УДК 531/534

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЦЕНТРА УДАРУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В дослідженнях питань про удар одним з них є визначення положення центра удару.

Явище, при якому за дуже малий проміжок часу кількості руху точок тіла змінюються на скінченну величину, називається **ударом**.

Прикладів цього явища є безліч: удар м'яча об стіну, більярдної кулі об іншу кулю, раптова зупинка тіла, раптовий початок руху внаслідок руйнування утримуючих деталей тощо.

Відомо, що для того, щоб удар не передавався на опори осі обертання, мають виконуватися такі умови:

1) площина xOy , що містить ударний імпульс і перпендикулярна до осі обертання, має перетинатися з нею в точці O , для якої вісь обертання є головною віссю інерції;

2) лінія дії ударного імпульсу має бути перпендикулярною до площини, що містить центр мас тіла і вісь обертання;

3) лінія дії ударного імпульсу має бути віддалена від осі обертання на відстань l .

Точка D , в якій прикладено ударний імпульс, що задовольняє всі наведені умови, є *центром удару*. У фізичному маятнику центр удару збігається з центром коливань, тому що у цьому разі його зведена довжина дорівнює відстані l .

Якщо визначати положення центра удару у круглій мішені радіусом r , підвішеної до нерухокої горизонтальної осі обертання O , що збігається з дотичною до обода мішені, то згідно з умовою задачі це тіло є фізичним маятником. Отже, центр удару розміщується від осі підвішування на відстані зведеної довжини фізичного маятника.

За формулою $l = \frac{I_z}{m x_C}$ зведена довжина маятника $l_{зв} = I/(mh)$,

де h – відстань від точки підвішування до центра ваги: $h = r$. Момент інерції круга відносно поперечної центральної осі C буде $I_C = mr^2/4$. За теоремою Штейнера – Гюйгенса визначимо момент інерції круга відносно осі підвішування $I = I_C + mh^2 = \frac{mr^2}{4} + mr^2 = \frac{5}{4}mr^2$.

Тоді $l_{зв} = \frac{\frac{5}{4}mr^2}{mr} = \frac{5}{4}r$.

Отже, центр удару від осі підвішування віддалений на $\frac{5}{4}r$.

УДК 531/534

ШВИДКІСТЬ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В КРИВОЛІНІЙНИХ КООРДИНАТАХ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо питання про визначення швидкості та прискорення точки в криволінійних координатах. Для цього скористаємось співвідношенням

$$\frac{\partial \vec{r}}{\partial q_1} = H_1 \vec{e}_1, \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_2} = H_2 \vec{e}_2, \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_3} = H_3 \vec{e}_3,$$

тоді

$$\vec{v} = \dot{q}_1 H_1 \vec{e}_1 + \dot{q}_2 H_2 \vec{e}_2 + \dot{q}_3 H_3 \vec{e}_3.$$

Цю рівність розглядаємо як розкладання швидкості по одиничних ортах осей криволінійної системи координат, тобто: $v_{q_1} = \dot{q}_1 H_1, v_{q_2} = \dot{q}_2 H_2, v_{q_3} = \dot{q}_3 H_3$

Отже, модуль швидкості знаходимо за формулою:

$$v = \sqrt{\dot{q}_1^2 H_1^2 + \dot{q}_2^2 H_2^2 + \dot{q}_3^2 H_3^2}.$$

Для того, щоб знайти прискорення точки в криволінійних координатах, потрібно знайти проекції вектора прискорення на осі, врахувавши

співвідношення $\vec{e}_1 = \frac{1}{H_1} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_1}, \vec{e}_2 = \frac{1}{H_2} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_2}, \vec{e}_3 = \frac{1}{H_3} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_3};$

$$w_{q_1} = \vec{w} \cdot \vec{e}_1 = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{1}{H_1} \cdot q \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_1},$$

$$w_{q_2} = \vec{w} \cdot \vec{e}_2 = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{1}{H_2} \cdot q \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_2},$$

$$w_{q_3} = \vec{w} \cdot \vec{e}_3 = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{1}{H_3} \cdot q \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_3}.$$

У результаті проведених математичних операцій та використання певних співвідношень в механіці, отримаємо:

$$w_{q_j} = \frac{1}{H_j} \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_j} \left(\frac{v^2}{2} \right) \right) - \frac{\partial}{\partial q_j} \left(\frac{v^2}{2} \right) \right], j = 1, 2, 3.$$

Ці формули визначають прискорення точки в криволінійних координатах.

УДК 51-7

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ В ТЕПЛОВИХ РІВНЯННЯХ

студент Нікулічев Д. В., доцент Листопадова В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Теплові явища досить розповсюджені в природі та техніці, теплові рівняння активно використовуються в моделюванні складних теплових систем, а математика є інструментом їх розв'язання. Розглянемо застосування математичних перетворень на прикладі рівняння середньої квадратичної швидкості атома.

Рівняння середньої квадратичної швидкості поступального руху атома:

$$V_{\text{КВ}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}},$$

де $V_{\text{КВ}}$ - середня квадратична швидкість, m - маса молекули, k - стала Больцмана, T - абсолютна температура.

Згадаємо формулу енергії поступального руху молекули:

$$E = \frac{3kT}{2}.$$

Отже, рівняння середньої квадратичної швидкості показує відношення між енергією, масою та швидкістю молекул в газі. Використаємо відомі співвідношення:

$$R = k N_A,$$

$$m = \frac{M}{N_A},$$

де R - універсальна (молярна) газова стала, M - молярна маса, N_A - стала Авогадро.

За допомогою елементарних математичних перетворень підставимо в рівняння R . Рівняння набуде вигляду:

$$V_{\text{КВ}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

Піднесемо обидві частини рівняння до квадрату і одержимо :

$$V_{\text{кв}}^2 = \frac{3RT}{M} = \frac{3kT}{m}.$$

Тепер можна легко виводити потрібні нам величини залежно від відомих і розв'язувати задачі.

Давайте знайдемо тиск. Для цього використаємо формулу для визначення тиску :

$$P = nkT = \frac{2nE}{3},$$

$$n = \frac{N}{V},$$

де n – концентрація молекул , N – кількість молекул , V - об'єм.

Визначимо з формули квадратичної швидкості « kT »:

$$kT = \frac{V_{\text{кв}}^2 m}{3}.$$

Звідси слідує, що:

$$P = \frac{nV_{\text{кв}}^2 m}{3}.$$

Як бачимо , завдяки математиці можемо виражати фізичні величини, складати рівняння та розв'язувати їх.

Перелік посилань.

- 1 . О.В.Гомонай , О.В.Кравцов Фізика : навчальний посібник для слухачів підготовчих курсів ІМЯО КПІ ім. Ігоря Сікорського . Київ : КПІ, 2017, 363 с.
2. uk.wikipedia.org від 15.10.2018 р.

АКСОЇДИ ПРИ СИНТЕЗІ РУХІВ

студент Печерний Д.В., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо рухомі та нерухомі аксоїди при синтезі рухів твердого тіла. Якщо тверде тіло одночасно бере участь в обертальних рухах(рис.1 рис.2) відносно двох перетинних осей Oy_1 і Oy_2 , то аксоїди-конічні поверхні, що торкаються одна одної вздовж твірних конусів. Віссю нерухомого аксоїда є вісь Oy_1 , рухомого - Oy_2 .

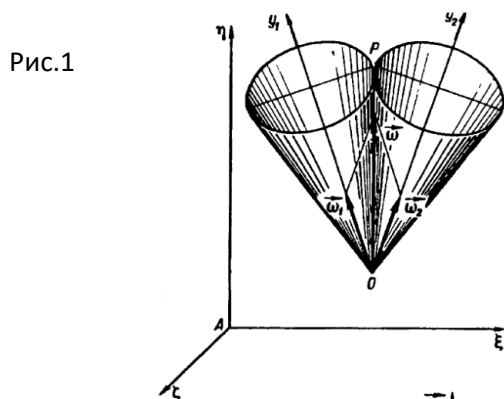


Рис.3

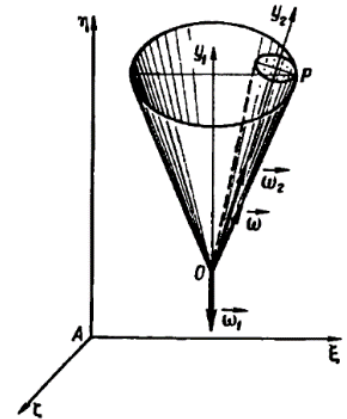


Рис.2

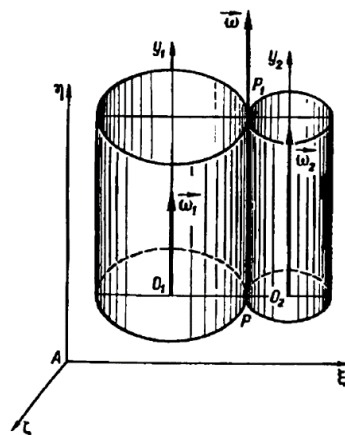
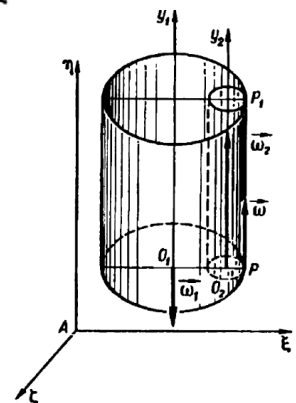


Рис.4



Якщо тверде тіло здійснює складний рух, що складається з двох обертань навколо паралельних осей O_1y_1 і O_2y_2 (рис.3 рис.4), то аксоїдами є циліндричні поверхні, що торкаються одна одної вздовж миттєвої осі PP_1 відповідно зовнішнім або внутрішнім способом.

УДК 51-7

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ У МІКРОБІОЛОГІЇ

студент Ревун Я.О., доцент Листопадова В.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний університет імені Ігоря Сікорського"

Мікробіологія є однією з небагатьох областей сучасної біології, де математичне моделювання стало дієвим засобом наукового дослідження. Більше того, математичні моделі міцно увійшли до практики біотехнологічного виробництва мікроорганізмів як інструменту управління біотехнологічними процесами.

Візьмемо за приклад **модель Моно** (рис.1). Вивчаючи зростання культури мікроорганізмів, Моно показав, що при постійності зовнішніх умов зберігається постійним відношення

$$Y=(X-X_0)\times(S_0-S)^{-1}=\text{const},$$

де X і X_0 , S і S_0 відповідно поточна і початкова концентрації біомаси і субстрату. Моно записав систему рівнянь, що описують зростання культури, засіяної в деякій посудині:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \mu(S)X = \mu_{\max} \frac{S}{(K_S+S)} \\ \frac{dX}{dt} + Y \frac{dS}{dt} = 0 \\ X(0) = X_0, \quad S(0) = S_0 \end{cases},$$

де μ -питома швидкість зростання, K_S - константа зв'язування субстрату, і знайшов її аналітичний розв'язок. В безрозмірних змінних

$$x = \frac{X}{K_S Y}, \quad y = \frac{S}{K_S}, \quad \tau = t \mu_{\max},$$

залежність $\tau(x)$ виражається у вигляді суми логарифмів (рис.1, крива I),

$$\tau(x) = \frac{1+x_0+y_0}{x_0+y_0} \ln \frac{x}{x_0} + \frac{1}{x_0+y_0} \ln \frac{y_0}{x_0+y_0-x}.$$

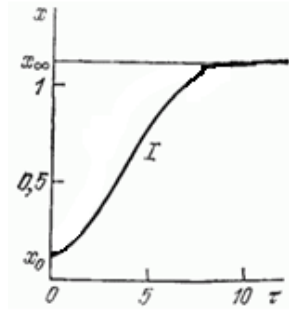


Рисунок 1 – Ріст біомаси: I -модель Моно.

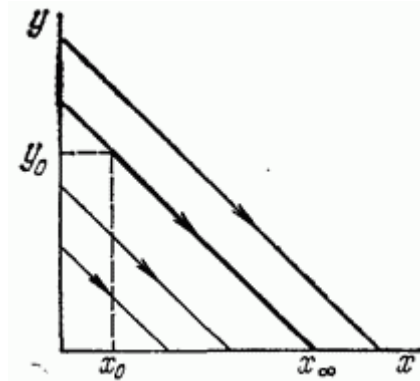


Рисунок 2 – Фазовий портрет системи

На фазовій площині X, Y розв'язок представляється у вигляді прямих $X+Y=\text{const}$ (рис.2). З початкової точки (X_0, Y_0) при $t \rightarrow \infty$ система прямує в кінцевий стан $(X_0+Y_0, 0)$, тобто уся пряма $y=0$ є прямою стаціонарних станів.

Таким чином, вже в 40-х роках була побудована математична модель зростання культури бактерій в замкнутій посудині. Припинення зростання біомаси в цій моделі має явну фізичну причину виснаження поживного середовища, і в цьому полягає перевага моделі Моно перед іншими.

Перелік посилань:

1. Романовський Ю.М., Степанова М.В., Чернавський Д.С. Математична біофізика - М.: Наука, Головна редакція фізико-математичної літератури, 1984-304 с.
2. http://books.sernam.ru/book_mbio.php?id=15 від 15.10.2018 р.

ОТРИМАННЯ ПЕРШОГО ІНТЕГРАЛУ РІВНЯНЬ СФЕРИЧНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо рух твердого тіла, що перебуває під дією сил ваги і рухається навколо закріпленої точки, яка збігається з центром мас. У цьому випадку розглядаємо рух за інерцією, оскільки при цьому головний момент зовнішніх сил дорівнює нулю. Отримаємо перші інтеграли диференціальних рівнянь руху, що відповідають випадку Ейлера, коли осі Ox, Oy, Oz є головними центральними осями інерції.

Тоді рівняння обертального руху твердого тіла навколо нерухомої точки у цьому випадку набувають вигляду:

$$\begin{aligned} I_x \dot{\omega}_x + (I_z - I_y) \omega_y \omega_z &= 0, \\ I_y \dot{\omega}_y + (I_x - I_z) \omega_x \omega_z &= 0, \\ I_z \dot{\omega}_z + (I_y - I_x) \omega_x \omega_y &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Помноживши перше рівняння на $I_x \omega_x$, друге - на $I_y \omega_y$, третє - на $I_z \omega_z$, і додавши потім ці рівняння, одержимо:

$$I_x^2 \omega_x \dot{\omega}_x + I_y^2 \omega_y \dot{\omega}_y + I_z^2 \omega_z \dot{\omega}_z = 0 \quad \text{або} \quad \frac{1}{2} \frac{d}{dt} (I_x^2 \omega_x^2 + I_y^2 \omega_y^2 + I_z^2 \omega_z^2) = 0.$$

Звідси після інтегрування дістанемо:

$$\begin{aligned} I_x^2 \omega_x^2 + I_y^2 \omega_y^2 + I_z^2 \omega_z^2 &= \\ &= K_O^2 = \text{const.} \end{aligned}$$

Це рівняння є першим інтегралом рівнянь руху (1). З нього отримуємо **висновок**: кінетичний момент твердого тіла зберігає свою величину і напрямок незмінними в інерціальному просторі, якщо головний момент зовнішніх сил відносно нерухомої точки дорівнює нулю.

УДК 513/534

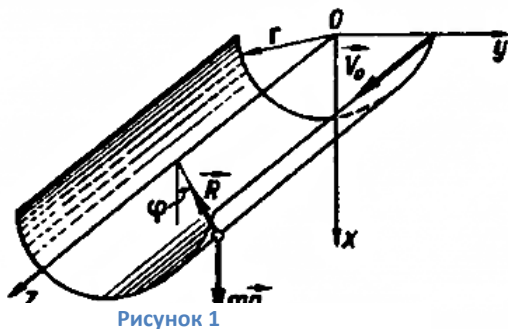
ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ РЕАКЦІЇ ПРИБУТТІ ТОЧКИ ПО ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ ЦИЛІНДРА

студентка Сорокіна О.С., доц., к.т.н. Штефан Н.І

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо питання про визначення максимального значення реакції у випадку руху матеріальної точки масою m по внутрішній поверхні циліндра, радіус основи якого r . При цьому, вісь циліндра горизонтальна.



Введемо осі, як показано на рис.1

Надамо точці початкових

умов: $x(0) = 0, y(0) = 0, z(0) = 0,$

$\dot{x}(0) = 0, \dot{y}(0) = 0, \dot{z}(0) = V_0.$

Використаємо рівняння Лагранжа I роду. Визначимо

реакції: $R_x = \lambda 2x, R_y = \lambda 2y, R_z = 0,$

із рівняння в'язі (циліндричної поверхні)

$$f(x, y, z) = x^2 + y^2 - r^2.$$

Так як на точку діють сила ваги $m\vec{g}$ і реакція в'язі \vec{R} , яка направлена по радіусу, рівняння Лагранжа I набувають вигляду:

$$m\ddot{x} = mg + 2\lambda x \quad m\ddot{y} = 2\lambda y \quad m\ddot{z} = 0$$

Переходячи до циліндричної системи координат та роблячи ряд математичних перетворень (з використанням початкових умов) знайдемо λ (множник Лагранжа):

$$\lambda = -\frac{3mg}{2r} \cos \varphi,$$

та реакції в'язей за їх проекціями:

$$R_x = -3mg \cos^2 \varphi, \quad R_y = -3mg \sin \varphi \cos \varphi, \quad R_z = 0,$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = 3mg \cos \varphi.$$

З отриманого ми можемо зрозуміти, що максимальне значення реакції $R_{max} = 3mg$, при $\varphi = 0$.

УДК 531/534

ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В ПОЛЯРНИХ КООРДИНАТАХ

студент Ясеньчук В. В., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

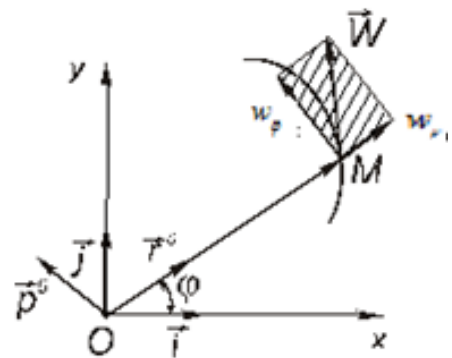
«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

Розглянемо рух точки M у площині Oxy в полярних координатах $r = r(t)$, $\varphi = \varphi(t)$ і визначимо в усіх координатах її прискорення. Декартові координати виразимо через полярні за формулами $x = r \cos \varphi$, $y = r \sin \varphi$. Знайдемо проєкції w_r та w_φ прискорення \vec{w} точки на радіальний та трансверсальний напрямки.

Проєкції прискорення w_x та w_y на осі декартових координат:

$$w_x = w_r \cos \varphi - w_\varphi \sin \varphi,$$

$$w_y = w_r \sin \varphi + w_\varphi \cos \varphi$$



Урахувавши залежність між полярними і декартовими координатами, одержимо:

$$w_x = \ddot{x} = \ddot{r} \cos \varphi - 2\dot{r}\dot{\varphi} \sin \varphi - r\dot{\varphi}^2 \cos \varphi - r\ddot{\varphi} \sin \varphi = \left[\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] \cos \varphi - \left(2 \frac{dr}{dt} \frac{d\varphi}{dt} + r \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right) \sin \varphi;$$

$$w_y = \ddot{y} = \ddot{r} \sin \varphi + 2\dot{r}\dot{\varphi} \cos \varphi - r\dot{\varphi}^2 \sin \varphi + r\ddot{\varphi} \cos \varphi = \left[\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right] \sin \varphi + \left(2 \frac{dr}{dt} \frac{d\varphi}{dt} + r \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right) \cos \varphi.$$

Порівнюємо відповідні вирази для w_x та w_y , знайдемо

$$w_r = \ddot{r} - r\dot{\varphi}^2 = \frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2;$$

$$w_\varphi = 2\dot{r}\dot{\varphi} + r\ddot{\varphi} = 2 \frac{dr}{dt} \frac{d\varphi}{dt} + r \frac{d^2 \varphi}{dt^2}.$$

Модуль прискорення визначимо за формулою

$$w = \sqrt{w_r^2 + w_\varphi^2} = \sqrt{(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2)^2 + (2\dot{r}\dot{\varphi} + r\ddot{\varphi})^2}.$$

**СЕКЦІЯ 5
«ДЕТАЛІ МАШИН»**

УДК 621.891.

ДВООПОРНІ ПІДШИПНИКОВІ ВУЗЛИ

студенти: Айтубаєв І.І., Супруненко М.І., к.т.н., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Двоопорні підшипникові вузли спеціально розроблялися для використання в якості опор валів вентиляторів з навісною крильчаткою і пасовим приводом. Однак дані вузли знаходять широке застосування і в інших механізмах, таких як відцентрові насоси, циркулярні пилки і шпиндельні вузли.

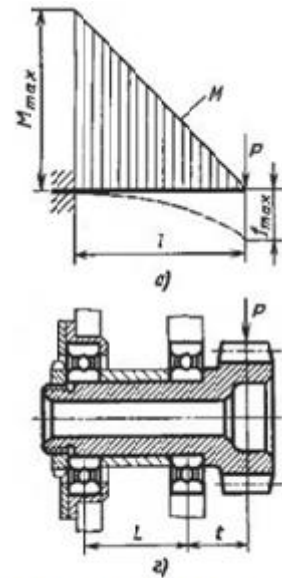
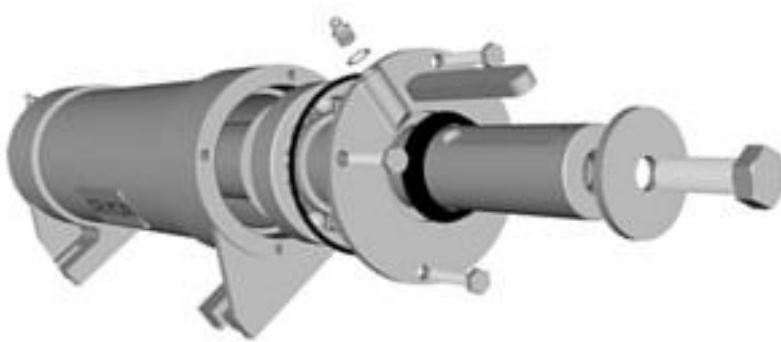


Схема навантаження

Двоопорні підшипникові вузли мають переваги над звичайними вузлами, в яких два самовстановлювальні кулькові підшипники або два сферичні роликові підшипники встановлені в окремі стаціонарні корпуси. Це більш компактна конструкція; поліпшена точність обертання через застосування жорстких підшипників; малOSHумна робота, тому що вали спираються на підшипники, які знаходяться в одному корпусі, що забезпечує їх точне регулювання; простий монтаж, так як для цього достатньо зафіксувати вузол на опорній поверхні, а інші компоненти необхідні тільки при установці на вже готові кінці валів; відсутність небезпеки забруднення або пошкодження підшипників при установці. Решта переваг полягає в зниженні собівартості, отриманої за рахунок витрат на придбання, складування і заміну меншої кількості компонентів.

УДК 621.85.052.

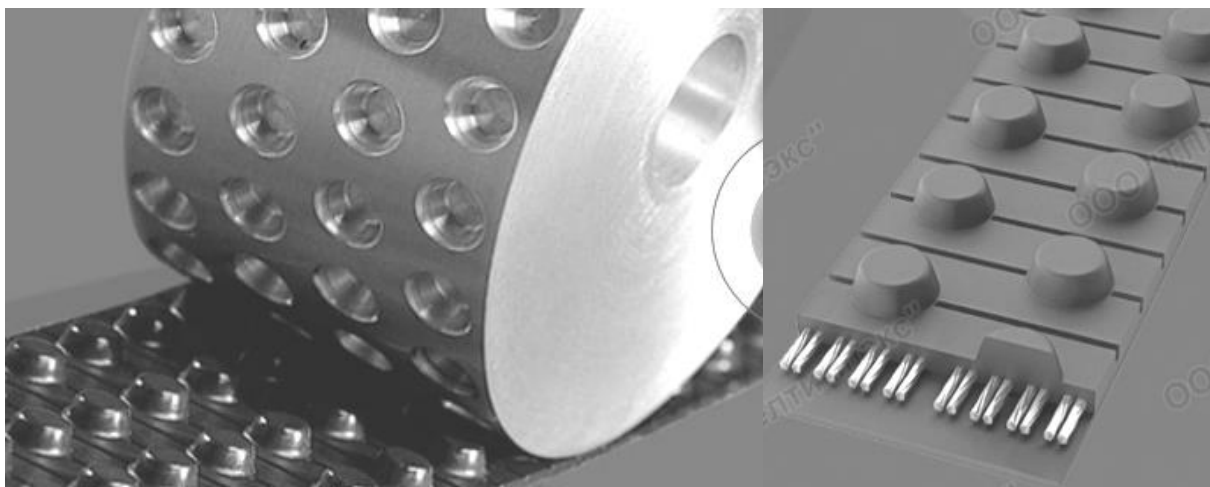
МАЛОШУМЛИВІ ПОЛІУРЕТАНОВІ ЗУБЧАСТІ ПАСИ

студенти: Сацердотов О.О., Ковальов Р.В., к.т.н., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Зубчасті паси застосовуються у всіх галузях промисловості, зокрема, в передачах промислового і побутового обладнання, приладах, машинах, механізмах, в автотранспорті. Спектр їх застосування дуже широкий, тому що зубчасті паси широко застосовуються в механізмах, де головне значення надається заданому позиціонуванню шківів і їх синхронному обертанню. Вони забезпечують можливість передавати високі навантаження при невеликих початкових натягах, що дає можливість знизити навантаження на підшипники і опори валів в механізмі передачі.



Малошумливі самоцентрувальні зубчасті паси з зубом у вигляді усіченого конуса профілю N10 придатні для використання в області лінійної і транспортної техніки, таких наприклад, як установка положення дверей і воріт в системах автоматичного відкривання. Хід цих пасів самонаправлений і не вимагає застосування шківів з ребордами, що зменшує розмір передачі в цілому. Такі зубчасті паси стійкі до нафтопродуктів, бензину, бензолу, жирів, ультрафіолетової радіації та озону. Діапазон їх робочих температур від мінус 30°C до плюс 80°C

УДК 621.85.052.

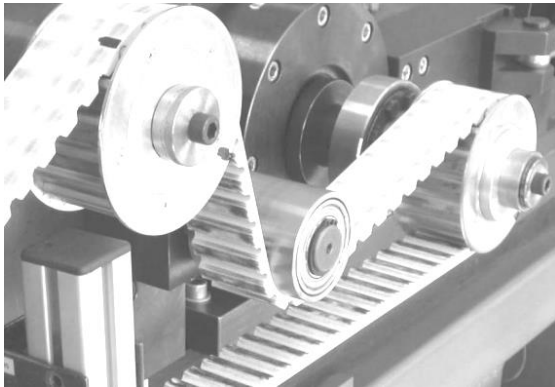
НАТЯЖНІ РОЛИКИ ДЛЯ ЗУБЧАСТИХ ПАСІВ

студенти: Хоменко М.В., Поліщук Д.М., к.т.н., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Зубчасті приводні паси виготовляються за унікальною технологією. Використання для їх виготовлення високоякісного поліуретану та наявність сталевих кордунів забезпечують високу міцність і надійність. Це дозволяє



використовувати даний тип пасів при високих потужностях і швидкостях. Вони забезпечують максимальну передачу потужності і мають хороші масло, бензо- і пиловідштовхуючі властивості. У приводних пристроях зубчасті паси забезпечують повноцінне зчеплення без

проковзування паса щодо коліс і синхронне обертання обох робочих валів (як ведучого, так і веденого), а також малошумність роботи пристрою.

Для забезпечення оптимального рівня робочих характеристик приводу і збільшення терміну служби необхідне натягування паса забезпечується натяжним роликом, який може бути як жорстко закріпленим, так і



автоматичним. Регулювання натяжних роликів з фіксованим центром здійснюють виключно вручну.

Деталі натяжних роликів виготовляють на високому технічному рівні з термопластичних матеріалів і високоякісної сталі литтям під тиском, що забезпечує

виняткову зносостійкість. Вони внаслідок демпфування зводять до мінімуму вплив вібрації на привід, стійкі до забруднювачів, а також оснащені підшипниками вищої якості, які можуть працювати при підвищених температурах.

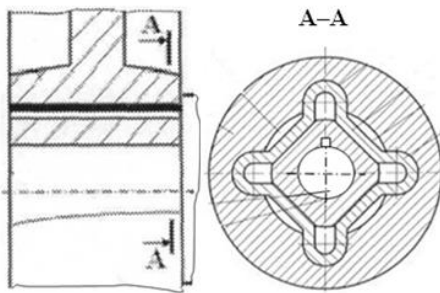
УДК 621.824.

З'ЄДНАННЯ ТОРСІЙНОГО ВАЛА В ТРАНСМІСІЯХ

студенти: Поладько О.М., Полякова В.І., к.т.н., доц. Скуратовський А.К.

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

Торсійний вал є пружним елементом підвіски, яка призначена для інтенсивного гасіння коливань корпусу машини, що виникають при роботі. При цьому балансир повертається, що спричиняє закручування торсійного вала і пом'якшення поштовхів і ударів, які сприймаються корпусом. В трансмісіях застосовують з'єднання торсійного вала, що містить корпус підвіски, тонкостінну втулку і вал, чотиригранний кінець якого з'єднаний з корпусом



підвіски через встановлену в отворі підвіски тонкостінну втулку з поперечним перерізом у вигляді квадрата з порожнистими підковоподібними вершинами, розміщеними у виконаних на внутрішній поверхні отвору підвіски ідентичних підковоподібних канавках.

З'єднання при передаванні обертового моменту збільшує демпфування динамічних навантажень внаслідок деформації граней і порожнистих підковоподібних вершин тонкостінної втулки при їх розтисканні чотиригранним кінцем вала, який профільно з'єднаний з тонкостінною втулкою. Такі з'єднання застосовують тільки для торсійних валів з квадратними кінцями. Для з'єднання торсійних валів з циліндричними або конічними кінцями, які найбільш поширені, пропонується створена нами конструкція, що додатково містить проміжну втулку квадратного перерізу з циліндричним або конічним отвором, яка закріплюється нерухомо на циліндричному або конічному кінці вала і профільно з'єднується з тонкостінною втулкою, деформує грані та порожнисті підковоподібні вершини тонкостінної втулки при передаванні обертового моменту.

Перелік посилань:

1. Патент України №125292 оп.10.05.2018, Бюл. № 9/2018

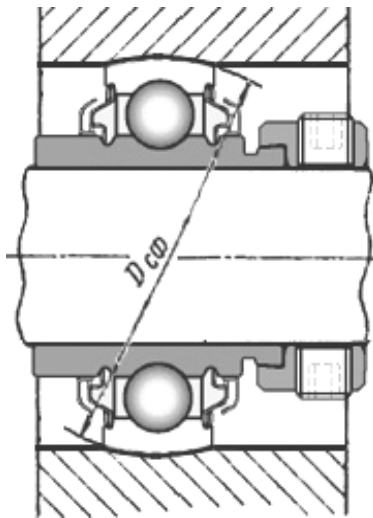
УДК 621.891.

КОРПУСНІ КУЛЬКОВІ ПІДШИПНИКИ

студенти: Шашков В.О., Подвенцова Д.Д., к.т.н., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



Корпусні кулькові підшипники відрізняються від інших типів сферичною поверхнею зовнішнього кільця, що робить їх самовстановними. Ці підшипники встановлюються в спеціально виготовлені підшипникові вузли, в яких посадкова поверхня виконана по сфері. Підшипникові вузли, що складаються з даних підшипників, здатні компенсувати середній за величиною початковий перекіс, однак, як правило, не здатні компенсувати осьове зміщення. Основними перевагами цих підшипників перед стандартними сферичними підшипниками є те, що у них тіла кочення працюють в умовах чистого кочення, а у стандартних - при перекосі відбувається періодичне (при великих частотах обертання - високочастотне) переміщення тіл кочення по сферичній поверхні кочення (скобління), що супроводжується посиленням зносом. Для полегшення установки на гладкі вали корпусні підшипники мають розширене внутрішнє кільце, яке закріплюється на валу за допомогою регульовального гвинта. Корпусні кулькові підшипники виготовляються із звичайної або нержавіючої підшипникової сталі. Для високотемпературного застосування виготовляються підшипники з закладеним термостійким мастилом і ущільненнями спеціальної конструкції. Застосування корпусних кулькових підшипників дозволило відмовитися від використання складних конструкцій підшипникових вузлів.

УДК 621.745.55

МІЦНІСТЬ СТАЛЕЙ ЗА КРИТИЧНО НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

студенти Стеблецький І. М., Яцюк І. О.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Крихке руйнування сталевих конструкцій спостерігається особливо часто при низьких температурах. В умовах крайньої півночі, де металеві конструкції і механізми працюють при дуже низьких температурах, крихкі руйнування особливо часті і проектування споруд, що працюють в цих умовах, вимагає особливої уваги. Явище крихкості сталі за низьких температур отримало назву холоднокрихкість.

Холоднокрихкість полягає в тому, що пластичні властивості металу у великому ступені залежать від температури, границі плинності зі зниженням температури підвищується. У той же час опір відриву практично не залежить від температури. Тому при низьких температурах умови переходу від крихкого руйнування до пластичного змінюються і відрив стає можливим перш, ніж настане пластичний стан. Не у всіх металів виявляється можливим отримати крихке руйнування при розтягуванні за рахунок зниження температури; метали з гранецентрованими решітками зберігають пластичні властивості при досить низьких температурах. При динамічному деформуванні границя плинності буде вищою, ніж при статичному, тому критична температура холоднокрихкості (температура переходу від в'язкого руйнування до крихкого) підвищується.

У досліджах Давідейкова Н.Н. (1936 р.) [1], який випробовував на ударне розтягнення циліндричні зразки з середньовуглецевої сталі, критична температура вийшла -95°C для крупнозернистої структури і -160°C для дрібнозернистої. При складному напруженому стані, наприклад в місці концентрації напружень, умови переходу від пластичного руйнування до крихкого будуть іншими і критична температура, певна в цих умовах, відрізняється від критичної температури, знайденої шляхом випробування гладких зразків на розтягнення. В даний час не існує теорії, яка дозволяла б

надійним чином проводити розрахунки на міцність в умовах низьких температур з тим, щоб передбачати можливість крихкого руйнування, однак належний вибір матеріалів і дотримання деяких конструктивних і технологічних пересторіг дозволяють уникнути холоднокрихкості.

Для знаходження критичної температури холоднокрихкості прагнуть створити такі умови, при яких схильність до крихкого руйнування проявляється найбільш сильно. Стандартним методом випробувань для цього в даний час є випробування на ударну в'язкість. Зразок для цього випробування зображений на рис.1, переріз його квадратний, з одного боку виконаний надріз.

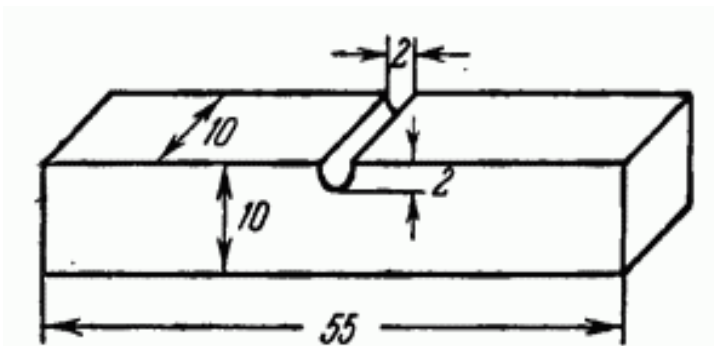


Рисунок 1 – Схема зразка

Зразок розташовується симетрично на двох опорах так, що на опорах лежить надрізна сторона, по протилежній стороні, прямо проти надрізу, проводиться удар. Копер представляє собою маятник, що падає з відомої висоти.

Відзначається та висота, з якої впав маятник, а також та висота, яку досягне його центр ваги після того, як зразок зруйнований. Різниця цих висот, помножена на вагу маятника являє собою витрачену на руйнування роботу. Ударною в'язкістю і називається робота руйнування, віднесена до площі перетину зразка в місці надрізу. Цій величині важко приписати якесь певне фізичне значення, це є деяка умовна характеристика, яка, як виявляється, надзвичайно чутлива до здатності матеріалу до крихкого руйнування. Знижена величина ударної в'язкості іноді виявляється у матеріалів, для яких звичайні механічні характеристики - тимчасовий опір і подовження при розриві - не виходять за межі норми. Однак при складному напруженому стані вироби з таких матеріалів іноді дають крихке руйнування. Тому випробування на ударну в'язкість є обов'язковим, наприклад, для поковок роторів турбін і турбогенераторів.

УДК 621.785

ЗАХИСТ ПОВЕРХНІ СТАЛЕЙ X18H10T І X12H22T3MP ВІД СХОПЛЮВАННЯ ДИFUЗІЙНИМ ТИТАНУВАННЯМ

студент Гаврілов Є. Е., к.ф.-м.н., доц., Ключников Ю.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Одним із способів захисту поверхонь від захоплювання при нагріванні деталей, виготовлених із сталей X18H10T і X12H22T3MP, є дифузійне насичення однієї з контактуючих поверхонь титаном.

Дифузійне насичення досліджуваних сталей проводили при температурі 1050 °С і часі витримки 3 год. в газовому середовищі при зниженому тиску з використанням порошку титану, карбюризатора і чотирихлористого вуглецю.

Результати аналізу фазового складу дифузійної зони досліджуваних сталей і пошарового визначення концентрацій насиченого елемента, показали, що мікроструктура дифузійної зони в усіх випадках складається з трьох зон: карбіду титану (TiC), під ним знаходиться перехідна зона, нижче якої розташовані великі зерна легованого титаном фериту. В основі процесу захоплювання велика роль належить залишковим напруженням, оскільки їх величина - знак впливає на такі характеристики захисного покриття, як зносостійкість, коефіцієнт тертя, повзучість. З ростом величини залишкових напружень швидше протікає процес дифузії і рекристалізації в зонах контактування поверхонь, що сполучаються. При знятті навантаження залишкові напруги сприяють руйнуванню сполуки, що утворилась, чим пояснюється спостережувана на практиці відмінність у величині деформацій захоплювання у різних металів.

Дослідження показали, що насичення сталей карбідами титану не супроводжується помітною зміною коефіцієнта термічного розширення. При вивченні чинників, що впливають на захоплювання металів досліджували вплив шорсткості поверхні на міцність захоплювання. Було показано, що міцність залежить не тільки від класу чистоти поверхні, але і від виду механічної обробки, тобто від мікрорельєфу поверхні.

УДК 621.785

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

студент Гаврілов Є. Е., студент Лаюк О. М., к.т.н., доц., Сердітов О.Т.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою роботи є підвищення ефективності робочого твердосплавного інструменту шляхом формування на його поверхні зносостійких покриттів на основі карбіду титану та ванадію, і подальше дослідження їх мікрогеометрії з використанням методів растрової електронної та атомно-силової мікроскопії. Об'єктами дослідження були зразки, вирізані з різальних кромek перового свердла, у формі секторів диска із твердого сплава ТК15К6 діаметром 3,5 мм і завтовшки 2 мм, які були розділені на дві групи: зразки без покриття та зразки із покриттям (Ti, V)C. Рельєф поверхні, а також кінетика розвитку шарів покриття досліджувалися методом скануючої растрової електронної мікроскопії. Дослідження мікрогеометрії поверхонь об'єктів з обох груп проводились методом АСМ на скануючому зондовому мікроскопі «NT-206V».

В результаті осадження газофазних покриттів на основі карбіду титану та ванадію утворюється структура покриттів із зменшеною поруватістю, що дозволяє суттєво покращити термін їхньої надійної експлуатації, який становить 1700-1730 годин (проти 1500 годин експлуатації такого інструменту без покриття) при зусиллі на свердло 184 Н. Отримані методом атомно-силової мікроскопії профілі інструменту із ТК15К6 без покриття і з покриттям (Ti, V)C вказують на високу суцільність покриття навіть після його тривалої експлуатації, яка в 1,35...1,5 рази перевищує час експлуатації інструменту без покриття за тих же режимів.

Аналіз результатів профілограм поверхонь зразків без покриття дозволив встановити, що в процесі тривалої експлуатації (800 годин) відбувається руйнування робочих поверхонь (збільшення мікронерівностей з 60...90 нм до 280...380 нм, поява мікротріщин, відколів та інших мікродефектів), яке призводить до різкого зниження функціональних властивостей і продуктивності інструменту в цілому.

УДК 621. 875

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПОРИСТОСТІ КАРБІДНИХ ПОКРИТТІВ

студент Лаюк О. М., студент Гаврілов Є. Е., асистент Горобець О.І.

Національний технічний університет України

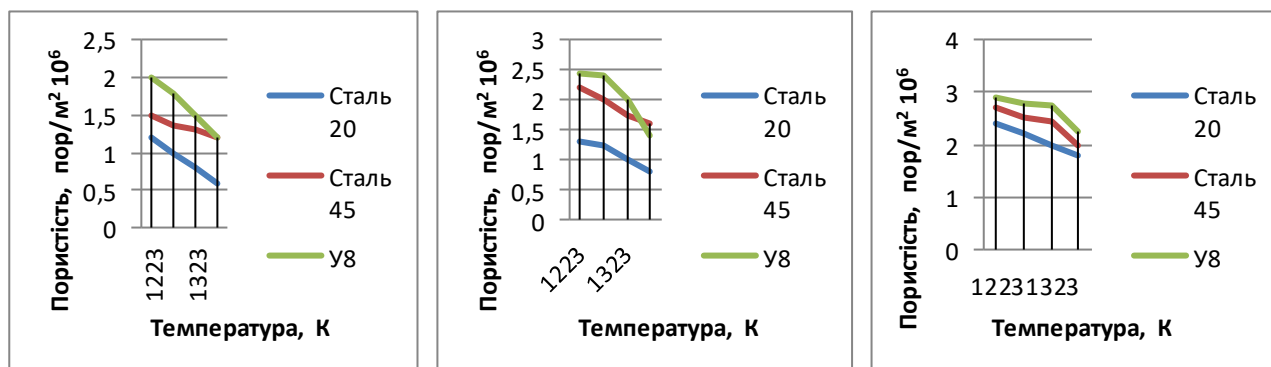
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Багато властивостей карбідних покриттів, зокрема, зносостійкість, корозійна стійкість і окалиностійкість залежать від присутності в покритті пор. Дослідження мікропористості проводили на зразках діаметром 0,03 м за методикою [1]. Мікропористість покриттів визначали як кількість відбитків пор, підрахованих візуально, віднесене до 10^{-6} м² обробленої поверхні зразка.

З наведених даних випливає (рисунок 1), що ступінь розвитку мікропористості залежить від складу сталі, типу покриттів і температури процесу.

Таким чином, одна з головних причин утворення мікропористості в покриттях полягає в фазових змінах і різниці коефіцієнтів термічного розширення покриття і сталі, що виникають в процесі охолодження зміцнених зразків.

Рисунок 1 – Залежність щільності мікропор у покриттях від температури



процесу.

На підставі дослідження мікропористості покриттів з карбідів титану і ванадію на сталях визначено, що з метою зниження щільності мікропор і підвищення захисних властивостей поверхні сталей необхідно використовувати двохкомпонентні покриття.

Перелік посилань.

1. Рыбкин В.Ф. Исследование диффузионного хромирования деталей приборов из магнитомягких сплавов. -М. 1976. -23 с.

УДК 621.785

ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СТАЛІ

студент Лаюк О.М., к.ф-м.н., доц., Ключников Ю.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Застосування хіміко-термічної обробки (ХТО), а саме, зміцнення поверхневого шару карбідами титану та ванадію підвищує міцність інструменту зі сталі У8 не менше ніж у 1,5-2 рази. Це досягається за рахунок підвищення мікротвердості тонкого поверхневого шару. Таке підвищення твердості пов'язане з утворенням у процесі ХТО складних карбідних покриттів і формуванням в поверхневому шарі інструменту залишкових стискаючих напружень, та істотному зниженні шорсткості головної різальної кромки, передньої та задньої різальних поверхонь, видаленні з поверхні мікрозадирок та дефектного шару, подрібненні первинних карбідів, одержанні злагодженого рельєфу без мікроконцентраторів напружень.

Експериментальні дослідження виконувалися різальному інструменті (свердлах, розвертках) і на зразках, виготовлених зі сталі У8. Вивчалися характер змін шорсткості поверхні після ХТО, поверхнева твердість і зміна мікротвердості поверхневого шару. Для нанесення покриттів застосовували порошки технічно чистого титану та ванадію, вугільний карбюризатор та чотирихлористий вуглець. Нанесення покриттів проводили при температурах 950-1100°C та витримкою 2-4 год.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки: встановлено, що в результаті нанесення двокомпонентних покриттів на сталі У8 утворюються легований титаном карбід ванадію $(V,Ti)C$, розташований на зовнішній області покриття, а легований ванадієм карбід титану $(Ti,V)C$ – на внутрішній. Таким чином, показано можливість отримання на поверхні сталі багат шарових покриттів типу карбід титану - карбід ванадію. Використання ХТО на основі карбідів Ti та V забезпечує формування сприятливих властивостей поверхні та підвищує якість різального інструменту.

УДК 621.785

**ДИFUЗІЙНЕ НАСИЧЕННЯ СТАЛІ
КАРБІДОУТВОРЮЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У роботі досліджено процес дифузійної металізації вуглецевої сталі 45 титаном і ванадієм. Насичення карбідоутворюючими елементами сталі здійснювали в герметичних вакуумованих контейнерах при температурі 950°C – 1250°C , тривалістю 2-4 години. Для нанесення карбідних покриттів застосовували порошки металів Ti та V, карбюризатор і CCl_4 .

Вивчено мікроструктури, розподіл мікротвердості і легуючих елементів по глибині, кінетика процесу і фазовий склад дифузійного шару.

Рентгеноструктурним аналізом встановлено, що при прийнятих умовах нанесення на сплавах утворюються покриття з карбіду титану (TiC) і карбіду ванадію (VC). Ці покриття металографічно можна виявити у вигляді світлої смуги, паралельної фронту дифузії і має рівну межу розділу з металом. Під карбідним покриттям знаходиться тонка перехідна зона, яка має вигляд сільнотравящейся прошарку і розташована паралельно фронту дифузії. Перехідна зона має мікротвердість менше мікротвердості карбідного покриття, але вище твердості нелегованого фериту і перліту.

Зміна температури і тривалості процесу впливає на структуру і товщину шару, проте не впливає на фазовий склад. Дослідження кінетики процесів при різних температурах показало, що залежність глибини дифузійного шару від температури процесу носить експонентний характер, від тривалості процесу - параболічний. Для насичення титаном і ванадієм можна рекомендувати температуру 1000°C – 1050°C і тривалість 2-4 години, що забезпечує отримання якісних шарів найбільшої глибини, міцно зчеплених з основою. Можна припустити, що взаємодія елементів потрійної системи «перехідний метал-Fe-C» ідентична взаємодії їх в системі «перехідний метал-Fe-бор»

СЕКЦІЯ 1
«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ
І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРІНУ	
Бараш Р.В., Двойнос Я.Г.	7
ВИРОБНИЦТВО БЕНЗИНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УСТАНОВКИ ЕЛОУ-АВТ	
Гавриленко Є.В., Сачок Р.В.	9
ДЕСОРБЕР - РЕГЕНЕРАТОР СОРБЕНТУ В ЦИКЛІ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕЗ-ГАЗУ	
Євзютін П. Ю., Двойнос Я. Г.	11
АБСОРБЕР В ЦИКЛІ ВИРОБНИЦТВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ	
Італьянцев О. І., Двойнос Я. Г.	13
ВИРОБНИЦТВО АЦЕТОНУ ШЛЯХОМ ОКИСЛЮВАЛЬНОГО ДЕГІДРУВАННЯ ІЗОПРОПАНОЛУ	
Камінський В.С., Гулієнко С.В.	15
КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК З ТЕПЛОІЗОЛЬОВАНИМ МІЖТРУБНИМ ПРОСТОРОМ	
Коваль В. О., Андреев І. А.	17
ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ТЕПЛООБМІННИКУ «ТРУБА В ТРУБІ»	
Крамар О.В., Андреев І.А.	19
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІНОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ДИВІНІЛА ІЗ БУТАНІВ	
Кузнецова А. Д., Гулієнко С. В.	21
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ	
Рудницький Б.А., Двойнос Я.Г.	23
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОВПАЧКА ТАРІЛКИ МАСООБМІННОЇ КОЛОНИ	
Стеблецький І.М., Андреев І.А.	25
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ	
Терещенко І. Ю. Гулієнко С. В.	27
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА У СХЕМІ ОЧИЩЕННЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТУ-СИРЦЮ	
Шахунов М.О., Гулієнко С. В.	29
ВДОСКОНАЛЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА	
Яцюк І.О., Андреев І.А.	31
ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ ЦЕНТРИФУГ	
Яцюк І.О., Стеблецький І.М.	33

СЕКЦІЯ 2
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Бондарь О.Р., Гробовенко Я.В.	35
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Бугаєць Д.В, Марчевський В.М.	37
КОНСТРУКЦІЯ НАКАТУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Вакульчук В. В., Новохат О. А.	39
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРЕСОВИХ ЧАСТИН КРМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛЕВОЇ СТРІЧКИ	
Войтюк В.О., Новохат О.А.	41
ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДРУГОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Галайковський А.О., Гробовенко Я.В.	43
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУ	
Гламазда Д.О., Марчевський В.М.	45
МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Грицюк Г. І., Новохат О. А.	47
КЛЕЇЛЬНИЙ ПРЕС КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Запорожець О.В., Новохат О.А.	49
МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА	
Коваленко С.П., Марчевський В.М.	51
МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Кошурніков М.Ю., Гробовенко Я.В.	53
КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	
Курмишев О.С., Гробовенко Я.В.	55
КОНСТРУКЦІЯ ПЕРШОГО ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	
Лисій В.С., Гробовенко Я.В.	57
ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЕВИХ ЛОЩИЛЬНИХ ЦИЛІНДРІВ	
Міліціян О. А., Новохат О.А.	59
МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	
Ніколаєв В.О., Марчевський В.М.	61
КОНСТРУКЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ	
Пінчук Ю.А., Марчевський В.М.	63

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОРЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ» 65

НАТРОННО-СОДОВА ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ

Гондовська А., Назаренко Д., Зуйков І., Черьопкіна Р.І. 66

ПІДВИЩЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ І ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ ВИДІВ ПАПЕРУ

Комісаренко Р.В., Плосконос В.Г. 68

ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ СВІЖОЇ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИДУ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИГОТОВЛЯЄТЬСЯ

Котлярська Н.О., Якименко О.С., Плосконос В.Г. 70

СЕКЦІЯ 4

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТИ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМУ УДАРІ ДВОХ КУЛЬОК

Бойчук Я. І., Штефан Н.І. 73

ШВИДКІСТЬ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В СФЕРИЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

Вірич С.І., Штефан Н.І. 74

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ Д'АЛАМБЕРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ УМОВИ НЕВАГОМОСТІ ОБ'ЄКТА

Гулаєвич С.О., Штефан Н.І. 75

СТАТИЧНА СТІЙКІСТЬ ПОЛОЖЕННЯ РІВНОВАГИ ТВЕРДОГО ТІЛА

Кромбет М.О., Штефан Н.І. 76

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЦЕНТРА УДАРУ

Кувшинов О. В., Штефан Н. І. 77

ШВИДКІСТЬ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В КРИВОЛІНІЙНИХ КООРДИНАТАХ

Литвин О.В., Штефан Н.І. 78

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ В ТЕПЛОВИХ РІВНЯННЯХ

Нікулічев Д. В., Листопадова В.В. 79

АКСОЇДИ ПРИ СИНТЕЗІ РУХІВ

Печерний Д.В., Штефан Н.І. 81

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ У МІКРОБІОЛОГІЇ

Ревун Я.О., Листопадова В.В. 82

ОТРИМАННЯ ПЕРШОГО ІНТЕГРАЛУ РІВНЯНЬ СФЕРИЧНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА

Скулкін Н.О., Штефан Н.І. 84

**ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ РЕАКЦІЇ ПРИ
РУСІ ТОЧКИ ПО ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ ЦИЛІНДРА**

Сорокіна О.С., Штефан Н.І 85

ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В ПОЛЯРНИХ КООРДИНАТАХ

Ясеньчук В. В., Штефан Н. І. 86

СЕКЦІЯ 5

ДЕТАЛІ МАШИН

ДВООПОРНІ ПІДШИПНИКОВІ ВУЗЛИ

Айтубаєв І.І., Супруненко М.І., Скуратовський А.К. 88

МАЛОШУМЛИВІ ПОЛІУРЕТАНОВІ ЗУБЧАСТІ ПАСИ

Сацердотов О.О., Ковальов Р.В., Скуратовський А.К. 89

НАТЯЖНІ РОЛИКИ ДЛЯ ЗУБЧАСТИХ ПАСІВ

Хоменко М.В., Поліщук Д.М., Скуратовський А.К. 90

З'ЄДНАННЯ ТОРСІЙНОГО ВАЛА В ТРАНСМІСІЯХ

Поладько О.М., Полякова В.І., Скуратовський А.К. 91

КОРПУСНІ КУЛЬКОВІ ПІДШИПНИКИ

Шашков В.О., Подвенцова Д.Д., Скуратовський А.К. 92

МІЦНІСТЬ СТАЛЕЙ ЗА КРИТИЧНО НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Стеблецький І. М., Яцюк І. О. 93

**ЗАХИСТ ПОВЕРХНІ СТАЛЕЙ Х18Н10Т І Х12Н22Т3МР ВІД
СХОПЛЮВАННЯ ДИФУЗІЙНИМ ТИТАНУВАННЯМ**

Гаврілов Є. Е., Ключников Ю.В. 95

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТВЕРДОСПЛАВНОГО
ІНСТРУМЕНТУ**

Гаврілов Є. Е., Лаюк О. М., Сердітов О.Т. 96

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПОРИСТОСТІ КАРБІДНИХ ПОКРИТТІВ

Лаюк О. М., Гаврілов Є. Е., Горобець О.І. 97

ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СТАЛІ

Лаюк О.М., Ключников Ю.В. 98

**ДИФУЗІЙНЕ НАСИЧЕННЯ СТАЛІ КАРБІДОУТВОРЮЮЧИМИ
ЕЛЕМЕНТАМИ**

Лаюк О.М., Сердітов О.Т. 99

Підписано до друку 15.11.2011 р. Формат 60x90 1/16.

Папір офсетний. Умовн. др. арк. 5,1

Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 0112/01.

Підприємство УВОІ "Допомога" УСІ

Свідоцтво про державну реєстрацію №531018

03056, м. Київ, пров. Політехнічний 6, корп. 5 (КП)

Тел.: 277-41-46.