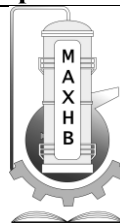


**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-хімічний факультет



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

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

29-30 листопада

Київ 2017

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (29-30 листопада 2017 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 166 с.

Збірник тез доповідей XXI 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 № 6
від 14 листопада 2017 р.

СЕКЦІЯ 1

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

УДК 621.6

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ
БЛОЧНИМ МЕТОДОМ З РОЗРОБКОЮ ПІДГРІВАЧА СТИРОЛУ,
РЕАКТОРА ПОЛІМЕРИЗАТОРА ТА ОХОЛОДЖУВАЧА**

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

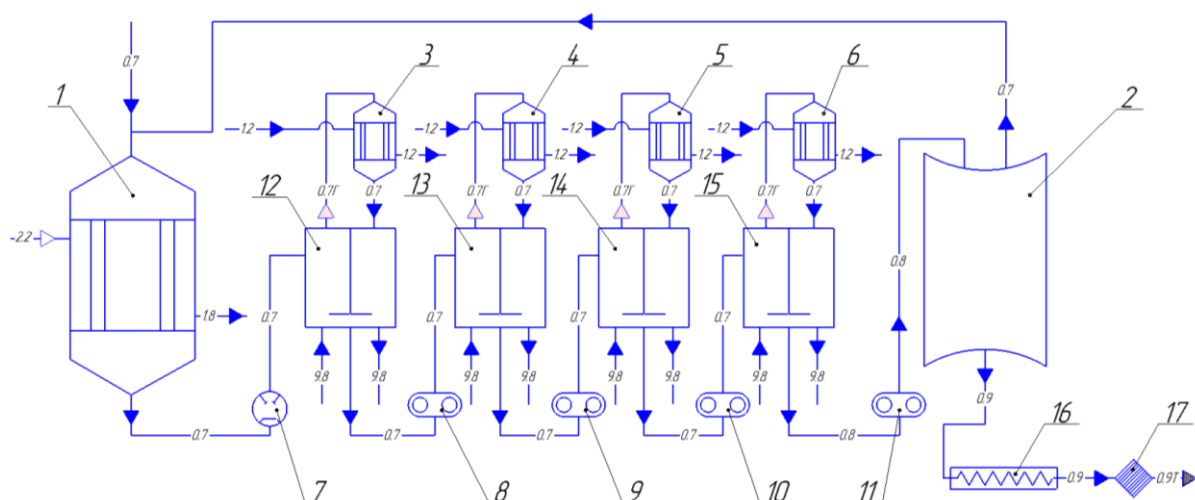
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Полістирол — продукт полімеризації стирену (вінілбензену). Виробляють з рідкого стирену, вихідною сировиною для якого є нафта та кам'яне вугілля.

Полістирен — тверда, пружна, безбарвна, прозора, гнучка та негігроскопічна речовина. З полістирену одержують пластичні маси, які широко застосовують в електротехнічній промисловості, для виготовлення предметів побутового призначення (посуд, фігурки, дитячі іграшки і тощо), лінз, різнокольорових облицювальних плиток для будівництва та ін.

З полістирену виробляють стрічки товщиною 0,045 мм і шириною 10 ... 12 мм та корд діаметром 0.8 мм для ізоляції жил високочастотних кабелів зв'язку [1].

При отриманні полістиролу (Рисунок 1) методом неповної конверсії стирол дозаторним насосом безперервно подається через теплообмінник 1 де він нагрівається до 80 – 100 °С у реактор 12 і далі перекачується шестерними насосами послідовно у реактори 13, 14 та 15. Реактори представляють собою апарати зі сталі об'ємом 5м³ з оболонь у вигляді напівтруб, мішалками якірного типу та зворотними холодильниками 3, 4, 5, 6. Полімеризація у реакторах протікає з наступним нагрівом розчину стиролу від 120 до 180 °С. Знімання теплоти реакції відбувається через оболоні та за рахунок випаровування розчину стиролу[2].



1-теплообмінник; 2-вакуум камера для дополімеризації стиролу; 3, 4, 5, 6-полімеризатори; 7-насос дозатор; 8, 9, 10, 11-шестеренні насоси; 12, 13, 14, 15-реактори полімеризатори з мішалкою; 16-екструдер; 17-гранулятор.

Рисунок 1 – Технологічна схема лінії виробництва полістиролу.

З останнього реактора полістирольний розплав та незаполімеризований стирол перекачується у вакуумну камеру 2, у якій при залишковому тиску 0,7 – 5 кПа та температурі 190 – 200 °С стирол спрямовується на регенерацію та далі повертається у цикл. Розплав полістиролу із вакуумної камери 2 надходить в екструдер 16 і далі на грануляцію у гранулятор 17.

Метою даної роботи є модернізація установки виробництва полістиролу.

Перелік посилань:

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Полістирен> від 20.10.2017
2. Брачихин Е.А., Шульгина Э.С. Технология пластических масс: Учебное пособие для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 328 с

МОДЕРНИЗАЦІЯ УСТАНОВКИ УПОВІЛЬНЕНОГО КОКСУВАННЯ

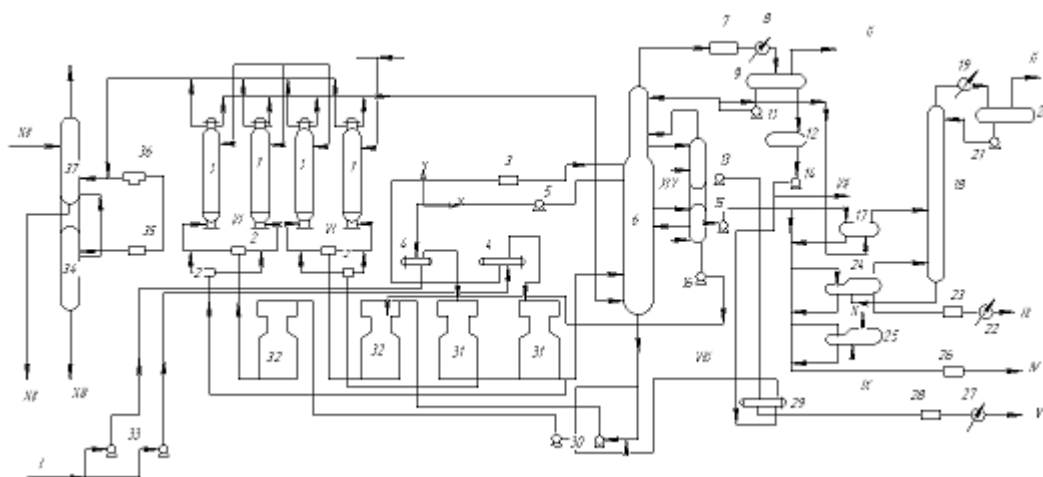
З РОЗРОБКОЮ ХОЛОДИЛЬНИКА БЕНЗИНУ

студент Анісімов Б.О., к.т.н., доцент Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бензин – це суміш легких вуглеводнів з температурою кипіння від 30°C до 200°C . Щільність бензину становить близько 700 кг/м^3 . Теплотворна здатність горючої речовини приблизно відповідає 43995 кДЖ / кг [1].



1-коксіві камери; 2-перемикаючі крани; 3, 7, 23, 26, 28, 35 –конденсатори повітряного охолодження; 4, 17, 29-теплообмінники; 5, 11, 13-16, 21, 30, 33-насоси; 6-ректифікаційна колонна; 8,19,22,27-холодильники; 9, 20-газосепаратори; 10-відпарні колони; 12,34-ємності; 18-стабілізаційна колонна; 24,25-кип'ятильники; 31,32-печі; 36- фільтр; 37-скруббер.

I-сировина; II-газ; III-бензин; IV-важкий газойль; V-легкий газойль; VI-кокс; VII-водяний конденсат; VIII-турбулізатор; IX-хімічно очищена вода; X-пара; XI-антипінна присадка; XII-вода в відстійниках; XIII-важкі нафтопродукти; XIV –водяна пара.

Рисунок 1—Модернізація установки уповільненого коксування з розробкою холодильника бензину.

Технологічна схема установки уповільненого коксування з розробкою холодильника бензину приведена на рисунку 1 [3].

Сировина коксування двома паралельними потоками за допомогою центробіжних насосів 33, послідовно прокачується через теплообмінник 4 і змішувач печей 31, звідки поступає в ректифікаційну колону 6 на каскадні тарілки. Контактуючи з парами і газами, які надходять в колону 6 з камер з температурою 425°C, сировина нагрівається до 400°C. З низу колони вторинну сировину направляють на прийом пічного насоса 30, і далі - до коксових камер 1. Погони з ректифікаційної колони 6 після охолодження у теплообмінниках 4 подаються до збірників. Камери звільнюються від коксу гідравлічним способом. Воду від гідровивантаження очищують у фільтрах-відстійниках 36 для повторного використання.

Модернізація спрямована на покращення енергетично-економічних параметрів холодильника.

Перелік посилань:

1. <http://heneratory.com/vse-benzin-posibnik-avtomobilista/> від 15.10.2017 р.
2. <http://vidpo.net/shho-take-benzin.html> від 15.10.2017 р.
3. Ластовкин Г. А., Радченко Е. Д., Рудин М. Г. Справочник нефтепереработки. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА

студент Валько М.П., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

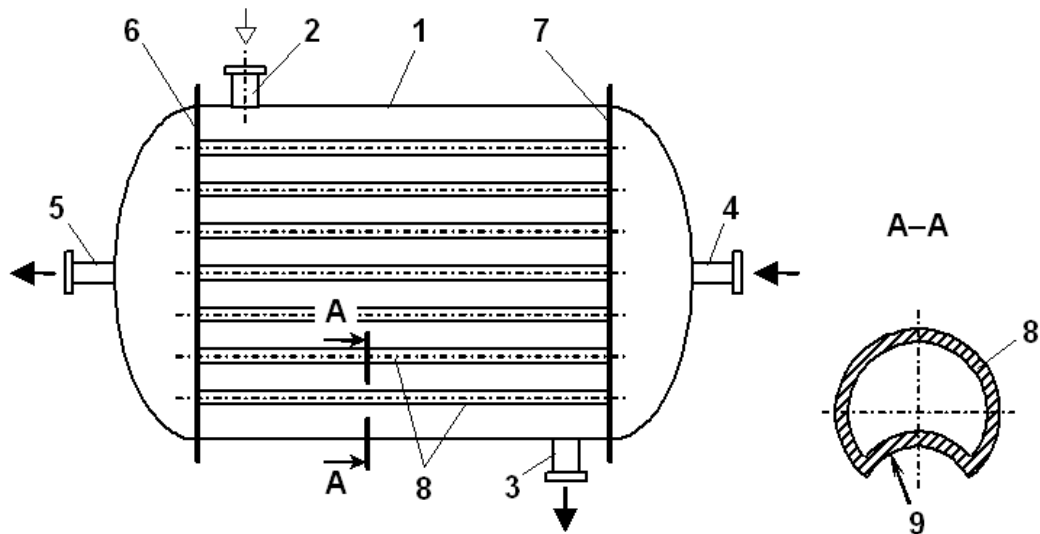
Кожухотрубні, і передусім горизонтальні конденсатори є одними з найбільш розповсюджених у хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та інших галузях промисловості. Горизонтальний конденсатор містить корпус, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них круглими теплообмінними трубами.

Недоліком такого конденсатора є його відносно низька ефективність через інтенсивне утворення плівки конденсату на нижній стороні поверхні теплообмінних труб та відповідно уповільнення процесу конденсації пари в міжтрубному просторі.

Для інтенсифікації процесу конденсації було запропоновано на ділянці між трубними решітками в нижній частині кожної з теплообмінних труб виконувати поздовжню западину [1]. Таке виконання теплообмінних труб забезпечує стікання утворюваного конденсату у вигляді двох (а не одного) потоків у місцях переходу поздовжньої западини в безпосередньо циліндричну поверхню кожної теплообмінної труби. Таке виконання кожної з теплообмінних труб звільняє її нижню частину від товстої плівки конденсату, а отже й інтенсифікує процес конденсації. Одночасно через зменшення поперечного перерізу кожної з теплообмінних труб) зі збереженням її поверхні) інтенсифікується і процес тепловіддачі всередині труби. Усе це істотно підвищує ефективність конденсатора в цілому.

Запропонований горизонтальний конденсатор містить корпус 1, штуцери 2–5, а також дві трубні решітки 6 і 7 із закріпленими в них круглими теплообмінними трубами 8, при цьому ділянці між трубними решітками 6 і 7 у нижній частині кожної з теплообмінних труб 8 виконано поздовжню западину 9

(див. рисунок).



1 – корпус; 2-5 – штуцери; 6, 7 – трубні решітки; 8 – теплообмінна труба;
9 – поздовжня западина

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 поздовжньої западини 9 утворюваний конденсат стікає у вигляді двох потоків у місцях переходу поздовжньої западини 9 у безпосередньо циліндричну поверхню кожної теплообмінної труби 8. Це звільняє нижню частину кожної теплообмінної труби 8 від товстої плівки конденсату, а отже й інтенсифікує процес конденсації.

Перелік посилань:

1. Рішення № 23248/ЗУ/17 від 20.09.17 про видачу патенту України. МПК (2017.01) F28D 7/00, F28F 1/00. Горизонтальний конденсатор. / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Валько М. П.; заявник і патентовласник вони же. — № u201706395; заявл. 22.06.17.

ВІБРОЕКСТРУДЕР ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПЛОСКИХ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

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

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

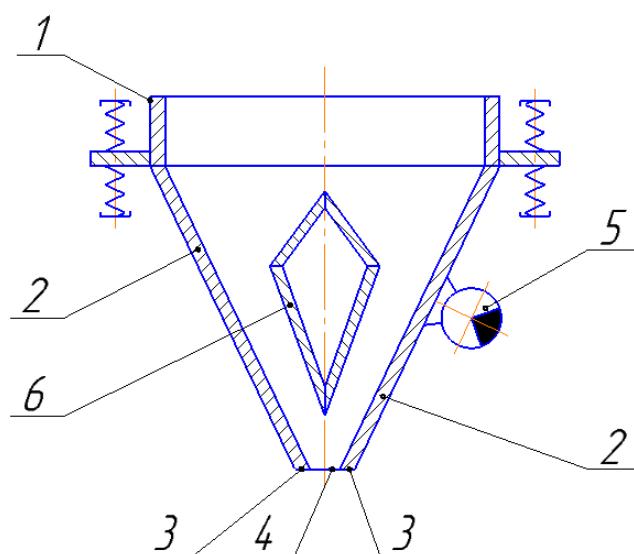
Значне зниження в'язкості матриці, при якому можливо здійснювати її армування будь-якими фібрами при знижених водоцементних відношеннях і без використання поверхнево – активних речовин можна досягти застосуванням віброекструзійного способу формування, розробленого у Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Для виготовлення якісних фібробетонних плоских плит авторами була запропонована нова конструкція віброекструдера, яка дозволяє використовувати фібробетонні суміші різних складів, досягаючи при цьому переважно поздовжньої орієнтації фібр у всьому виробі [1].

Віброекструдер містить бункер 1 з похилими плоскими стінками 2, які своїми нижніми ділянками 3 утворюють роздавальне вікно 4, закріплений на бункері 1 збуджувач коливань 5, а також змонтований в бункері 1 направляючий пристрій 6, який у поздовжньому перерізі має вигляд дельтоїда (Фіг.). Верхня і нижня пари плоских стінок направляючого пристрою 6 утворюють з похилими плоскими стінками 2 бункера 1 дві пари симетричних каналів (див. рисунок).

Пристрій працює таким чином. У верхню частину бункера 1 завантажують фібробетонну суміш і вмикають збуджувач коливань 5. Внаслідок коливань, які передаються від збуджувача коливань 5 до похилих плоских стінок 2 і направляючого пристрою 6 фібробетонна суміш в бункері 1 розріджується і послідовно перетікає по каналах, які утворюються між направляючим пристроєм 6 і стінками 2 в напрямку роздавального вікна 4. В

процесі зсувного плину в бункері 1 фібробетонна суміш додатково перемішується за рахунок зсувних деформацій. При протіканні суміші в каналі біля нижньої частини направляючого пристрою 6, де зсувні деформації найбільші, здійснюється розвертання фібр у напрямку, близькому до поздовжнього. Виходячи з роздавального вікна 4 сформований плоский фібробетонний виріб подається у форму.



1 – бункер, 2 – плоскі похилі стінки, 3 – нижні ділянки стінок, 4 – роздавальне вікно, 5 – збуджувач коливань, 6 – направляючий пристрій

Рис. – Віброекструдер для формування плоских фібробетонних виробів

Пропонована конструкція нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє використовувати фібробетонні суміші різних складів, досягаючи при цьому переважно поздовжню орієнтацію фібр у всьому виробі.

Перелік посилань:

1. Заявка на патент України. МПК (2017.01). В28В13/00. Віброекструдер для формування плоских фібробетонних виробів. Андреев І. А., Гайдін Є. М.; заявник вони ж. — № u 201709867; заявл. 12.10.2017.

ПЛИТИ З СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛА

магістрант Гребелюк І.В., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Екструзійний спінений полістирол (XPS) – являє собою поропласт з низькою теплопровідністю, отриманий в процесі екструзії при фізичному спінюванні. При його виробництві відбувається спінення полістиролу за високої температури і тиску із застосуванням газів як пороутворювача.

Основний виріб з XPS – плити [1]. Плити призначені для утеплення стін огорожуючих конструкцій, перекриттів і покриттів житлових, громадських і промислових будівель і споруд, для внутрішнього шару систем зовнішньої ізоляції стін, для теплової ізоляції теплових установок та холодильних камер тощо. Плити придатні для застосування в усіх кліматичних зонах України, та для ізоляції поверхонь з температурою, що не перевищує 80 °С. Уявна густина матеріалу лежить у проміжку 25..50 кг/м³ (залежить від марки плити) при цьому теплопровідність не більше 0,037 Вт/(м·К). Значною перевагою цього матеріалу є механічна міцність (міцність на стиск при 10% – вії лінійній деформації, не менше 0,16 МПа, границя міцності при згині, не менше 0,25 МПа), товщина плит до 100 мм. Суттєвим недоліком XPS є великий показник водопоглинення за 24 години – до 2% за об'ємом.

При екструзії плит XPS критичним є утримання у формуючому інструменті критично мінімального тиску – 25 МПа при використанні R600, 30 МПа при використанні R22, 50 МПа при використанні CO₂ [2]. Формуючий інструмент являє собою плоскощільову головку, яка містить вузол регулювання товщини зазору і губки головки містять канали для охолодження. Спеціальна конструкція головки призначена для утримання критично необхідного тиску за рахунок геометричних параметрів та охолодження поверхні каналу, у якому тече розплав [3], рисунок 1.

Сучасні методи розрахунку формуючого інструменту дозволяють моделювати процес з врахуванням ефекту проковзування розплаву на стінках каналу [4] і виконати симуляцію у відомих системах автоматизованого проектування, наприклад у додатку SolidWorks Plastics.

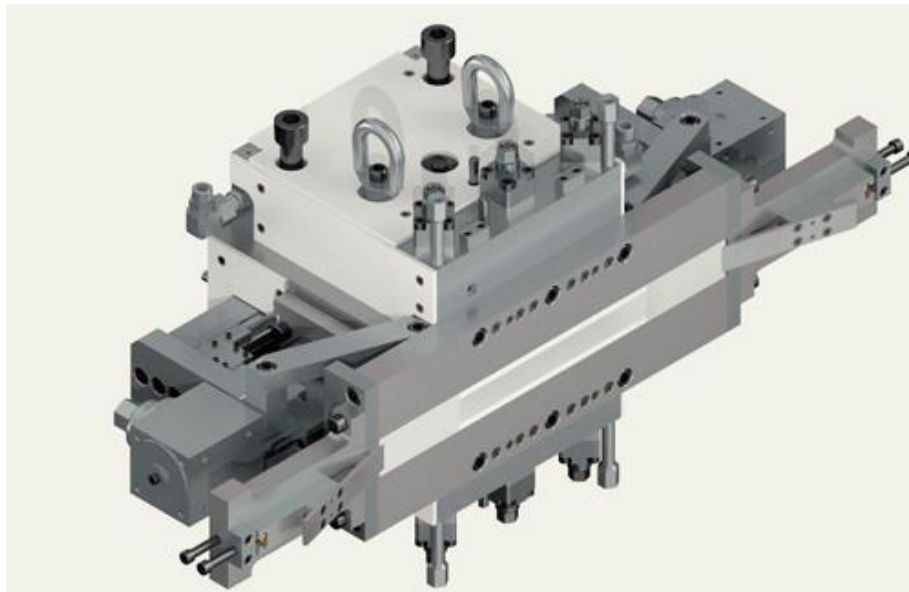


Рисунок 1 – екструзійна головка для XPS фірми Nordson

Висновок: нові конструкції та геометричні розміри екструзійних головок для формування плит з XPS вимагають вдосконалення існуючих методик розрахунку для врахування неізотермічності процесу та ефекту проковзування, який буде впливати на профіль течії і гідравлічний опір у каналах з звуженням.

Перелік посилань:

1. ТУ У В.2.7–25.2–35253400–001:2009 Плити пінополістирольні екструзійні "ТЕПЛОМА". Технічні умови. Київ, 2009. 21 с.
2. Двойнос Я.Г., Назарчук В.В., Хотинецький М.І. Процес формування виробів з спіненого полістиролу // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2014. – №3.
3. <http://www.nordson.com/en/divisions/polymer-processing-systems/products/dies/polystyrene-xps-foam-board-dies/> (дата звернення: 31.10.2017).
4. Івіцький І.І. Пристінні ефекти в процесах течії полімерів у каналах переробного обладнання: диссертация ... кандидата технических наук: 05.17.08. – Київ, 2016. – 146 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ АБСОРБЕРА АМІАКА

студент Гришин О.Ю., к.т.н., ст.викл., Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В сучасних умовах розвитку промисловості збільшується потреба у виробництві добрив, а саме, карамбіду, що, в свою чергу, викликає необхідність впровадження нових технологій їх виробництва.

При спорудженні нових та модернізації діючих виробництв карамбіду велику увагу приділяють охороні навколишнього середовища. Попередження витрат NH_3 (як у вільному вигляді, так і у складі цільового продукту), разом з санітарним ефектом, має також важливе значення для економіки, так як доля вартості аміаку в калькуляції собівартості карамбіду приблизно 50-70%.

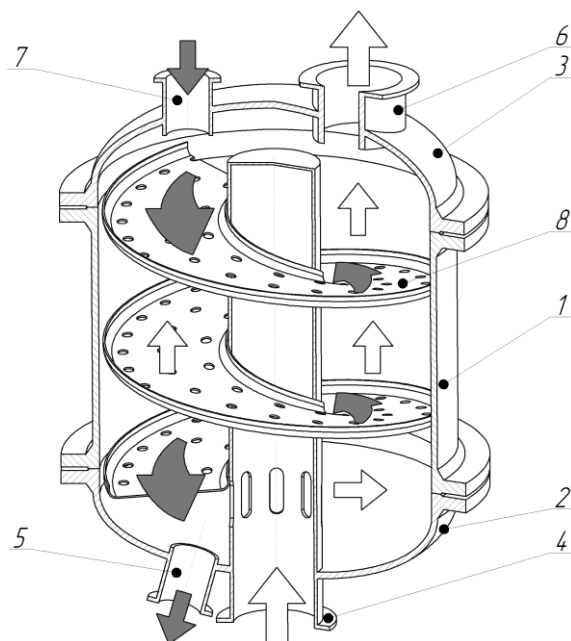
Ступінь використання NH_3 постійно росте, що пов'язано з вдосконаленням технологій та апаратного оформлення виробництва, які направлені не тільки на ліквідацію або зниження постійних викидів в навколишнє середовище, а також на зниження числа аварійних зупинок, які супроводжуються періодичними викидами.

З метою зменшення викидів аміаку пропонується модернізувати абсорбер очистки повітря після грануляційної башти. Абсорбентом є вода, а основною вимогою до апарату – кінцева концентрація аміаку у повітрі має бути не вище $4 \cdot 10^{-5}$ кг/м³, гідравлічний опір апарату – не більше 800 Па, та мінімізація витрати абсорбенту для зменшення витрат на його регенерацію. Пропонується використати модернізовану конструкцію колони Дафтона з спіраллю та колони Лежі-Евела з спіраллю з сітки [1].

В модернізованому абсорбері, що містить корпус, кришки з штуцерами, в якому, встановлено рідинний розподільник нової конструкції у формі гвинта з перфорацією. Крок навивки рідинного розподільника гвинтової форми може бути від 0,1 до 0,75 внутрішнього діаметру корпусу, а коефіцієнт перфорації від

0,05 до 0,15.

Суть модернізації [2] пояснюється кресленням, рисунок 1, на якому зображено поздовжній розріз абсорбера.



1 – корпус; 2 – нижня кришка; 3 – верхня кришка; 4 – ввід газу; 5 – вихід абсорбенту; 6 – вихід газу; 7 – вхід абсорбенту; 8 – рідинний розподільник.

Рисунок 1 – Модернізований абсорбер аміаку в системі очищення повітря

Висновок: модернізована конструкція абсорбера нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє зменшити витрати абсорбенту за рахунок збільшення тривалості контакту фаз, та збільшення коефіцієнту змащування насадки, тобто уникнення сухих поверхонь за рахунок збільшення товщини плівки абсорбенту, який рухається по нахиленій поверхні і гальмується потоком газу що очищується.

Перелік посилань:

1. Руководство по лабораторной перегонке – Пер. с нем./Под ред. В.М. Олевского – М.: Химия, 1980. – 520 с., ил.

2. Заяв. на патент України. МПК В01D 53/18. Абсорбер / О.Ю. Гришин, Двойнос Я.Г; заявник і патентовласник вони ж. – № u201709909; заявл. 12.10.2017.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ» УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ

студент Довгошея А.А., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

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

Каталітичний крекінг дозволяє отримувати нафтохімічну сировину - ароматичні вуглеводні, бензол (найбільш цінний продукт), толуол і ксилоли.

Основна перевага процесу – велика експлуатаційна гнучкість: можливість переробляти різні нафтові фракції.[1]

Гідроочищена сировина змішується з рециркулятом і вводиться в вузол змішування прямоточного ліфт-реактора. Контактуючи з гарячим регенованим каталізатором, сировина випаровується та піддається крекінгу в прямоточному ліфт – реакторі. Газокаталізаторна суміш надходить в відстійну зону реактора, де основна маса каталізатора відділяється від нафтових парів.

Закоксований каталізатор із відстійної зони реактора проходить десорбер і по верхньому похилому каталізаторопроводу надходить до зони киплячого шару регенератора, де відбувається випалювання коксу. Повітря на регенерацію нагнітається повітряним компресором. Повітря нагрівається за допомогою мазутної форсунки. Мазут попередньо підігрівається в теплообміннику.

Метою роботи є вдосконалення теплообмінника «труба в трубі».

Недолік такого теплообмінника – невисока ефективність через необхідність турбулізації потоку трубного простору за рахунок підвищення швидкості, що призводить до збільшення гідравлічного опору.

Для підвищення ефективності процесу теплообміну запропоновано забезпечити закручування потоку трубного простору та захист калачів від гідроерозійного зношування новим конструктивним виконання калачів теплообмінника [2].

Сутність запропонованого технічного рішення пояснюється кресленнями, на яких зображено: на рис. 1 – загальний вигляд теплообмінника; на рис. 2 – поздовжній розріз калача. Теплообмінник «труба в трубі» містить з’єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 і розміщені в них внутрішні труби 3, з’єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, при цьому всередині кожного калача 4 розміщено трубчасту полімерну вставку 6 зі спіральними ребрами 7 на її внутрішній поверхні. На одному з торців кожної трубчастої полімерної вставки 6 при цьому може бути виконано розбортовку 8 для її розміщення в западині фланця 5, що забезпечує фіксацію в калачі 4 трубчастої полімерної вставки 6 в осьовому напрямку.

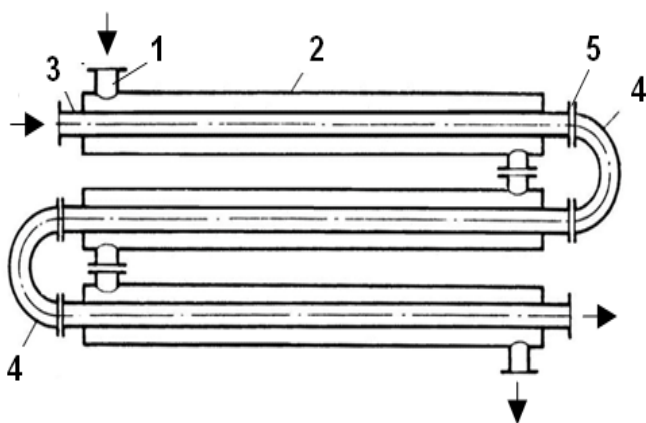


Рисунок 1 – Загальний вигляд теплообмінника

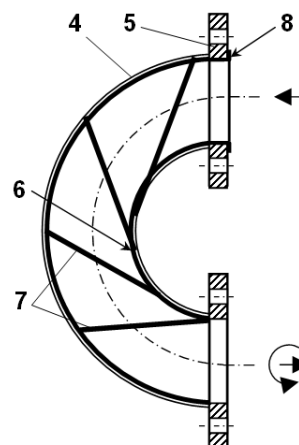


Рисунок 2 – Поздовжній розріз калача

Рисунок 1 – Загальний вигляд теплообмінника

Нове конструктивне виконання калачів теплообмінника забезпечується закручування потоку трубного простору та захист калачів від гідроерозійного зношування, а отже а отже підвищення ефективності роботи теплообмінника в цілому.

Перелік посилань:

1. Ластовкина Г. А., Радченко Е. Д., Рудина М. Г. Справочник нефтепереработки. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
2. Заявка на патент України. МПК(2017.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А., Довгошея А.А., Мікульонок І.О.; № u201705544; заявл. 6.06.2017

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА НІЗИНУ

студент Драгузя К.В., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Нині боротьба з захворюваннями шлунково-кишкового тракту досі залишається актуальною проблемою, що пов'язана з зараженням харчових продуктів небезпечними біологічними агентами. Небезпечні біологічні агенти – мікроорганізми, токсини і паразитичні організми, що викликають захворювання людини, тварин, рослин, руйнування матеріалів, різке погіршення якості навколишнього середовища.

Нізін – це бактеріоцин, найбільш вивчений і дозволений для використання в якості біологічного консерванту. Бактеріоцини – гетерогенні антибактеріальні комплекси, різноманітні за рівнем активності, спектром і механізмом дії, молекулярної маси, фізико-хімічними властивостями, але основною біологічно активною складовою всіх бактеріоцинів є білковий компонент. Нізін єдиний з антибіотиків з 1998 р. має «GRAS» (Generally Recognized As Safe) статус, тобто визнаний Європейським парламентом як безпечний. Являючись низькомолекулярним білком, нізін легко перетравлюється, не впливаючи на мікробіоту шлунково-кишкового тракту, не токсичний [1].

На рисунку 1 зображено технологічну схему виробництва біопрепаратів.

Принципова технологічна послідовність процесу отримання біопрепаратів наступна: компоненти надходять в змішувач 1 для приготування живильного середовища, сюди ж надходить вода. Підготовлене підігріте середовище насосом 7 перекачується в стерилізатор 2. Потім охолоджується в теплообміннику 3 і прямує в інокулятор 4. Посівний матеріал, отриманий в посівному відділенні, подається в інокулятор 4 для вирощування, після чого вирощений матеріал з інокулятора 4 передається в ферментатор 5. Повітря після видалення конденсаційної вологи надходить у головний фільтр 9. Очищене повітря надходить в індивідуальні фільтри тонкого очищення 6, 15, 16, 17 і подається для аерування зростаючої культури в інокулятор 4 і ферментатор 5, а також у сушарки 13, 14. Готове культуральне середовище

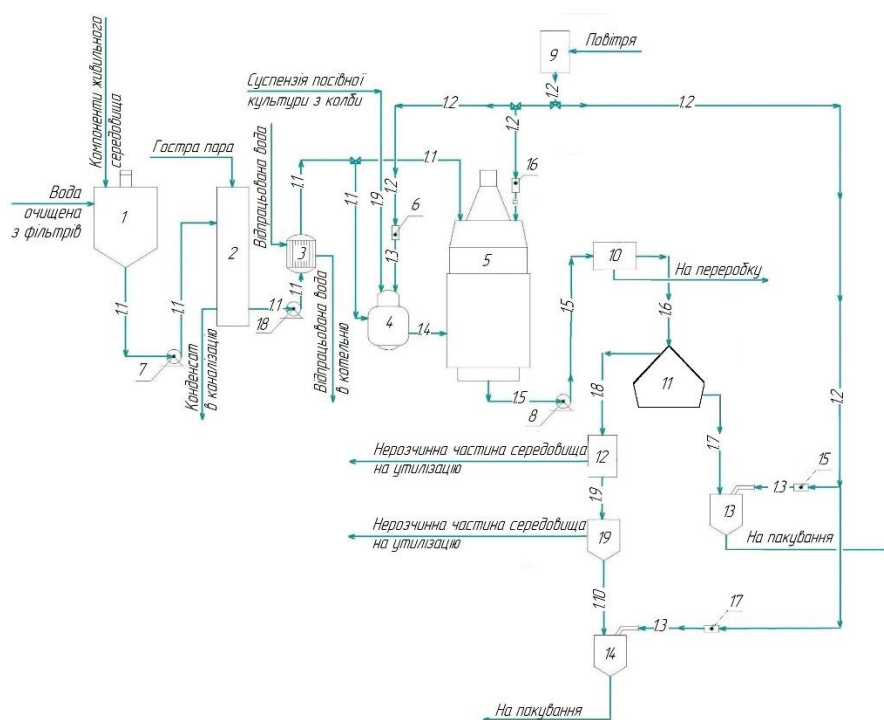


Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва нізину.

Перелік посилань

- 19

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА

СИНТЕТИЧНИХ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ (СМЗ)

студентка Драгузя О.В., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

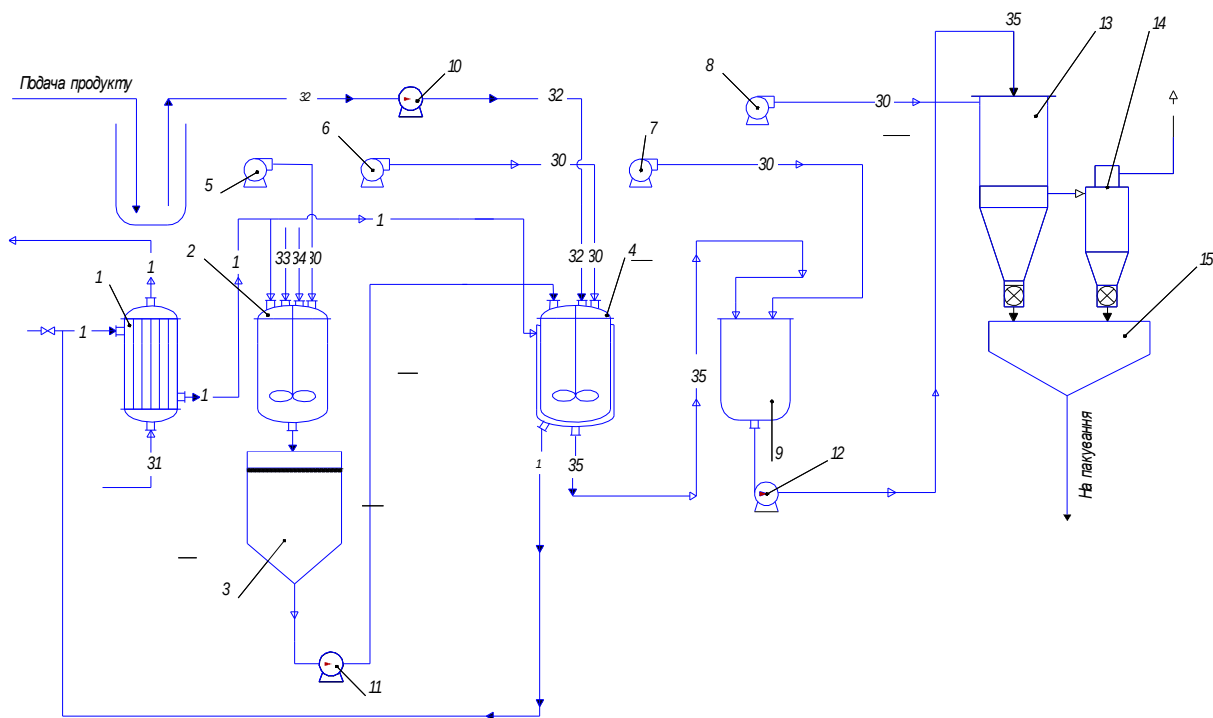
Синтетичні миючі засоби використовуються в промисловості та побуті (побутова хімія) як ефективні речовини, призначені для очищення та знезараження забруднених поверхонь. Побутова хімія - засоби для догляду за одягом, приміщенням, автомобілями та ін. До засобів побутової хімії також відносять дезінфікуючі засоби.

Синтетичні миючі засоби – це натрієві солі складних ефірів вищих спиртів і сірчаної кислоти. Крім того існують натуральні миючі засоби, в склад яких входять натуральні продукти.

На Р и с у н к у 1 зображено технологічну схему виробництва синтетичних миючих засобів [1].

Принципова технологічна послідовність процесу отримання синтетичних миючих засобів наступна: суміш подається з гомогенізатора 2 через фільтр 3 до реактора-змішувача 4. В ньому, шляхом змішування компонентів (вода, кислоти, барвники, ароматизатори, поверхнево-активні речовини), готується продукція. Вода та змішувані компоненти подаються в реактор-змішувач 4 насосами 10,11. Суміші також необхідна гаряча або підігріта вода, яку попередньо підігрівають у кожухотрубному теплообміннику 1 за допомогою пари. Далі продукція відстоюється у ємності 9, після чого подається насосами високого тиску до розпилюючої сушарки, де здійснюється сушіння суспензії. Частина повітря йде на циклон 14, де уловлюються залишки продукції. Далі

продукція потрапляє до бункера 15, а після - на пакування. Для повного очищення гомогенізатора 2, реактора-змішувача 4 та ємності 9 від залишків продукції, в них за допомогою компресорів 5,6,7 нагнітається повітря.



1 – теплообмінник; 2 – гомогенізатор; 3 – фільтр; 4 – реактор-змішувач;
5,6,7,8 – компресори; 9 – ємність; 10,11,12 – насоси великого тиску;
13 – сушарка; 14 –циклон; 15 – бункер.

Рисунок 1– Технологічна схема виробництва синтетичних миючих засобів

Метою проекту є модернізація установки виробництва синтетичних миючих засобів з розробкою сушарки, теплообмінника та реактора.

Перелік посилань.

1. Ковалёв В.М., Петренко Д.С. Технология производства синтетических моющих средств. – М.: Химия, 1992. – 272 с., ил.
2. Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств – ИГХТУ. – Иваново: 2007. – 116.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРНОГО БЛОКУ УСТАНОВКИ
ВИРОБНИЦТВА БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ СИНТЕЗ-БЕНЗИНУ З
РОЗРОБКОЮ РЕАКТОРА, РЕКУПЕРАТОРА ТА ХОЛОДИЛЬНИКА**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

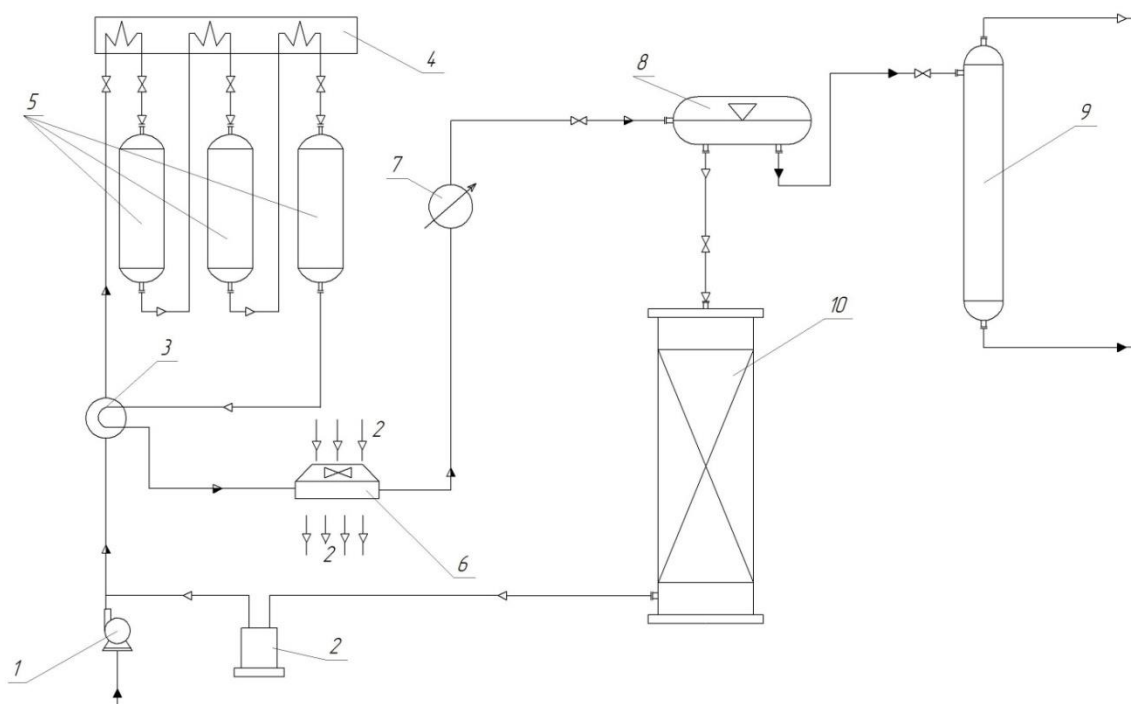
Синтез бензинів є найважливішим процесом сучасної нафтопереробки і нафтохімії. Він служить для одночасного отримання високооктанового базового компонента автомобільних бензинів, ароматичних вуглеводнів - сировини для нафтохімічного синтезу - і водневомісний газу - технічного водню, використовуваного в гідрогенізаційних процесах нафтопереробки. Каталітичний риформінг є в даний час найбільш поширеним методом каталітичного виробництва синтез бензинів. [1].

Технологічна схема виробництва синтез бензина з стаціонарним шаром каталізатору, зображена на рисунку 1 [2].

Найбільшого поширення отримала ця установка риформінгу з стаціонарним шаром каталізатору, де умови процесу обрані таким чином, щоб забезпечити тривалість сировинного, міжрегенераційного циклу 0,5 – 1 рік і більше.

Очищена та осушена на блоці гідроочищення сировина змішується з циркулюючим газом з вмістом водню, підігрівається в теплообміннику 3 і печі 4 і надходить в реактор першої ступені. У блоці риформінгу є три-чотири адіабатичних реактора і відповідне число печей для між ступеневого перегріву продуктів реакції. По виходу з останнього реактора газопродуктова суміш охолоджується до 20 – 40 ° С і після сепарації газу з вмістом водню, основна частина надходить на прийом циркуляційного компресора 2, а надлишок виводиться на блок попередньої гідроочищення бензину або передається іншим споживачам. Каталізатор з розчиненими вуглеводневими газами подається на

секцію стабілізації 9 (секція включає від однієї до чотирьох колон), де продукти реакції поділяються на каталізатор із заданим тиском парів, скраплений газ та сухий вуглеводневий газ.



- 1 – насос для сировини, 2 – компресор, 3 – теплообмінник,
4 – багатоканальна піч, 5 – реактори, 6 – повітряний холодильник,
7 – водний холодильник, 8 – сепаратор, 9 – стабілізаційна колона,
10 – адсорбер для осушення циркуляційного газу.

Рисунок 1 – Технологічна схема установки каталітичного риформінгу

Окислювальна регенерація каталізатора проводиться одночасно у всіх реакторах. Загальна тривалість простоїв установок подібного типу 20 – 40 діб на рік, включаючи регенерацію каталізатора і ремонт обладнання.

Метою даної роботи є модернізація реакторного блоку, з розробкою реактора, рекуператора та холодильника, виконання параметричних розрахунків та визначення габаритних розмірів.

Перелік посилань:

1. <http://ukrbukva.net/27526-Kataliticheskiiy-riforming.html> від 25.10.17
2. Справочник нефтепереработчика: Справочник/Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986., ст 128

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З РОЗРОБКОЮ РОЗДІЛЮЮЧОЇ КОЛОНИ, КОНДЕНСАТОРА ТА ХОЛОДИЛЬНИКА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

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

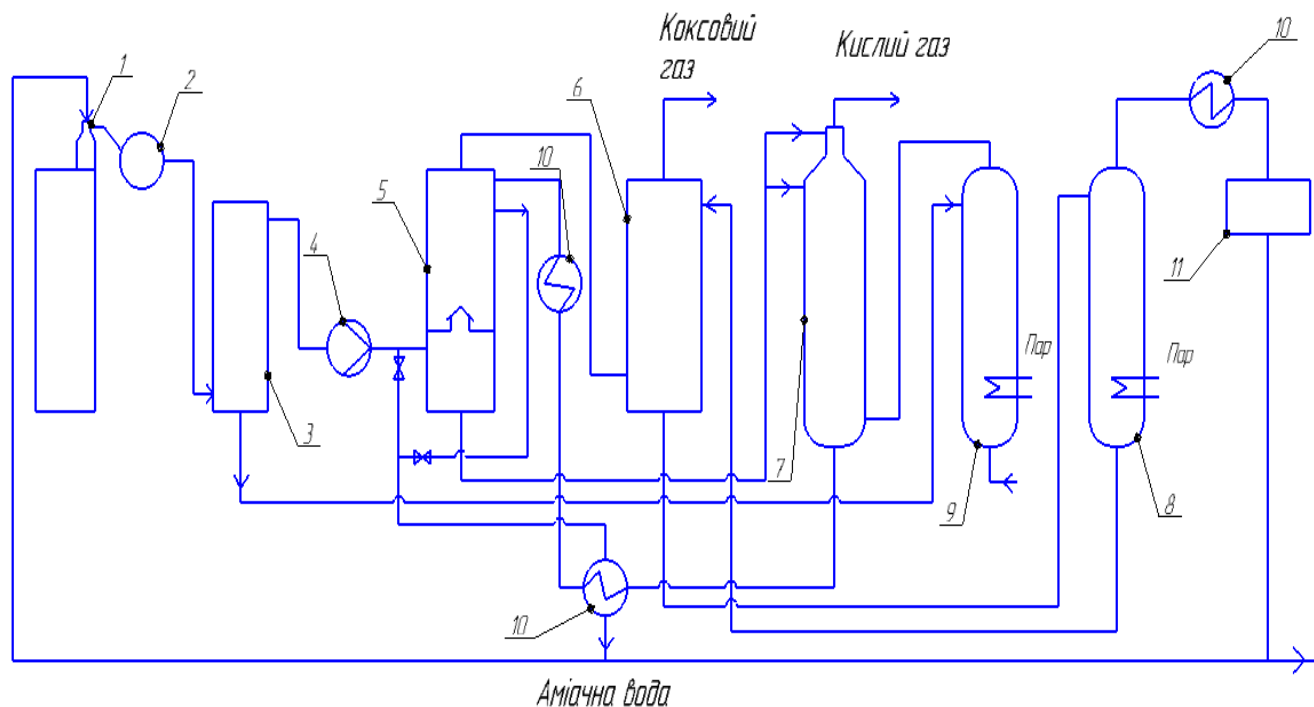
Газ, що утворюється при коксуванні, містить багато цінних речовин. Крім водню, метану, оксидів вуглецю, до його складу входять пари кам'яно-вугільної смоли, бензен (бензол), аміак, сірководень та інші. Парогазову суміш, що відходить з коксових камер, уловлюють і відводять у цех конденсації на переробку.

Коксовий газ охолоджується до температури 25 — 30°C, при цьому він конденсується і з нього виділяється смола, аміачна вода.

Використовують як паливо у промислових печах, газових двигунах, як сировина в хімічній промисловості [1].

Коксовий газ, який містить сірководень (Рисунок 1) виходить з камери коксування через відстійник 1 в газозбірник 2, де охолоджується водою при безпосередньому контакті за рахунок випарного охолодження. Разом з охолоджуною водою у відстійник і газозбірник подається необхідна кількість аміачної води. Потім надходить в первинний газовий холодильник 3, де охолоджується вода, після чого очищується від смоли і нафталіну і подається в газодувку 4 в сірководневий абсорбер 5 далі газ надходить в аміачний абсорбер 6, де витягується аміак. Розчин після сірководневого абсорбера регенерується в розкислювач 7. кислі гази передаються на установку для переробки в сірку або сірчану кислоту. Насичений розчин з абсорбера аміаку надходить у регенератор 8, де за допомогою водяної пари видаляють аміак.

Надлишкова надсмольна вода з первинного газового холодильника надходить в аміачну колону 9, де з неї отгоняються аміак і кислі гази, далі подаються в розкислювач 7. Аміачні пари після регенератора 8 охліджуються в теплообміннику 10 і аміачна вода збирається в збірнику 11, звідки частково повертається для очищення коксового газу від сірководню [2].



- 1 – відстійник, 2 – газозбірник, 3 – холодильник, 4 – газодувка,
5,6 – абсорбер, 7 – розкислювач, 8 – регенератор, 9 – колонний апарат,
10 – теплообмінник, 11 – збірник

Рисунок 1 – Технологічна схема очистки коксових газів

Метою даної роботи є модернізація установки очистки коксових газів.

Перелік посилань:

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Коксовий_газ від 23.10.2017 року
2. <http://patents.su/5-1717619-sposob-ochistki-koksovogo-gaza-ot-serovodoroda.html> від 23.10.2017 року

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ

студентка Ішкіна Н.З. доцент Швед М.П.

Національний технічний університет України

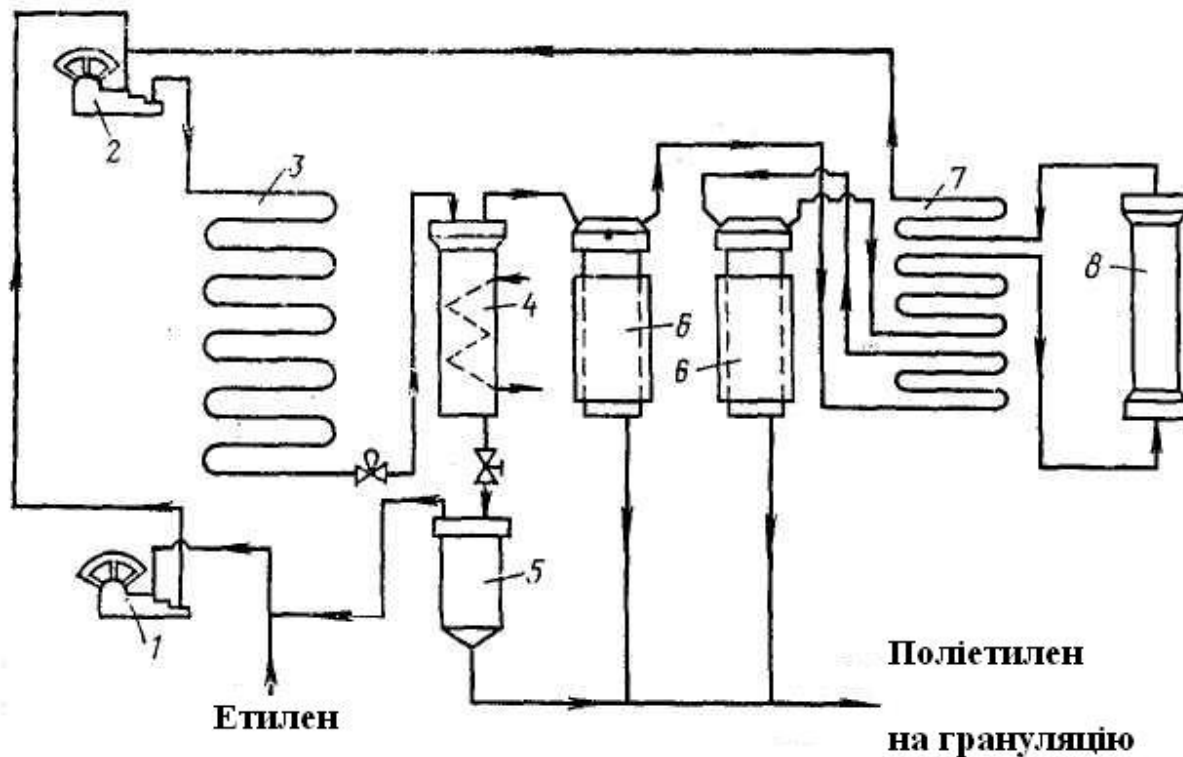
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Поліетилен є найпоширенішим матеріалом із групи поліолефінів. Його обсяг у загальному виробництві поліолефінів становить 75-78 %.

Поліетилен біологічно нешкідливий, тому він широко застосовується у медицині, житловому будівництві тощо. Завдяки високій хімічній стійкості поліетилен широко застосовується в хімічній промисловості для виробництва пластикових труб [1].

Поліетилен високого тиску отримують радикальною полімеризацією етилену при високому тиску (150—300 МПа) при температурі 200—260 °С. При цьому утворюється твердий поліетилен з довжиною ланцюжків макромолекул до 5000—6000 елементарних ланок і з середньою молекулярною масою понад 150000 кг/моль. Густина (щільність) матеріалу складає 910—930 кг/м³[2]. На рисунку 1 зображена схема виробництва поліетилену під дією високого тиску.

Етилен, що містить 0.01% кисню, компресором першого каскаду 1 попередньо стискається і компресором другого каскаду 2, тиск доводиться до робочого. Етилен поступає в реактор 3 і в зоні попереднього нагріву нагрівається. Теплота реакції відводиться гарячою водою. Із реактора продукти реакції через дросельний клапан, надходить в сепаратор високого тиску 4. Етилен, що не вступив в реакцію направляється циклонний обігрівальний сепаратор 6, в якому відділяється пил полімера. Згодом, газ проходить через холодильник 7. Із сепараторів газ проходить в колону сухої очистки 8, після чого охолоджується і надходить у компресори.



1 - компресор першого каскаду; 2 - компресор другого каскаду; 3 - реактор; 4, 5, 6 - сепаратори; 7 - холодильник; 8 - колона сухої очистки
зворотнього етилену

Рис.1 – Схема отримання поліетилену під дією високого тиску

Із вище наведеної схеми стає зрозуміло, що теплообмінне обладнання в установці займає значне місце. Тому модернізація теплообмінника 7 з метою покращення техніко-економічних показників установки є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Шпик И.Ш., Азерский С.А. "Технология пластических масс", «Высшая школа» 1975 - 374с
2. В.В. Корсак "Технология пластических масс", "Высшая школа" 1985 - 562с

УДК 662.758.2

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ УПОВІЛЬНЕНГО КОКСУВАННЯ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ

студент Калюжний Д.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

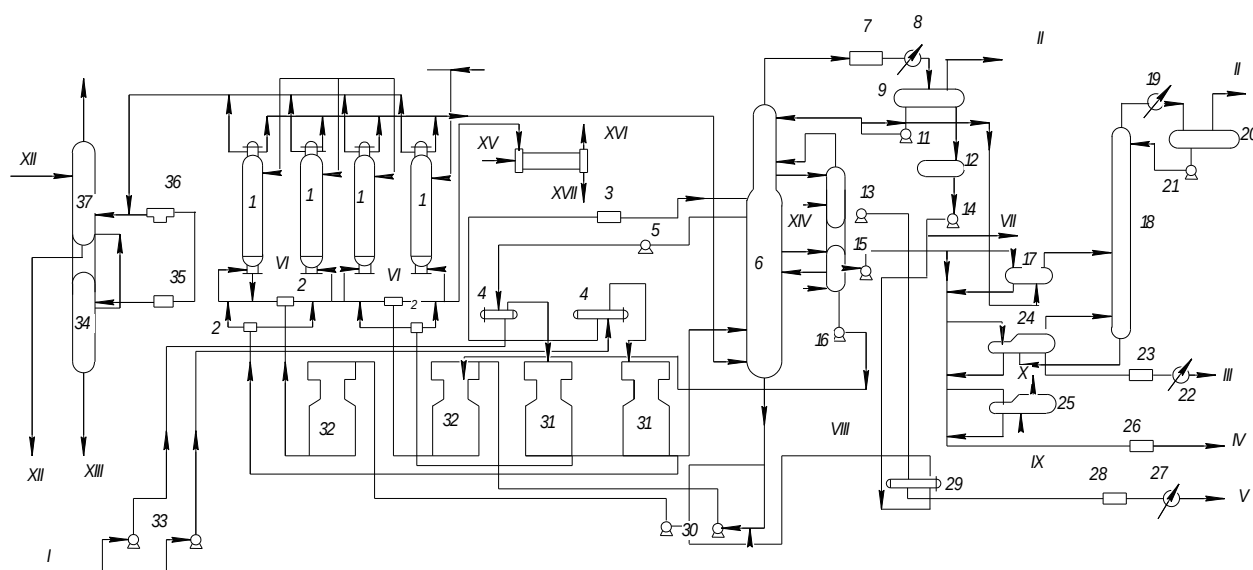
Нафтовий кокс - застосовується у виробництві анодів і графітованих електродів, що використовуються для електролітичного отримання алюмінію, сталі, магнію, хлору тощо. У виробництві карбідів, в ядерній енергетиці, в авіаційній і ракетній техніці, в електро- і радіотехніці, в металургійній промисловості, у виробництві кольорових металів в якості відновника і сульфідовмісних матеріалів.

Коксування – це різновид термічних процесів, і для нього характерні ті ж хімічні перетворення, які відбуваються при термічному крекінгу. Сировиною пристроїв коксування є залишки перегонки нафти - мазути, гудрони, виробництва масел - асфальти, екстракти, термokatалітичних процесів - крекінг-залишки, важка смола піролізу, важкий газойль каталітичного крекінгу і ін. За кордоном, крім того, використовують кам'яновугільні та нафтові пеки, сланцеву смолу, важкі нафти з бітумовмісних пісків і ін. [1].

Основні вимоги до якості сировини визначаються призначенням процесу і типом устаткування. Зокрема, для устаткування уповільненого коксування при виробництві електрод-1ЮГ0 коксу вміст компонентів підбирається так, щоб забезпечити отримання коксу заданої якості (ГОСТ 22898-78) [2]. Технологічна схема коксування зображена на рисунку 1.

Сировина після підігріву в печах 31, подається на фракційну ректифікаційну колону з якої отримується додаткова кількість газів та світлих нафтопродуктів. Кубові залишки ректифікаційної колони 6, додатково підігрівається в печах 32 і подаються в першу та третю або другу та четверту коксові камери. Після завершення процесу коксування кокс охолоджується

водою та ріжеться водяними різачками. Після вивантаження кокс осушується в барабанних печах. Димові гази і пари, що утворилися очищаються в скруберах 34,37.



1-коксіві камери; 2-перемикаючі крани; 3,7,23,26,28,35 –конденсатори повітряного охолодження; 4,17,29-теплообмінники; 5,11,13-16,21,30,33- насоси; 6-ректифікаційна колонна; 8, 19, 22, 27-холодильники; 9, 20-газосепаратори; 10-відпарні колони; 12,34-ємності; 18-стабілізаційна колонна; 24,25-кип'ятильники; 31,32-печі; 36- фільтр; 37-скруббер.

Рисунок 1—Модернізація установки уповільненого коксування з розробкою холодильника бензину.

I-сировина; II-газ; III-бензин; IV-важкий газойль; V-лелегий газойль; VI-кокс; VII-водяний конденсат; VIII-турбулізатор; IX-хімічно очищена вода; X-пара; XI-антипінна присадка; XII-воді в відстійниках; XIII-важкі нафतेпродукти; XIV –водяна пара.

Модернізація спрямована на покращення енергетично-економічних параметрів барабанної сушарки.

Список літератури.

1. Ластовкін Г. А., Радченко Е. Д., Рудін М. Г. Справочник нафतेпереробтки. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
2. ГОСТ 22898-78

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ З ВДОСКОНАЛЕННЯМ КОВПАЧКОВОЇ ТАРІЛКИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ

студент Кичак Р.В., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Натуральний оцет є харчовим продуктом із значним вмістом оцтової кислоти, який традиційно отримується в результаті мікробіологічного синтезу за допомогою оцтовокислих бактерій з харчової спиртовмісної сировини. В якості живильного середовища застосовують сусло, яке представляє собою водний розчин ряду мінеральних солей та етилового спирту, які бактерії перетворюють в оцтову кислоту [1].

В промислових умовах оцтовокисле бродіння проводять безперервним способом при глибинному культивуванні оцтовокислих бактерій в батареях послідовно з'єднаних ферментаторів.

Процес проводять таким чином, щоб із п'ятого ферментатора виводилася культуральна рідина з концентрацією оцтової кислоти не нижче 9 % і не вище 9,2 – 9,3 % [2].

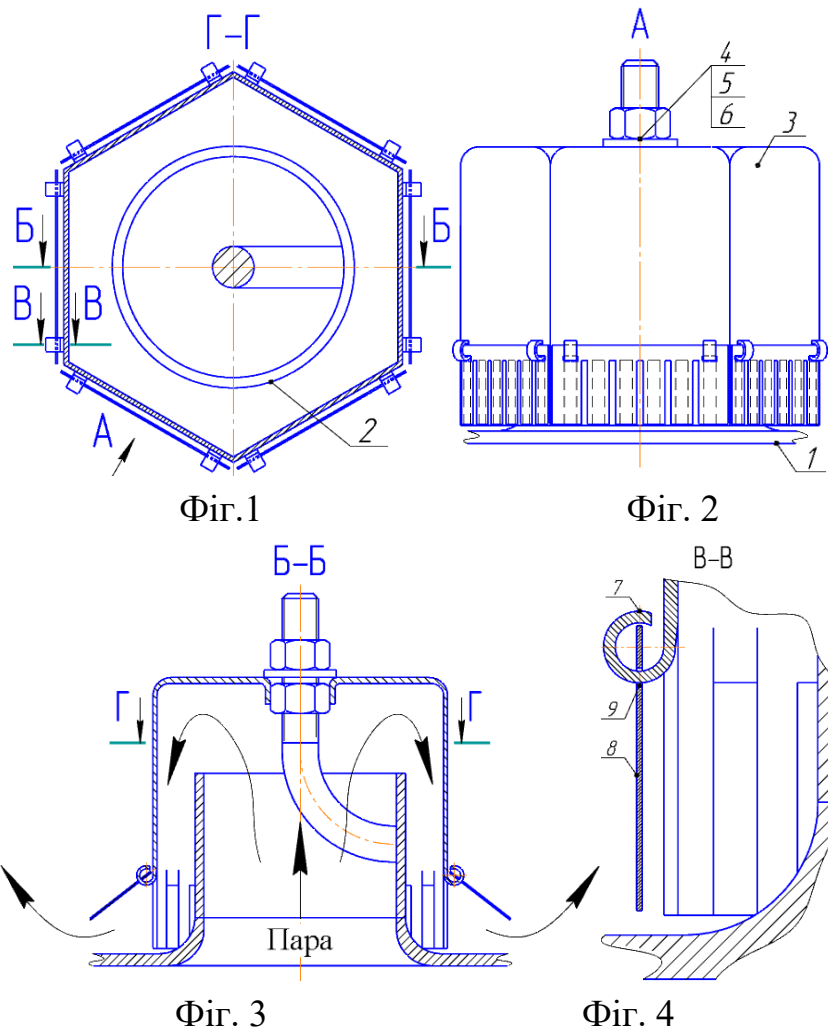
Метою даної модернізації є впровадження в технологічну схему ректифікаційної колони куди відводитиметься частина 9 %-ї кислоти для держання оцтової есенції з концентрацією 70 %.

Для підвищення інтенсивності масообміну та забезпечення практично постійної швидкості потоку при різних витратах пари було змінено конструкцію ковпачка тарілки ректифікаційної колони та додано розподільчий елемент. Поставлена задача вирішується тим, що в тарілках на кожному ковпачку кріпиться засіб для регулювання прохідного перерізу ковпачка.

Згідно з технічним рішенням, ковпачок виконано у вигляді шестигранної призми з вертикальними прорізами, де на кожній грані за гачки, біля його крайніх прорізів, кріпляться засоби для регулювання прохідного перерізу ковпачка. Пристрої виконано у вигляді розташованих зовні ковпачка пластин з вертикальними прорізами в їх нижній частині, які кріпляться через два крайніх отвори в них. Прорізи пластин зміщені відносно прорізів ковпачка так щоб перекрити його прорізи та зроблені меншої ширини ніж у нього [3].

Дана конструкція самовільно регулює прохідний переріз ковпачка зі зміною витрати пари, тим самим забезпечуючи практично постійну швидкість потоку. За проходження пари через прорізи пластини потік додатково турбулізується, та дробиться, що підвищує інтенсивність масообміну.

Корисна модель пояснюється кресленнями: на фіг. 1 – поперечний розріз ковпачка (Г-Г); на фіг. 2 – його вид збоку (А); на фіг. 3 – поперечний розріз (Б-Б); на фіг. 4 – розріз стінки ковпачка через його кріпильний елемент (В-В).



Запропоноване технічне рішення призводить до значної інтенсифікації процесу масообміну, збільшення площі поверхні контакту фаз та підтримання практично постійної швидкості потоку за різної витрати пари

Перелік посилань.

1. <http://journals.uran.ua/atbp/article/viewFile/36963/33241> від 20.10.2017 р.
2. Мосичев М. С., Складнев А. А., Котов В. Б. М 83 Общая технология микробиологических производств. М.: Легкая и пищевая пром. 1982. – 264 с.
3. Заявка u 201710097

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА У СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ ПІД ДІЄЮ НИЗЬКОГО ТИСКУ

студентка Ковба А.М., к.т.н., доцент Швед М.П.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

У світі надзвичайно широка сфера виробництва поліетилену, який використовують у різних галузях промисловості, сільському господарстві та в побуті. Поліетилен - це один з найстаріших полімерів, що залишається незамінним для виробництва пакетів, плівок, контейнерів, каністр. Існує декілька схем виробництва поліетилену: низького, середнього та високого тиску.

Поліетилен низького тиску (ПНТ) – це полімер високої щільності, що отримується внаслідок реакції полімеризації етилену при низькому тиску. Для нього характерна лінійна структура, ступінь полімеризації від 1000 до 50000, температура плавлення 129-135°C, температура розм'якшення близько 60°C, висока кристалічність, розчинність в ароматичних вуглеводнях при температурі вище 120°C [2]. В порівнянні з марками поліетилену високого тиску, ПНТ має поліпшені експлуатаційні характеристики : вища твердість, жорсткість та більша міцність при розтягуванні. Технологія синтезу цього матеріалу значно складніша, і з'явилася набагато пізніше в порівнянні з поліетиленом високого тиску.

Процес виробництва ПНТ складається з наступних стадій: приготування каталізаторного комплексу; полімеризація поліетилену; розпадання залишків каталізаторного комплексу та промивка поліетилену від продуктів розпаду каталізатора; сушка та усереднення поліетилену; стабілізація, фарбування та грануляція; регенерація розчинника та промивного розчину.

На рисунку 1 наведена найпоширеніша схема виробництва ПНТ. В даній схемі з вагових мірників 1 і 2 диетилалюмінійхлорид і чотирьоххлористий титан потрапляють в апарат 3 для змішування, а потім в апарат 4, куди подається необхідна кількість бензину (концентрація комплексу 1 г/л). Розчин каталізаторного комплексу в бензині через проміжну ємність 5 подається безперервно насосом вниз полімеризатора 6, де відбувається полімеризація по безперервній схемі. Потім суспензія перемішується в реакторі шляхом

барботажу циркулюючого етилену, який нагнітається газодувкою через газовідділювач 11 в нижню частину реактора 6. Суспензія вивантажується через автоматично діючі клапани.

Циркуляція парогазової суміші відбувається за допомогою газодувки 7. Потім ця суміш потрапляє в скруббер 9, де відбувається очищення від частинок полімеру. Далі бензин (конденсат) із скрубера 9 подається насосом 8 через холодильник 10 на зрошення скрубера, а потім в полімеризатор.

Охолоджений в холодильнику 10, етилен нагнітається газодувкою в газовідділювач 11. Потім суспензія поліетилену в бензині потрапляє з реактора полімеризації в збирач 12. Після обробки спиртом суспензію віджимають на центрифугі 13. Після віджиму розчин потрапляє в апарат 14, звідки іде на регенерацію. Віджятий полімер подається на гарячу та холодну водну промивку в промивач 15, звідси на центрифугу 16. Згодом подається пневмотранспортом в сушарку 17. [1]

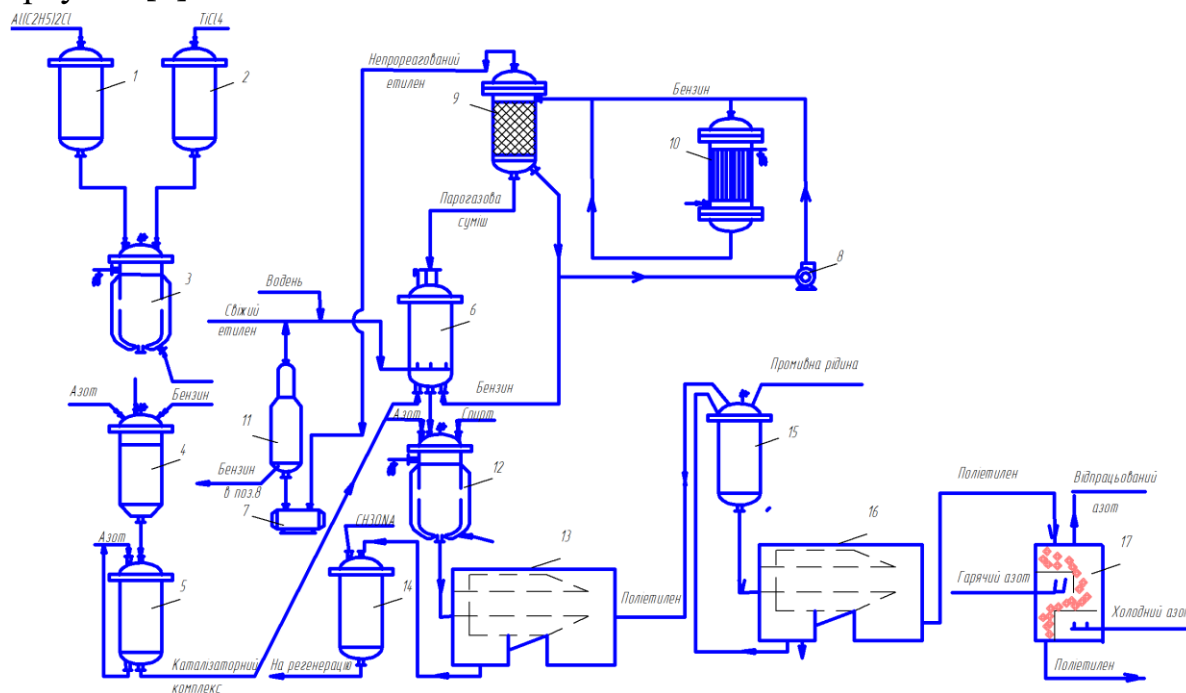


Рисунок 1 – Схема виробництва поліетилену низького тиску

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що виробництво поліетилену низького тиску - це дуже громіздкий, складний та довготривалий процес. Модернізування в даній схемі теплообмінника дозволить покращити питомі показники установки та зменшити енерговитрати.

Перелік посилань:

1. И.Ш. Пик, С.А. Азерский Технология пластических масс. Изд. "Высшая школа", 1975 г., 375 с
2. http://www.eximpack.com/publikacii/polietilen_nizkogo_davleniya/ від 20.10.2017 р.

ПЛІВКОВИЙ ВИПАРНИЙ АПАРАТ

студент Король А.Ю., к.т.н., ст. викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

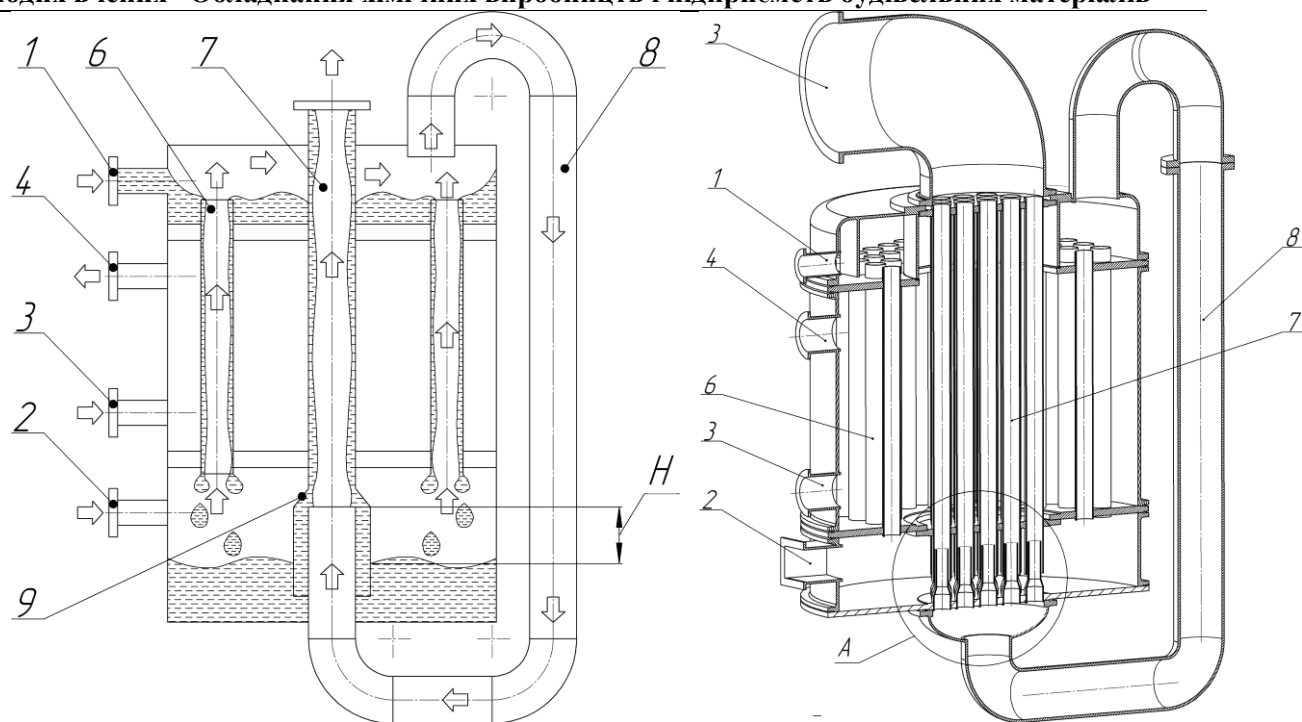
Карбамід використовується в таких галузях як: хімічна, біотехнологічна, харчова, фармацевтична та апаратах холодильної техніки. Виглядає він, як безбарвний кристали без запаху, що розчиняються у воді, рідкому аміаку, та етанолу. Технічний карбамід є кристалами білого або жовтого кольору. Чистий карбамід містить понад 46% азоту.

Важливим процесом виробництва карбаміду є його випарювання перед стадію грануляції. Відповідно до нормативних документів [1] вміст плаву після грануляції має бути в межах 0,3% (визначається методом сушки), а плаву перед грануляцію – не більше 3,5%. Плав випарюється у потоці сушильного агенту, стікаючи плівкою по стінкам труб. На кінцевій стадії процесу лімітує дифузія води у плівці плаву, для інтенсифікації запропоновано використати висхідний рух плівки у другій частині апарату.

Модернізований плівковий випарний апарат містить труби з низхідним рухом плівки розчину та труби з висхідним рухом плівки розчину, причому низхідний рух забезпечується силою гравітації, а висхідний дією потоку повітря, який рухається значно швидше, ніж у трубах з низхідним рухом плівки розчину.

Розчин послідовно проходить труби з низхідним рухом плівки розчину та труби з висхідним рухом плівки розчину, при чому волога з розчину за рахунок масообміну переходить до повітря, а концентрація розчину збільшується. Підвищення швидкості повітря у трубах з висхідним рухом плівки розчину досягається зменшенням кількості цих труб, порівняно з кількістю труб з низхідним рухом плівки розчину. Висхідний рух плівки є турбулентним, що дозволяє досушити концентровані, та відповідно в'язкі розчини.

Дана модернізація реалізована в [2], рисунок 1.



1 – штуцер подачі розчину, що випарюється; 2 – штуцер подачі повітря; 3, 4 – штуцера подачі, виводу теплоносія; 6, 7 – труби з стікаючою плівкою розплаву, та висхідним рухом плівки; 8 труба циркуляції повітря; 9 – вузол дозування розплаву.

Рисунок 1 – Схема модернізованого плівкового випарного апарату

Гідравлічний опір потоку повітря у трубах з низхідним рухом плівки та циркуляційній трубі забезпечую підйом плаву до пристрою дозування.

Висновок: у трубах з висхідним рухом плівки створюються умови турбулентного гідродинамічного режиму, що в свою чергу забезпечує інтенсивний перенос вологи до поверхні плівки за рахунок конвекції, а використання повітря після низхідної частини апарату дозволяє зменшити його питомі витрати.

Перелік посилань.

1. ГОСТ 2081-75 Карбамид. Технические условия. – Издательство стандартов, 2002
2. Заявка на патент України. МПК(B01D 1/22). Плівковий випарний апарат / Король А. Ю., Двойнос Я.Г; заявник і патентовласник вони ж. – № u201709633; заявл. 02.10.2017

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДГРІВАЧА ОБЕЗСОЛЕНОЇ ВОДИ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІПРОПІЛЕНУ

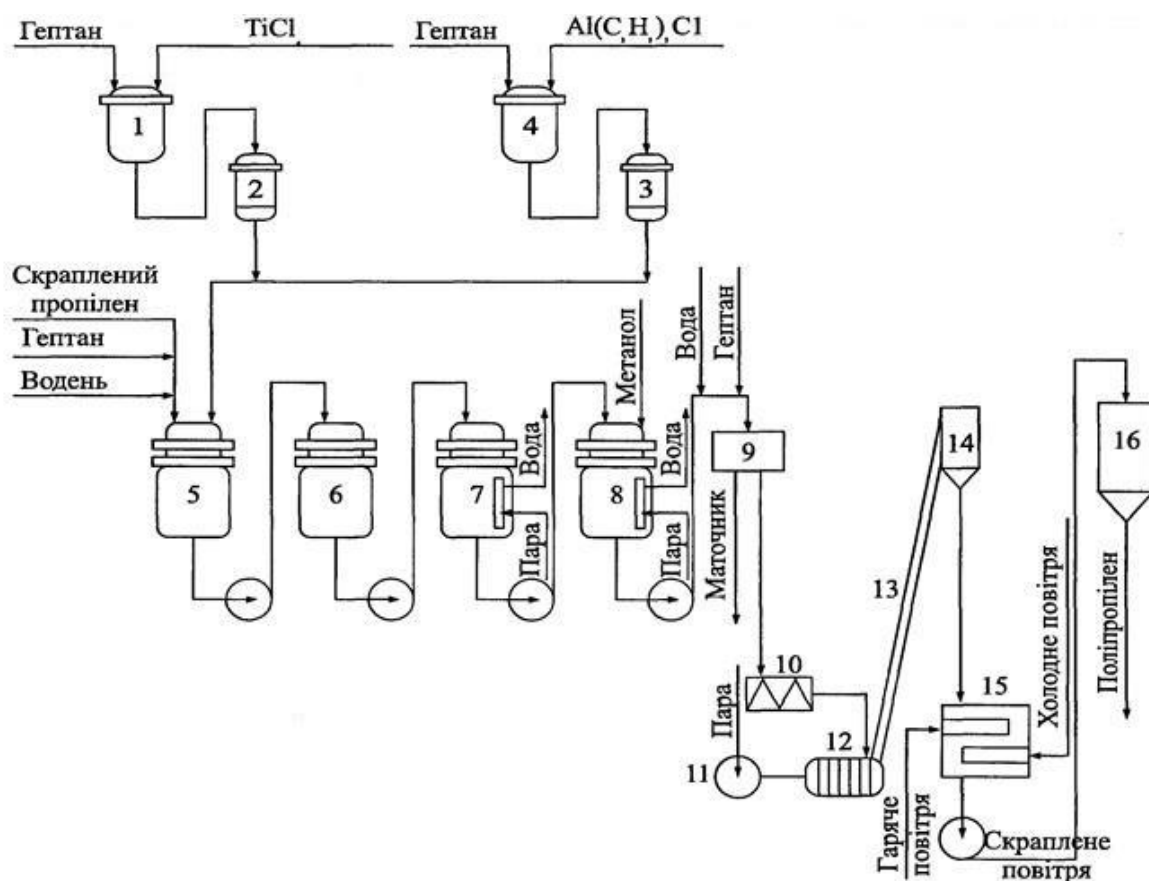
студент Креденцер І.Д., к.т.н., доцент Швед М.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Поліпропілен - синтетичний термопластичний неполярний полімер, що належить до класу поліолефінів. Продукт полімеризації пропілену. Тверда речовина білого кольору.

Технологічна схема виробництва поліпропілену



Технологічна схема виробництва поліпропілену суспензійним методом: 1, 4 змішувачі-диспергатори; 2, 3- мірники; 5, 6, 7 полімеризатори; 8- дегазатор; 9 - центрифуга; 10 живильник; 11 - вентилятор; 12 - підігрівач обезсоленої води; 13, 15 - сушарки; 14 - бункер; 16- проміжна ємність

Для виробництва поліпропілену суспензійним методом [1] використовують високоефективний каталізатор на основі відомих каталізаторів типу Циглера-Натта.

Каталізаторний комплекс готують в апаратах-змішувачах (1) і (4). Полімеризацію проводять в трьох послідовно з'єднаних полімеризаторах (5), (6) і (7). У реактор (5) подають гептан, який використовують як розчинник, а також спеціально очищений пропілен з вмістом основного продукту не менше 99,7%. Сюди ж направляють суспензію каталізаторного комплексу. Полімеризація відбувається в трьох апаратах при 60 ° С і тиску 0,1 МПа. Плинність полімеру регулюється подачею водню. Суспензію поліпропілену після полімеризатора (7) направляють в апарат (8) і дезактивують каталізаторний комплекс подачею метанолу. Утворену суспензію промивають водою і направляють на центрифугу (9). Отриманий ізотактичний поліпропілен висушують спочатку в сушарці (13), а потім подачею гарячого азоту, і направляють в бункер (15). Надалі полімер направляють на стадію грануляції. Відходи метанолу подають на регенерацію і повертають в процес. Гептан, який відокремлюють на центрифугу, відганяють у випарних апаратах і отримують атактичний полімер.

Із наведеної вище схеми стає зрозуміло, що найбільш габаритним комплексом обладнання лінії виробництва поліпропілену є підігрівач обезсоленої води[2]. Тому модернізація такого підігрівача з метою покращення техніко-економічних показників установки є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Коршак В.В. Технология пластических масс –М., 1985. - 562с.
2. Корнієнко Я.М., Лукач Ю.Ю., І.О. Мікульонок та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 300с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ

студент Крестошина О.П., к.т.н., доц. Зубрій О. Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Лимонна кислота $C_6H_8O_7$ – це органічна кислота, розчинна у воді, спирті і ефірі. У воді лимонна кислота дисоціює, її аніон називають цитратом. Лимонна кислота є трьохосновною оксикислотою, яка кристалізується з водних розчинів з однією молекулою води у вигляді безбарвних прозорих ромбічних призм.

Лимонна кислота широко використовується в харчовій, медичній, хімічній та інших видах промисловості. Харчова лимонна кислота виходить за допомогою ферментації цукровмісних середовищ (бурякова маса, цукор-пісок) грибом *Aspergillus niger*.

Моногідратна лимонна кислота має молекулярну масу 210 г/моль, густину 1540 кг/м³, температуру плавлення 70 – 75°C. Розчинність у воді 162 г/100 мл при 25 °C. Піддається термічному розкладу при нагріванні до 175°C. Може викликати подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, шлунку, а також шкіряного покриву та очей.

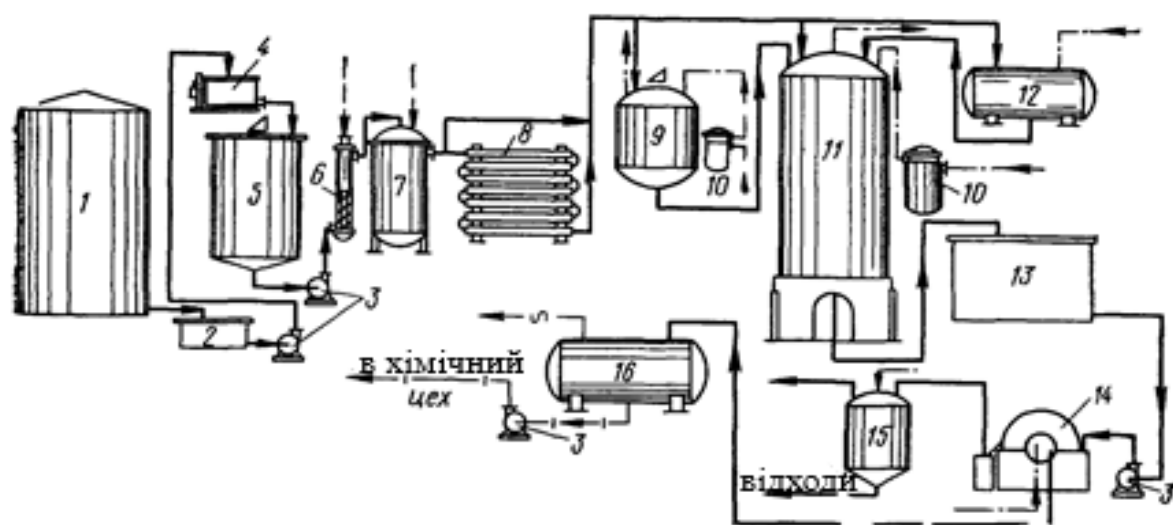
Приготування середовища завершується в основному ферментаторі і складається з наступних послідовних операцій.

У варильному апараті кип'ятять водопровідну воду (25-30% від обсягу ферментату) і направляють її в стерилізаційну установку, де стерилізують при температурі 128-130 °C, і після охолодження переводять в ферментатор. Розчини поживних солей (KH_2PO_4 , NH_4Cl , $MgSO_4$, $ZnSO_4$) готують в гарячій воді в тому ж апараті, і після пропускання їх через стерилізаційну установку направляють в ферментатор.

Потім в варочному апараті готують мелясний розчин. Мелясу розбавляють водою в співвідношенні 1: 1 і обробляють гарячим розчином ЩКА, як зазвичай. Розчин кип'ятять 5 – 10 хв, доводять рН до 6,8 – 7,2,

кип'ятять 10-20 хв і обробляють розчином гексаціаноферроата калію, після чого кип'ятять ще 5 – 10 хв і перевіряють на вміст вільного гексаціаноферроата.

Перевіряють і коригують рН в межах 6,8 – 7,2. Мелясна суміш, пройшовши стерилізацію установки, надходить в ферментатор. Отриману речовину розбавляють стерильною водою до обсягу 60 м³ (в ферментаторі геометричним об'ємом 100 м³) з урахуванням внесення посівного міцелію. Концентрація цукру в середовищі повинна бути близько 3%, температура 32-34° С.



1 – видатковий бак для меляси, 2 – проміжний бак, 3 – насоси, 4 – ваги,
5 – варильний апарат, 6 – стерилізаційна колонка, 7 – витримувач,
8 – холодильник, 9 – посівний ферментатор, 10 – фільтр, 11 – основний ферментатор, 12 – ємність для мелясного середовища, 13 – збірник культурної рідини, 14 – барабанний вакуум фільтр, 15 – збірник для міцелію, 16 – збірник для фільтрованої культурної рідини з наступних послідовних операцій.

Рисунок – Технологічна схема цеху глибинної ферментації

Метою роботи є розробка стерилізатора. Запропоновано замінити стерилізаційну колонку (позиція 6) на кожухотрубний теплообмінник.

Перелік посилань:

1. В.А. Смирнов “Пищевые кислоты (Лимонная, молочная, винная)” Москва “Лёгкая и пищевая промышленность” 1983. – 362 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ З РОЗРОБКОЮ АБСОРБЕРА

студент Кушнірук В.М., ст.викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Біогаз - продукт, який використовується, як паливо для теплових установок.

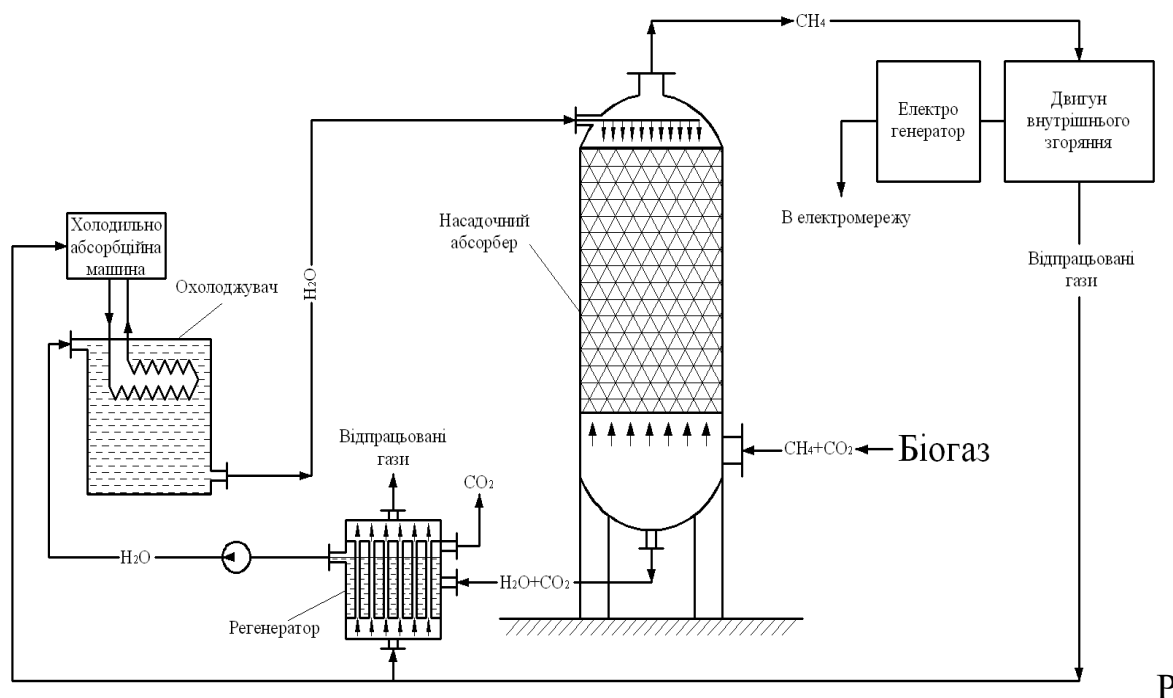
Запаси природного газу не безмежні і це дорогий продукт, тому використання біогазу значно економніше. Біогаз добувається за допомогою переробки біомаси (соломи, листя, жому).

Біогаз являє собою суміш метану (CH_4) та вуглекислого газу (CO_2), концентрація останнього компонента може сягати 50 – 70%. Якщо отриманий біогаз при таких співвідношеннях CH_4 та CO_2 використовувати в якості палива для двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) когенераційної установки, буде ускладнюватися її запуск, а робота супроводжуватися нестабільними характеристиками (частота обертання, крутний момент, потужність). Тому використанням біогазу в якості горючого газу в ДВЗ потребує видалення з нього CO_2 .

Для очистки біогазу від CO_2 використовують методи очистки із застосуванням насадкових абсорберів.

Принципова схема такого способу очистки представлена на рисунку 1 [1]. Вода в абсорбер подається у верхній його частині, вона розпилюється форсунками та рівномірним шаром стікає до низу по насадкам абсорбера. Біогаз подається в нижню частину та проходячи через канали утворені насадками відводиться з верхньої частини абсорберу. Вода в абсорбері контактує з біогазом та поглинає CO_2 , який у ньому містився. Вода з розчиненим в ній вуглекислим газом відводиться в нижній частині абсорберу, після чого направляється в регенератор. Регенерація води, або видалення з неї

вуглекислого газу відбувається за рахунок нагрівання, який здійснюється шляхом підведення до неї відпрацьованих газів ДВЗ. Виділений вуглекислий газ з регенератора направляється на компримування (стискання), або інші потреби. Очищена від CO_2 вода направляється в охолоджувач де зменшує свою температуру та знову подається на зрошення насадок абсорберу, цикл повторюється.



исунок 1. – Технологічна схема очищення біогазу від вуглекислого газу

Абсорбер є ключовим апаратом технологічної схеми, роль якого полягає у вилученні компонентів газової суміші шляхом розчинення їх в рідині – абсорбенті (поглиначі). В таких умовах модернізувати потрібно саме абсорбер, тому модернізацію доцільно спрямувати на підвищення ефективності роботи насадки шляхом встановлення в середині насадки пристроїв для гасіння піни.

Література:

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты атмосферы от газовых выбросов. Учебное пособие по проектированию. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2003. – с.:ил., 12 библиогр.

ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ З АНАЛОГАМИ

студентка Лапа М.С, к.т.н., доцент Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Масило – це рідкі суміші високиплячих вуглеводів з температурою кипіння 300 - 600°C, головним чином алкілнафтоєвих і алкілароматичних, отримуються за допомогою переробки нафти [1].

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

Метою даного дипломного проекту є модернізація малотоннажної установки очистки мастила. З цією метою передбачено виконання необхідних розрахунків відпарної колони, дефлегматора та холодильника.

Ректифікаційні колони зі ступінчастим (дискретним) контактом фаз є колони, всередині яких на певній відстані один від одного по висоті колони розміщують горизонтальні перегородки - тарілки. Тарілки служать для розвитку поверхні контакту фаз при направленому русі цих фаз (рідина тече згори вниз, а пара проходить у вигляді бульбашок або цівок від низу до верху) і багаторазовому взаємодії рідини і пара.

За конструкцією запропонована в даному проекті відпарна колона з ковпачковою тарілкою суттєво відрізняється від колони насадкової. По – перше вона має масообмінну ковпачкову тарілку, по – друге більшу поверхню контакту фаз, по – третє потрібно менші розміри колони, по – четверте в'язкі і забруднені рідини не потребують спеціальних конструктивних доповнень. Порівняльна характеристика відпарної колони наведена в таблиці 3.1 [2].

Конструкція відпарної колони з ковпачковою тарілкою суттєво відрізняється від колони з сітчастою тарілкою. По – перше, при занадто малій швидкості пари рідина не може просочуватися через отвори тарілки на нижче

розташованими тарілку, що не призводить до істотного зниження рушійної сили процесу ректифікації. По-друге, ці тарілки не чутливі до забруднень і осадівм. Крім того в сітчаті тарілки повинні бути розташовані строго горизонтально, тому що інакше газ (пара) буде проходити через частину отворів, не стикаючись з рідиною.

Таблиця 3.1 - Порівняльна характеристика відпарної колони.

Параметр	Колона насадкова	Колона з сітчатими тарілками	Апарат , що проектується
Продуктивність кг/с (бали)	1,389 (1)	1,389 (1)	1,389 (1)
ККД	0,3 (3)	0,2 (1)	0,4 (5)
Розміри, м (бали): - висота - діаметр	10,5 (3)	14 (1)	8,0 (5)
	0,8 (1)	0,6 (3)	0,4 (5)
Сума балів	8	6	16

Після проведеного аналізу була запропоновано модернізувати установку очистки мастила шляхом встановлення до відпарної колони тарілок іншої конструкції. У результаті модернізації зросла загальна продуктивність установки, що дало проектний економічний ефект у розмірі 64,6тис. грн. на рік.

За результатами роботи отриманий деклараційний патент України на корисну модель № u 115606, Бюл. №8 від 25.04.2017.

Перелік посилань

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

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛА

студент Левченко М.О. к.т.н., доцент Швед М.П.

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

Полістирол— полімер, який відноситься до класу ненасичених ароматичних вуглеводів. Він хімічно стійкий, водостійкий, безбарвний, прозорий, розчиняється в ароматичних та хлорованих вуглеводах, легких та важких ефірах.

Технологічна схема процесу одержання емульсійного полістиролу періодичним способом зображена на рис.1.

Стирол надходить в полімеризатор (3), з мішалкою і зворотним холодильником. Попередньо в полімеризатор подають демінералізовану воду, нагріту до 50 °С, і при перемішуванні – емульгатор і розчин їдкого натру. Після перемішування реакційної суміші в полімеризатор вводять також розчин ініціатора в воді. Суміш нагрівають (4) до 65- 70 °С. Подальше підвищення температури до 85-95 °С відбувається за рахунок виділення теплоти екзотермічної реакції. Загальна тривалість процесу 5-6 г; Отриманий продукт являє собою тонкодисперсну стійку суспензію. Для виділення полістиролу проводять коагуляцію суспензії розчином алюмокалієвих галунів. Для цього реакційну суміш повільним струменем подають в осаджувач(6), в якому знаходиться розчин галунів. Суміш продувають гострою парою, нагрівають її до 75-85 С, перемішують протягом 1,5-2 ч, додають аміачну воду, відокремлюють матковий розчин і полімер промивають гарячою водою. Після осадження полімеру матковий розчин спускають в систему очищення стічних вод. Промитий в апараті (7) і віджатий від води на центрифугі(9) полістирол передають в сушарку (10). Сушку здійснюють в сушарках з киплячим шаром, а також в пневмосушарках, що представляють собою трубу з гвинтовою насадкою. Висушена полістирол просівають на вібраційному ситі (11) і передають на упаковку.

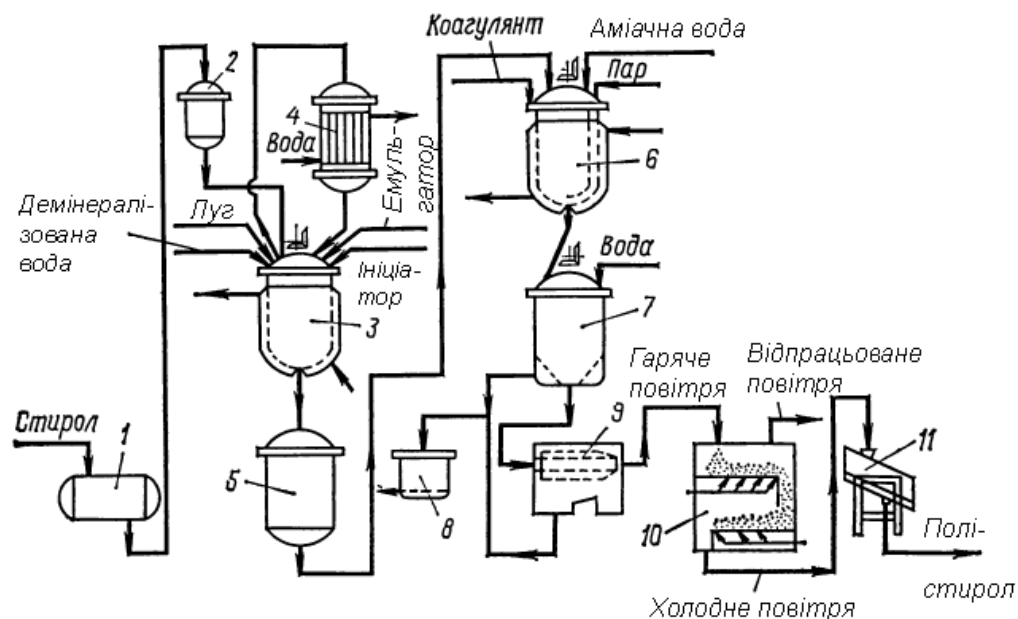


Рис.1– Схема процесу виробництва емульсійного полістиролу періодичним способом

1-сховище стиролу; 2 - мірник; 3 - полімеризатор; 4 -кожухотрубний теплообмінник; 5 - проміжна ємність; 6 - осаджувач; 7 - промивач полістиролу; 8 - пастка; 9-центрифуга НОГШ; 10-сушарка з киплячим шаром; 11-вібраційне сито.

Із наведеної вище схеми стає зрозуміло, що теплообмінне обладнання в наведеній схемі займає значне місце [2]. Тому модернізація теплообмінника для нагрівання суміші з метою покращення техніко-економічних показників установки є актуальною задачею.

Перелік посилань:

1. Коршак В.В. Технология пластических масс—М., 1985. - 562с.
2. Корнієнко Я.М., Процеси та обладнання хімічної технології / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О.Мікульонок., В.Л. Ракицький, Г. Л. Рябцев// – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 300с.

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЙНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БАРОМЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ

студ. Лещенко О.А., к. т. н., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вода має для людини фізіологічне, гігієнічне, промислове і господарське значення. Сучасне місто використовує води з розрахунку на одну людину 300-500 л/добу, що значною мірою перевищує мінімальну потребу у воді однієї людини (25 л/добу) [1].

В Україні існує питання дефіциту водних ресурсів та якості питної води. У деяких містах та окремих регіонах відхилення від норми становить 70-80%. Навіть підземні води далеко не скрізь відповідають вимогам, які висуваються до питної води. В результаті неякісну воду для питних потреб використовує значна частина населення [1].

Традиційні способи видалення забруднюючих речовин з води мають недоліки роботи, які полягають в необхідності використання хімічних реагентів, низькій ефективності та громіздкості обладнання. Мембранні процеси є поширеними, оскільки вони здатні зменшити кількість обладнання, переробити технологічну воду і відновити цінні продукти для інших потреб [1, 2].

Одним з основних обмежень в роботі мембранного обладнання є явища концентраційної поляризації та утворення неорганічних та органічних осадів на поверхні мембрани. Концентраційна поляризація це явище, що полягає у підвищенні концентрації розчинів біля поверхні мембрани. Концентраційна поляризація виникає через різницю проникності між розчинником і розчиненою речовиною [2].

Ці явища не лише погіршують техніко-економічні показники процесів мембранного розділення, але й ускладнюють опис і моделювання процесів.

З врахуванням цих явищ, потік через мембрану може бути представлений [2]:

$$J = \frac{\Delta p - \Delta \pi}{\mu R_T}$$

де Δp – трансмембранний тиск, Па; $\Delta \pi$ – трансмембранна різниця осмотичних тисків, Па; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості розділюваного розчину, Па·с; R_T – загальний опір перенесенню речовини через мембрану, м²/м³. Загальний опір перенесенню визначається як сума таких [2]:

$$R_T = R_m + R_{cp} + R_c + R_p$$

де R_m – опір мембрани м²/м³; R_{cp} – опір шару концентраційної поляризації м²/м³; R_c – опір шару осаду, м²/м³; R_p – опір заблокованих пор.

Опір мембрани залежить лише від її структури та матеріалу і може бути легко виміряною. В той же час, як зазначається в [2], незважаючи на екстенсивні дослідження, фундаментальні механізми та процеси, що включені до утворення шару концентраційної поляризації та осадів на поверхні мембрани повністю залишаються не визначеними.

В останні роки були розвинені методи визначення опору шару осаду, тоді як надійних методів визначення опору шару концентраційної поляризації в джерелах не було виявлено. Тому визначення залежності опору шару концентраційної поляризації від робочих параметрів є актуальною задачею. Метою даної роботи є визначення впливу технологічних параметрів на величину опору концентраційної поляризації та отримання розрахункових залежностей для визначення R_{cp} .

Перелік посилань:

1. Запольський А.К., Мешкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник.- К.:Лібра. 2000. – 552 с.
2. Shirazi S., Lin C.-J., Chen D. Inorganic fouling of pressure-driven membrane processes – A critical review/ Desalination. – 2010.–Vol.250.–p.236-248.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ

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

Національний технічний університет України

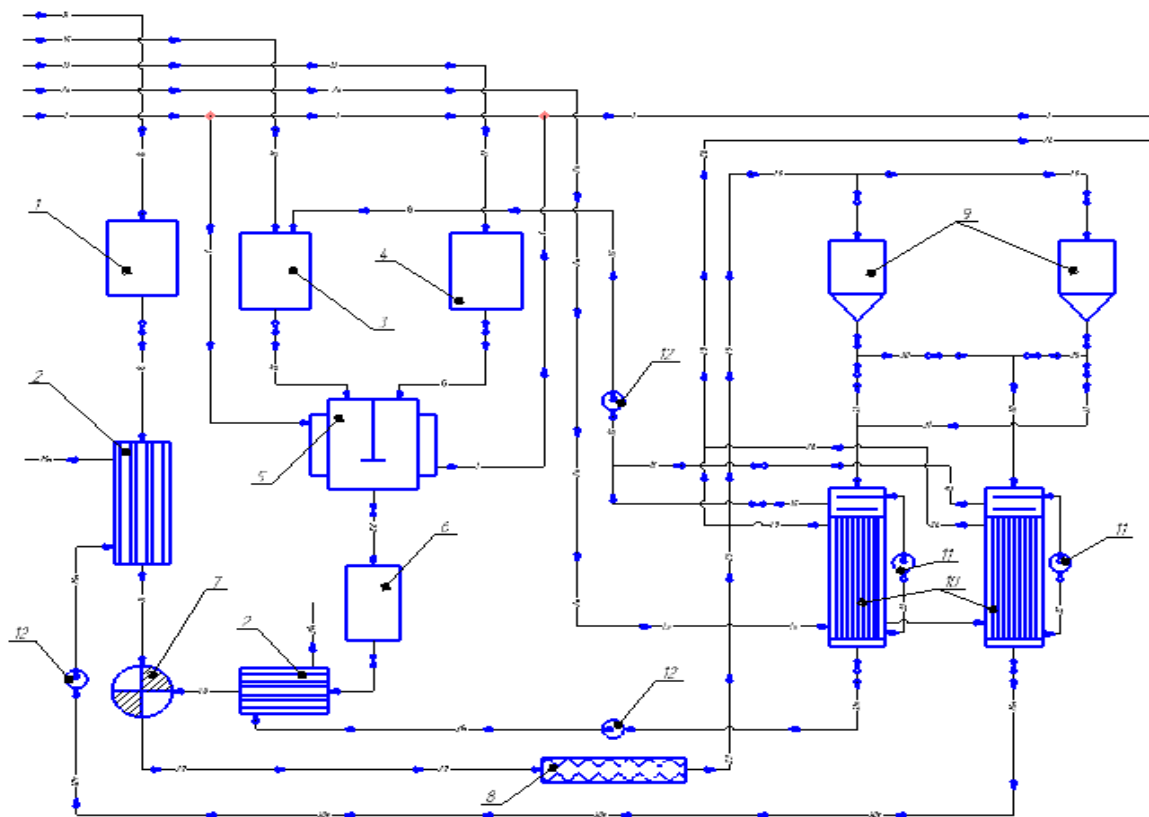
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Біодизель – рідке моторне біопаливо, яке являє собою суміш моноалкідних ефірів жирних кислот. Широко застосовується в чистому вигляді і в вигляду різноманітних сумішей з дизельним паливом [1].

Принципова схема лінії виробництва біодизеля зображена на рисунку 1 [2].

Рапсове масло з ємності 1 подається в теплообмінник 2, в якому нагрівається і направляється в роторно-пульсаційний апарат (РПА) 7. У свою чергу з ємностей 3 та 4 до реактора-змішувача 5 поступово надходять метанол і лужний каталізатор відповідно. З реактора-змішувача 5 розчин каталізатору подається в буферну ємність 6, в якій розчин відстоюється і приймає необхідні властивості. Далі готовий розчин каталізатору потрапляє в теплообмінник 2 та нагрівається і направляється в РПА 7, де багатократно перемішується з рапсовим маслом, в результаті чого утворюється однорідне рідке середовище. Воно надходить до реактора 8, а потім у відстійники 9, в яких відбувається поділ на легку та важку фази. Важка фаза – сирий (неочищений) гліцерин, що з часом осідає в нижній частині відстійників 9, а верхню частину наповнює сирий метиловий ефір. Наступним етапом є злив важкої фази з відстійників 9 до однієї з випарних установок 10, а легка фаза, в свою чергу, зливається до іншої випарної установки 10, в яких очищується від залишків метанолу та інших неповних продуктів реакції. Компресори 11 відводять частину отриманого продукту та перенаправляють до верхньої частини установки для отримання метанолу, який насосом 13 перекачується до ємності 3 на подальшу переробку. Очищена важка фаза (гліцерин) насосом 13 подається в теплообмінник 2, де охолоджується та йде на збір. Легка фаза (очищений метиловий ефір), який і

являє собою біопаливо, відводиться насосом 13 до теплообмінника 2, в якому охолоджується, а потім підлягає збору.



1 – ємність для рапсового масла; 2 – холодильник; 3 – ємність для метанолу; 4 – ємність для каталізатора; 5 – реактор-змішувач; 6 – буферна ємність; 7 – РПА; 8 – реактор; 9 – відстійник; 10 – випаровувач; 11 – компресор; 12 – насос.

Рисунок 1 – технологічна схема виробництва біопалива

Зменшення матеріалоємності на енерговитрат є метою дипломного проекту: «Модернізація установки виробництва біодизеля з розробкою реактора, випарного апарату та теплообмінника»

Перелік посилань:

1. <http://www.biotoplivo.ru/biodiesel/>
2. Журнал «Промышленная теплотехника» - 2013, т.35 выпуск 7, с.155-159

ЗНИЖЕННЯ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ І ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ МІЖТРУБНОГО ПРОСТОРУ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»

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

Національний технічний університет України

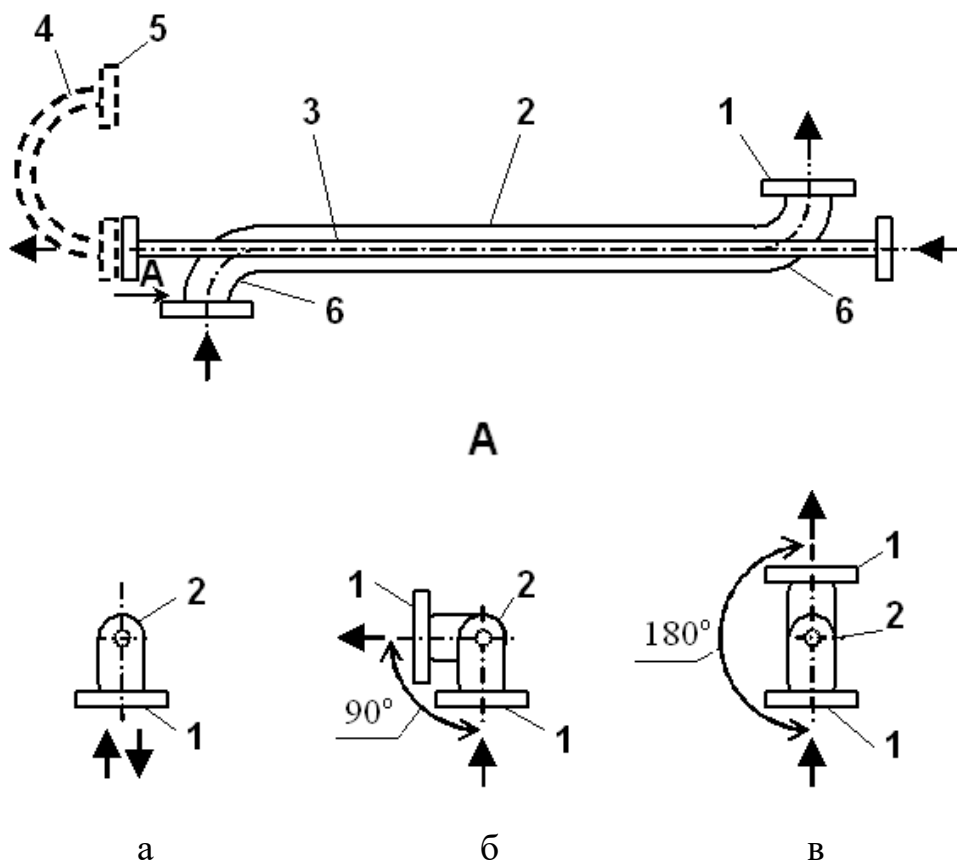
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Типовий розбірний теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них прямолінійні внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями. Недолік такого теплообмінника – відносно велика матеріалоемність, спричинена наявністю патрубків зовнішніх труб як окремих деталей або складальних одиниць.

Для зменшення матеріалоемності, а також гідравлічного опору міжтрубного простору теплообмінника пропонується патрубки утворювати у вигляді зігнутих на 90° кінцевих ділянок зовнішніх труб. Така конструкція дає змогу відмовитися від патрубків як окремих деталей або складальних одиниць, що знижує матеріалоемність теплообмінника. При цьому плавний згин кінцевих ділянок зовнішніх труб сприяє зниженню гідравлічного опору міжтрубного простору теплообмінника [1]. Розташування же кінцевих ділянок кожної із зовнішніх труб в одній площині без повороту одна відносно одної, з поворотом одна відносно одної на 90° чи 180° забезпечує складання теплообмінника майже з довільним розташуванням зовнішніх труб у просторі, що розширює технологічні можливості теплообмінника в цілому, а також робить його компактним, що також знижує його матеріалоемність.

Модернізований теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них прямолінійні внутрішні труби 3, з'єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, при цьому патрубки 1 утворено у вигляді зігнутих на 90° кінцевих ділянок 6 зовнішніх труб 2. Кінцеві ділянки 6 кожної із зовнішніх труб 2

можуть бути розташовано в одній площині без повороту одна відносно одної або повернуто одна відносно одної на 90° чи 180° (див. рисунок).



1 – патрубок; 2 – зовнішня труба; 3 – внутрішня труба; 4 – калач, 5 – фланець;

6 – кінцева ділянка зовнішньої труби

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі» з розташуванням кінцевих ділянок зовнішніх труб в одній площині без повороту одна відносно одної (а), з поворотом на 90° (б) і на 180° (в)

Перелік посилань:

2. Заявка на патент України. МПК (2017.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Мішуков С. Г.; заявник і патентовласник вони ж. – № у 201708938; заявл. 07.09.2017.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ

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

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

Глутамінова або α -аміноглутаровая кислота, присутня в організмі людини як у вільній формі, так і в складі різних низькомолекулярних речовин і білків.

Глутамінова кислота і глутамін знаходяться в центрі всіх видів обміну, поєднуючи білковий, вуглеводний і жировий обмін, а також обмін нуклеїнових кислот і біогенних амінів.

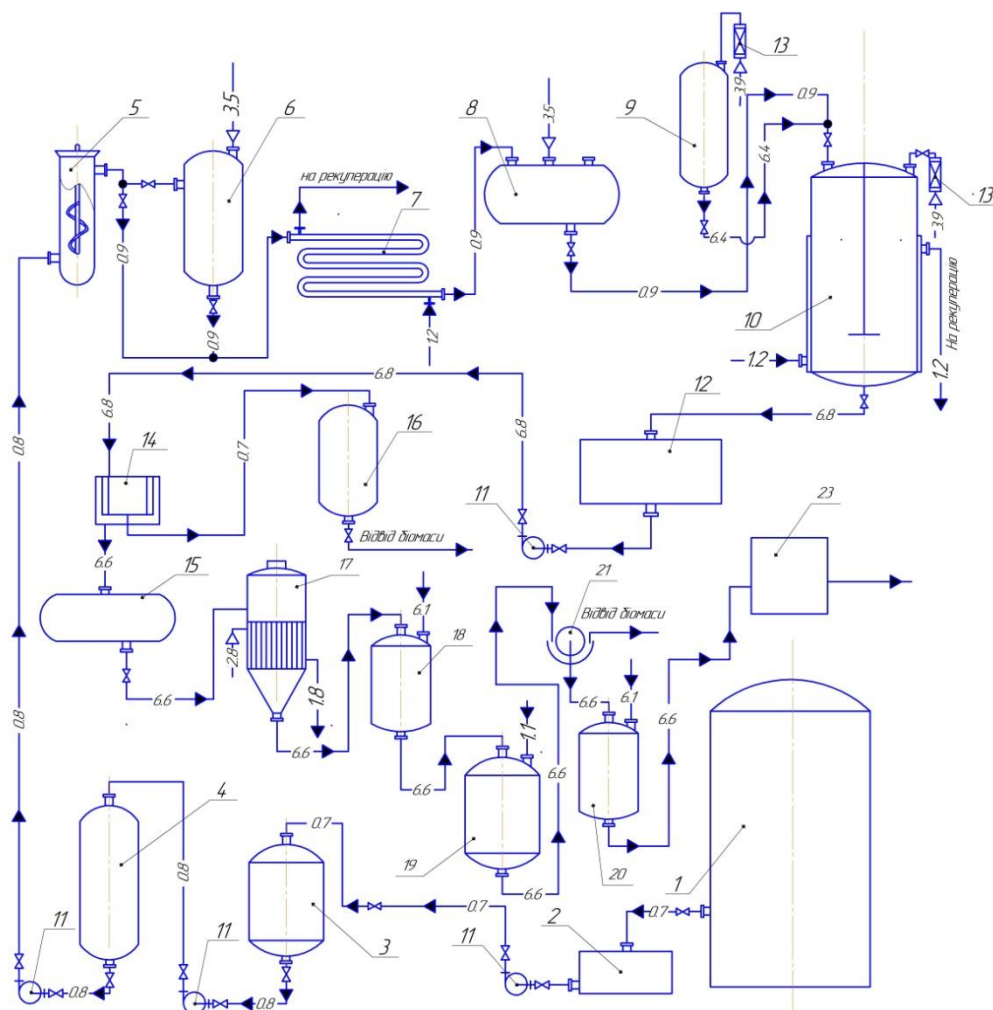
Її широко використовують у харчовій промисловості для поліпшення харчової цінності та смакових якостей продуктів та медицині при лікуванні багатьох психічних і нервових розладів і захворювань.

Відомо декілька способів отримання глутамінової кислоти: гідроліз різних білків, синтез хімічний, ферментативний з α -кетоглутарової кислоти і мікробіологічний.

Але найбільш перспективним і широко використовуваним способом виробництва глутамінової кислоти є мікробіологічний синтез. Промислове значення для отримання глутамінової кислоти мають бактеріальні культури родів *Micrococcus*, *Brevibacterium*, *Microbacterium*, *Corynebacterium* [1].

Нижче на рисунку 1 приведена технологічна схема отримання глутамінової кислоти.

Метою роботи є: модернізація установки виробництва глутамінової кислоти з розробкою реактора, теплообмінного та випарного апаратів для інтенсифікації виробництва.



- 1 – сховище м'яси; 2 – проміжна ємність для м'яси;
 3 – реактор-змішувач; 4 – проміжна ємність; 5 – стерилізаційна колона;
 6 – витримувач; 7 – теплообмінник; 8 – збірник поживного середовища;
 9 – посівний апарат; 10 – реактор; 11 – насос; 12 – збірник культуральної рідини; 13 – індивідуальний повітряний фільтр; 14 – центрифуга; 15 – збірник фільтрату; 16 – збірник біомаси; 17 – вакуум-випарний апарат;
 18, 20 – кристалізатор; 19 – реактор-змішувач; 21 – барабаний-вакуум фільтр; 23 – сушарка

Рисунок 1 – Технологічна схема отримання глютамінової кислоти

Перелік посилань

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

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ БЕНЗОЛ-МЕТИЛБЕНЗОЛ

студ. Нурадінов І.А., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

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

Промислово бензен добували із фракцій кам'яновугільної смоли, але з середини 20-го сторіччя практично весь промисловий об'єм бензену виробляється дегідрогенізацією нафтової сировини. Бензен має цінні властивості як розчинник, але через його високу токсичність і канцерогенність таке використання наразі дуже обмежено. Ця сполука є сировиною для промислового органічного синтезу, більше двох третин бензену іде на виробництво циклогексану, кумолута етилбензену. Крім того, бензин використовують для синтезу багатьох інших органічних сполук і як розчинник [1].

Бензол можна отримати шляхом ректифікації бензол- метилбензолу. Процес ректифікації здійснюється в ректифікаційній колоні. Головним вузлом ректифікаційної установки є колона, в якій пара підіймається знизу доверху, а зверху донизу стікає рідина. Процес розділення бензолу-метилбензолу показано на технологічній схемі (рисунок 1).

Початкова суміш (бензол-метилбензол) із збірника 6 відцентровим насосом подається в теплообмінник, де підігрівається до температури кипіння. Підігріта суміш надходить до ректифікаційної колони 5 на тарілку, де відбувається живлення і змішування з флегмою, що стікає з верхньої частини колони. Стікаючи донизу, рідина взаємодіє з паром, що утворюється при кипінні кубового залишку в кубі. Внаслідок цього з рідини вилучається

низькокиплячий компонент (НКК). Пара, після збагачення НКК, піднімається догори і надходить у дефлегматор, а після конденсації – у сепаратор. У сепараторі конденсат ділиться на два потоки: один (флегма) повертається на зрошування колони, інший (дистилят) надходить у холодильник дистиляту, а далі – до збірника дистиляту. З нижньої частини колони безперервно відводиться кубовий залишок, який охолоджується в теплообміннику та надходить до збірника кубового залишку.

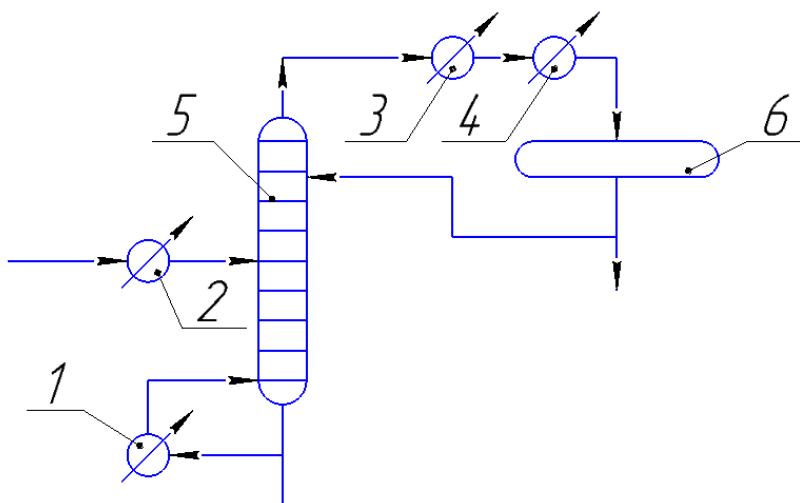


Рисунок 1–Технологічна схема отримання бензолу-метилбензолу

Вирішення питання модернізації ректифікаційної колони є важливою задачею [2].

Метою роботи є модернізація ректифікаційної колони, яка в даній технологічній схемі служить для отримання бензол-метилбензол.

Перелік посилань

1.<https://uk.wikipedia.org/wiki> від 25.07.2017

2. Основи проектування насадкових ректифікаційних колон: Навч. посібник/ В.Л.Ракицький, І.О.Мікульонок, Г.Л.Рябцев – К.: НМЦВО, 2000. – 200 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

студент Орел О. Ю., к.т.н., доц. Андреев І. А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Кожухотрубні теплообмінники є найбільш розповсюдженими в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та інших галузях промисловості.

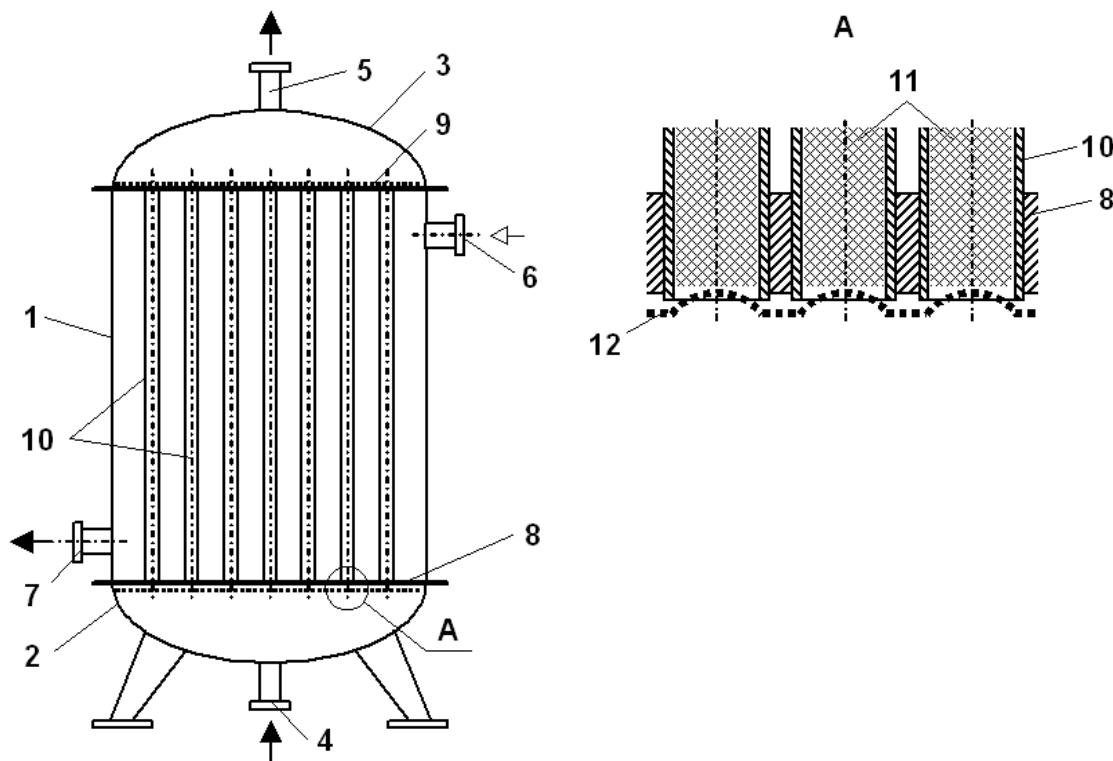
Кожухотрубний теплообмінник містить корпус, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них теплообмінними трубами. Недоліком такого теплообмінника є його низька ефективність у разі значного перевищення коефіцієнта тепловіддачі міжтрубного простору над коефіцієнтом тепловіддачі в трубному просторі (наприклад, у вертикальних конденсаторах).

Для поліпшення ефективності роботи теплообмінника в разі значного перевищення коефіцієнта тепловіддачі міжтрубного простору над коефіцієнтом тепловіддачі в трубному просторі було запропоновано теплообмінні труби заповнювати невідповідно розміщеними в них насадковими тілами з теплопровідного матеріалу [1].

Виконання теплообмінника із зазначеними ознаками забезпечує нагрівання розміщених у теплообмінних трубах насадкових тіл за рахунок їх контакту з теплообмінними трубами, а отже й підвищену тепловіддачу в трубному просторі по всьому об'єму теплоносія, а не лише в пристінному шарі поблизу теплообмінних труб. Виготовлення же насадкових тіл у вигляді металевих перфорованих кільцевих циліндрів не лише поліпшує умови теплообміну в трубному просторі, а й унеможливорює утворення в ньому застійних зон.

Запропонований кожухотрубний теплообмінник містить обичайку 1, дві кришки 2 і 3, штуцери 4-7, а також дві трубні решітки 8 і 9 із закріпленими в них теплообмінними трубами 10. При цьому теплообмінні труби 10 заповнено невідповідно розміщеними в них насадковими тілами 11 з теплопровідного

матеріалу, виконаних, наприклад, у вигляді металевих перфорованих кільцевих циліндрів. Утримання насадкових тіл 11 у теплообмінних трубах 10 може бути здійснено за рахунок перфорованих листів 12, закріплених між трубними решітками 8 і 9, а також кришками 2 і 3 (див. рисунок).



1 – обичайка; 2, 3 – кришки; 4-7 – штуцери; 8, 9 – трубні решітки; 10 – теплообмінні труби; 11 – насадка; 12 – перфоровані листи

Рисунок – Кожухотрубний теплообмінник

Наявність у теплообмінних трубах насадкових тіл сприяє підвищенню тепловіддачі в трубному просторі теплообмінника, що поліпшує ефективність роботи теплообмінника в разі значного перевищення коефіцієнта тепловіддачі міжтрубного простору над коефіцієнтом тепловіддачі в трубному просторі.

Перелік посилань:

1. Рішення № 23353/ЗУ/17 від 29.09.17 про видачу патенту України. МПК (2017.01) F28D 7/00, F28F 1/00. Кожухотрубний теплообмінник. / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Орел О. Ю.; заявник і патентовласник вони же. — № u201705788; заявл. 12.06.17.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ» УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ

студент Панченко Д.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Світлі нафтопродукти мають широке застосування в різноманітних промислових галузях та повсякденному житті. Останнім часом в нафтопереробній промисловості актуальним є виробництво світлих нафтопродуктів шляхом переробки промислових нафтових залишків. Одним із найефективнішим способом такої переробки є процес каталітичного крекінгу [1].

Гідроочищена сировина після попереднього нагрівання в теплообмінниках і печі змішується з рециркулятом, водяною парою і вводиться в вузол змішування прямоточного ліфт-реактора. Контактуючи з гарячим регенерованим каталізатором, що містить цеоліт, сировина випаровується та піддається крекінгу в прямоточному ліфт – реакторі і надходить в зону форсованого киплячого шару. Газокаталізаторна суміш надходить в відстійну зону реактора, де основна маса каталізатора відділяється від нафтових парів.

Метою роботи є модернізація теплообмінника «труба в трубі», який входить до установки каталітичного крекінгу.

Недолік такого теплообмінника – невисока ефективність через необхідність турбулізації потоку трубного простору за рахунок підвищення швидкості, що призводить до збільшення гідравлічного опору.

Для підвищення ефективності процесу теплообміну запропоновано забезпечити закручування потоку трубного простору новим конструктивним виконання калачів теплообмінника [2].

Сутність запропонованого технічного рішення пояснюється кресленнями, на яких зображено: на рис. 1 – загальний вигляд теплообмінника; на рис. 2 – поздовжній розріз калача. Теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між

собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 і розміщені в них внутрішні труби 3, з'єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, при цьому на внутрішній поверхні калачів 4 виконані спіральні ребра 6 (Рис. 1, 2). Кожний з калачів 4 також може бути виготовлено з двох зварених між собою штампованих половинок (Рис. 1, 2).

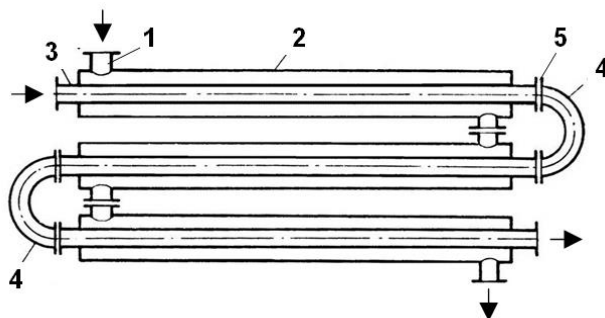


Рисунок 1 – Загальний вигляд теплообмінника

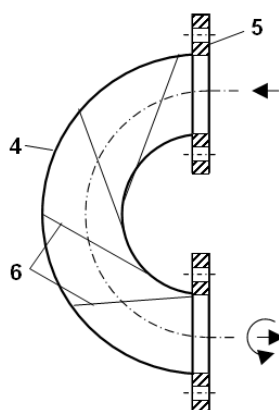


Рисунок 2 – Поздовжній розріз калача

Нове конструктивне виконання калачів теплообмінника забезпечує закручування потоку трубного простору, тим самим може сприяти підвищенню ефективності процесу теплообміну.

Перелік посилань:

1. Ластовкина Г. А., Радченко Е. Д., Рудина М. Г. Справочник нефтепереработки. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.

2. Позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель за результатами формальної експертизи № u 2017 05799; заявл.12.06.2017 р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»

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

Національний технічний університет України

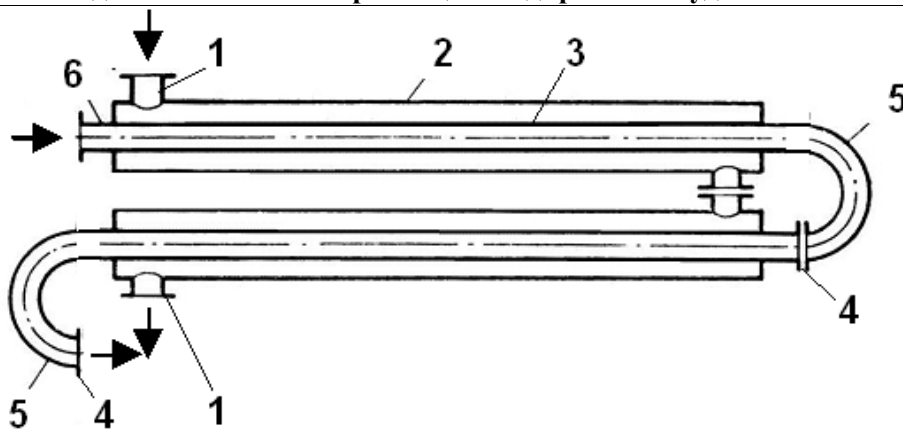
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

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

Типовий розбірний теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями. Недолік такого теплообмінника – відносно велика матеріалоємність, спричинена наявністю калачів з двома фланцевими з'єднаннями на їхніх кінцях.

Для зменшення матеріалоємності теплообмінник пропонується одну з кінцевих ділянок кожної з внутрішніх труб виконати зігнутою з кутом згину 180° , а другу – прямолінійною [1]. Виконання внутрішніх труб із зазначеними відмітними ознаками дає змогу відмовитися від калачів як таких і відповідно додаткових фланцевих з'єднань, що знижує матеріалоємність теплообмінника. Крім того, зменшення кількості фланцевих з'єднань також підвищує надійність теплообмінника.

Модернізований теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них внутрішні труби 3, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями 4. При цьому одну з кінцевих ділянок 5 кожної з внутрішніх труб 3 виконано зігнутою з кутом згину 180° , а другу (ділянку 6) – прямолінійною (див. рисунок).



1 – патрубок; 2 – зовнішня труба; 3 – внутрішня труба; 4 – фланець, 5 – зігнута кінцева ділянка внутрішньої труби; 6 – прямолінійна кінцева ділянка внутрішньої труби

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносій – по внутрішніх трубах 3, з'єднаних між собою за допомогою фланців 4.

Пропонована корисна модель знижує матеріалоемність теплообмінника та підвищує його надійність.

Перелік посилань:

3. Заявка на патент України. МПК (2017.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Пищик Б. І.; заявник і патентовласник вони ж. – № u 201708937; заявл. 07.09.2017.

ЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ ОСЬОВИЙ НАСОС

студент Пінчук А.Є., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Випарні установки з виносним циркуляційним насосом поширені у хімічній, харчовій та фармацевтичній галузі, і використовуються для згущення розчинів.

Пропонується модернізація випарної установки з метою збільшення її продуктивності за рахунок інтенсифікації циркуляції розчину карбаміду [1].

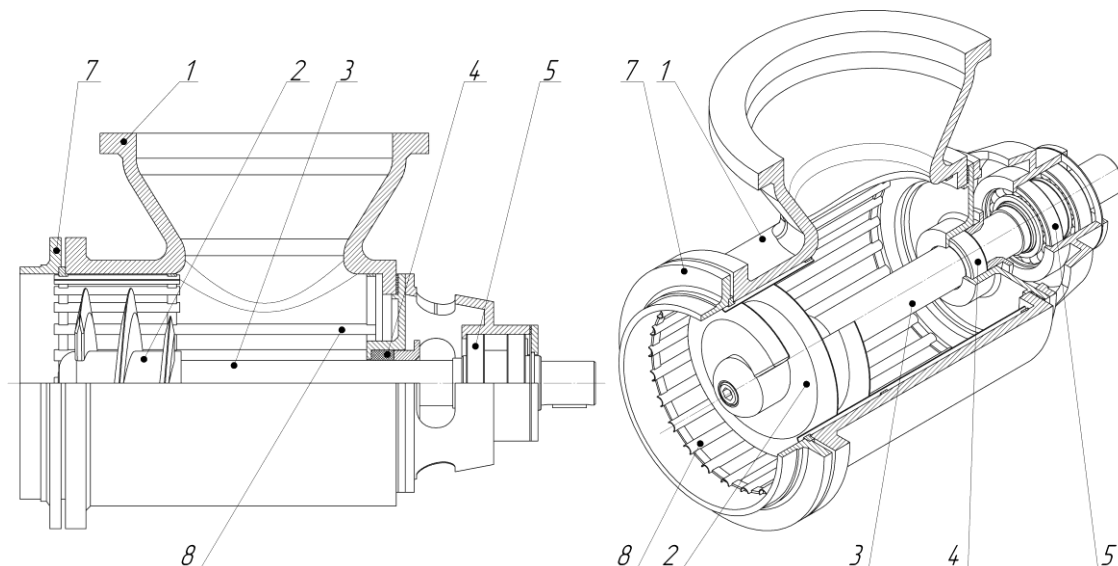
Насоси, які використовуються у випарних апаратах для випарювання розчину карбаміду – осьові, в процесі роботи швидкість обертання лопатей становить 500-1000 об/хвилину, що створює велику подачу рідини при відносно малому напорі в напрямі вісі робочого колеса.

Модернізація полягає у підвищенні напору, який створює циркуляційний осьовий насос без зміни швидкості обертання лопатей.

Поставлена задача вирішується тим, що на корпусі циркуляційного осьового насосу пропонується додатково встановити розрізані навпіл вздовж труби малого діаметру, причому труби розташовано по колу гвинта випуклою стороною до нього, на мінімальній відстані від поверхні корпусу [2]. Ці розрізані труби закріплені механічно, або приварені до бандажних кілець та фланця, який механічно затискається між фланцем корпусу насоса та фланцем напірного трубопроводу. Діаметр труб, які використовуються становить $1/15 \div 1/25$ діаметру поверхні насоса у зоні обертання гвинта, а кількість частин розрізаних труб становить $20 \div 30$.

При обертанні гвинт динамічно діє на рідину та надає їй швидкість у осьовому, радіальному та тангенціальному напрямках. Встановлення розрізаних труб по периметру корпусу гальмує тангенціальну складову швидкості потоку внаслідок турбулізації потоку і появі завихрень, таким чином

збільшується дія гвинта, яка пов'язана з силами інерції, оскільки тангенціальна швидкість поверхні гвинта відносно загальмованої рідини збільшується. Таким чином напір, що створює циркуляційний осьовий насос збільшується і досягається поставлена задача.



1 – патрубок всмоктуючий; 2 – гвинт; 3 – вал гвинта; 4 – ущільнення; 5 – підшипники; 7 – патрубок напірної магістралі; 8 – труби, розрізані навпіл.

Рисунок 1 – Модернізований циркуляційний насос установки випарювання розчину карбаміду

Висновок: збільшення напору циркуляційного насосу дозволяє зменшити шаг розташування теплообмінних труб і збільшити теплообмінну поверхню, та збільшити загальну продуктивність випарної установки.

Перелік посилань.

1. ГОСТ 2081-75 Карбамид. Технические условия. – Издательство стандартов, 2002.

2. Заяв. на патент України. МПК(F04D 3/00). Циркуляційний осьовий насос / Пінчук А. Є., Двойнос Я.Г; заявник і патентовласник вони ж. – № u201709632; заявл. 02.10.2017.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНТАКТНОГО ТЕПЛООБМІННИКА–КОНДЕНСАТОРА

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

Національний технічний університет України

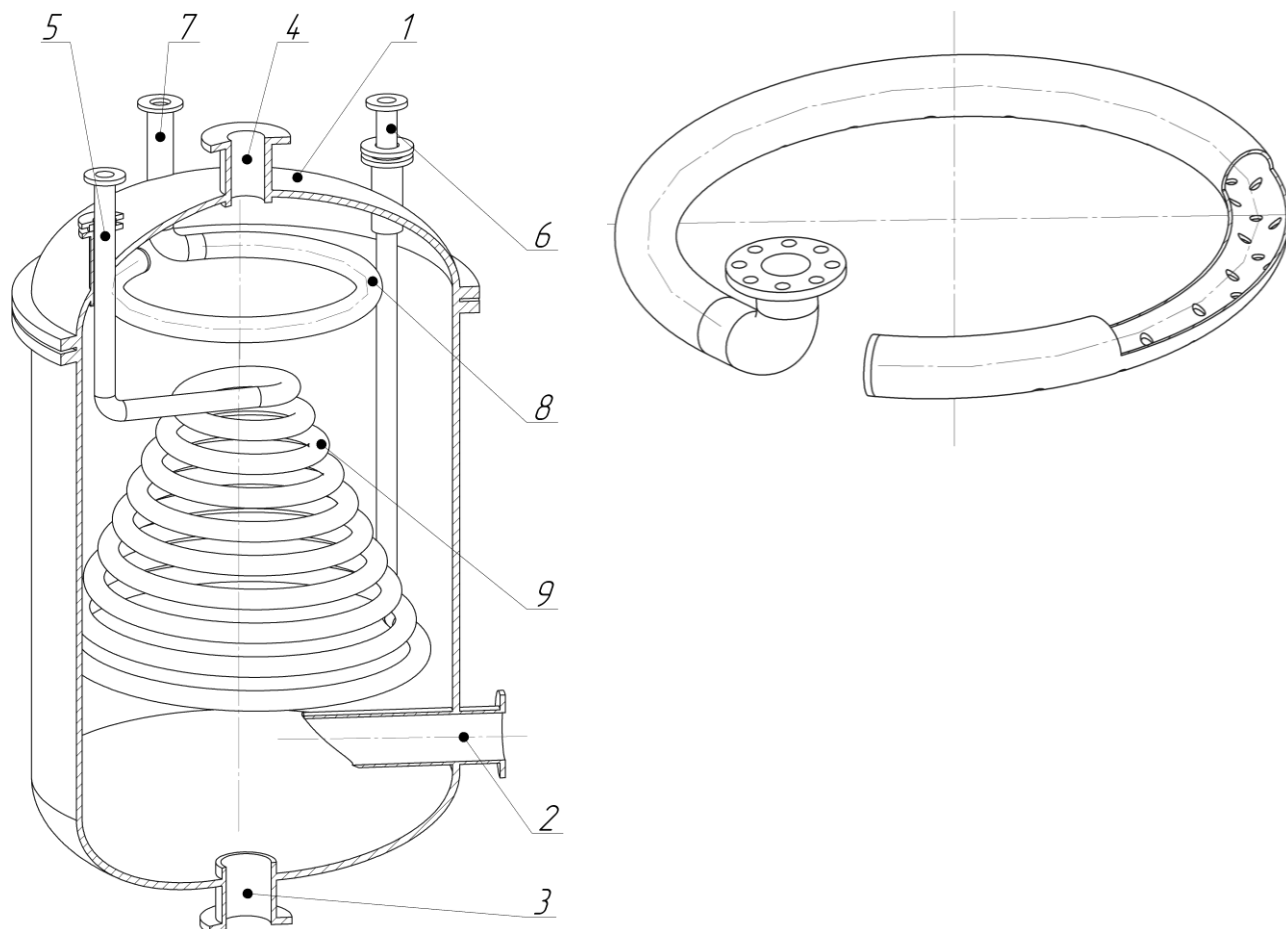
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Карбамід використовується в найрізноманітніших галузях в хімічних, біотехнологічних, харчових, фармацевтичних виробництвах та апаратах холодильної техніки. Виглядає він, як безбарвні кристали без запаху, що розчиняються у воді, рідкому аміаку й етанолі. Технічний карбамід є кристалами білого або жовтого кольору. Чистий карбамід містить понад 46 % азоту.

Важливим процесом виробництва є устаткування для компресії діоксиду карбону до тиску 16,5–18,5 МПа. Традиційно використовується каскадна схема з турбодетандером та двостадійним плунжерним компресором, сучасні технології компресії діоксиду вуглецю передбачають його попередню конденсацією, що дозволяє спростити компресійне обладнання та збільшити ККД процесу. Така технологія впроваджена на ПАТ «Одеський припортовий завод» і дозволяє використовувати плунжерні насоси для забезпечення тиску рідкого діоксиду вуглецю на подачі в колону синтезу. Для конденсації діоксиду вуглецю традиційно використовується кожухотрубний теплообмінник, недоліком якого є складність конструкції та великі розміри. Запропоновано обрати для реалізації процесу контактний конденсатор, з додатково розташованим спіральним змійовиком всередині, який охолоджує конденсат до температури нижче температури конденсації, причому для інтенсивного теплообміну спіральний змійовик розташовано вище рівня конденсату, що забезпечує плівковий режим руху конденсату на його поверхні, а для турбулентного режиму руху плівки спіральний змійовик виконано конічним таким чином, що плівка конденсату з верхнього витка проливається на

поверхню витка, розташованого нижче, послідовно обтікаючи всі витки.

Технічне рішення пояснюється кресленням, зображеним на рисунку 1.



1 – корпус; 2 –штуцер подачі пари; 3 – штуцер виходу конденсату;
4 – штуцер виходу газів які не сконденсувались; 5, 6 – штуцера
подачі/відводу теплоносія для охолодження; 7 – штуцер подачі
конденсату для зрошування; 8 – форсунка; 9 – спіральний змієвик.

Рисунок 1 - Схема конструкції контактного
теплообмінника – конденсатора та форсунки.

Висновок: Запропонована корисна модель нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє збільшити продуктивність при конденсації парів.

Перелік посилань:

1. Заяв. на патент України. МПК(МПК F28B 3/00). Контактний теплообмінник – конденсатор / Пінчук В.В., Двойнос Я.Г.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201709735; заявл. 05.10.2017.

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТУ-СИРЦЮ

студент Процюк О.О., ст.викл. Гулієнко С. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У хімічній промисловості метиловий спирт (метанол) застосовується в якості продукту багатьох промислових синтезів. У найбільших кількостях метиловий спирт використовується для отримання формальдегіду, а також в якості агенту метилювання у виробництві таких важливих продуктів як диметилтерефталат, метіонін, метилметакрилат, деяких пестицидів.

У нафтопереробній промисловості метиловий спирт служить селективним розчинником для очищення бензинів від меркаптанів і азеотропним агентом при виділенні толуолу ректифікацію. У суміші з етиленгліколем метиловий спирт застосовується для екстракції толуолу з бензинів.

Вміст домішок в спирті-сирці невеликий, проте зважаючи на утворення різних азеотропних сумішей для отримання чистого метилового спирту потрібно багаторазова ректифікація спирту-сирцю в поєднанні з екстракцією.

Схема такого очищення приведена на рисунку 1.

У колоні 1 зі спирту-сирцю відганяють диметиловий ефір, пари якого надходять в конденсатор 2. Конденсат відділяється від газів, в сепараторі 3 і надходять до збірника 4, звідки частина ефіру подається на зрошення колони, а решта спрямовується в сховище. Кубова рідина з колони 1 подається в колону 8, з якої відбирають три фракції – з трьох місць по висоті колони. З середніх тарілок відбирається концентрований метиловий спирт з невеликою кількістю низькокиплячих домішок, що обробляється в колоні 5; з кубової частини колони 5 виходить чистий метанол, який охолоджується в холодильнику 7 і перекачується на склад.

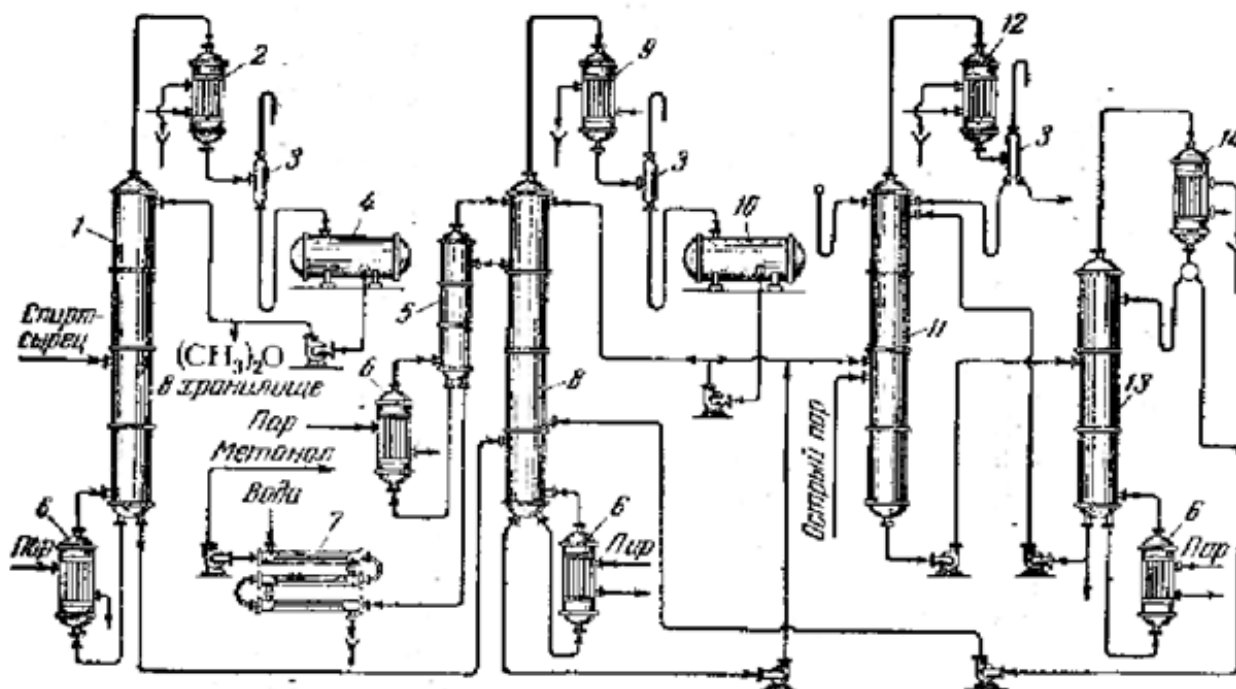


Рисунок 1. – Схема очистки метилового спирта-сырцю

З верхніх тарілок колони 8 відводять пари низькокиплячих сполук разом зі значною кількістю парів метанолу. Пари надходять в конденсатор 9; конденсат після відділення від газів в сепараторі передається до збірника 10. Частина цього конденсату використовується у вигляді флегми для зрошення колони 8, а решта надходить в колону екстрактивної перегонки 11. Кубова рідина з колони 8 також подається в колону 11.

Ключовим апаратом установки є ректифікаційна колона 5, в якій готовий продукт остаточно очищується від домішок, при модернізації установки доцільно вдосконалювати роботу саме даного апарату. Модернізація ректифікаційної колони 5 направлена на підвищення ефективності масообміну шляхом вдосконалення конструкції контактних пристроїв.

Перелік посилань:

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. – М.: «Химия», 1968 г., 848 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЦЕНТРИФУГИ ВІДЖИМУ ДЕРЕВ'ЯНОЇ СТРУЖКИ

студент Телестаков Є.А., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

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

Центрифуга віджиму дерев'яної стружки входить до складу лінії виробництва пелет і призначена для зневоднення стружки. Суттєвим недоліком існуючих конструкцій є те, що використання фільтруючої сітки викликає її швидке засмічення, що пов'язано з волоконною структурою матеріалу та значними відцентровими силами, що виникають при факторі розділення 1000 при кінцевому вловмісті 26% [1]. Засмічення фільтруючої сітки перешкоджає проковзуванню матеріалу по стінкам ротора, що не дозволяє отримати безперервну дію центрифуги. Періодичність роботи центрифуги має ряд недоліків, таких як витрати часу та енергії на розгін ротора, важкість очищення фільтруючої сітки, забезпечення рівномірності шару матеріалу що фільтрується.

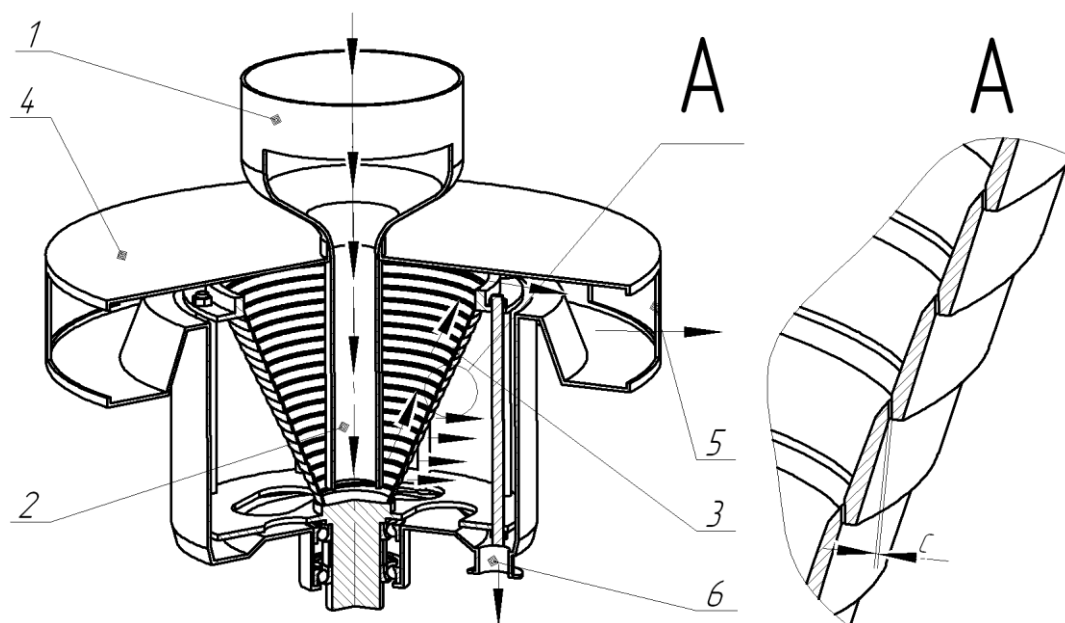
Існуючі конструкції шнекових центрифуг складні конструктивно та в обслуговуванні.

Пропонується модернізація ротора фільтруючої центрифуги віджиму дерев'яної стружки з метою запобігання її засміченню, рисунок 1, [2]. Фільтруюча сітка у новій конструкції відсутня, а ротор навито з металевієї полоси таким чином, що між витками утворюється щільний зазор, а сам ротор має форму конуса, та розташовано вертикально.

Така конструкція ротора дозволяє змінювати висоту та кут нахилу стінки, регулювати зазори між витками, через які фільтрується вода, що віджимається. Конічна форма дозволяє вивантажувати дерев'яну стружку без шнеку.

Запропонована конструкція ротора забезпечує безперервний режим роботи центрифуги: волога дерев'яна стружка з бункера (1) подається через центральний патрубок (2) до ротора центрифуги (3), де за рахунок відцентрових

сил волога з стружки вичавлюється на стінку ротора (3), та відводиться назовні через щілини між витками смужки, з якої виготовлено ротор.



1 – бункер, 2 – надлишкова волога, 3 – ротор, 4 – корпус, 5 – вихід сухої стружки, 6 – вихід фугату.

Рисунок 1 – Центрифуга віджиму дерев'яної стружки.

Висновок: конічна форма ротора дозволяє вивантажувати дерев'яну стружку без шнеку при її безперервній роботі, а навивка ротора з полоси забезпечує очищення щілин після їх закупорки твердими частинками та відкладеннями.

Перелік посилань:

1. Орлов В.В. Повышение эксплуатационных свойств топливной щепы из лесосечных отходов путем ее обезвоживания: дис. канд. техн. наук: 04.03.16 / Орлов Виталий Владимирович. – Санкт-Петербург, 2016. – 160 с.
2. Заяв. на патент України. МПК(B04B 3/00). Центрифуга / Телестаков Є.А., Двойнос Я.Г; заявник і патентовласник вони ж. – № u201707324; заявл. 03.07.2017.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СПІРАЛЬНОГО ТЕПЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ ГІДРООЧИСТКИ

студентка Тертус О.Г., к.т.н., доцент Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Мастило, використовують у всіх областях техніки, в залежності від призначення виконують наступні основні функції: зменшує коефіцієнт тертя між поверхнями, що труться, знижує інтенсивність зношування, захищає метали від корозії, охолоджує деталі, що труться, ущільнює зазори між спряженими деталями, видаляє з поверхонь, що труться забруднення і продукти зношування. Мастило слугує робочою рідиною в гідравлічних передачах, електроізоляційним середовищем в трансформаторах, конденсаторах, кабелях, мастильних вимикачів, використовується для змазок, присадок та ін. [1].

В зв'язку з тим, що мастило робиться з нафти, що містить сірку, сполуки кисню та метали, їх необхідно видалити. Для цього пропонується використовувати наступну схему (Рисунок 1) [2]. Схему використовують для покращення кольору і підвищення стабільності базових мастил.

Сировина (масло-сировина) через рекуперативні теплообмінники 5 та 4 подається до печі 1, де підігрівається до температури 280...325 °C та надходить до реактора 2. Отриманий продукт охолоджується в рекуперативному теплообміннику 4, подається на розділення до колон 6 та 7 і доочищення у колони 12 та 13. Гази з колони 13 очищаються від сірководню розчином МЕА у колоні 14, сірководень в розчині МЕА відводиться з низу колони, очищена водяна пара компресором 10 подається на пристрій змішування з сировиною. Очищене мастило з колони 12 охолоджується у рекуперативному теплообміннику 5 та очищається від твердих домішок у рамному фільтрі 3 а водяна пара з цієї колони відводиться на утилізатор тепла.

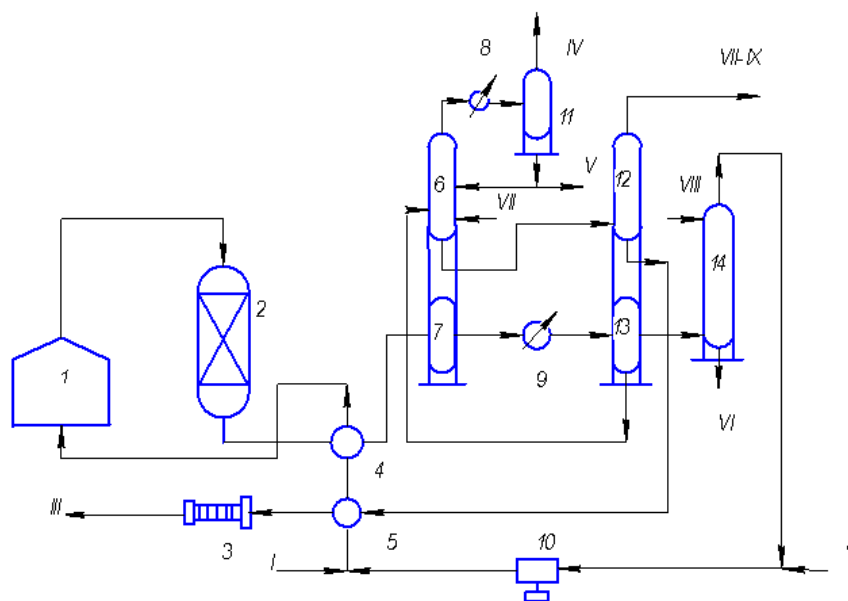


Рисунок 1– Технологічна схема

IV- вуглеводний газ; V- відгін; VI- сірководень в розчині МЕА;

Метою роботи є модернізація спірального теплообмінника блоку очистки мастила.

1. Справочник нефтепереработчика: Справочник /Под ред. Г.А. Фролкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина.- Л.: Химия,1968-648 с., ил.

71

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА–КОНДЕНСАТОРА

студентка Тищенко К. В., ст. викл., к.т.н., Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Обсяг виробництва карбаміду постійно зростає, важливим ресурсом для зменшення його собівартості є впровадження енергоощадних технологій.

Найбільш сучасною є технологія компресії діоксиду вуглецю з попередню його конденсацією, що дозволяє спростити компресійне обладнання та збільшити ККД процесу. Така технологія впроваджена на ПАТ «Одеський припортовий завод» і дозволяє використовувати плунжерні насоси для забезпечення тиску рідкого діоксиду вуглецю на подачі в колону синтезу до 17,5 МПа [1].

Тиск насиченої пари діоксиду вуглецю при температурі $+10^{\circ}\text{C}$ складає 4,59 МПа, тому традиційно для його конденсації використовується кожухотрубний теплообмінник, недоліком якого є складність конструкції та великі розміри.

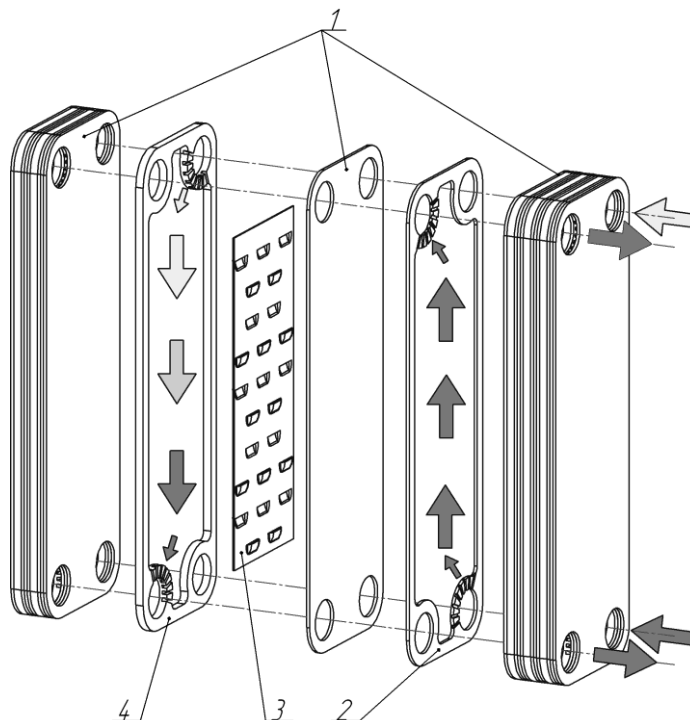
Запропоновано [2] використати модернізований пластинчастий теплообмінник у якості конденсатора, що дозволить інтенсифікувати процес конденсації, і таким чином, збільшити продуктивність.

Модернізація полягає у використанні прокладок спеціальної конструкції, яка дозволяє забезпечити герметичність при підвищеному тиску, та, додатково, встановлення в проміжок між пластинами, які утворюють простір, в якому відбувається конденсація, перфорованого листа, який торкається пластин і плівка конденсату перетікає на нього, що зменшує товщину плівки конденсату на пластинах.

Напрямок перфорації відповідає напрямку, протилежному руху плівки конденсату по поверхні пластин, а сама перфорація виконана у вигляді насічок

та деформації листа навколо насічок таким чином, що деформовані ділянки листа торкаються обох пластин.

Суть модернізації пояснюється кресленням, на якому зображено конструкцію пластинчастого теплообмінника–конденсатора.



- 1 – пластина; 2 – прокладка простору теплоносія; 3 – перфорований лист;
4 – прокладка простору в якому конденсується пара.

Рисунок 1 – Конструкція пластинчастого теплообмінника.

Висновок: запропонована конструкція теплообмінника забезпечує високу надійність при тривалій експлуатації, зручність обслуговування, а перфорована пластина, – зменшення товщини плівки конденсату, що збільшує коефіцієнт тепловіддачі, та продуктивність конденсатора.

Перелік посилань:

1. <http://mash-xxl.info/info/355049/> від 18.10.2017.
2. Заяв. на патент України. МПК(F28F 3/08). Пластинчастий теплообмінник–конденсатор / Тищенко К. В., Двойнос Я.Г; заявник і патентовласник вони ж. – № u201709612; заявл. 02.10.2017.

РОЗДІЛЕННЯ МЕТАНОЛУ ТА ЕТАНОЛУ В ТАРИЛЧАТІЙ РЕКТИФІКАЦІЙНІЙ КОЛОНІ

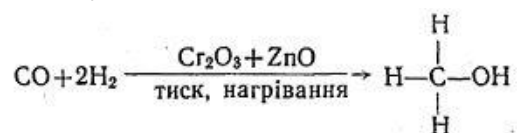
студент Ткачук М.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Метанол (інші назви: метиловий спирт, карбінол, деревний спирт), формула: CH_3OH — найпростіший одноатомний спирт, безбарвна рідина зі слабким спиртовим запахом[1].

Технічний метиловий спирт тепер добувають синтетичним способом з монооксиду вуглецю і водню при температурі 300—400 °С і тиску 30—50 КПа у присутності каталізатора — суміші оксидів хрому, цинку, тощо. Сировиною для синтезу метанолу є вуглекислий газ ($\text{CO} + \text{H}_2$), збагачений воднем, реакція отримання описується схемою:



Етанол (етіловий спирт, вінний спирт) — органічна сполука, представник ряду одноатомних спиртів складу $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ за звичайних умов є безбарвною, легкозаймистою рідиною. Згідно Національного стандарту України ДСТУ 4221:2003 етанол — це токсична речовина з наркотичною дією, за ступенем впливу на організм людини належить до четвертого класу небезпечних речовин. Має канцерогенні властивості.

Для отримання етанолу з етилену є два основні шляхи. Історично першим став метод непрямой гідратації, винайдений у 1930 році компанією «Union Carbide». Інший, розроблений у 1970-х роках, був спроектований як безкислотний метод (відмова від використання сульфатної кислоти)[2].

В промисловості часто потрібно розділяти метанол та етанол.

Початкова суміш (етанол-метанол) із збірника 6 відцентровим насосом подається в теплообмінник, де підігрівається до температури кипіння. Підігріта суміш надходить до ректифікаційної колони 5 на тарілку, де відбувається живлення і змішування з флегмою, що стікає з верхньої частини колони. Стікаючи донизу, рідина взаємодіє з паром, що утворюється при кипінні кубового залишку в кубі. Внаслідок цього з рідини вилучається низькокиплячий компонент (НKK). Пара, після збагачення НKK, піднімається догори і надходить у дефлегматор, а після конденсації — у сепаратор. У сепараторі конденсат ділиться на два потоки: один (флегма) повертається на

зрошування колони, інший (дистилят) надходить у холодильник дистиляту, а далі – до збірника дистиляту. З нижньої частини колони безперервно відводиться кубовий залишок, який охолоджується в теплообміннику та надходить до збірника кубового залишку.

У ректифікаційну колону подаються пари рідин, що розділяються, піднімаються знизу, а в режимі протитечії назустріч парам йде рідина, яка конденсується нагорі в холодильнику.

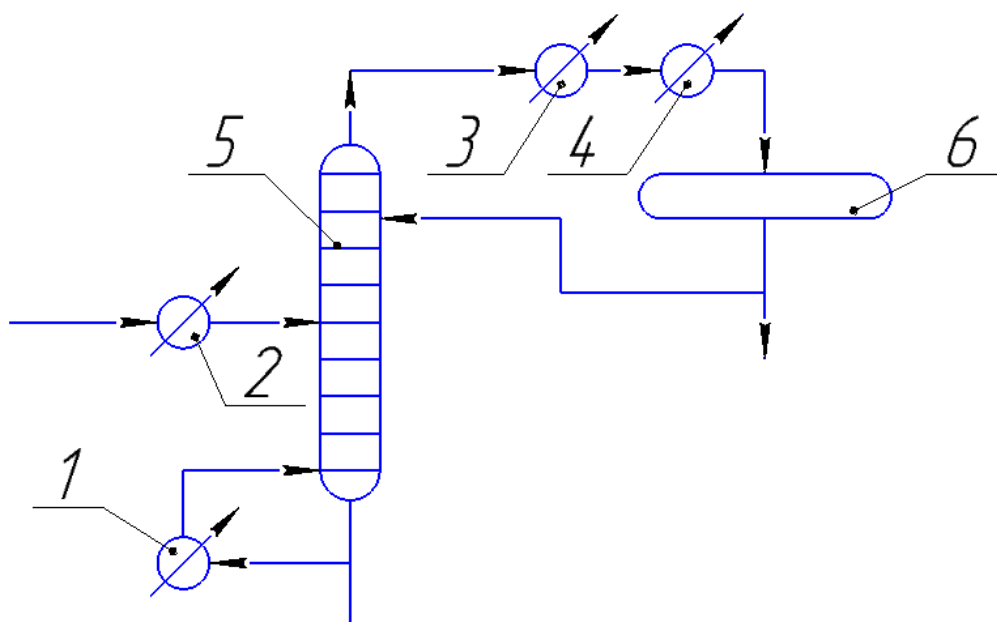


Рисунок 1–Технологічна схема отримання етанол-метанол

Недоліком даного прототипу низька ефективність роботи тарілки.

Метою роботи є модернізація ректифікаційної колони, яка в даній технологічній схемі служить для отримання етанол-метанол.

У основу корисної моделі, що розробляється, поставлено задачу удосконалити конструкцію тарілки в колоні ректифікації шляхом встановлення спеціальних контактних пристроїв. Контактні пристрої виконано у вигляді ковпачків, які мають прорізи, розташовані під кутом до вертикальної площини, що забезпечує збільшення поверхні контакту фаз, тобто ККД тарілки, без зменшення продуктивності колони[3].

Перелік посилань:

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Метанол> від 25.10.2017р.
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Етанол> від 20.10.2017р.
3. Процеси та обладнання хімічних технологій: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.–Ч.2. – 416с.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»

студент Чайківський К. В., к.т.н., доц.Андреев І.А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

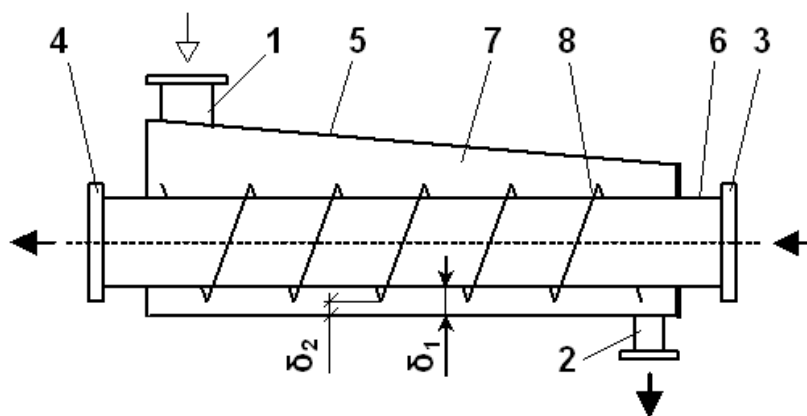
Теплообмінники «труба в трубі» належать до апаратів з трубчастими теплообмінними елементами, і можуть бути використаними в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості.

Для збільшення швидкості руху теплоносія в кільцевій порожнині зовнішню трубу по ходу руху теплоносія виконують ступінчастою, що підвищує інтенсивність теплообміну [1], проте таке виконання труби істотно ускладнює її виготовлення, а також сприяє утворенню застійних зон у нижній частині кільцевої порожнини, що погіршує умови теплообміну та може призвести до інтенсивної корозії зовнішньої труби на ділянках збільшеного діаметра.

Для спрощення виготовлення зовнішньої труби та усунення застійних зон у кільцевій порожнині пропонується зовнішню трубу виконати конічною з постійною висотою кільцевої порожнини в її нижній частині. У найприйнятнішому прикладі виконання теплообмінника на зовнішній поверхні внутрішньої труби виконують щонайменше одне поперечне ребро, наприклад, кільцеве або гвинтове, з утворенням гарантованого зазору між ним і зовнішньою трубою. Така конструкція підвищує інтенсивність теплообміну за рахунок зменшення еквівалентного діаметра кільцевої порожнини вздовж руху в ній теплоносія і усуває можливість утворення застійних зон у кільцевій порожнині. Також виконання на зовнішній поверхні внутрішньої труби щонайменше одного поперечного ребра, наприклад, кільцевого або гвинтового, з утворенням гарантованого зазору між ним і зовнішньою трубою додатково

турбулізує потік у кільцевій порожнині і сприяє вчасному відведенню утвореного конденсату в разі надходження в кільцеву порожнину теплоносія у вигляді пари [2].

Удосконалений теплообмінник містить споряджені патрубками 1–4 зовнішню конічну трубу 5 і розміщену в ній внутрішню циліндричну трубу 6 з утворенням між ними кільцевої порожнини 7, висота δ_1 якої в її нижній частині має постійне значення. При цьому на зовнішній поверхні внутрішньої труби 6 може бути виконане щонайменше одне поперечне ребро 8, наприклад, кільцеве або гвинтове, з утворенням гарантованого зазору δ_2 між ним і зовнішньою трубою 5 (див. рисунок).



1-4 – патрубки; 5 – зовнішня конічна труба; 6 – внутрішня циліндрична труба; 7 – кільцева порожнина; 8 – поперечне ребро

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Перелік посилань:

1 Пат. 75363 У Україна МПК (2006.01) F28D 7/10. Теплообмінник типу «труба в трубі» / Сафонова О. К., Безбородов Д. Л., Попов А. Л. та ін.; патентовласник: Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет». – № u201206679; заявл. 31.05.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

2 Рішення № 23255/ЗУ/17 від 20.09.17 про видачу патенту України. МПК (2017.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі». / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Чайківський К. В.; заявник і патентовласник вони же. — № u201706396; заявл. 22.06.17.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ГАЗІВ ВИРОБНИЦТВА БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ БЕНЗИНУ З РОЗРОБКОЮ РЕАКТОРА, ТЕПЛООБМІННИКА ТА ОХОЛОДЖУВАЧА

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

Національний технічний університет України

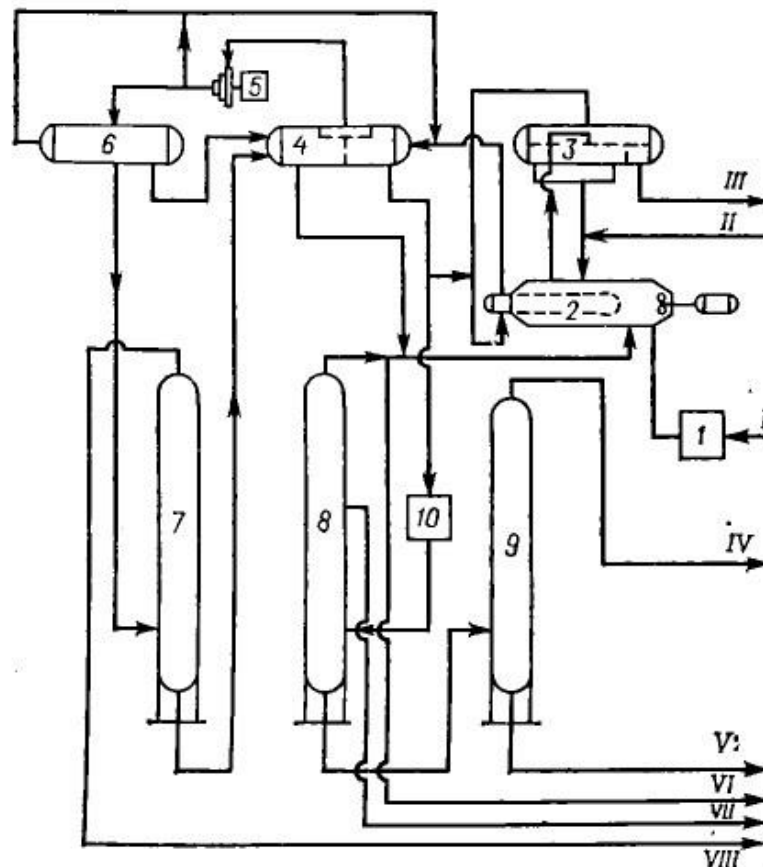
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бензин це горюча суміш легких вуглеводнів. Після появи двигуна внутрішнього згоряння, бензин став одним з головних продуктів нафтопереробки. Однак у міру поширення дизельних двигунів на перший план стало виходити дизельне паливо, завдяки більш високому ККД [1].

Бензин застосовується як паливо для карбюраторних і інжекторних двигунів, високо-ракетне паливо, при виробництві парафіну, як розчинник, як горючий матеріал, сировину для нафтохімії прямогонний бензин або бензин газовий стабільний.

Технологічна схема установки полімеризації газів виробництва базових компонентів бензину зображена на рисунку 1 [2].

Технологічна схема установки включає блоки підготовки сировини, реакторний, ректифікаційний і регенерації відпрацьованої сірчаної кислоти. На блоку підготовки сировини відбувається змішування і усереднення потоків сировини, сушка, видалення сірчаних та дієнових вуглеводів. Сировиною установки полімеризації є ізобутан, бутан-бутиленова і пропан-пропіленова фракції, які отримуються переважно в процесах каталітичного і термічного крекінгу. Каталізатором є сірчана кислота з концентрацією від 99.5 до 86 % по моногідрату. В свіжій кислоті не допускається вміст вільного SO₃. Каталітичні властивості кислоти змінюються по мірі накопичення в ній вуглеводів, що розчиняються та води. Відпрацьована сірчана кислота на сучасних установках направляється на регенерацію методом високотемпературного термічного розчеплення.



1 – блок підготовки сировини; 2 – контактор алкілування; 3 – відстійник кислоти; 4- сепаратор; 5 - компресор; 6 – Ємність для газоконденсату;

7,8,9 – ректифікаційні колони; 10 – вузол очищення алкілопродуктів від ефірів сірчаної кислоти; I – сировина; II – свіжа кислота; III – відпрацьована кислота на блок регенерації; IV – легкий алкілат; V – важкий алкілат; VI – ізобутан; VII – н-бутан; VIII – пропан.

Рисунок 1 – Технологічна схема установки полімеризації газів виробництва базових компонентів бензину

Метою даної роботи є модернізація реактора, теплообмінника та охолоджувача, виконання їх параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань.

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki> від 29.10.2017
2. Г.А. Ластовкин, Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина, Справочник нефтепереработчика, 1986.

ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»

студент Черняк В.М., к.т.н., доц.Андреев І. А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Теплообмінники «труба в трубі» широко використовуються в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості.

Теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби з розміщеними в них внутрішніми трубами, які у свою чергу, з'єднуються між собою за допомогою калачів з фланцями. Недоліками такого теплообмінника є низька надійність та ефективність калачів, які перебувають в умовах інтенсивного гідроерозійного зношування і істотні теплові втрати в навколишнє середовище.

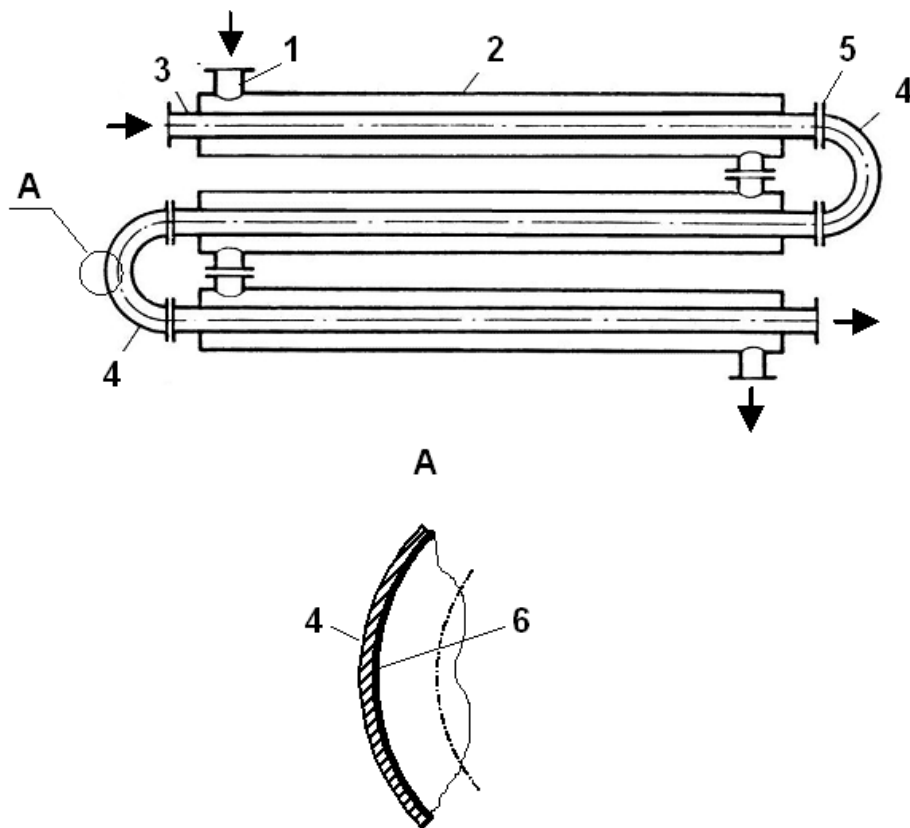
Для підвищення надійності та ефективності теплообмінника було запропоновано на внутрішню поверхню калачів наносити антифрикційне теплоізоляційне покриття [1].

Нанесення на внутрішню поверхню калачів антифрикційного теплоізоляційного покриття не лише знижує гідроерозійне зношування внутрішньої поверхні калачів, а й знижує тертя теплоносія, а отже й гідравлічний опір трубного простору теплообмінника. При цьому також зменшуються теплові втрати із зовнішньої поверхні калачів у навколишнє середовище.

Зазначене покриття може бути виготовлене, наприклад, з політетрафторетилену (колишня назва «фторопласт-4»), який за температури експлуатації від мінус 260 °С до 260 °С має теплопровідність 0,20...0,23 Вт/(м·К) та характеризується високими фізико-механічними властивостями, а також низьким коефіцієнтом тертя.

Запропонований теплообмінник «труба в трубі» (див. рисунок) містить

з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 і розміщені в них внутрішні труби 3, з'єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, при цьому на внутрішній поверхні калачів 4 нанесене антифрикційне теплоізоляційне покриття 6, виконане, наприклад, з політетрафторетилену.



1 – патрубок; 2 – зовнішня труба; 3 – внутрішня труба; 4 – калач; 5 – фланець;

6 – антифрикційне теплоізоляційне покриття

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносій – по внутрішніх трубах 3, перетікаючи з одної в іншу крізь калачі 4, на внутрішній поверхні яких нанесене антифрикційне теплоізоляційне покриття.

Перелік посилань:

1. Рішення № 23251/ЗУ/17 від 20.09.17 про видачу патенту України. МПК (2017.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі». / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Черняк В. М.; заявник і патентовласник вони же. — № u201706394; заявл. 22.06.17.

ВИПАРНИЙ АПАРАТ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МИЛА

студент Шевченко Я.М., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

Останнім часом відбувається інтенсивне нарощування продуктивності в косметичній галузі, зокрема миловаріння. Зростає продуктивність окремих підприємств, адже завдяки підвищенню курсу іноземних валют зріс попит на дешеву вітчизняну продукцію першої необхідності. На сьогодні українські миловарні підприємства продовжують знаходитись у важкому стані у зв'язку з тим, що на багатьох заводах виробниче обладнання застаріле, виробничі площі найчастіше дуже обмежені, тому актуальною є модернізація обладнання. Нарощування продуктивності заводів є об'єктивним процесом який забезпечує конкурентоздатність виробництва.

Технологічний процес варки мила прямим безперервним способом показано на рисунку 1.

Жирову суміш, що складається з розщеплених жирів, синтетичних жирних кислот, дистильованих жирних кислот, каніфолі, нафтових кислот і інших компонентів готують відповідно до рецептури в мішалці 1, звідки вона автоматично насосом – дозатором 2 подається через трубчастий підігрівач 3 в змішувач 4 омилуючого апарату. Одночасно з жировою сумішшю в змішувач 4 із мірника 5 насосом – дозатором 2 подається розрахована кількість розчину кальцинованої соди, попередньо нагрітої в апараті 6 до температури 90-95°C. Реакція карбонатного омилення починається в змішувачі 4 і завершується в барабані 7; тут же інтенсивно виділяється вуглекислий газ. Карбонатна маса переходить в барабан 8, в якому під час продування гострою парою повністю відділяється вуглекислий газ. При утилізації вуглекислого газу він проходить через пастку 9 і конденсатор 10, далі прямує в збірний газгольдер. Карбонатна маса, звільнена від вуглекислого газу, надходить в барабан – доомилувач 11,

куди подається розчин NaOH, попередньо концентрують у випарному апараті 12, шляхом випарювання вихідного розчину, який містить 13% їдкого натру. Готовий розчин досягає концентрації 40%, після чого надходить до збірника 13. В підігрівачі 14, він нагрівається до температури 90 – 100°C, та за допомогою насоса – дозатора 2 вводиться до карбонатної маси. Потім мильна маса переходить в останній барабан – нормалізатор 15.

Якщо в рецептурі мила передбачені соапстоки, то з них окремо в котлах готують соапсточе ядро. Це ядро зі збірника 16 за допомогою насоса – дозатора 2 додається до основної маси мила. Змішування обох видів мила між собою здійснюється в доомілювачі 11, або в барабані – нормалізаторі 15.

Готове мило безперервно зливається в приймач 17, який виконує функції накопичувача і коректувальника якості. Готове мило відкачується насосом 18.

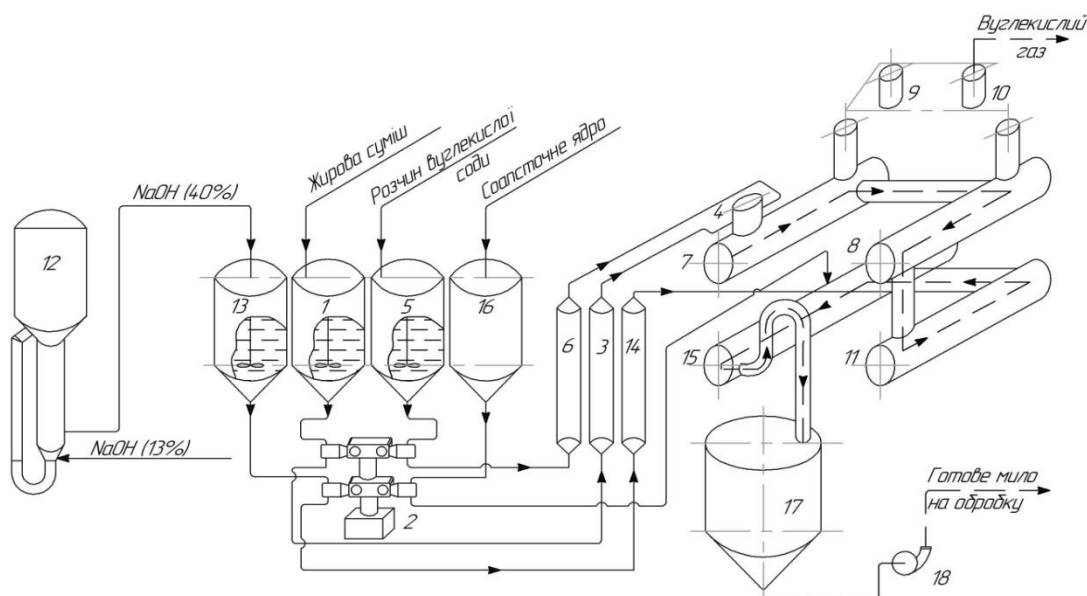


Рисунок 1 – Технологічна схема лінії виробництва мила

З вищенаведеної схеми стає зрозуміло, що найбільш енергоємним комплексом обладнання лінії виробництва мила є випарна установка. Тому доцільно вдосконалити її будову за рахунок встановлення на теплообмінних трубах турбулізуючих вставок, які дозволять забезпечити турбулізацію потоку, та руйнування настильної плівки.

Перелік посилань:

1. И.М. Товбин, М.Н. Залиопо, А.М. Журавлев Производство мыла – М. Пищевая промышленность, 1976 – 204 с.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ
ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З РОЗРОБКОЮ СКРУБЕРА,
ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ПІДГРІВАЧА**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогодні основними джерелами ароматичних сполук, в тому числі і бензолу, є продукти коксування кам'яного вугілля (коксовий газ і кам'яновугільна смола) і продукти переробки нафти.

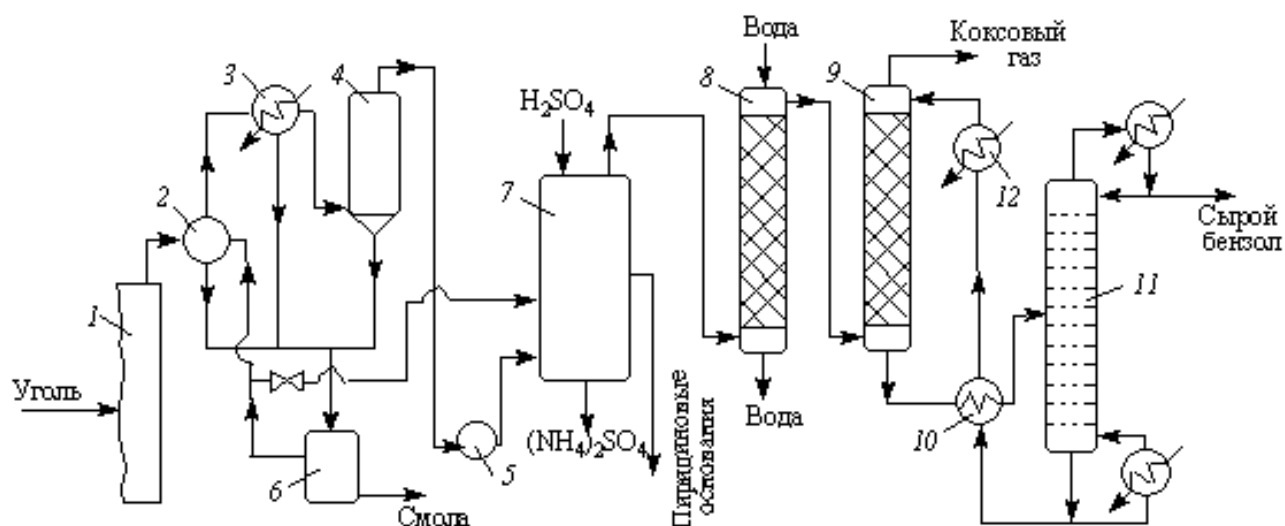
Коксування кам'яного вугілля проводиться з метою отримання коксу для металургійної промисловості. Подрібнення зерен до 3 мм і ретельно перемішуючи вугілля (шихту) нагрівають в спеціальних коксових печах або коксових батареях без доступу повітря при 1000-1250 °С протягом 14-16 год. У процесі коксування вугілля розкладається з утворенням твердого залишку - коксу (75 -80%) і летких речовин, так званого прямого коксового газу.

В летючих продуктах, що виділяються містяться пари кам'яновугільної смоли (80-130 г / м³), низькокиплячі ароматичні вуглеводні, в основному бензол і його найближчі гомологи - толуол і ксилол (30-40 г / м³), а також пари води, сірководень, аміак, оксид і діоксид вуглецю, метан, етан та ін. Зазвичай з 1 тони сухої шихти утворюється 340-350 м³ коксового газу.

Отриманий коксовий газ пропускають через ефективну систему конденсаторів і скрубєрів для розділення продуктів, що входять до його складу. Технологічна схема для конденсації і уловлювання летючих продуктів коксування кам'яного вугілля, зображена на рисунку 1, працює наступним чином [2].

Летючі продукти коксування (прямий коксовий газ) з печі 1 потрапляють по стояках в газозбірну трубу 2. Там відбувається первинне охолодження і конденсація газу за рахунок випаровування аміачної води. З

газозбірної труби коксовий газ надходить в холодильник 3. Виходячи з холодильника газ містить смоляний туман і для його відділення проходить через електрофільтр 4, після газодувки 5 направляється на установку 7 для уловлювання аміаку і піридинових часток.



1- коксова піч; 2 - газозбірна труба; 3, 8, 12 - холодильники;

4- електрофільтр; 5 - газодувка; 6 - сепаратор; 7 - установка для уловлювання; 9 - абсорбер; 10 - теплообмінник; 11 - десорбер

Рисунок 1 - Технологічна схема конденсації і уловлювання летючих продуктів коксування кам'яного вугілля

Метою даної роботи є модернізація установки очистки газових викидів виробництва коксу з розробкою скрубера, парогенератора та підігрівача виконання їх параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань.

1. <https://studfiles.net/preview/2798922/page:6/> від 23.10.2017

2. http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6124 від 23.10.2017

СЕКЦІЯ 2
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

УДК 676.026.54

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Байда Є.А., к.т.н., доцент Семінський О.О.

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

Целюлозно-паперова промисловість (ЦПП) є однією з важливих і перспективних галузей для економіки України. Рушійною силою збільшення конкурентоспроможності продукції ЦПП є зростаючий попит внутрішнього і світового ринку на продукцію галузі. Проте, в порівнянні з закордонними компаніями, устаткування на більшості підприємствах України є застарілим. В умовах високих ризиків, пов'язаних з довгостроковим фінансовим інвестуванням у заміну морально застарілого і зношеного устаткування, модернізація — єдиний економічний та доступний спосіб оновлення і один з методів покращення стану ЦПП, нормуванням обсягів виробництва та підвищення якості продукції.

При виробництві картону однією з найбільших проблем є зменшення витрат на його сушіння. Відомо що збільшення сухості картону на 1 % після пресів дозволяє знизити витрати пари в сушильній машині на 4...5 %, а висушування однакової кількості вологи термічним в 10...15 разів більш енергоємне ніж механічне [1].

Робота пресової частини КРМ оцінюється за кількістю видаленої вологи і за розподіленням її по ширині полотна після пресів. Сухість — визначає вартість сушіння, а розподіл вологи — якість та однорідність картону. Але теоретична сухість (65 %) після зони пресування, на даний момент, не може бути досягнута. Видалення води з картону в пресовій частині КРМ — це дуже складний процес, що включає в себе велику кількість взаємопов'язаних між собою технологічних апаратів, які суттєво впливають на економіку

підприємства, тому модернізація першого пресу КРМ залишається актуальною в наш час.

Для підвищення інтенсивності процесу пресування запропоновано [2]: 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; збільшення пресового імпульсу за рахунок валів більшого діаметру; використання більш м'якого покриття валів.

Для інтенсифікації пресування в [3] запропоновано замінити відсмоктуючий вал на гарячий і звичайних пресові вали на жолобчасті. Така конструкція пресу дозволить видаляти вологу не лише пресуванням та термічним шляхом, а й за рахунок додаткового механічного видалення вологи з паперу тиском пари.

Отже, застосування гарячого валу в запропонованій конструкції забезпечить значне підвищення сухості картону після зони пресування, завдяки чотирма пресовим захватам з гарячим валом, та зменшить витрати пари на сушильній частині, відповідно зекономити витрати коштів на електроенергію.

Література:

1. Новіков Н.Є. Пресування паперового полотна. – М.: Лісова промисловість, 1972. – 201 с.
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 UA 89260, від 10.04.2014

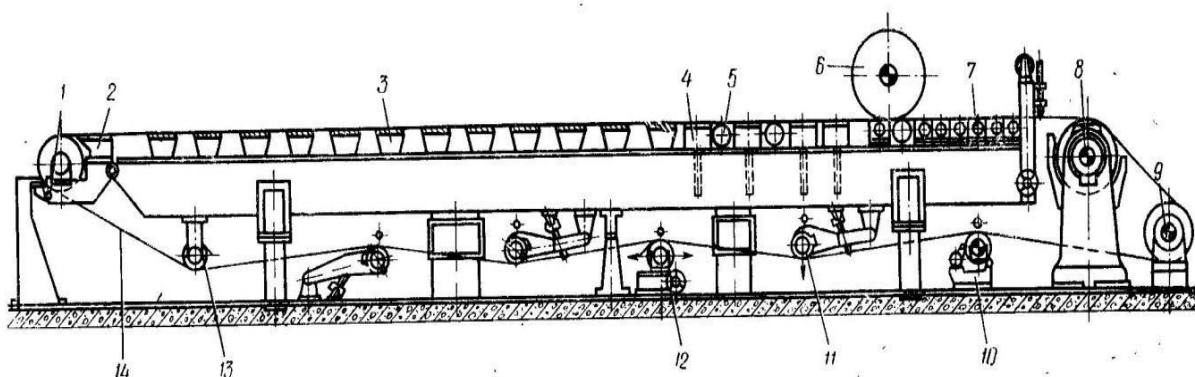
КОНСТРУКЦІЯ СІТКОВОЇ ЧАСТИНИ ПРМ

студентка Бобела С.О., ст. викл. Зайцев С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Формуючий пристрій папероробних машин (ПРМ) визначає конструкцію ПРМ. Різні конструкції сіткових частин ПРМ розрізняються, в основному, за методами формування паперового полотна. Сіткова частина ПРМ призначена для відливання, формування і зневоднення паперового полотна. При цьому основним процесом є фільтрація води через шар паперового полотна і формуючу сітку [1]. Найбільш поширеною є односіткова конструкція з плоскою сіткою. Виділяють понад 15 типів односіткових ПРМ для виробництва від тонкого конденсаторного паперу масою 5 – 18 г/м² до креслярського паперу масою 80 – 240 г/м². Залежно від типу ПРМ, довжина сіткової частини може коливатися від 12 до 54 м, а ширина сітки доходить до 10 м [2]. Конструкція сіткової частини такого типу проста (Рисунок 1), не складна в обслуговуванні, монтажі та експлуатації, а також на ній можна виробляти широкий асортимент паперу.



1 – грудний вал; 2 – формуючий ящик; 3 – ящик гідропланок; 4 – мокрий відсмоктуючий ящик; 5 – реєстровий вал; 6 – вирівнювач; 7 - відсмоктуючий ящик; 8 – відсмоктуючий вал; 9 – приводний вал; 10, 13 – сітковедучий вал; 11 – сітконатяжка; 12 – сіткоправка; 14 – сітка

Рисунок 1 – Схема односіткової формуючої частини ПРМ

Розбавлена волокниста суспензія безперервним потоком подається на рухому нескінченну сітку. На сітковому столі маса втрачає більшу частину води, перетворюючись в паперове полотно, яке при сухості близько 15 – 20% передається для подальшого ущільнення і механічного зневоднення [3].

Сіткові столи бувають висувні і консольні. У першому випадку при зміні сітки поздовжні балки з закріпленими на них пристроями висувуються в прохід, звільняючи місце для розтягування нової сітки, після чого всуваються назад в розтягнуту петлю сітки. У другому випадку поздовжні балки встановлюються на поперечних балках, закріплених на приводній стороні машини. При зміні сітки прибираються опори на лицьовій стороні і вся конструкція висить на поперечних консольних балках. Нову сітку насувають на сітковий стіл і знову встановлюють опори на лицьовій стороні.

Операція по заміні сітки висувного столу триває від 4 до 6 годин при одночасній роботі 5 – 6 чоловік. Тривалість зміни сітки консольного столу займає від 50 до 90 хвилин [4].

З середині 1950-х рр. робоча швидкість ПРМ різко зросла. При цьому стали більш інтенсивно виходити з ладу формуючі сітки, виготовлені з фосфористої бронзи. При підвищенні швидкості машин на 42% витрати на сітки зросли на 70% [4]. В даний час зарекомендували себе формуючі синтетичні сітки без шва, які представляють собою ткане полотно, що складається з ниток основи і качка, розміщених у відповідності з певною структурою.

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.
3. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/71687/Бумагоделательная>. Дата звернення 01.11.2017.
4. Шухман Ф. Г. Сеткибумагоделательных машин [Текст] / Ф.Г. Шухман. – М.: Лесн. промышленность, 1988. – 208 с.

УДК 676. 056.5

УСТАНОВКА КОНТАКТНОГО СУШІННЯ ТОНКИХ ПАПЕРІВ

студент Ващук С.М., к.т.н., професор, Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

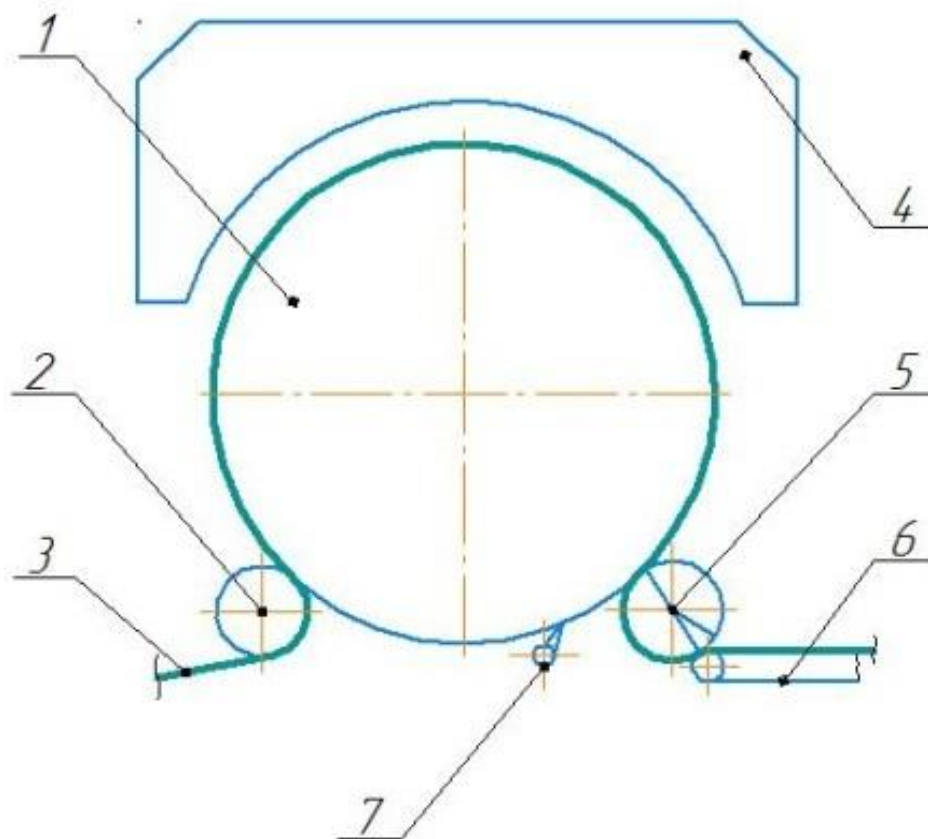
Целюлозно-паперове виробництво – одна з найважливіших галузей промисловості України. Це дуже складне багатоопераційне виробництво, яке характеризується значною матеріаломісткістю та трудомісткістю.

Для сушіння санітарно-гігієнічного паперу зазвичай використовують установку лоцильного циліндра. За рахунок малої щільності паперу на м² час сушіння значно зменшується, також санітарно-гігієнічний папір дозволяє одностороннє вигладжування тому не потрібно встановлювати двоярусну сушильну групу, за рахунок цього спрощується конструкція та її габарити, також збільшується економічна доцільність установки [1].

Оскільки попит на багатошаровий санітарно-гігієнічний папір високий і постійно зростає, а економічні обставини зумовлюють подорожання його виробництва, виникає потреба в збільшенні продуктивності папероробної машини, використання більш енергоощадних процесів і, як наслідок, зменшення собівартості його виробництва. З урахуванням того, що сушіння є одним з найбільш енергоємних процесів, модернізація елементів сушильної частини є актуальним.

Тому для досягнення поставленої мети планується провести модернізацію установки контактного сушіння тонких паперів за рахунок встановлення відсмоктуючого двокамерного валу, який покритий термостійкою гумою перфорованою отворами. Це дозволить без обриву знімати паперове полотно з лоцильного циліндру і подавати його на накат.

Пристрій (рис.1) працює наступним чином, паперове полотно 3 після пресової частини подається на лоцильний циліндр 1 де спочатку притискається пресовим валом 2 до поверхні циліндра.



1 – лоцильний циліндр; 2 – гарячий прес; 3 – паперове полотно;
4 – ковпак; 5 – відсмоктуючий вал; 6 – транспортер; 7 – очисний шабер.

Рисунок 1 – Схема установки контактного сушіння тонких паперів

Після чого паперове полотно 3 проходить по поверхні лоцильного циліндра, де висушується до кінцевої сухості, далі паперове полотно знімається з лоцильного циліндра за допомогою знімаючого двокамерного відсмоктуючого вала 5 і передається на траспортер 6, чим і досягається поставлена задача.

В результаті чого отримується великий економічний ефект за рахунок збільшення продуктивності, швидкості і зменшення маси m^2 паперу.

Перелік посилань:

1. <http://www.gturp.spb.ru/fkl/fpe/kaf/pte/lakomkin/drying/ch5.pdf> р. від 20.10.2017 р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

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

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

Пресова частина картоноробної машини монтується між сітковою та сушильними частинами і призначена для максимального зневоднення картонного полотна механічним способом.

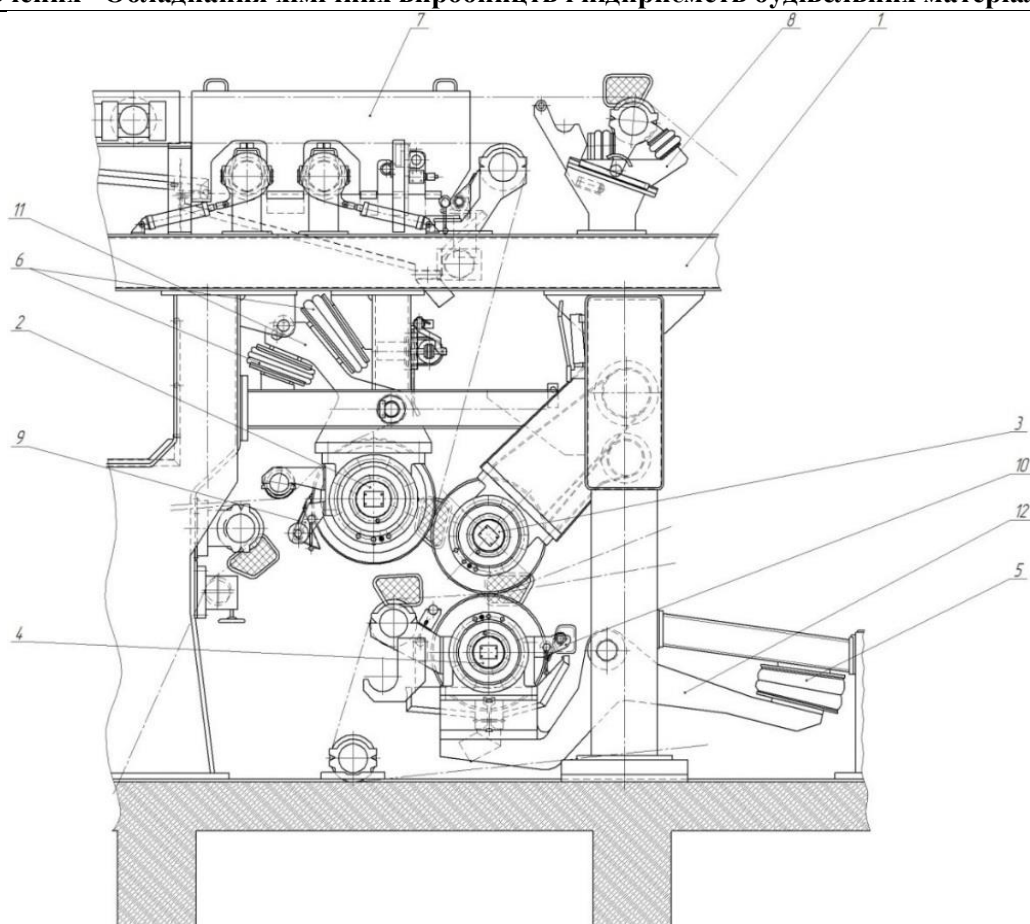
Під час пресування здійснюється значний вплив на властивості картону. Під час цього процесу збільшується об'ємна густина, гладкість, механічна міцність розриву, зламу і продавлювання, а також зменшується пористість картонного полотна.

Пресова частина відіграє величезну роль в економії теплоенергії. Адже збільшення сухості картонного полотна після пресової частини на 1 % дозволяє економити 5 % пари на сушильній частині машини [1]. Тому модернізація пресової частини КРМ є актуальною задачею для отримання максимальної сухості картонного полотна після пресової частини і використовувати для цього усі способи інтенсифікації процесу зневоднення.

Існують різні конструкції пресів: башмачний, комбінований, поворотний, гарячий прес тощо. Комбінований прес широко застосовується завдяки відносній простоті конструкції та значній продуктивності завдяки двом зонам пресування.

Комбінований прес складається з трьох або більше пресових валів та мінімально з двома зонами пресування. В якості пресових валів використовують гауч вали, гумовані, гранітні та жолобчасті вали або вали з глухими отворами.

Найбільш поширена конструкція комбінованого пресу складається з трьох валів, середній з яких є нерухомим, а два інших рухомі та мають систему притискання (рис. 1).



1 – станина; обчатий; 5 – нижня мембрана; 6 – верхня мембрана; 7 – сукнонатяжка; 8 – сукноправка; 9 – верхній шабер; 10 – нижній шабер; 11 – верхній важіль; 12 – нижній важіль

Рисунок 1 – Конструкція преса комбінованого

Широке застосування комбінованого преса вимагає пошук технічних рішень вдосконалення його конструкції для зменшення енерговитрат, металоємкості та збільшення продуктивності преса та, відповідно, картоноробної машини вцілому.

Перелік посилань

1. Чичаев А.А. «Оборудование целюлозно – бумажного производства» в двух томах. Том 2.«Бумагоделательные машины» М.«Лесная промышленность» 1981. 264с.
2. Коновалов А.Б., Смирнов В.А. «Пресовые части бумаго- и картоноделательных машин». 2006 – 90с.

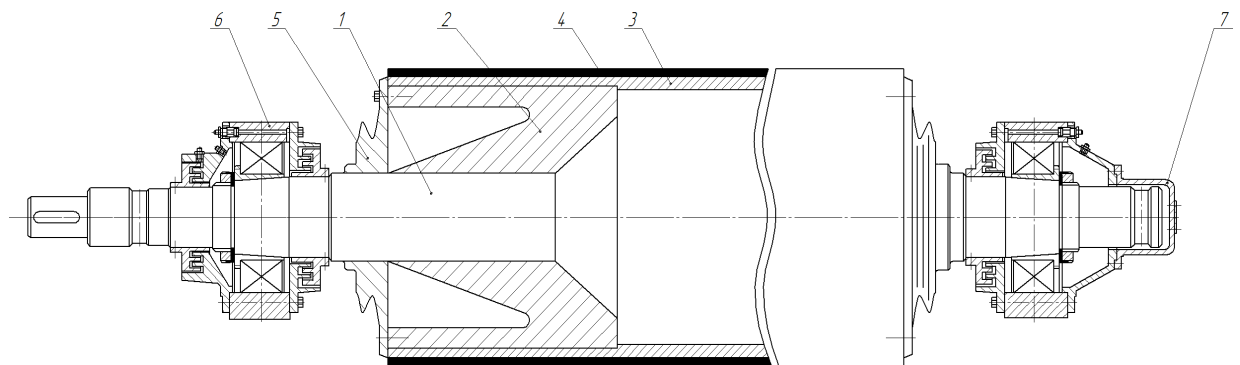
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Комбінований прес складається з трьох валів: перший вал - жолобчатий, другий вал обгумований (рис.1), третій – з глухими отворами. Картон заправляється між жолобчатыми валом та обгумованим, після проходження яких потрапляє в защемлення між середнім обгумованим та валом з глухими отворами за поступово зростаючого лінійного тиску.



1 – цапфа, 2 – осердя, 3 – оболонка, 4 – гума,
5 – кришка, 6 - вузол підшипниковий, 7 – кришка цапфи

Рисунок 1 – Вал обгумований

Завдяки притискання верхнього валу до нижнього відбувається зневоднення картонного полотна. Вода, що зібралася в отворах нижнього вала, видаляється з них під дією відцентрових сил. Ступінь зневоднення в даному випадку залежить від лінійного тиску між валами преса та від часу пресування. Чим довше картон знаходитиметься у захваті між валами преса та чим менший шлях вільного пробігу полотна, тим ефективніше проходитиме процес зневоднення.

Пресова частина картоноробної машини повинна забезпечувати максимальне зневоднення полотна картону з отриманням заданих фізико-механічних властивостей, рівномірну вологість полотна по ширині, безобривну проводку полотна з мінімальними ділянками вільного пробігу. Тому модернізація комбінованого пресу є актуальною проблемою. Модернізація полягає у заміні середнього відсмоктуючого валу на обгумований вал.

На відміну від відсмоктуючого валу, обгумований має такі переваги:

- зменшення металоємкості, що робить модернізовану конструкцію легшою та сприяє відносно меншим енергозатратам на обертання валів;
- завдяки збільшеного лінійного тиску підвищена ефективність пресування.

Аналізуючи вище наведені переваги конструкції, можна зробити висновок, що модернізована конструкція має кращі технологічні та енергетичні показники.

Перелік посилань

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

2. Коновалов А.Б., Смирнов В.А. «Прессовые части бумаго- и картоноделательных машин»: 2006 – 91с.

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАВАЮЧОГО ВАЛУ

студ. Котенко Д.В., к.т.н., професор Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вал з гідравлічною підтримкою оболонки містить оболонку та сердечник, між якими знаходяться повздовжні та торцеві ущільнення, що розділяють цей простір на дві камери: робочу камеру, в якій за допомогою мастила створюється тиск, та дренажну, з якої відводиться мастило, що протекло через ущільнення. Нерухомий сердечник встановлюється на сферичних опорах, що не дає можливості деформації при його вигині. Мастило в робочу камеру вала подається під тиском через канали, розташовані в сердечнику вала. Це зроблено для того, щоб врівноважити внутрішній і зовнішній тиск на оболонку. За таких умов прогин оболонки буде дорівнювати нулю, чого ми власне і домагаємось встановлюючи вал даного типу. Тиск в робочій камері плаваючого вала забезпечує рівномірне навантаження оболонки вала та повну компенсацію зовнішнього навантаження на оболонку.

Мастило подається в камеру вала безперервно, для забезпечення його постійного тиску. До того ж часто використовується додаткова циркуляція з метою регулювання температури оболонки.

Безумовними перевагами валів з гідравлічною підтримкою оболонки над іншими є вирівнювання лінійного тиску на внутрішню і зовнішню поверхні оболонки, що забезпечує рівномірні показники якості паперу по всій довжині полотна. Також чудовим є те, що ми можемо швидко змінювати режим роботи. Але порівняно з однокамерними, головним недоліком двокамерних валів є їх вища вартість та підвищені затрати на експлуатацію.

Тому доцільно використовувати плаваючі вали в машинах з відрізною шириною полотна, яка перевищує 4 метри, та до якої пред'являються підвищені вимоги з рівномірності товщини та гладкості.

МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Матохнюк М.Б., к.т.н., ст. викл. Новохат О.А.

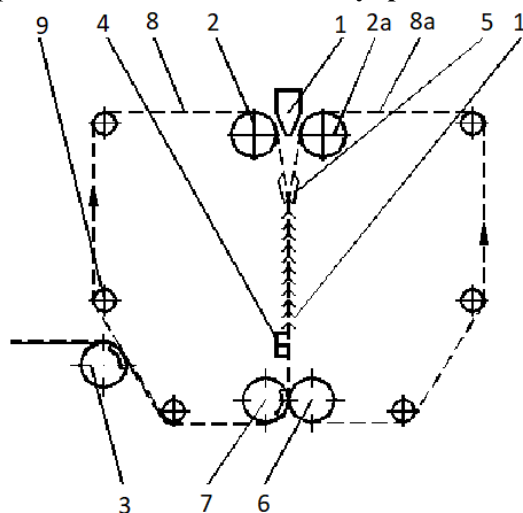
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Основним призначенням сіткової частини КРМ є формування картонного полотна. Від якості напуску маси на сітку, її зневоднення залежать фізико-механічні показники картону.

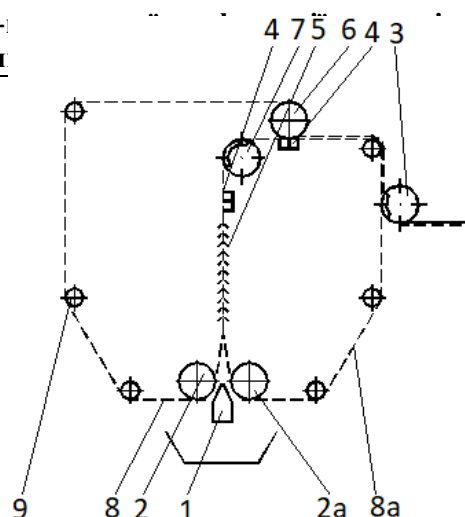
Раніше було поширеним використання односіткових (плоскосіткових) частин картоноробної машини. Проте такий тип формувальної частини має такі недоліки як велику довжину, малу швидкість напуску маси та довготривалий час формування картонного полотна.

Вказаних недоліків позбавлені двосіткові формувальні частини. В них суспензія волокнистого матеріалу вприскується в утворений між двома сітками зазор. Тому зневоднення може відбутися одночасно через дві сітки, що інтенсифікує процес фільтрації. Це призводить до зменшення енерговитрат та втрати волокна.

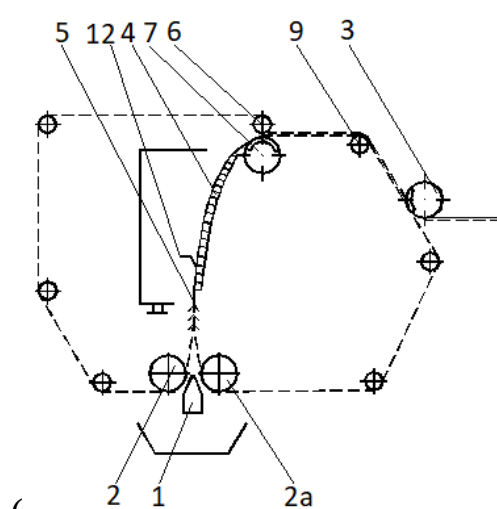
Американська фірма "Блек Клаусон" одна з перших розробила конструкцію вертикального формуючого пристрою двосіткового типу "Вертиформа І" (рисунок 1а). Основною її особливістю є верхня подача суспензії в зазор між сітками. Пізніше розроблено іншу конструкцію "Вертиформа V" (рисунок 1б), що відрізнялась нижньою подачею суспензії. Інша фірма "Белойт" випускає подібний формуючий пристрій "Бел-Бей ІІ" з нижньої подачею маси по дугоподібній траєкторії (рисунок 1в). За такого виду подачі маси зносостійкість сітки збільшується. А щоб спростити конструкцію та збільшити швидкість формування полотна, австрійська фірма "Фойт" випускає двосітковий формуючий пристрій з одностороннім зневодненням "Доуформер Т" (рисунок 1г).



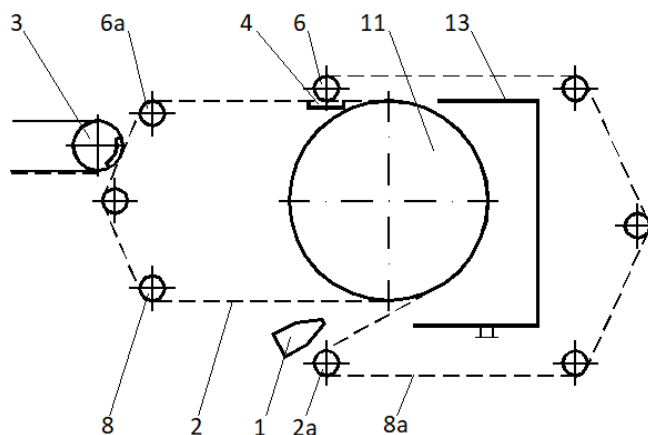
(а)



(б)



(в)



(г)

1 – напірний ящик; 2, 2а – грудні вали; 3, 3а – пересмоктуючий вал; 4 – відсмоктуючий ящик; 5 – дефлектор; 6 – гауч-вал; 7 – відсмоктуючий гауч-вал; 8 – ліва і права сітка; 9 – сіткоправка, сітконатяжка; 10 – сітководучий валик; 11 – формуюча (дошка, циліндр); 12 – шабер; 13 – краплевловлювач.

Рисунок 1 – Двосіткові картоноробні машини

Отже, сучасні конструкції паперо- та картоноробних машин здебільшого містять формуючі пристрої з двома сітками. Тому розробка картоноробної машини з двосітковою формувальною частиною є актуальною задачею.

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

СУЧАСНІ СПОСОБИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

ПОВОРОТНОГО ПРЕСУ

студент Михалишина Т.С., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Картон – багат шаровий матеріал, що містить переважно рослинні волокна і відрізняється від паперу більшою товщиною, масою квадратного метра та, як правило, призначенням. Його виготовляють із вибіленої та не вибіленої целюлози, деревної маси, макулатури в різній композиції.

Картон виробляють на картоноробних машинах. На машинах відбуваються безперервно та послідовно такі технологічні процеси: відливання паперової маси, формування паперу, його зневоднювання, пересування, висушування, охолодження, оздоблення та намотування в рулони готової продукції.

Процес пресування є однією з основних стадій виготовлення картону, метою якого є максимальне зневоднення картонного полотна, надання йому необхідних фізико-механічних властивостей та рівномірної вологості по ширині

Пресують зневоднений картон у пресувальній частині машини, яка складається з двох – трьох пресів. Сирий картон, який має 18-22% вологи, спрямовують у пресову частину машини, де відбувається його подальше зневоднювання та ущільнення. [1]

У процесі пресування зменшується його пористість та поліпшується фізико-механічні властивості.

На сучасних картоноробних машинах широкого застосування набув поворотний прес, який забезпечує безперервне механічне зневоднення картонного полотна за допомогою нижнього відсмоктуючого, гумованого, гранітного і верхнього пресових валів. Недоліком такого преса є низька інтенсивність пресування в результаті значної в'язкості води.

За результатами літературного огляду встановлено, що можливими

способами модернізації є використання пристрою для нагрівання картону парою або за допомогою інфрачервоного випромінювання. Підвищення температури полотна, з одного боку, призводить до зниження в'язкості і поверхневого натягу води, а, значить, і до зниження опору потоку води в полотні. З іншої сторони, за підвищення температури картонне полотно легше ущільнюється. А підігрів пристроєм полотна на 10°C призводить до підвищення сухості на 1 – 1,3 % [2].

Також вдосконалити конструкцію поворотного преса картоноробної машини можна шляхом модернізації відсмоктуючого вала. Основними його недоліками є маркування картонного полотна, що зумовлене наявністю отворів в оболонці вала і шум під час роботи. Для досягнення поставленої мети поверхню відсмоктуючого валу, можна, наприклад, покрити сітчатою панchoю. Таке конструктивне виконання пресової частини дозволяє зменшити гідравлічний опір, що в свою чергу збільшить швидкість фільтрації води в сукні і, відповідно, зменшить час фільтрації. Встановлення сітчатої панchoи на відсмоктуючий вал збільшує сухість полотна після пресу на 1-1,5 % і запобігає появі маркування полотна від отворів оболонки вала, а також зменшить шум при роботі вала.

Відповідно, сучасні способи модернізації конструкцій пресів спрямовані на збільшення продуктивності по відпресованій воді, зменшення енерговитрат, металоємкості та рівня шуму.

Перелік посилань:

1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства : в 2-х томах: Т.2 : Бумагоделательные машины / В.А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова – М.: Лесн. пром., 1981 – 264 с.
2. Технології явиробництва паперу і картону: навч. посіб./ Друге видання, переробл./ С.П. Примаков, В.А. Барбаш – Київ: ЕКМО, 2008.- 425 с.

НАКАТ СУЧАСНИХ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН

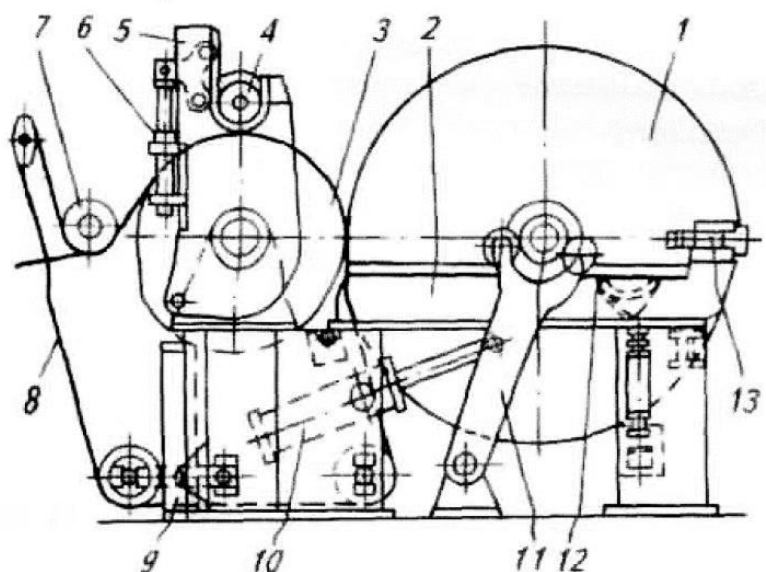
студ. Молодцов В.В., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Накат є останнім пристроєм в складі картоноробної машини та призначений для намотування картону в рулони. Основною вимогою до накату є рівномірне і щільне намотування паперового та картонного полотна, необхідне для його подальшої якісної обробки.

У всіх сучасних швидкохідних картоноробних машинах застосовується периферичний накат (рисунок 1). Накат цього типу дозволяє отримувати рівномірне і щільне намотування за меншого напруження полотна, ніж потрібно за використання накату осьового типу.



- 1 - намотуваний рулон; 2 - станина; 3 - циліндр намоту; 4 - тамбурний вал;
5 - прийомні важелі; 6 - пневмоциліндр притискання тамбура;
7 - розправляючий валик; 8 - канатик заправний; 9 - циліндр приводу повороту прийомних важелів; 10 - циліндр приводу основних (робочих) важелів; 11 - основні важелі; 12 - гальмівний пристрій рулону; 13 - демпфер.

Рисунок 1– Схема периферичного намоту

На сучасних машинах накати периферичного типу з пневматичним притискання картонного полотна дозволяють отримати діаметр намотуваного рулону 2,4 м і більше. При цьому важливо забезпечити рівномірний контакт рулону з тамбуром і зменшити обриви картону або інші збої в роботі наката. Для вирішення цих проблем практично на всіх нових високошвидкісних картоноробних машинах почали застосовувати гумове покриття барабану наката.

Система притискання дозволяє отримувати щільне та рівномірне намотування рулонів. Працює ця система наступним чином: пневмоциліндр закріплюється на важелі, що тримають тамбурний вал з намотуванням на нього рулоном. Система притискання постійно вдосконалюється зі встановленням на нього більш точних пневмоциліндрів.

Гальмівна система є ще однією важливою частиною наката. Від часу гальмування залежить продуктивність машини. Адже для заправки картонного полотна на новий тамбурний вал потрібно його розірвати. Для збільшення часу працездатності системи доцільно виготовляти тормозні колодки з міцного матеріалу з високим коефіцієнтом тертя (наприклад ферадо)

Перелік посилань:

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы Санкт-Петербург. . Изд-во СПбЛТА. 2005 г. Том 2. часть первая. 423 с.
2. <http://www.voithpaper.com> від 5.11.2017 р.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ НАКАТІВ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН

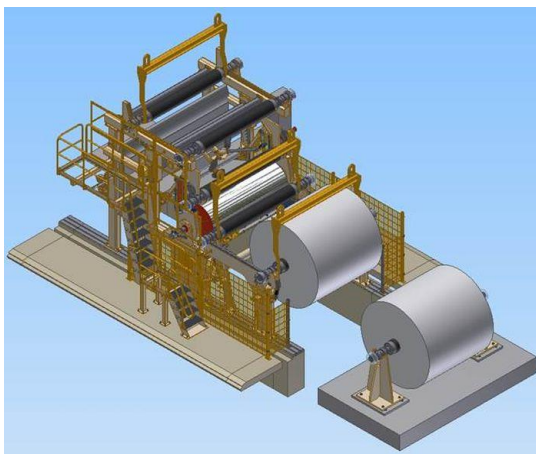
студ. Молодцов В.В., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

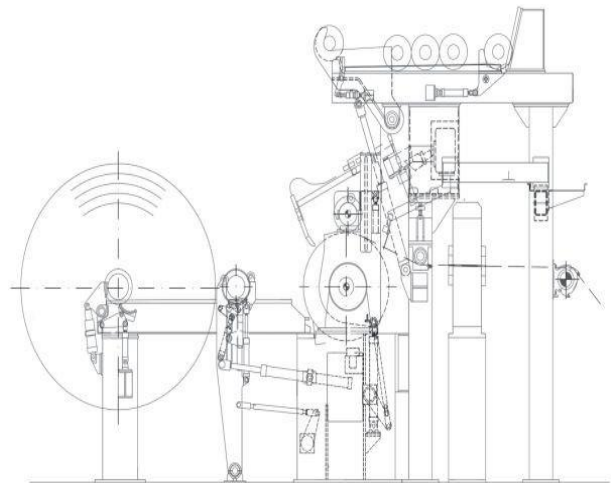
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Периферичний накат широко застосовується на всіх сучасних папероробних і картоноробних машинах, що дозволяє отримувати щільне та рівномірне намотування рулонів, чистоти та гладкості їх торцевих поверхонь, швидкого та зручного заправлення полотна на тамбурний вал.

З основних розробників конструкцій накатів є чеське акціонерне товариство "RAPCEL". Відома конструкція накату цієї фірми зображена на рис.1.



а



б

а – 3D модель накату; б – схема накату;

Рисунок 1 – Схема накату фірми "RAPCEL"

Картон намотується з постійною швидкістю на тамбурний вал. Тамбурний вал приводиться в обертання шляхом передачі крутного моменту від несучого вала, який приводиться в рух або електродвигуном з редуктором, або від трансмісії папероробної машини. Максимальний діаметр намотування сягає 3,2 м. Управління може бути ручним чи автоматичним. Перевагою даної конструкції є простота в обслуговуванні, можливість повністю автоматизованої експлуатації та регульована щільність намотування рулону [1].

Схожий за конструкцією та принципом дії накат, що розроблений німецьким машинобудівним концерном "VOITH" та фірми "VALMET" (рисунок 2, 3) [2,3].

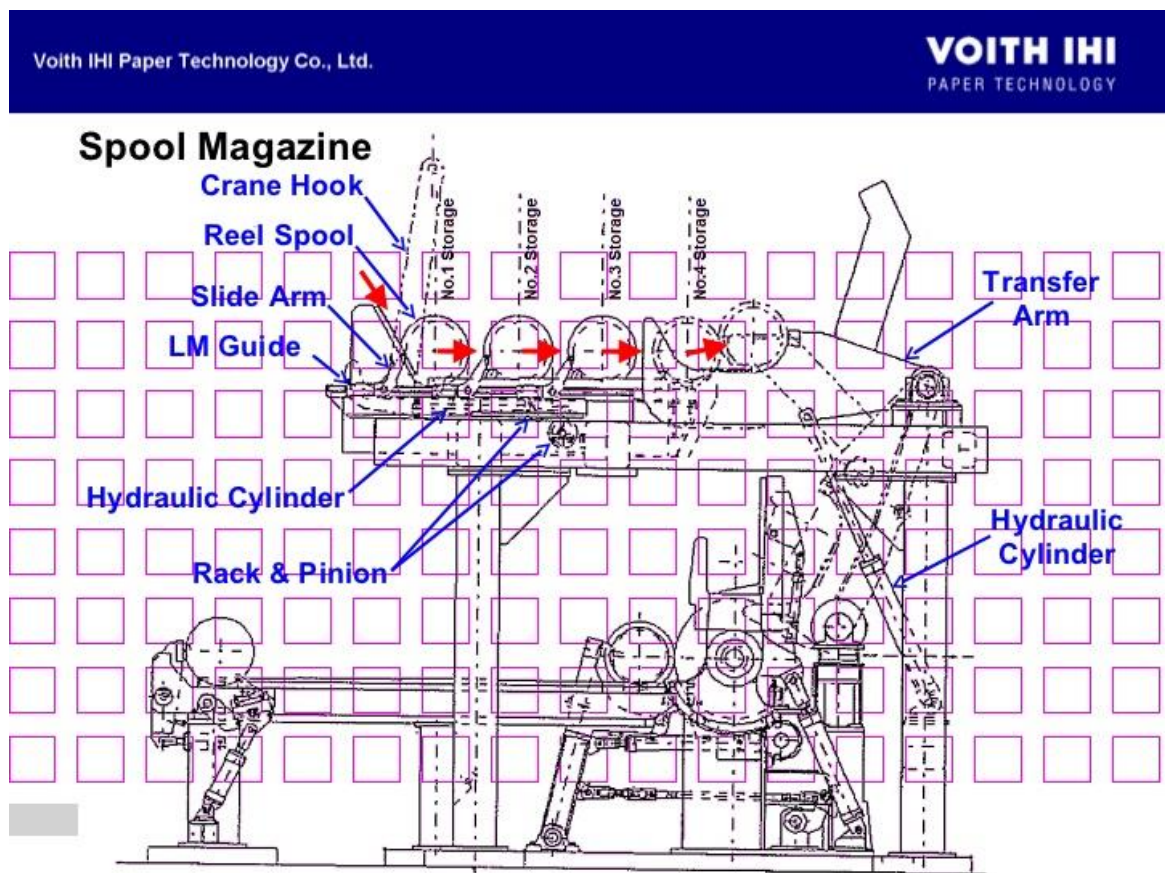


Рисунок 2 – Схема наката фірми "VOITH"

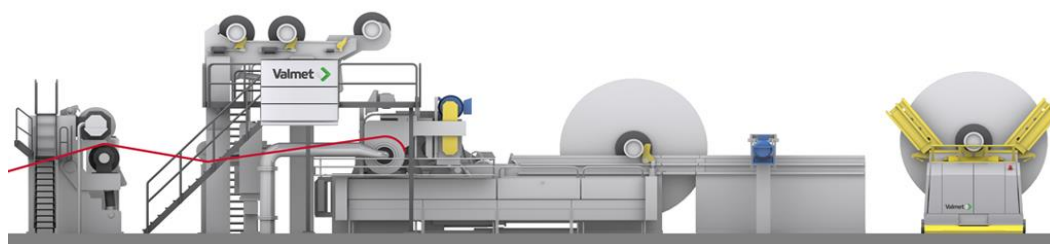


Рисунок 3 – Схема наката фірми "VALMET"

Їх конструкція подібна до попередніх. Також ці накати складаються з таких же елементів і відрізняються лише габаритами та геометрією компонентів.

Перелік посилань:

1. <http://www.paper-machine-papcel.com> від 20.10.2017 р.
2. <https://www.slideshare.net/khanhhoipnp/0406000-reel-with-spool-magazine>
3. <http://www.valmet.com/rollcovers/paper.html> від 5.11.2017 р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛОЩИЛЬНОГО ЦИЛІНДРУ

студент Нечипоренко Р.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У целюлозно-паперовій промисловості для сушіння паперового полотна, широко застосовуються контактні сушильні установки, в яких тепло передається вологому полотну безпосередньо від нагрітої поверхні циліндрів. [1]. Контактний метод сушіння є найбільш розповсюдженим, тому що він забезпечує якісне сушіння. Однак, цей метод має певні недоліки, що пов'язані з високою металоємністю обладнання та значними енергетичними затратами. Тому вдосконалення існуючих конструкцій лощильних циліндрів та розробка нових є актуальною задачею.

Лощильний циліндр – основний елемент сушильної частини папероробних машин. Який обладнаний трьома послідовно розташованими шаберами: бронзовим – для видалення легких забруднень, чистильно сталевим з обкладанням з найтоншого наждачного паперу, поліруючим легким сталевим лезом, обкладеним м'якою, часто змінюваним сукном. Завдяки безперервній роботі шаберів втрачається гладкість.

Для інтенсифікації контактного методу сушіння потрібно здійснити хромове покриття циліндру, що забезпечить збільшення коефіцієнту тепловіддачі, збільшиться твердість лощильного циліндра та відсутність корозії.

Отже, застосування хромованого покриття циліндру забезпечить підвищення коефіцієнту тепловіддачі, тому вдосконалення лощильного циліндра є актуальною задачею для сушіння паперового полотна.

Перелік посилань:

1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т.2. Бумагоделательные машины/В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимов и др.— М.: Лесная пром-сть, 1981.—264 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА

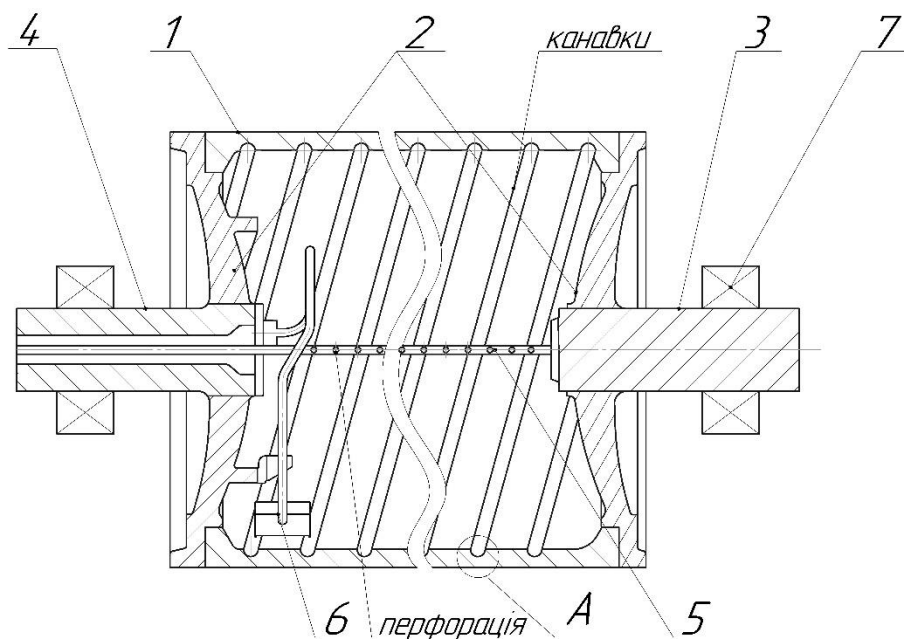
студент Олійник А.Р., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Холодильна частина картоноробної машини дозволяє зменшити температуру та частково зволожити катонне полотно після сушильної частини, що покращує подальше каландрування і зменшує кількість обривів полотна. Зниження витрат холодоносія (води) та збільшення площі теплообміну в холодильному циліндрі зменшує витрати на виробництво картону і є актуальним.

Для підвищення інтенсивності охолодження і зменшення енерговитрат запропоновано ряд можливих рішень вдосконалення конструкції холодильного циліндру [1]. Керуючись ними, розроблено холодильний циліндр, який зображено на рис. 1.



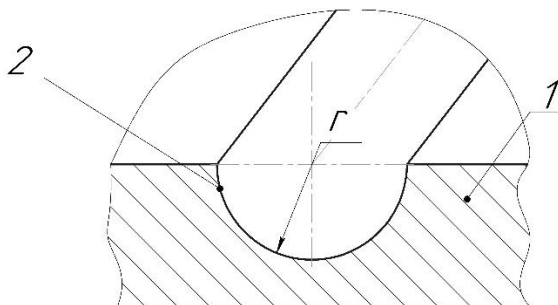
1 – оболонка; 2 – сфери́чні кришки; 3 – привідна цапфа;

4 – пустотіла цапфа; 5 – перфорована трубка; 6 – черпак; 7 - підшипники

Рисунок 1 – Схема холодильного циліндра

Холодильний циліндр складається з оболонки, на внутрішній поверхні якої спіралью нарізано канавку. Канавка в поперечному перерізі утворює півколо (рис. 2). З боків циліндру розміщені сфери́чні кришки, що утворюють кільцеву камеру. Також холодильний циліндр містить приводну та пустотілу

цапфу, перфоровану трубку для подачі холодоносія та черпак для відведення відпрацьованого холодоносія.



1 – оболонка холодильного циліндра; 2 – канавка

Рисунок 2 – Схема поперечного перерізу спіральної канавки холодильного циліндра

Форма канавки у вигляді півкола в порівнянні з іншими типовими формами канавки (наприклад, прямокутна чи квадратна) дозволяє зменшити конструкційне напруження в них [2].

Холодильний циліндр працює наступним чином. Попередньо висушене та нагріте полотно картону потрапляє на зовнішню поверхню холодильного циліндра, що обертається. Охолодна вода через перфоровану трубку, що направлена отворами на внутрішню поверхню холодильного циліндра, подається під тиском в його внутрішню порожнину. На внутрішній поверхні циліндра створюється шар холодоносія, що відкачується черпаком назовні. Під час потрапляння в канавки холодоносії збільшує свою турбулентність, а напрямок нарізки частково спрямовує холодоносії до черпака, полегшуючи його відведення. Також рельєфна структура внутрішньої поверхні холодильного циліндра збільшує корисну площу теплообміну. Це підвищує кількість переданої теплоти від полотна до холодоносія. Далі холодоносії рухається за напрямком нарізки канавки до черпака, де видаляється з холодильного циліндра.

Розроблена конструкція холодильного циліндру збільшить площу та інтенсивність теплообміну. Це дозволить зменшити витрату холодоносія або кінцеву температуру картонного полотна.

Перелік посилань:

1. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. Пром-сть, 67-90с.
2. UA 90749 U (Карпенко К.О., Новохат О.А.)

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУ

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

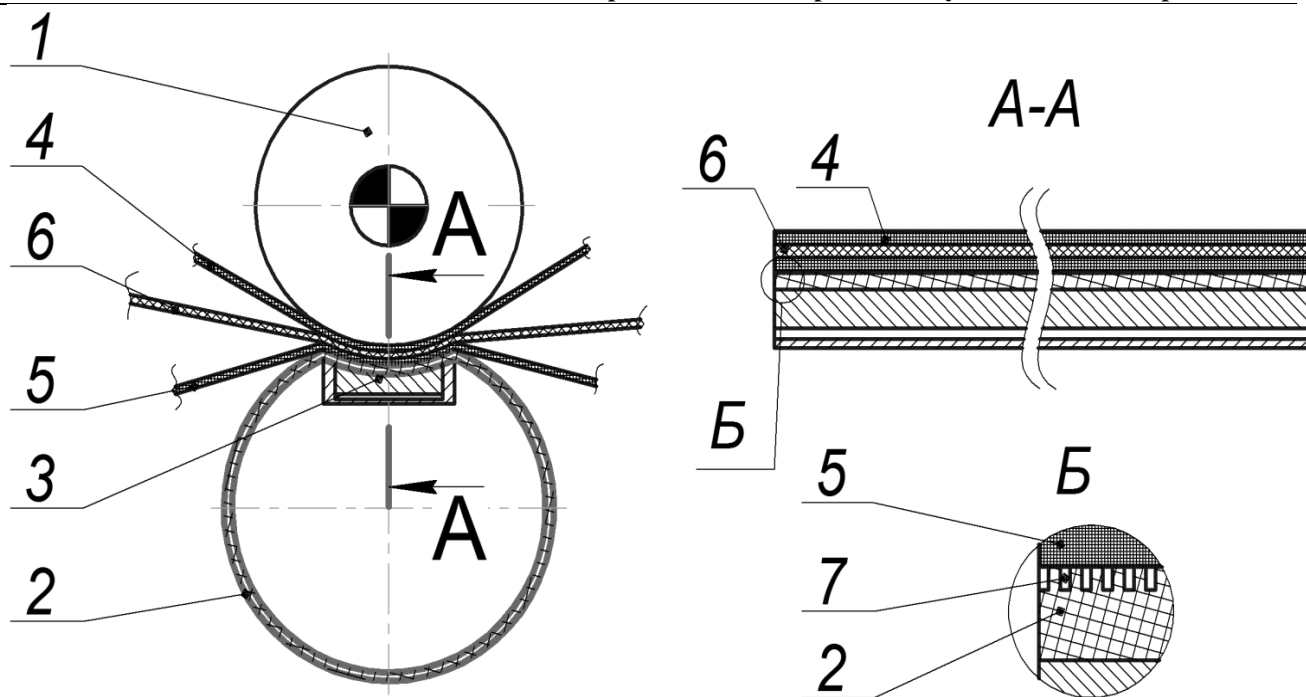
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для підвищення економічної ефективності постає питання зменшення витрат на виготовлення продукції. Рішенням цього є застосування башмачного пресу на картоноробних машинах. Основна перевага башмачних пресів полягає у більшій кінцевій сухості картону після пресу, що у свою чергу зменшує енергозатрати на сушильній частині.

Сьогодні широко застосовуються башмачні преси типу "BELOIT", що зображено на рисунку 1. Башмачні преси такого типу мають приводний вал (1), безкінечну стрічку (2), башмак (3), верхнє (4) і нижнє (5) сукна. Недоліком даної конструкції є те, що стрічка контактує своєю гладенькою поверхнею з поверхнею пресового сукна, що не дає можливості рідині фільтруватись поперек сукна. Рідина вимушена фільтруватись вздовж сукна на зустріч його руху аж до входу в захват, долаючи досить довгу відстань і відповідно великий гідравлічний опір. Цей недолік усувається застосуванням на пресі стрічки, поверхня якої дотична до пресового сукна і містить жолобки (7), розташовані вздовж безкінечної стрічки.

Таким чином вологе картонне полотно 6 поступає у захват між верхнім сукном 4 та нижнім сукном 5 і надходить в захват пресу між верхнім пресовим валом 1 та стрічкою 2, що притискається башмаком 3. За проходження картонного полотна 6 у захваті пресу з картону витісняється вода, яка фільтруючись поперек сукна поступає у жолобки стрічки по яким витікає із захвату та стікає по поверхні стрічки, при цьому значно зменшить гідравлічний опір фільтрації, та збільшить її швидкість і, відповідно, кінцеву сухість картону.



1 – верхній пресовий вал; 2 – стрічка; 3 – башмак; 4 – верхнє сукно;
5 – нижнє сукно; 6 – картонне полотно; 7 – жолобки

Рисунок 1 – Схема башмачного пресу

Запропонована конструкція башмачного пресу забезпечить значне підвищення сухості картонного полотна, що дозволить значний економічний ефект на зменшенні витрат паливного газу .

Перелік посилань.

1. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Друге видання, переробл. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425с.
2. <http://www.papcel.paticka.paticka-znacky.gorostidi/show-press/> від 30.10.2017 р.

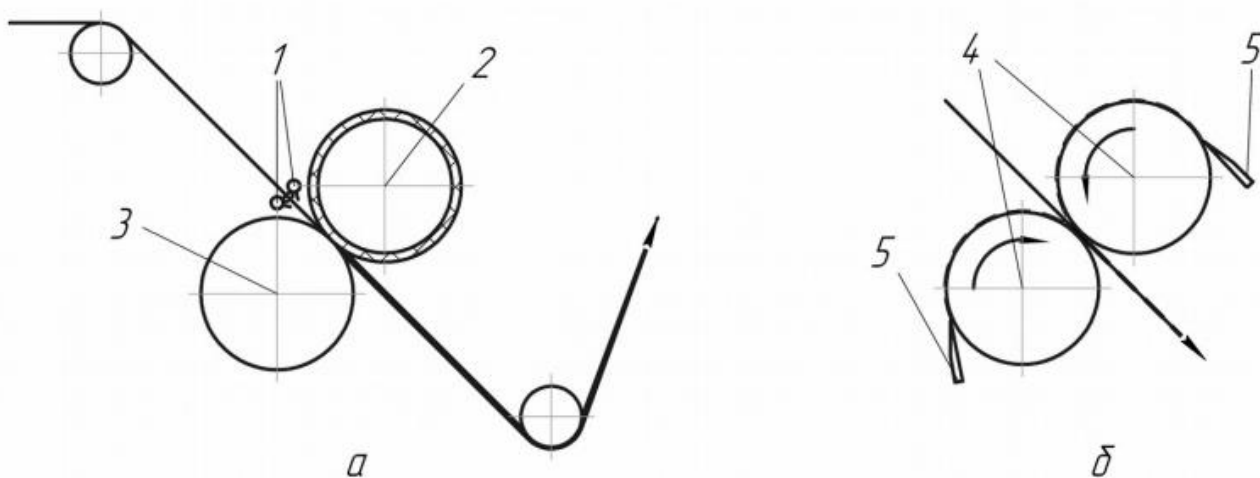
КЛЕЇЛЬНИЙ ПРЕС

студент Сюрвасєв С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для підвищення якості, покращення структури, підвищення жорсткості, гладкості, однорідності паперового полотна, проводять його поверхневе проклеювання за допомогою клеїльного пресу (рис. 1), який розташований в сушильній частині машини, шляхом нанесення на поверхню полотна (з однієї чи з обох сторін) клею. В такому випадку речовина, що проклеює, розподіляється на поверхні, а основна товщина полотна залишається не проклеєною.



а) зі спреками; б) плівковий

1 – спреки; 2- гумований вал; 3- стонітовий вал; 4 – вали клеїльного пресу;

5 – шаберний пристрій

Рисунок 1 – Схеми клеїльних пресів

Клеїльний прес виконаний у вигляді двохвального пресу з гідравлічним або пневматичним зусиллям притискання. Вал, що притискається до іншого для створення заданого лінійного тиску називається рухомий, а другий вал – не рухомим. Пресові вали упорядковані в горизонтальному, похилому або

вертикальному положенні, причому рухомий вал преса (перший в напрямку руху паперового полотна) знаходиться нижче ніж нерухомий вал. Вали пресу динамічно збалансовані на потрібну швидкість і можуть бути оснащені різними видами покриття (резини, кераміка) відповідно асортименту паперу (картону), що випускається.

При поверхневому проклеюванні досягається значна економія клею і виключається його втрата з стічними водами. Поверхнева проклейка полотна паперу чи картону дозволяє також покращити зімкнутість структури, підвищити жорсткість, гладкість та однорідність, надати їм водо-, паро-, і жиронепроникності.

Речовини, що використовуються для проклеювання картону можна розділити на три групи: речовини, що надають гідрофобність (каніфоль, стеарин, віск, парафін); речовини, що підсилюють гідрофобність і одночасно збільшують їх жорсткість (крохмаль, казеїн, латекси та ін.); речовини, що забезпечують волого міцність (водами, карбідо- і меламіноформальдегідні смоли). До цих речовин можуть додаватися оптичні підбілювачі та інші добавки, що надають паперу і картону спеціальних властивостей.

Перелік посилань:

1. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. Пром-сть, 67-90с.
2. Бумагоделательные и отделочные машины, Эйлин И.Я. Лесная промышленность М., 1970, - 378с
3. Новиков Н.Е., Прессование бумажного полотна. – М.: «Лесная промышленность», 1972 – 240 с.

УДК 676.058.1

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Ходаківський Н.Ю., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Картон є широко розповсюдженим матеріалом, що використовується в багатьох галузях. Тому спостерігається тенденція зростання темпів його виробництва та споживання.

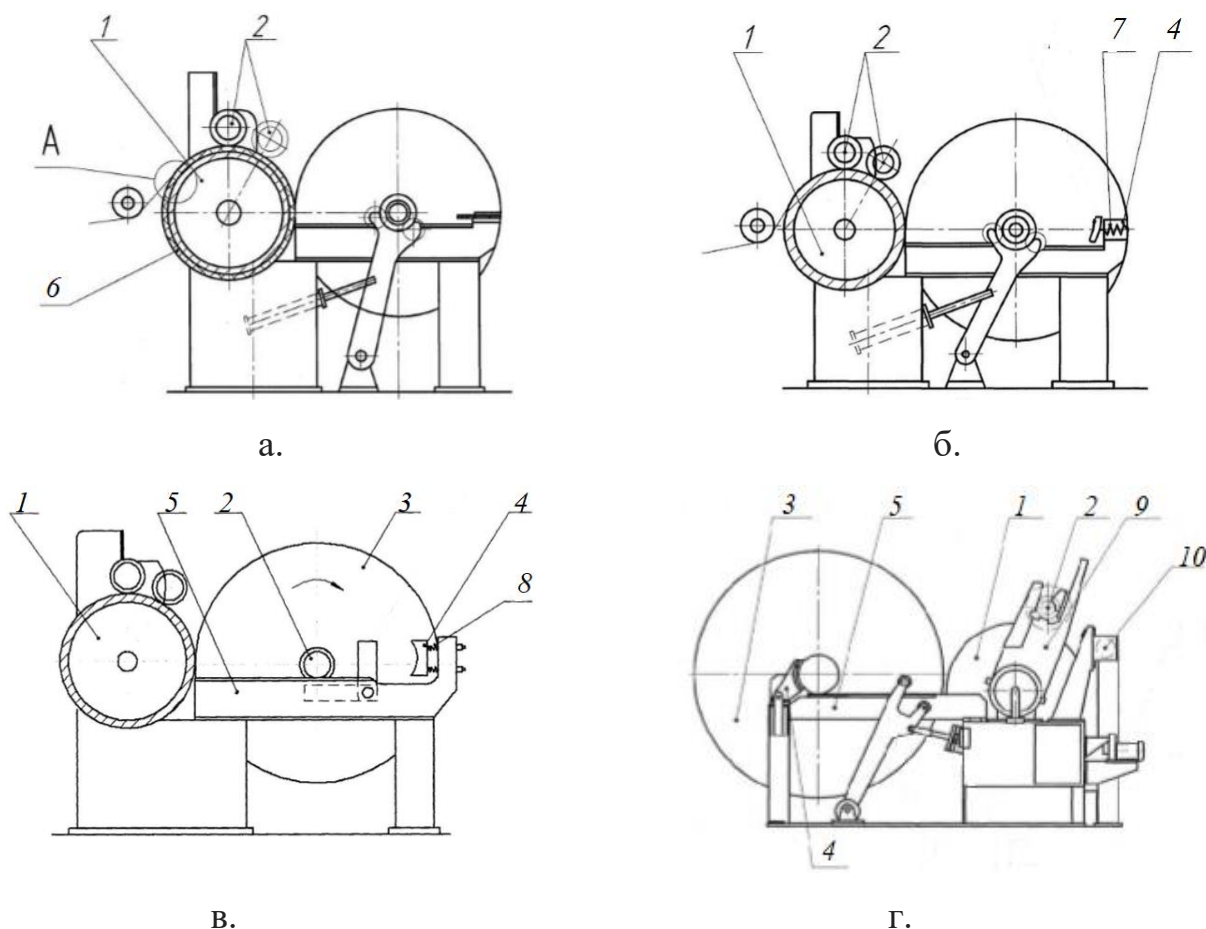
На виробництво картон надходить у рулонах, в які він намотується на накаті картоноробної машини. Від роботи наката залежить щільність намотування, якість картонних кромek, транспортабельність картону, безобривність рулону та ін. Тому вдосконалення конструкції наката може покращити кінцеву якість картону та збільшити продуктивність картоноробної машини.

На даний час поширений периферичний тип наката, який в порівнянні з осьовим має такі основні переваги: більша швидкість намотування та відсутність необхідності контролювати зусилля притискання. Основними компонентами периферичного наката є циліндр наката, тамбурний вал, на який намотується рулон картонного полотна, заправочні (приймальні) та робочі (основні) важелі, станина, направляючі балки, пружини та пневмоциліндри.

За літературним оглядом встановлено, що поширеними способами модернізації наката є вдосконалення конструкції циліндру наката (рисунок 1а) або гальмівної системи наката (рисунок 1б, в, г).

Так, відомий периферичний накат (рисунок 1а), поверхня циліндра якого вкрита тонким шаром матеріалу з високим коефіцієнтом тертя [1]. А в периферичному накаті (рисунок 1б) гальмо рулону містить пристрій для демпфування намотаного рулону паперу [2]. В іншій конструкції наката (рисунок 1в) засіб гальмування тамбурного вала з рулоном виконано у

вигляді кутового важеля і упора з встановленими на них гальмівними колодками [3]. А в накаті на рисунку 1г гальмівні колодки виконані з ферадо [4].



1а, б, в, г: 1 – циліндр накату; 2 – тамбурний вал; 3 – рулон картону;
4 – елемент гальмування; 5 – станина; 6 – гумове покриття; 7 – пружина;
8 – гвинти; 9 – приймальний важіль; 10 – розправляючий валик.

Рисунок 1 – Периферичний накат картоноробної машини

Перелік посилань:

1. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №u201006225; заявл. 21.05.2010.
2. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №u201006224; заявл. 21.05.2010.
3. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №u201102094; заявл. 22.02.2011.
4. Патент на корисну модель, МПК D21F 11/00. Накат периферичний. №u201204702; заявл. 17.04.2012.

СУШИЛЬНА ЧАСТИНА КРМ

студент Холод І.І., к.т.н., професор Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сучасному етапі пакувальна індустрія розвивається прискореними темпами, тому пакувальні матеріали відіграють значну роль в промисловості. В Україні використовують близько 40% картонно - паперової упаковки [1]. Попит на упаковку в промисловості, особливо, на виробництвах харчової промисловості, яка є основним споживачем гофротари, та і в інших галузях швидко зростає і повністю не задовольняється.

Збільшення об'ємів виробництва упаковочного картону обмежується продуктивністю сушильної частини КРМ, тому інтенсифікація процесу сушіння є актуальною проблемою.

Сушильна частина картоноробної машини складається з сушильних циліндрів, що нагрівають парою, які зазвичай розташовані в два ряди в шахматному порядку. Загальна кількість циліндрів залежить від таких факторів як температура поверхні сушильних циліндрів та вологість теплоносія. Паперове полотно послідовно огинає поверхню сушильних циліндрів і проходить від верхнього ряду до нижнього. При цьому на ділянках контакту з циліндрами полотно притискається сушильним сукном до робочої поверхні циліндрів. Зволожене парою сукно висушується на сукносушильних циліндрах.

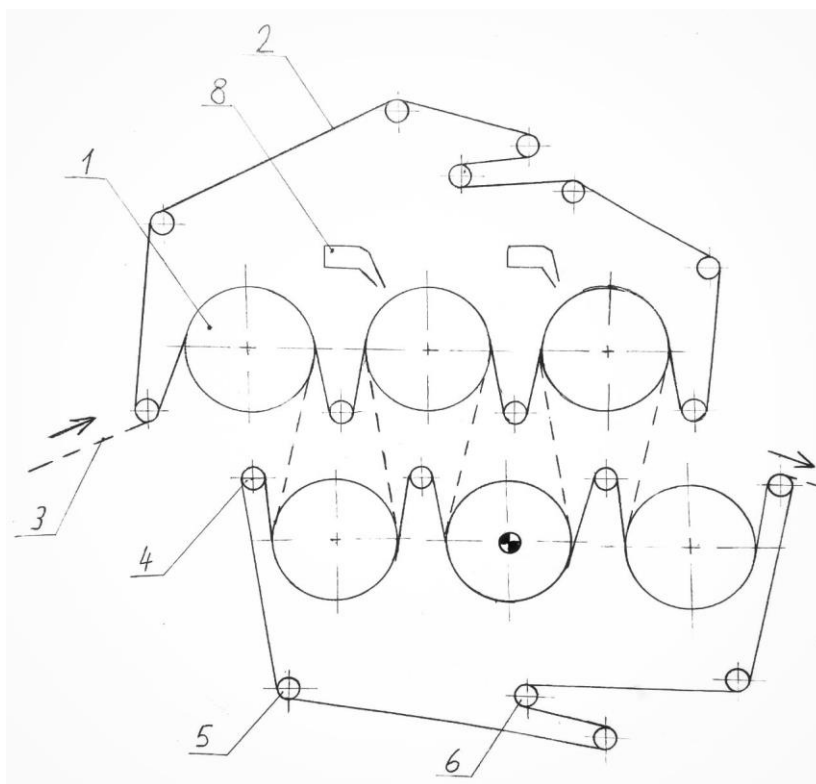
Для інтенсифікації сушіння паперового полотна потрібно впровадити наступне:

- замість сукна застосуємо полімерну сітку, яка забезпечить краще зневоднення паперового полотна, а також дає можливість не ставити сукносушильні циліндри;

- здійснити подачу теплоносія через сопла обдуву;

-встановити ковпаки конвективного сушіння, які дадуть додатковий тепловий потік, що приведе до зменшення кількості сушильних циліндрів в сушильній частині;

-покращуємо вентиляцію за рахунок тепла відпрацьованого повітря соплового обдуву, що ліквідує конденсацію пари на стінках ковпака взимку в результаті збільшення об'єму повітря [2].



1 – сушильний циліндр; 2 – сітка; 3 – полотно; 4 – сукноведучий валик;

5 – сукноправильний валик; 6 – сукнонатяжний валик

Рисунок – Схема сушильної частини КРМ

Висновок: запропоновані методи інтенсифікації процесу сушіння дозволять збільшити продуктивність сушильної частини та зменшити її металоємність.

Перелік посилань:

1. Розанцев Э.Г. Требования к упаковочным материалам /Тара и упаковка. Учебник// Под ред. Э.Г.Розанцева. - М. МГУПБ, 1999.
2. В. А. Чичаев, А. А. Васильев, И. А. Васильев и др. — М.: Лесная промышленность, 1981. — 368 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

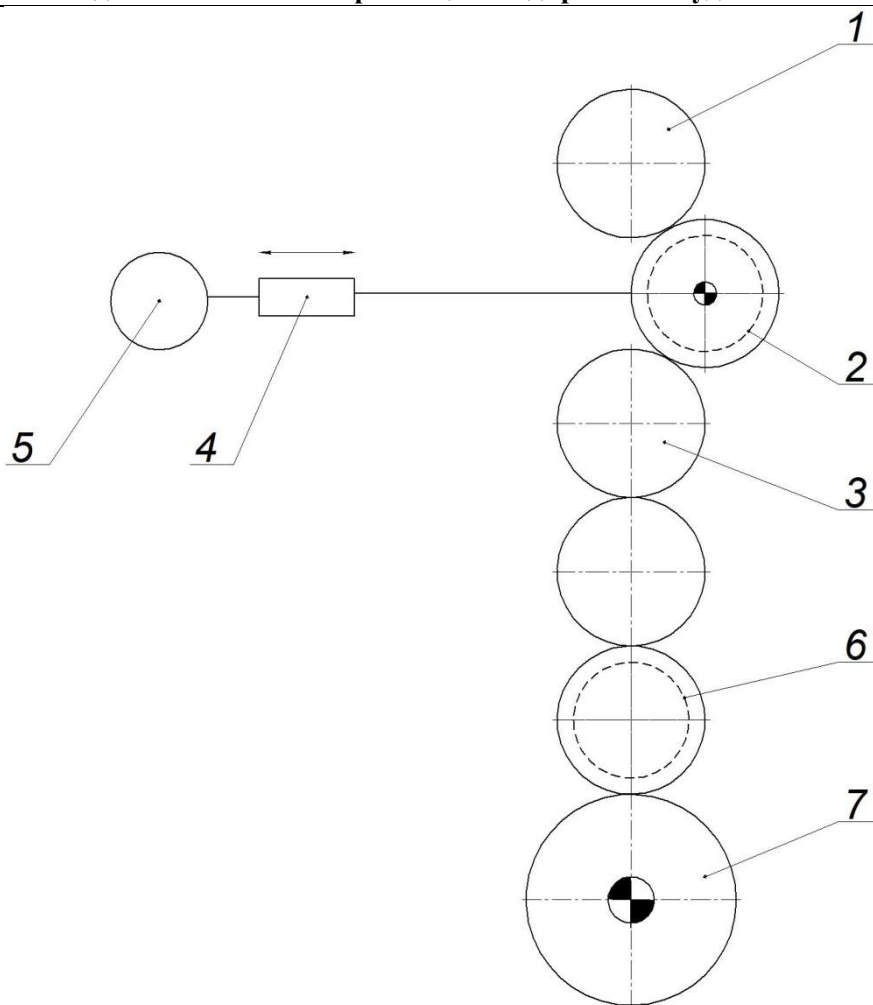
студентка Шкут М.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На більшій частині папероробних машин після сушильної частини встановлений каландр, призначений для підвищення лоску, гладкості та об'ємної маси паперу, а також для додання їй рівномірної товщини по ширині полотна. Розривна довжина паперу після каландрування збільшується, а число подвійних перегинів зменшується. Деякі види паперу піддаються додатковій обробці на суперкаландрах, що встановлюються після папероробної машини. На відміну від каландрів суперкаландри складаються з великого числа валів: тиск між валами високий, деякі вали суперкаландрів набивні [1].

Авторами [2] запропоновано конструкцію каландру, в якому металевий вал втискується гвинтовим приводом між двома металевими валами. Недоліком такої конструкції є те, що металевий вал не здійснює вигладжування паперу. Нами запропонована конструкція каландру, схема якого наведена на рисунку 1. Дана конструкція дає змогу здійснювати проковзування металевих валів по вм'ятинам валів покритих пружним матеріалом. Для цього пропонується використовувати ходовий гвинт з електродвигуном, що буде забезпечувати переміщення середнього валу поз. 2 між металевими валами. В результаті переміщення збільшується лінійний тиск і деформація пружного покриття валу поз. 2. По вм'ятинам валів з пружним покриттям, які покриті папером відбувається проковзування металевих валів, що забезпечує їх проковзування по паперу і його вигладжування. Степінь вигладжування можна регулювати величиною притискання облицьованого валу поз. 2 до валів поз.1 и поз. 3. В першому захваті привідного поз. 7 і валу покритого шаром пружного матеріалу поз. 6 відбувається деформація пружного шару валу поз. 6 і, відповідно, вигладжування паперу.



1 – верхній металевий вал; 2 – вал покритий шаром пружного матеріалу; 3 – вал металевий; 4 – привід гвинтовий; 5 – мотор-редуктор; 6 – вал металевий покритий шаром пружного матеріалу; 7 – вал металевий привідний.

Рисунок 1 – Схема каландра

Перелік посилань:

1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины/В. А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова и др. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 264 с.
2. Патент №94037 (UA), МПК6 B29C 43/24. Каландр машинный / Кравець Наталія Володимірівна (UA), Улітько Роман Миколайович (UA). – Заявка №201405185/ 16.05.2014; Опубл. 27.10.2014, Бюл. № 20

СЕКЦІЯ 6
«ТЕОРЕТИНЧА МЕХАНІКА»

ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГІЙ «СИЛА-СТРУМ» У МЕХАНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ

студ. Айтубаєв І.І., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

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

Аналогія “Сила-струм” побудована на використанні першого закону Кірхгофа: алгебраїчна сума струмів, що збігаються у вузлі, дорівнює нулю. Розглянемо лінійне електричне коло з N парами вузлів. За узагальнену електричну координату приймемо напругу U . Тоді, згідно з електродинамічними аналогіями для системи з одним степенем вільності, вирази для електростатичної (T_2^e) та електромагнітної енергій (Π_2^e) і функції розсіювання (Φ_2^e) матимуть вигляд

$$T_2^e = \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^N C_{jk} \dot{U}_j \dot{U}_k; \quad \Pi_2^e = \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^N \frac{1}{L_{jk}} U_j U_k; \quad \Phi_2^e = \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^N \frac{1}{R_{jk}} \dot{U}_j \dot{U}_k.$$

У цьому випадку рівняння Лагранжа – Максвелла для розглядуваного нами електричного кола набуде вигляду

$$\sum_{k=1}^N \left(C_{jk} \ddot{U}_k + \frac{1}{R_{jk}} \dot{U}_k + \frac{1}{L_{jk}} U_k \right) \frac{dU_j}{dt} \quad (1),$$

а рівняння руху механічної системи з N степенями вільності

$$\sum_{k=1}^N (a_{jk} \ddot{q}_k + \beta_{jk} \dot{q}_k + c_{jk} q_k) = Q_j \quad (2).$$

Порівнявши рівняння (1) з (2), робимо висновок, що електричні кола з послідовним з'єднанням елементів та паралельним з'єднанням елементів є аналогом однієї й тієї самої механічної системи.

УДК 531/534

ДИНАМІКА ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ

студент Дзюнь А.М., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо динаміку поступального руху тіла змінної маси. Для цього застосуємо закон незалежності дії сил і теорему про зміну кількості руху системи. Під час руху тіла змінної маси, крім сили $\vec{F}$, що прикладена до тіла, здійснюється відокремлювання або приєднання нових частинок.

Приєднання або відокремлення частинок дійсне тільки тоді, коли швидкості цих частинок не дорівнюють швидкості тіла M . Тому тільки у цьому випадку змінюється кількість руху тіла.

Нехай у момент часу t маса тіла M дорівнює m і його абсолютна швидкість $\vec{V}$. Нехай до цього тіла приєднуються частинка масою dm з абсолютною швидкістю $\vec{u}$. Через проміжок часу dt , коли частинка масою dm приєднується до тіла M , їх спільна швидкість буде $\vec{v} + d\vec{v}$. Кількість руху системи до приєднання частинки:

$$\vec{Q} = m\vec{v} + \vec{u}dm.$$

Після приєднання частинки кількості руху :

$$\vec{Q}_1 = (m + dm)(\vec{v} + d\vec{v}) = m\vec{v} + \vec{v}dm + m d\vec{v} + dmd\vec{v}.$$

Тоді елементарний приріст кількості руху тіла :

$$d\vec{Q} = \vec{Q}_1 - \vec{Q} = m\vec{v} + \vec{v}dm + m d\vec{v} + dmd\vec{v} - m\vec{v} - \vec{u}dm = m d\vec{v} + dmd\vec{v} - (\vec{u} - \vec{v})dm.$$

За теоремою імпульсів :

$$d\vec{Q} = \vec{F}dt.$$

Отже,

$$m d\vec{v} + dmd\vec{v} - dm(\vec{u} - \vec{v}) = \vec{F}dt.$$

Звідси, нехтуючи добутком $dmd\vec{v}$ як величиною другого порядку малості,

дістанемо, розділивши на dt : $m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \frac{dm}{dt} \vec{v}_r$,

де $\vec{u} - \vec{v} = \vec{v}_r$ - відносна швидкість приєднуваної до тіла частинки.

Вектор $\frac{dm}{dt}\vec{v}_r = \vec{\Phi}$ - називають реактивною силою.

Остаточно запишемо:
$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{\Phi}. \quad (1).$$

Реактивна сила $\vec{\Phi}$ пропорційна зміні маси тіла за одиницю часу і відносній швидкості частинок, що відокремлюються.

Отже, для того, щоб збільшити реактивну силу, потрібно збільшити швидкість змінення тіла і відносну швидкість частинок, що відокремлюються.

Співвідношення (1) є основним законом руху тіла змінної маси, який формулюється так: *під час руху тіла змінної маси у будь-який момент часу добуток маси цього тіла та його прискорення дорівнює геометричній сумі зовнішньої сили $\vec{F}$ і реактивної сили $\vec{\Phi}$, що діють на тіло.*

За гіпотезою К.Е. Ціолковського відносна швидкість $\vec{v}_r$ частинок, що відокремлюються, постійна за величиною, напрямлена по дотичній до траєкторії руху тіла змінної маси в бік, протилежний швидкості $\vec{v}$ руху тіла.

З урахуванням цього рівняння (1) набуде вигляду :

$$m(t) \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{\tau} v_r \frac{dm}{dt}, \quad (2).$$

де $\vec{\tau}$ - орт дотичної до траєкторії руху тіла.

В окремому випадку, коли абсолютна швидкість частинок, що відокремлюються або приєднуються, дорівнює нулю ($\vec{U} = 0$), рівняння

Мещерського збігається з формою запису другого закону Ньютона

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \frac{dm}{dt} \vec{v} \text{ або } \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}.$$

Якщо ж відносна швидкість $\vec{v}_r$ частинок, що відокремлюються, дорівнює нулю, то реактивна сила $\vec{\Phi}$ також дорівнює нулю і рівняння (2) набуде вигляду основного рівняння руху матеріальної точки постійної маси $m\vec{w} = \vec{F}$.

КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ ТА ЇЇ ЗМІНА У ВІДНОСНОМУ РУСІ ТОЧКИ

студент Поліщук Д.М., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Отримаємо вираз, який відображає зміну кінетичної енергії у відносному русі точки. Для цього основне рівняння динаміки відносного руху запишемо так:

$$m \frac{d\vec{v}_r}{dt} = \vec{F} + \vec{R} + \vec{\Phi}_e - 2m(\vec{\omega} \times \vec{v}_r) \quad (1)$$

Ліву і праву частини рівності (1) помножимо скалярно на відносну швидкість $\vec{v}_r$, дістанемо

$$m(\vec{v}_r) \cdot \frac{d\vec{v}_r}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}_r + \vec{R} \cdot \vec{v}_r + \vec{\Phi}_e \cdot \vec{v}_r - 2m(\vec{\omega} \times \vec{v}_r) \cdot \vec{v}_r \quad (2)$$

Проаналізуємо (2). Тут останній доданок дорівнює нулю, оскільки вектор $\vec{v}_r$ перпендикулярний до векторного добутку $(\vec{\omega} \times \vec{v}_r)$. Звідси, враховуючи, що

$$m\vec{v}_r \cdot \frac{d\vec{v}_r}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} (mv_r^2) = \frac{d}{dt} T_r, \text{ і вираз для потужності сили, рівність (2)}$$

запишемо у вигляді

$$\frac{dT_r}{dt} = N^F + N^R + N^{\Phi_e}, \quad (3)$$

де $T_r = \frac{mv_r^2}{2}$ - кінетична енергія відносного руху; N^F, N^R, N^{Φ_e} , - відповідно потужності активних сил $\vec{F}$, реакції в'язі $\vec{R}$ і формально обчислена потужність переносної сили інерції.

Отже, робота коріолісової сили інерції у відносному русі дорівнює нулю. У цьому й полягає особливість теореми про зміну кінетичної енергії у відносному русі точки. Інтегруючи вираз (3) в межах (t_0, t) , дістанемо:

$$T_r(t) - T_r(t_0) = A^F + A^R + A^{\Phi_e}. \quad (4)$$

Вираз (4) представляє собою запис теореми про зміну кінетичної енергії у відносному русі точки: зміна кінетичної енергії у відносному русі точки дорівнює сумі робіт сил, що діють на неї, — активних і реакцій в'язей разом з формально обчисленою роботою переносної сили інерції.

СТІЙКІСТЬ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА НАВКОЛО ОСЕЙ ІНЕРЦІЇ

студ. Полякова В.І., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо тверде тіло в сферичному русі, яке обертається навколо осі інерції зі сталою кутовою швидкістю $\omega = \text{const}$ навколо осі, яка збігається з однією з головних осей інерції, наприклад з Oy . Тоді $\Delta\omega_x = \Delta\omega_z = 0$, а $\Delta\omega_y = \omega$.

Якщо вектору кутової швидкості надати мале збурення $\Delta\omega$ та підставити отримані значення у динамічні рівняння Ейлера з урахуванням того, що $\dot{\omega} = 0$ і нехтуючи добутками другого порядку мализни, отримаємо:

$$I_x \frac{d\Delta\omega_x}{dt} + (I_z - I_y)\omega\Delta\omega_z, I_y \frac{d\Delta\omega_y}{dt} = 0, I_z \frac{d\Delta\omega_z}{dt} + (I_y - I_x)\omega\Delta\omega_x = 0.$$

Аналізуємо отриману систему рівнянь шляхом введення оператора диференціювання та переведення її у матричну форму. Далі, залежно від вигляду коренів характеристичного рівняння складеного для цієї системи, $I_x I_z p^2 - (I_z - I_y) \times (I_y - I_x) \omega^2 = 0$ різною буде поведінка приростів кутових швидкостей.

Умова стійкості обертання тіла за інерцією набуває вигляду

$$(I_z - I_y)(I_y - I_x) < 0. \text{ Ця нерівність виконується, якщо } I_y > I_z, I_y > I_x \text{ або } I_y < I_z, I_y < I_x.$$

Таким чином, обертання твердого тіла буде стійким відносно тієї осі інерції, відносно якої значення моменту інерції буде або найбільшим, або найменшим.

УМОВИ СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО ЗРІВНОВАЖЕННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА

студент Сацердотов О.О., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо умови статичного і динамічного зрівноваження тіла. Для цього використаємо рівняння для визначення реакції підшипників :

$$\begin{aligned}mz_c\varepsilon - m\omega^2 x_c &= F_x + X_A + X_B, \\0 &= F_y + Y_A + Y_B, \\-mx_c\varepsilon - m\omega^2 z_c &= F_z + Z_A + Z_B, \\-I_{xy}\varepsilon - I_{zy}\omega^2 &= M_x + y_A Z_A + y_B Z_B, \\I_y\varepsilon &= M_y, \\-I_{zy}\varepsilon + I_{xy}\omega^2 &= M_z + y_A X_A + y_B X_B.\end{aligned}\quad (1)$$

Як видно з рівнянь (1), реакції в опорах А і В визначаються: активними силами та їхніми моментами, що прикладені до тіла; силами інерції та їхніми моментами, що записані у лівих частинах рівнянь. Тому, якщо кожен з реакцій опор подати у вигляді двох складових, одна з яких визначається лише активними силами, а друга зумовлена силами інерції та їхніми моментами і перетворюється на нуль як тільки перестає обертатися, тобто $\vec{R}_A = \vec{R}_A^F + \vec{R}_A^D$, $\vec{R}_B = \vec{R}_B^F + \vec{R}_B^D$, (2) то першу складову реакцій $\vec{R}_A^F$, $\vec{R}_B^F$ можна визначити з рівнянь статки. Ці складові реакцій називають статичними.

Отже статичні і динамічні реакції в'язей визначаються з таких систем:

$$\begin{cases} 0 = F_x + X_A^F + X_B^F \\ 0 = M_x + y_A Z_B^F + y_B Z_B^F \\ 0 = F_y + Y_A^F + Y_B^F \\ 0 = M_z - y_A X_B^F - y_B X_B^F \\ 0 = F_z + Z_A^F + Z_B^F \end{cases}, (3) \quad \begin{cases} mz_c\varepsilon - m\omega^2 x_c = X_A^D + X_B^D \\ -mx_c\varepsilon - m\omega^2 z_c = Z_A^D + Z_B^D \\ -I_{xy}\varepsilon - I_{zy}\omega^2 = y_A Z_A^D + y_B Z_B^D \\ -I_{zy}\varepsilon + I_{xy}\omega^2 = -y_A X_A^D - y_B X_B^D \end{cases} . (4)$$

Розглянемо рівняння (4). Можна помітити, що ці рівняння поділяються на дві групи незалежних: перше і четверте, друге і третє, які можна аналізувати незалежно.

З'ясуємо коли додаткові динамічні реакції $(X_A^D, Z_A^D, X_B^D, Z_B^D)$ будуть дорівнювати нулю. Очевидно що це буде тоді, коли ліві частини рівнянь (4) дорівнюватимуть нулю. Розглядаючи як невідомі x_c, z_c, I_{xy}, I_{zy} , та об'єднуючи перше і друге, третє і четверте рівняння системи (4), дістанемо дві незалежні системи рівнянь:

$$\begin{cases} \varepsilon z_c - \omega^2 x_c = 0 \\ \omega^2 z_c + \varepsilon x_c = 0 \end{cases}, \begin{cases} I_{xy} \varepsilon + \omega^2 = 0 \\ I_{xy} \omega^2 - I_{zy} \varepsilon = 0 \end{cases} \quad (5).$$

Ці системи однорідних лінійних алгебраїчних рівнянь відносно x_c, z_c, I_{xy}, I_{zy} мають однакові визначники які не дорівнюють нулю:

$$\begin{vmatrix} \varepsilon & \omega^2 \\ \varepsilon & \omega^2 \end{vmatrix} = \varepsilon^2 + \omega^4 \neq 0 \quad (6),$$

оскільки під час обертання тіла ω і ε одночасно на нуль не перетворюються.

Отже рівняння (5) мають єдиний розв'язок: $x_c = z_c = 0, I_{xy} = I_{zy} = 0$ (7).

Перша умова означає, що центр мас тіла лежить на осі обертання $x_c = z_c = 0$. У цьому випадку тіло статично зрівноважене.

Друга умова $I_{xy} = I_{zy} = 0$ означає, що вісь обертання O_y є головною віссю інерції, а оскільки виконується і перша умова (7), то ця вісь є також центральною віссю інерції. Якщо виконуються умови (7) то тіло динамічно зрівноважене. Це означає, що динамічні додатки реакції опор дорівнюють нулю.

Висновок: для того щоб під час обертання твердого тіла навколо нерухомої осі не виникали додаткові динамічні реакції, тіло має бути динамічно зрівноважене, тобто вісь обертання тіла має бути головною центральною віссю інерції.

Якщо тіло зрівноважене динамічно то воно зрівноважене і статично. якщо тіло зрівноважене статично, то динамічно воно може бути і не зрівноважене.

УДК 51/534

ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА В ГЕОГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

студ. Супруненко М.І., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Як відомо, на рухомих об'єктах (літаках, кораблях, тощо) використовуються гіроскопічні прилади маятникового типу для визначення відхилення об'єктів від горизонталі. При русі відносно Землі в цих приладах виникають так звані швидкісні та балістичні девіації (похибки), які зумовлені тим, що ці об'єкти, рухаючись горизонтально по поверхні Землі, насправді обертаються в інерціальному просторі й тому вони рухаються з прискоренням в інерціальній системі координат, якщо навіть їх швидкість відносно Землі є сталою. Тому необхідно знайти кутову швидкість обертання рухомого об'єкта та його прискорення в географічній системі координат, якщо складова відносної швидкості об'єкта на північ V_N , на схід $-V_E$, а кутова швидкість добового обертання Землі $-\omega_z$.

Вісь $O\xi$ напрямлена на північ (N) по дотичній до меридіана, а $O\zeta$ – на схід (E) по дотичній до паралелі, а $O\eta$ – по вертикалі вгору.

Очевидно, що рух об'єкта зі складовою швидкості V_N спричинений зміною кута φ – географічної широти, а рух зі складовою швидкості на схід V_E – географічної довготи λ . Отже кутова швидкість $\dot{\lambda}$ напрямлена перпендикулярно до площини паралелі та паралельна кутовій швидкості обертання Землі ω_z , а кутова швидкість $\dot{\varphi}$ напрямлена в бік, протилежний напрямку осі $O\zeta$. Тоді:

$$\dot{\varphi} = \frac{V_N}{R}, \dot{\lambda} = \frac{V_E}{R \cos \varphi} \quad (1)$$

Якщо тепер враховувати і кутову швидкість обертання Землі ω_3 , то проекції кутової швидкості на осі географічної системи координат будуть мати такий вигляд:

$$\begin{aligned}\omega_\xi &= (\omega_3 + \dot{\lambda})\cos\varphi + \frac{V_E}{R\cos\varphi}\cos\varphi = \omega_3\cos\varphi + \frac{V_E}{R}; \\ \omega_\eta &= (\omega_3 + \dot{\lambda})\sin\varphi = \omega_3\sin\varphi + \frac{V_E}{R\cos\varphi}\sin\varphi = \omega_3\sin\varphi + \frac{V_E}{R}\operatorname{tg}\varphi; \quad (2) \\ \omega_\zeta &= -\dot{\varphi} = -\frac{V_N}{R}.\end{aligned}$$

У даному випадку обертальний рух Землі є переносним, а рух об'єкта по поверхні – відносним. З урахуванням цього і формул (2) наведемо формули для абсолютної швидкості об'єкта в проекціях на осі географічної системи координат:

$$\begin{aligned}V_{a\xi} &= V_N; \\ V_{a\eta} &= \frac{dR}{dt}; \quad (3) \\ V_{a\zeta} &= \omega_3 R \cos\varphi + V_E.\end{aligned}$$

Використовуючи рівняння (3) вирази (2) можна переписати у формі:

$$\begin{aligned}\omega_\xi &= \frac{\omega_3 R \cos\varphi + V_E}{R} = \frac{Va_\zeta}{R}; \\ \omega_\eta &= \frac{\omega_3 R \cos\varphi \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} + V_E \operatorname{tg}\varphi}{R} = \omega_\xi \operatorname{tg}\varphi = -\frac{Va_\xi}{R}; \quad (4) \\ \omega_\zeta &= \frac{-V_N}{R} = -\frac{Va_\xi}{R}.\end{aligned}$$

Отже, рівняння (4) описують кутову швидкість обертання рухомого об'єкта в географічній системі координат.

ДИНАМІЧНІ РІВНЯННЯ РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ

студент Ковальов Р.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо, якими рівняннями описується динаміка тіла змінної маси. Для цього розглянемо математичний запис основних теорем динаміки для випадку тіла або системи змінної маси. Обмежимося записом теорем для випадку приєднання мас. Коли ж буде випадок від'єднання мас, то потрібно лише змінити знак перед відповідними членами.

Розглянемо рівняння І. В. Міщерського для окремої точки системи:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{F}_i^e + (\vec{u}_i - \vec{v}_i) \frac{dm_i}{dt}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Перенісши член $\left(-\vec{v}_i \frac{dm_i}{dt}\right)$ в ліву частину рівняння (1), та виконуючи

операцію підсумовування для всіх точок, отримаємо:

$$\frac{d\vec{Q}}{dt} = \vec{F}_i^e + \sum_{i=1}^n \vec{u}_i \frac{dm_i}{dt}.$$

Цей вираз є записом теореми про зміну головного вектора кількості руху системи змінної маси.

Розглядаючи рівняння Міщерського (1), а також враховуючи основні математичні співвідношення для кінетичного моменту системи, та роблячи ряд математичних перетворень, отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{d'\vec{K}_O^\omega}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{K}_O^\omega &= \vec{M}_O^\omega - m\vec{\rho}_c \times \vec{w}_O + \frac{dl_O}{dt} \vec{\omega} - \sum_{i=1}^n \Delta m_i (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_i) \times \vec{u}_{ri} + \\ &+ \left(\sum_{i=1}^n \frac{dm_i}{dt} \vec{\rho}_i \right) \times \vec{v}_O. \end{aligned}$$

Оскільки $\frac{d' \vec{K}_O^\omega}{dt} = I_O \frac{d\vec{\omega}}{dt} + \frac{dI_O}{dt} \vec{\omega}$, то останнє рівняння прийме вигляд:

$$I_O \frac{d\vec{\omega}}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{K}_O^\omega = \vec{M}_O^e - m\vec{\rho}_C \times \vec{w}_O - \sum_{i=1}^n \Delta m_i (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_i) \times \vec{u}_{ri} + \\ + \left(\sum_{i=1}^n \frac{dm_i}{dt} \vec{\rho}_i \right) \times \vec{v}_O. \quad (2)$$

Два останні члени в правій частині (2) відображають дію реактивного моменту на тіло змінної маси. Рівняння (2) є записом теореми про зміну моменту кількості руху системи зі змінною масою.

Тепер помножимо скалярно ліву і праву частини рівнянь (1) на вектор

$\vec{v}_i = \frac{d\vec{r}_i}{dt}$ і врахуємо змінність точки m_i . Отримаємо:

$$d \left(\frac{m_i \vec{v}_i^2}{2} \right) + \frac{\vec{v}_i^2}{2} dm_i = \vec{F}_i^e \cdot d\vec{r}_i + (\vec{u}_i \cdot \vec{v}_i) dm_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Рівність (3) виражає в диференціальній формі теорему про зміну кінетичної енергії для однієї точки змінної маси.

Для отримання теореми про зміну кінетичної енергії для системи складемо почленно рівняння (3), тоді дістанемо

$$dT + \sum_{i=1}^n \frac{\vec{v}_i^2}{2} dm_i = \sum_{i=1}^n d' A_i^e + \sum_{i=1}^n (\vec{u}_i \cdot \vec{v}_i) dm_i.$$

Отже, сума зміни кінетичної енергії системи і кінетичної енергії приросту її маси дорівнює сумі елементарних робіт сил, прикладених до точки системи, і елементарній роботі сил, які залежать від зміни мас системи.

УМОВА СТІЙКОСТІ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА ЗА ІНЕРЦІЄЮ

студ. Хоменко М.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У загальних випадках, незбурений рух системи вважається стійким по відношенню до його змінних, якщо при малих збуреннях початкових умов – відхилень і швидкостей – збурений рух системи буде мало відрізнятися від незбуреного або відхилення лежатимуть у заданих межах.

Щоб визначити, чи буде обертання твердого тіла стійким, дослідимо змінення кутової швидкості $\vec{\omega}$.

Нехай вектор цієї швидкості $\vec{\omega}$ дістав мале збурення $\Delta\vec{\omega}$. Тоді з динамічних рівнянь Ейлера, після деяких математичних перетворень, а також нехтуючи добутками $\Delta\omega_x\Delta\omega_y$, $\Delta\omega_y\Delta\omega_z$, $\Delta\omega_x\Delta\omega_z$, та ввівши оператор диференціювання

$p = \frac{d}{dt}$, отримаємо систему в матричній формі

$$\begin{bmatrix} I_x p & (I_x - I_y)\omega \\ (I_y - I_x)\omega & I_z p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega_x \\ \Delta\omega_y \end{bmatrix} = 0.$$

Характеристичне рівняння матиме вигляд: $I_x I_z p^2 - (I_z - I_y)(I_y - I_x)\omega^2 = 0$. (1)

Далі все залежить від коренів характеристичного рівняння (1). Якщо виконується умова стійкості обертання тіла за інерцією $(I_z - I_y)(I_y - I_x) < 0$

(2), то $p_{1,2} = \pm i n (i = \sqrt{-1})$ і $\Delta\omega_x = \omega_x$, $\Delta\omega_z = \omega_z$ виражаються через тригонометричні функції синуса і косинуса і під час руху залишаються малими через мализну їх початкових значень.

Отже, $(I_z - I_y)(I_y - I_x) < 0$ (2) – це умова стійкості обертання тіла за інерцією. Нерівність виконується, якщо $I_y > I_z, I_y > I_x$ або $I_y < I_z, I_y < I_x$.

Таким чином, обертання твердого тіла буде стійким відносно тієї головної осі інерції, відносно якої значення моменту інерції буде максимальним чи мінімальним.

ФІЗИЧНІ ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ КОРІОЛІСОВОГО ПРИСКОРЕННЯ

студ. Шашков В.О., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо дві причини виникнення коріолісового прискорення:

1. Нехай існує два прямолінійних відрізки O_1A_1 та O_2A_2 , по яких рухаються точки M_1 та M_2 (рис. 1). Відрізок O_1A_1 рухається поступально, а відрізок O_2A_2 обертається навколо точки O_2 . Позначимо через $\vec{v}_{rM}$ та $\vec{v}_{eM}$ відповідно відносну та переносну швидкості точки M . Переносним рухом точки M_1 (рис. 1, а) є поступальний рух, зумовлений рухом відрізка O_1A_1 . Через елементарний проміжок часу відрізок O_1A_1 займе положення $O'_1A'_1$. Оскільки переносний рух – поступальний, то переносні швидкості точки M_1 і M'_1 однакові.

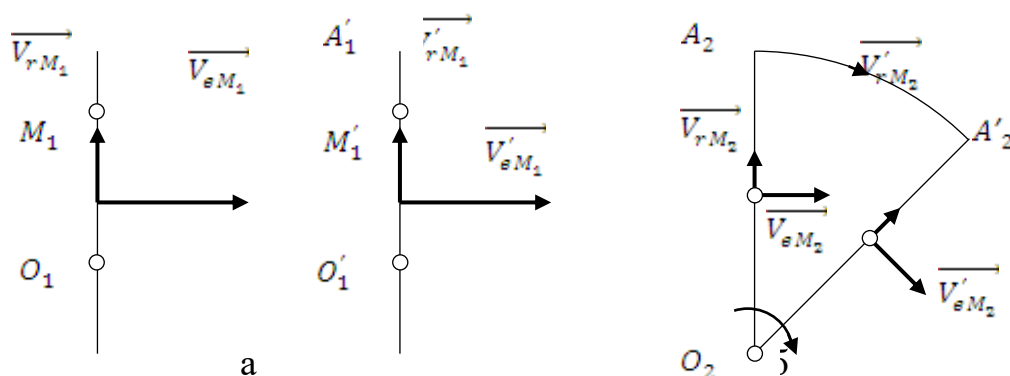


Рис. 1 – Схема обертально–поступального руху

Переносним рухом точки M_2 (рис. 1, б) є обертальний рух, спричинений обертанням відрізка O_2A_2 навколо точки O_2 . Тому переносні швидкості точки M_2 на відрізку O_2A_2 та $O_2A'_2$ різні: $v_{eM_2} = O_2M_2\omega_e$; $v'_{eM_2} = O_2M'_2\omega_e$.

Отже переносна швидкість точки M_2 змінюється залежно від її відносного руху вздовж відрізка O_2A_2 . При цьому швидкість змінення переносної

швидкості $\vec{v}_{eM_2}$ точки M_2 у часі, яка створює додаткове прискорення, пропорційна відносній швидкості $\vec{v}_{rM_2}$ та кутовій швидкості переносного руху $\vec{\omega}_e$.

2. Дослідимо другу фізичну причину виникнення коріолісового прискорення. Відносна швидкість точки M_2 , тобто $\vec{v}_{rM_2}$, залежить від переносного обертального руху, оскільки при обертанні відрізка O_2A_2 змінюється напрям відносної швидкості $\vec{v}_{rM_2}$ (рис. 1, б).

Отже, швидкість змінення в часі відносної швидкості точки (тобто прискорення точки, яке залежить від наведеної вище причини) також буде пропорційною відносній швидкості $\vec{v}_{rM_2}$ та кутовій швидкості $\vec{\omega}_e$ переносного руху.

О. І. Сомов звернув увагу на те, що коріолісове прискорення наче повертає вектор відносної швидкості в напрямі переносного обертального руху, через що назвав коріолісове прискорення поворотним.

Підводячи підсумок викладеному та звертаючись до формули :

$$\frac{d\vec{v}_e}{dt} = \vec{w}_O + \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\rho} + \vec{\omega}_e \times (\vec{\omega}_e \times \vec{\rho}) + \vec{\omega}_e \times \vec{v}_r,$$

бачимо, що змінення в часі переносної швидкості за умови, що переносний рух є непоступальним, спричинюється не лише переносним, але й відносним рухом точки. Додаткове прискорення дорівнює векторному добутку $\vec{\omega}_e \times \vec{v}_r$.

Так само з формули:

$$\frac{d\vec{v}_r}{dt} = \frac{d'\vec{v}_r}{dt} + \vec{\omega}_e \times \vec{v}_r$$

впливає, що змінення відносної швидкості в часі спричинене не тільки відносним, а й переносним рухом точки. Додаткове прискорення і в цьому разі дорівнює $\vec{\omega}_e \times \vec{v}_r$.

Висновок: коріолісове прискорення характеризує змінення в часі відносної швидкості через переносний непоступальний рух і переносної швидкості – через відносний рух точки.

**СЕКЦІЯ 7
«ДЕТАЛІ МАШИН»**

АВТОНОМНІ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ ПІДШИПНИКИ

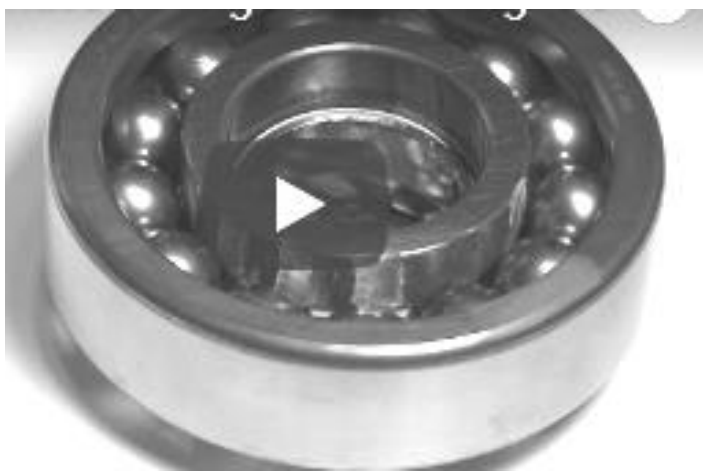
(Autonomus Decentralized Bearing)

студенти: Італьянцев О.І., Євзютін П.Ю., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підшипники кочення були винайдені дуже давно. Зараз їх можна знайти в переважній більшості механізмів. Між кільцями підшипника розташовують кульки для зниження тертя. При роботі кульки будуть наздоганяти один одного і інтенсивно тертися. Для поділу кульок був вперше запропонований Галілеєм в 17-м столітті сепаратор. Сепаратор теж грає свою роль в опорі коченню. Тому виходить, що будь-який підшипник вимагає мастила, а ті, які не мають сепараторів, виявляються обмеженими в швидкості через підвищене тертя. В результаті, будь-які підшипники вимагають мастила, а підшипники без сепараторів обмежені в швидкості обертання через підвищене стирання. Інженери



з японської компанії Coo Space модифікували зовнішнє кільце підшипника, зробивши в ньому поглиблення. Традиційно

кулька в працюючому механізмі знаходить опору в одній точці, але завдяки виїмці він отримає додаткову опору на

її краях, внаслідок чого швидкість зменшиться. Цей ритм роботи дозволяє кулькам не наздоганяти одна одну і уникнути тертя. Подібна конструкція підшипника не потребує мастила або сепаратора. Зниження тертя на порядок і усунення необхідності періодичного обслуговування збільшить енергоефективність і знизить собівартість майбутніх механізмів. Ідея автономних децентралізованих підшипників стала проривом і вперше всерйоз позиціонує конструкції, що працюють без змащування і сепараторів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТІ СТАЛЕЙ З КАРБІДНИМИ ПОКРИТТЯМИ

студент Кір'янова К.О., доц. Сердітов О.Т.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для підвищення стійкості сталей та інших сплавів, які працюють в умовах абразивного зношування, застосовуються покриття на основі карбідів титану та ванадію, отримані технологією хіміко-термічної обробки. Метою роботи є дослідження стійкості сталі У8А у вихідному стані (гартування та відпуск) та з твердими покриттями типу карбід титану – карбід ванадію. Виконані дослідження та отримані результати показали, що зносостійкість сталі У8А з покриттям значно підвищується в 1,3 – 1,6 рази (Рис.1). Такий результат зумовлений високою мікротвердістю покриттів на основі карбідів титану та ванадію, особливостями структури та низьким коефіцієнтом тертя в зоні контакту.

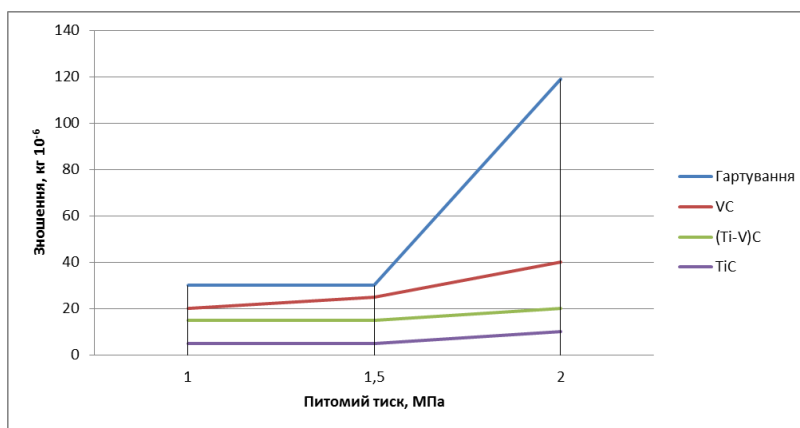


Рис. 1 – Зносостійкість зміцненої сталі У8А при сухому терті ковзання в залежності від питомого навантаження

Встановлено, що мікротвердість покриттів на основі карбиду титану перевищує мікротвердість шару двохкомпонентних карбідів титану та ванадію (Ti, V) C у 1,5 рази, а абразивна стійкість покриттів на основі карбідів титану TiC перевищує в 1,3 рази стійкість (Ti, V) C.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ
ПІСЛЯ ХІМІКО -ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ**

студент Кубанкін К.С., ас. Горобець О.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Були досліджені триботехнічні властивості покриттів TiC, VC і (Ti,V)C в умовах, що імітують їх роботу при різанні металів. Експериментально встановлено, що нанесення покриттів дозволяє значно понизити силу тертя, особливо у разі застосування найбільш термодинамічно стійких покриттів у вигляді карбідів титану та ванадію, схильних до дисоціації при температурах, відповідних максимальним температурам експерименту (600° – 700°C).

При нанесенні покриттів підвищується твердість не тільки при кімнатних, але і при високих температурах. В таблиці 1 наведені значення твердості до 700°C, з яких виходить, що при підвищенні температури зниження твердості складних покриттів (Ti,V)C відбувається менш інтенсивно, ніж простих покриттів TiC, VC.

Таблиця 1. Вплив температури покриттів на значення мікротвердості

T, °C	Мікротвердість, ГПА Р6М3			
	без покриттів	TiC	VC	(Ti, V)C
20	9,4	22,1	21,4	21,5
200	7,3	20,1	19,8	20,0
300	6,7	15,1	14,9	15,0
400	5,4	12,2	11,1	12,5
500	4,7	9,6	9,1	10,1
600	2,3	4,4	4,1	5,1
700	1,9	2,8	2,2	3,0

УДК 621. 822.

ГОЛОВНІ ПРИЧИНИ РУЙНУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ.

студенти: Коваленко С.П., Вакульчук В.В., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Безліч підшипників виходять з ладу передчасно. Явна причина зовнішніх пошкоджень підшипників: погане змащування (43% підшипників), поганий монтаж (27% підшипників), недоліки ущільнення, погані умови експлуатації. Зовнішні причини викликають більше 90% передчасних відмов підшипників. Тиск між елементами кочення і кільцями зазвичай становить від 3000 до 3500 N/ mm і втомні пошкодження підшипника, чергуючись з напруженнями на зсув, призводять до розшарування металу. Втомне викришування



(розшарування) підшипника - процес тривалий, який прискорюється в тій чи іншій мірі після появи перших тріщин. Поверхнєве викришування (лущення) підшипника проявляється у формі дуже дрібних лусочок на підшипнику. Основний засіб боротьби з цим

явищем-зменшення шорсткості поверхні і підвищення в'язкості мастильного матеріалу підшипника. Заїдання (заклинювання) підшипника проявляється в переносі часточок матеріалу, що вириваються з поверхні і їх осадженні в іншому місці мікроприпаюванням. Пластичні деформації кілець підшипника призводять до виїмок металу. Корозія підшипника проявляється у вигляді плям від червоного до чорного кольору, потім у вигляді зон відшарування матеріалу. Абразивне зношення надає підшипникам сірий вигляд, як би покритий інеєм. Фарбування в коричневий, блакитний або чорнуватий колір підшипника є результатом поверхневого окислення в присутності мастила, що полімеризується при високій температурі. Пошкодження сепараторів відбуваються головним чином в результаті недбалого монтажу підшипника.

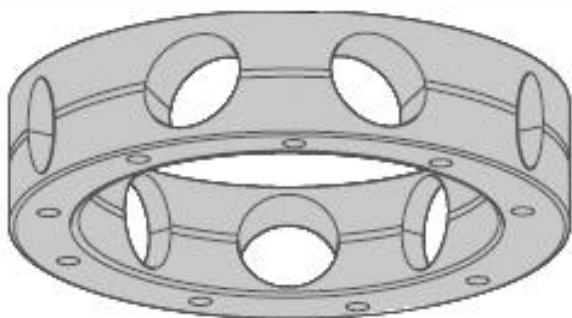
МАТЕРІАЛИ СЕПАРАТОРІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

студенти: Коваль В.О., Крамар О.В., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сепаратор - деталь підшипника, завданням якого є поділ і спрямування тіл кочення. Правильно підібраний матеріал сепаратора веде до збільшення ресурсу підшипника. Найпоширеніший матеріал для сепаратора підшипника - сталь. Сталеві сепаратори не схильні зазнавати дії мінеральних та синтетичних мастильних матеріалів або органічних розчинників. Їх можна використовувати в температурних режимах до 300 °С.



Другий за поширеністю матеріал для сепараторів - латунь. Цей матеріал більш важкий ніж сталь і значно м'якший, що робить можливим його експлуатацію в високонавантажених умовах, коли присутні ударні навантаження. Латунні сепаратори не повинні використовуватися при температурах понад 250 °С. Також часто зустрічаються полімерні сепаратори і все більше замінюють собою сталеві (поліамід, поліефірефіркетон). Сепаратори з текстоліту (легкі, армовані тканиною сепаратори з фенолформальдегідної пластмаси) здатні витримувати великі відцентрові навантаження і прискорення, але не можуть працювати в умовах високих температур. Крім вищевказаних матеріалів, підшипники спеціального призначення можуть оснащуватися сепараторами, виготовленими з інших полімерних матеріалів, легких сплавів або спеціального чавуну.

ПІДШИПНИКИ З СУХИМ МАСТИЛОМ

студенти: Кузнецова А.Д., Терещенко І.Ю., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Багато підшипників працюють при високих температурах в навколишньому середовищі та з малою швидкістю обертання, тому забезпечити їх змащування пластичними мастилами і оливами складно. Невідповідне змащування зменшує термін служби підшипника. Навіть якщо це вдається, високотемпературне мастило поступово деградує і служить не дуже довго. Надлишкове мастило може виходити назовні, що створює ризик загоряння. Для



таких умов роботи розроблені сухі мастила. У підшипниках з сухим мастилом вільний простір усередині підшипника наповнений графітом або дисульфідом молібдену. Змащувальні властивості графіту і молібдену виникають в результаті формування структури з тонких шарів, яка виникає

при контакті поверхонь в підшипнику. Сила зчеплення всередині шару більше, ніж сила зчеплення між шарами. У підшипнику шари рухаються один щодо одного і забезпечують дуже низьке тертя під час роботи. Графіт змащує підшипник при температурі понад 500С. Для ще більшого зниження тертя підшипники можуть виготовлятися з антифрикційними домішками і наночастинками. Під час роботи сухе мастило утворює дуже тонку плівку на доріжках кочення і елементах кочення, яка дає можливість уникати контакт метал по металу. Сухі мастила також забезпечують низький крутний момент на початку обертання підшипника при будь-якій температурі і низький момент тертя під час його роботи.

ПРОЦЕСИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

студ.Ладиженський М.А., доц.Ключников Ю.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Аддитивна технологія визначається як «процес об'єднання матеріалів з метою створення об'єктів з даних 3D-моделі, як правило, шар за шаром, на відміну від субтрактивних (віднімальних) виробничих технологій».

Аддитивне виробництво включає процеси, що дозволяють отримувати об'ємні моделі, готові деталі і вироби, зразки для випробування, скоротивши витрати часу і засобів на їх розробку, використовуючи можливості сучасних комплексів комп'ютерного проектування і установок швидкого прототипування. По суті справи, математичну модель з монітора комп'ютера можна легко і швидко "матеріалізувати" безпосередньо без виготовлення робочих креслень, технологічних карт і спеціального оснащення.

Розглянемо основні види адитивних технологій.

Метод лазерної стереолітографії дає можливість "виросувати" моделі із смоли, що фотополімеризується під дією ультрафіолетового лазерного випромінювання. За методом вибіркового лазерного спікання порошок із металу, крохмалю або кераміки, покритий зв'язуючим пластиком спікають пошарово лазерним променем. Тривимірний кольоровий друк застосовується для виробництва повнокольорових деталей, що ідеально підходить для концептуальних моделей, архітектурних моделей і демонстраційних моделей. Ця технологія пропонує повний колір, швидке виробництво деталей, які можуть бути прозорими або з покриттям. Формування осадженням з розплаву: матеріал у вигляді полімерної нитки підводять до екструдера, де полімерну нитку розплавляють і з її допомогою формують фізичну модель відповідно до конфігурації перетину віртуальної CAD-моделі.

МЕХАНІЧНІ ВАРІАТОРИ

студенти: Лисій В.С., Ніколаєв В.О., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В даний час найчастіше застосовують клинопасові, торові і ланцюгові варіатори. Клинопасовий складається з двох розсувних шківів і натягнутого між ними паса. Розсувні шківи складаються з двох половинок. Якщо половинки шківа зближуються – пас виштовхується назовні, якщо розсуваються – пас переміщується всередину, а зміна радіусів, за якими обертається пас відбувається синхронно, тому передавальне відношення варіатора змінюється.

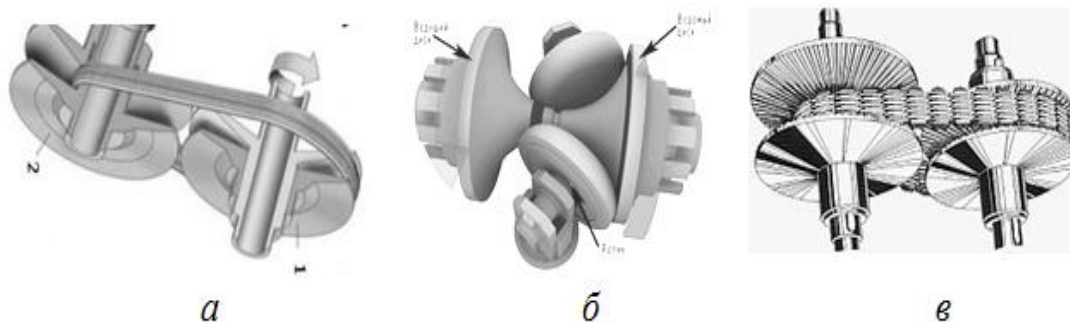


Рис. 1. Варіатори: а)- клинопасовий, б)- торовий, в)- ланцюговий

В торових варіаторах замість розсувних шківів застосовуються конусоподібні диски, а пас замінюють ролики. До дисків притискаються ролики, які можуть обертатися навколо горизонтальної осі передаючи крутний момент і зміщуватися щодо вертикальної осі, стикаючись з дисками в різних точках. При зміні положення роликів міняється передавальне відношення. Торові варіатори здатні передавати більший крутний момент, ніж клинопасові і дорожчі, оскільки для виготовлення його деталей потрібно використовувати високоміцну сталь, а для змащування - спеціальне фрикційне мастило. Існують також ланцюгові варіатори, в яких замість паса застосовується ланцюг, який передає тягове зусилля, а не штовхаюче, а потужність передається скошеними торцями осей ланок ланцюга.

ЗБИРАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

студенти: Міліціян О.А., Войтюк В.О., доц.Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кінцевим етапом виробництва підшипника є його збирання, що складається з наступних операцій: - з'єднання різних елементів, виконання додаткових робіт (мащення, маркування). Всі операції по збірці стандартних кулькових підшипників здійснюються на автоматичних складальних лініях, що входять до складу шліфувально-складальних каналів. На всіх перерахованих етапах виробництва роботи виконуються відповідно до вимог щодо забезпечення якості. Збирання досить тонка і важка операція, адже підшипник є елементом, що не призначений для ремонту (в сенсі періодичного перебирання). Точність збирання вимагає підбирати елементи підшипника парами. Кульки розміщуються на біговій доріжці зовнішнього кільця. Остаточний їх розподіл буде забезпечено сепаратором. За умовами монтажу кількість обертових елементів (кульок) обмежена. При дуже великій кількості кульок монтаж буде неможливий, навіть якщо здається, що для них є місце. Внутрішнє кільце центрується просто опираючись на кульки, лягаючи на сегмент кола, утворений кульками. Цей сегмент не повинен перевищувати 180° (це ще одне обмеження кількості кульок). З метою остаточного кільцевого розподілу відповідно з сепаратором підшипника кульки розсуваються. Дві частини сепаратора вставляються з одного і з іншого боку, потім з'єднуються відповідно до розмірів та вимог конструкції.



РОЗРАХУНОК УЛЬТРАЗВУКОВОГО П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ВЕРСТАТУ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ДУГОЮ В РІДИНІ

студ. Пещеров О.В., доц., Ключников Ю.В

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

З метою підвищення технологічних показників, запропоновано проводити розмірну обробку дугою в чистовому режимі з накладанням ультразвукових коливань. Для забезпечення коливань електрода запропоновано використовувати ультразвуковий п'єзoeлектричний перетворювач (рис.1), розрахунок якого проводиться відповідно до методики [2]. Розмір накладок l_1 визначається із співвідношення (1)

$$\operatorname{ctg} \frac{2\pi f_0}{c} \frac{l}{2} = \frac{\rho_1 c_1 S_1}{\rho c S} \operatorname{tg} \frac{2\pi f_0}{c} l_1, \quad (1)$$

де ρ , ρ_1 , c , c_1 , S , S_1 - щільність, швидкість звуку, площа пластин відповідно кераміки та накладок.

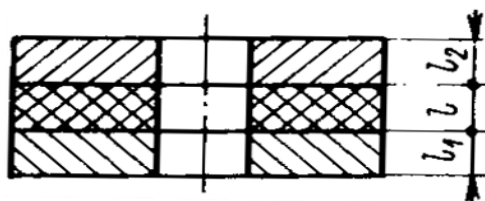


Рис. 1 – Схематичний вид п'єзокерамічного перетворювача ($l_1=l_2$).

Список використаних джерел:

1. Носуленко В.И. Размерная обработка металлов электрической дугой // Электронная обработка материалов. -2005. №1. С.8-17.
2. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов. - Л.: Машиностроение. 1988. -224 с.

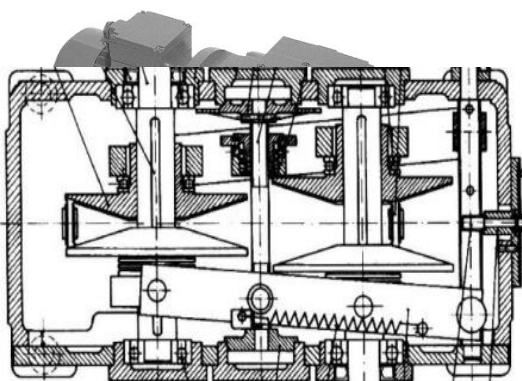
ВАРІАТОРИ ПЛАСТИНЧАСТІ ЛАНЦЮГОВІ.

студенти: Рудницький Б.А., Гавриленко В.В., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Механічні ланцюгові варіатори є одним з основних видів безступінчасто регульованих передач для приводів малих і середніх потужностей. Виготовляються з трьома діапазонами регулювання - 3; 4.5; 6. Вони підтримують оберти на будь-якому рівні навіть при мінливому навантаженні, так як передача потужності відбувається без ковзання. Основними елементами безступінчастої зміни числа обертів на варіаторі є дві пари конічних шліцевих дисків і пластинчастий ланцюг. Шліцеві диски встановлені на ведучому і веденому валах і можуть переміщатися по них в осьовому напрямку. Між зазначеними двома парами дисків проходить нескінченний пластинчастий ланцюг, який з'єднує обидві пари дисків і перетворює обертальний рух ведучих дисків в прямолінійний і на ведених дисках знову в обертальний. Нескінченний пластинчастий ланцюг складається з ряду ланок, з'єднаних одина з одною; всередині ланки розміщуються поперечно пересувні пластини.



Регулювання числа обертів на варіаторах досягається за рахунок того, що одна пара дисків притискається один до одного, а друга - в залежності від першої

віддаляється. На парі дисків, що притискаються один до одного, ланцюг висувається на більший діаметр, на протилежних - зсувається на менший діаметр. Необхідне передатне відношення налаштовується за допомогою двоплечих важелів, обертально встановлених на центровому болті.

ДИFUЗІЙНЕ ТИТАНОВАНАДІЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

студент Скляр А.В., доц.Сердітов О.Т.

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

Ефективним способом продовження тривалості експлуатації деталей машин та інструменту є хіміко-термічна обробка їх поверхні, що цілеспрямовано змінює фізико-механічні властивості поверхневих шарів деталей. Метою роботи є створення на інструментальній сталі У8 карбідного покриття $(\text{Ti}, \text{V})\text{C}$ з високими властивостями. Відповідно до поставленої мети в роботі вирішені наступні задачі: визначений фазовий, хімічний склад, структура, мікротвердість покриття. В якості об'єкта досліджень була обрана інструментальна сталь У8. Хіміко-термічну обробку проводили при температурі 1050°C , з 2-х годинною витримкою в закритому реакційному просторі методом фізичного осадження з газової фази (шар покриття $(\text{Ti}, \text{V})\text{C}$ товщиною 4,5 мкм – 5 мкм).

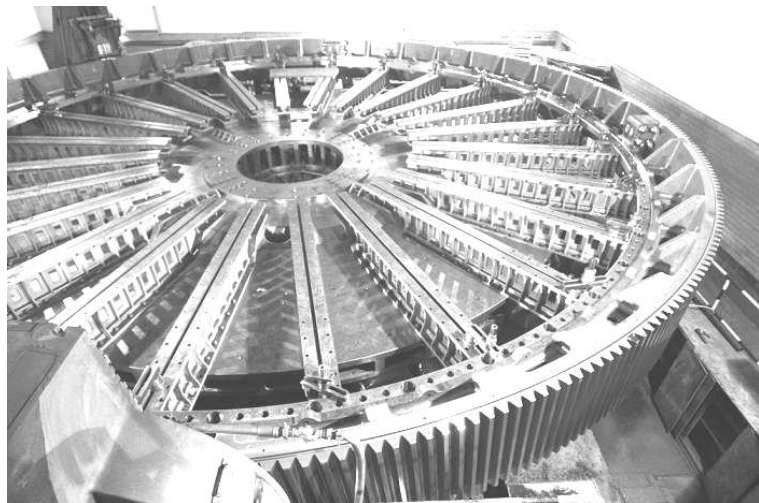
Встановлено, що титанованадіювання супроводжується формуванням на вихідному сплаві багатофазних, багат шарових покриттів, в яких відповідно до загальноприйнятої термінології можна відзначити присутність декількох зон та перехідну зону. Мікротвердість цих зон набагато вище мікротвердості сталі. На поверхні дифузійного покриття знаходиться дуже тонкий світлий шар, рентгеноструктурно ідентифікований як легований титаном карбід ванадія $(\text{V}, \text{Ti})\text{C}$. Під ним знаходиться більш товстий шар з легованого ванадієм карбіду титану $(\text{Ti}, \text{V})\text{C}$. Перехідна зона складається з твердого розчину титану та ванадію у залізі, карбідів титану та ванадію і цементиту. При порівнянні мікроструктур верхньої зони $(\text{V}, \text{Ti})\text{C}$ з зоною $(\text{Ti}, \text{V})\text{C}$ можна відзначити, що $(\text{Ti}, \text{V})\text{C}$ має добре виражений дрібнозернистий характер. При цьому концентрація заліза та карбону зменшується по товщині покриття по мірі приближення до його зовнішнього шару.

ЗУБЧАСТІ ВІНЦІ

студенти: Яцюк І.О., Стеблецький І.М., доц. Скуратовський А.К.

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

Зубчасті вінці застосовуються в гірничому обладнанні, цементних млинах і печах, випалювальних печах і холодильниках, піднімальному обладнанні, металургійному машинобудуванні та іншому обладнанні з малою швидкістю обертання і важких умовах експлуатації. Зубчасте зачеплення являє собою передачу з евольвентним зачепленням. Параметри зубчастих бронзових вінців: маса до 60 тонн, діаметр до 15 метрів, нарізання зубця до модуля $m-60$. За конструкцією зубчасті вінці можуть бути як нероз'ємні, так і роз'ємні, що



складаються з 2-х, 4-х або 8 секторів, з зовнішнім або внутрішнім зачепленням. Зубчасті вінці, в більшості випадків працюють у важких умовах, під дією ударних навантажень. Виходячи з цього, їх матеріал повинен мати відповідну міцність,

бути пластичним всередині і мати достатню твердість поверхні. Зубчасті вінці виготовляють литтям або зварюванням. Для виготовлення вінців застосовують в основному сталі 35Л, 40Л або 45Л, а для важких умов експлуатації - сталі 30ХМЛ, 35ХМЛ і подібні. Вінці відливаються методом лиття в піщані форми, потім виливок проходить термообробку - відпускання або нормалізацію. Зубонарізання виконується на зубофрезерному верстаті із забезпеченням шорсткості до Ra 2,5. Фрезерування може бути зустрічним або попутним. Якість оброблюваної поверхні при попутному фрезеруванні вище ніж при зустрічному. Для підвищення продуктивності використовують фрезерування декількох заготовок одночасно.

СЕКЦІЯ 7
«МАТЕМАТИКА, ФІЗИКА»

ДИСПЕРСІЯ ВІДХИЛЕННЯ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ

студент Дзюнь А.М., к.ф.-м.н., доцент Листопадова В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На практиці часто необхідно оцінити розсіювання можливих значень випадкової величини навколо її середнього значення. Відхиленням дискретної випадкової величини X від математичного сподівання $M[X]$ називається різниця $X - M[X]$.

Відхилення $X - M[X]$ є також дискретна випадкова величина, яка має такий закон розподілу. Але треба зауважити, що *математичне сподівання відхилення*

$$X - M[X] \text{ дорівнює нулю: } M[X - M(X)] = M(X) - M[M(X)] = M(X) - M(X) = 0$$

З останньої рівності випливає, що середнє значення розсіювання випадкової величини X в околі її математичного сподівання неможливо характеризувати за допомогою зваженої суми відхилень $- M[X]$. У такому разі можна узяти зважену суму абсолютних значень різниць $\{x_i - M[X]\}$. Однак на практиці середнє значення математичного сподівання $M[X]$ частіше оцінюють за допомогою величини $\{X - M[X]\}^2$. Розсіювання випадкової величини навколо математичного сподівання характеризує *дисперсія* (D_x).

Дисперсією (D_x) називається математичне сподівання квадрата відхилення цієї величини від її математичного сподівання, тобто:

$$D_x = D[x] = M\{(X - M[X])^2\} = \sum_{i=1}^n (x_i - M[X])^2 \cdot p_i$$

$$\text{Дисперсію також можна записати як: } D_x = D[x] = \sum_{i=1}^n p_i (x_i - m_x)^2 \quad (1)$$

$$\text{Можна ввести поняття } \textit{центрованої випадкової величини}: x^0 = x_i - m_x \quad (2)$$

Величини x^0 та x співпадають при $m_x = 0$, тобто коли початок координат розташований у точці, що співпадає з математичним сподіванням. З

$$\text{урахуванням (2) формулу (1) можна записати таким чином: } D_x = \sum_{i=1}^n p_i (x_i^0)^2 \quad (3)$$

Згідно з формулою (3) формально дисперсію можна трактувати як математичне сподівання квадрата центрованої випадкової величини:

$$D_x = M[(x^0)^2]$$

Приклад: Знайти математичне сподівання випадкових величин X і Y, знаючи закони їх розподілів (табл. 1 і 2).

Таблиця 1

X	-8	-4	-1	1	3	7
p	1/12	1/6	1/4	1/6	1/12	1/4

Табл.2

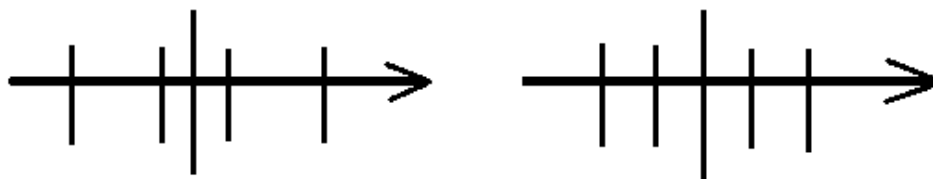
Y	-2	-1	0	1	2	3
p	1/6	1/6	1/12	1/3	0	1/4

За формулою : $M(x') = x_1 p_1 + x_2 p_2 + x_3 p_3 + \dots + \sum_{i=1}^n x_i p_i$ маємо:

$$M(X) = -8 \cdot \frac{1}{12} - 4 \cdot \frac{1}{6} - 1 \cdot \frac{1}{4} + 1 \cdot \frac{1}{6} + 3 \cdot \frac{1}{12} + 7 \cdot \frac{1}{4} = \frac{7}{12}$$

$$M(Y) = -2 \cdot \frac{1}{6} - 1 \cdot \frac{1}{6} + 0 \cdot \frac{1}{12} + 1 \cdot \frac{1}{3} + 2 \cdot 0 + 3 \cdot \frac{1}{4} = \frac{7}{12}$$

Ми отримали цікавий результат: закони розподілу величини X і Y різні, а математичні сподівання однакові.



З рис. видно, що значення величини Y більше зосередженні біля математичного сподівання $M(Y)$, ніж значення величини X, які розкидані відносно $M(X)$ (рис.). Отже, розподіл значень величини Y є кращим. Щоб це встановити, не обов'язково наносити на числову пряму значення величини, достатньо обчислити дисперсію, яка є основною числовою характеристикою ступеня розсіювання значення випадкової величини x відносно їх математичного сподівання $M(x)$.

Обчислимо дисперсію за формулою (3):

$$D_x = (-8)^2 \cdot \frac{1}{12} - 4^2 \cdot \frac{1}{6} - 1^2 \cdot \frac{1}{4} + 1^2 \cdot \frac{1}{6} + 3^2 \cdot \frac{1}{12} + 7^2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{179}{12}$$

$$D_y = (-2)^2 \cdot \frac{1}{6} - 1^2 \cdot \frac{1}{6} + 0^2 \cdot \frac{1}{12} + 1^2 \cdot \frac{1}{3} + 2^2 \cdot 0 + 3^2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{37}{12}$$

Джерела інформації:

1. Статичні методи у хімії. «Підручник для студентів хімічних спеціальностей вищих навчальних закладів» О.В. Іщенко, Н.І. Біла, 2012 р.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ АНАЛОГІЇ

студент Євзютін П.Ю., ст.викл Печерська Т.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Досить ефективними є так звані електромеханічні аналогії. Це аналогії між електромагнітними та механічними явищами. На практиці в основному використовують дві групи таких аналогій – аналогії за напругою та аналогії за струмом. Ці назви походять від фізичних величин електродинаміки, які моделюють силу в механіці.

Першу групу аналогій запропонував Максвелл, якому мовою рівнянь Лагранжа вдалося викласти теорію електромагнітних явищ. Він припустив, що координаті x у механічному русі відповідає електричний заряд q в електродинаміці, масі m – індуктивність котушки L . За відомими закономірними зв'язками між механічними величинами (x, m, t) та основними величинами (q, L, t) , що характеризують електромагнітні явища, він знайшов відповідність між іншими величинами.

У другій групі електромеханічної аналогії координаті x відповідає значення магнітного потоку Φ , масі m – ємність конденсатора C . Відповідність між деякими фізичними величинами механіки та електродинаміки обох груп аналогій відображено у наведеній нижче таблиці 1.

Таблиця 1.

Фізичні величини		
Механічної системи	Електродинамічної системи	
	За напругою	За струмом
Координата x	Електричний заряд q	Магнітний потік Φ
Маса m	Індуктивність L	Ємність C
Швидкість $v = \frac{dx}{dt}$	Сила струму $i = \frac{dq}{dt}$	Напруга (ЕРС) $ \varepsilon = L \frac{d\Phi}{dt}$

Прискорення $a = \frac{dv}{dt}$	Швидкість зміни струму $\frac{di}{dt}$	Швидкість зміни напруги $\frac{du}{dt}$
Сила $F = m \frac{dv}{dt}$	Напруга (ЕРС) $ \varepsilon = L \frac{d\Phi}{dt}$	Струм $i = C \frac{du}{dt}$
Жорсткість пружини $k = \frac{F}{x}$	Величина обернена ємності $\frac{1}{C} = \frac{U}{q}$	Величина обернена індуктивності $\frac{1}{L} = \frac{I}{\Phi}$
Коефіцієнт опору під час руху в рідині або газі $f = \frac{F}{v}$	Електричний опір $R = \frac{\varepsilon}{I}$	Провідність $j = \frac{1}{R}$
Кінетична енергія поступального руху $E_k = \frac{mv^2}{2}$	Енергія магнітного поля катушки зі струмом $W_M = \frac{LI^2}{2}$	Енергія електричного поля конденсатора $W_E = \frac{CU^2}{2}$
Потенціальна енергія пружини $E_{II} = \frac{kx^2}{2}$	Енергія електричного поля конденсатора $W_E = \frac{q^2}{2C}$	Енергія магнітного поля катушки зі струмом $W_E = \frac{\Phi^2}{2L}$
Період коливань тягарця на пружині $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	Період коливань у коливальному контурі $T = 2\pi\sqrt{LC}$	

Перелік посилань:

1. Галатюк Ю.М. Система методологічних знань як засіб і продукт творчої діяльності // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання.- Вип.7. – Коломия: ВТП «Вік», 2001.-С. 112-116

АНАЛОГІЇ В МАТЕМАТИЧНІЙ КОНСТРУКЦІЇ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ

студент Італьянцев О. І., ст.викл. Печерська Т. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Аналогії між гравітаційним та електростатичним полями належать до так званих математичних моделей високого рівня узагальнення. Але аналогії можуть будуватися не лише на основі спільності ідеальних математичних моделей, а й на рівні подібності математичних або графічних моделей розв'язку окремих задач. Тобто в задачах мова може йти про явища різної природи, але подібними є рівняння, рисунки, графіки, якими супроводжується їх розв'язання. Як приклад, порівняємо конструкцію розв'язання таких задач.

Задача 1. Протон рухається в однорідному магнітному полі з індукцією $\vec{B}$ перпендикулярно до магнітних силових ліній. Якою має бути швидкість руху протона, щоб радіус його траєкторії дорівнював r ? Чи виконує у даному випадку магнітне поле роботу?

Задача 2. Яку швидкість має супутник масою m , який обертається коловою орбітою на висоті h від поверхні планети? Маса і радіус планети відповідно дорівнюють M і R . Чи виконує в даному випадку гравітаційне поле роботу?

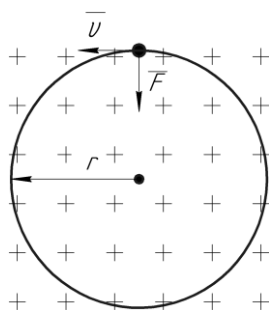


Рис. 1

Рівняння руху:

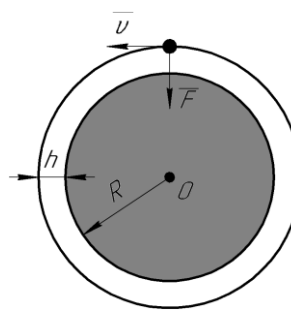


Рис. 2

Рівняння руху:

$$F = ma = m \frac{v^2}{r},$$

де m – маса електрона,

F – сила Лоренца.

Врахувавши, що $F = evB$,

дістанемо:

$$evB = m \frac{v^2}{r}.$$

Звідси:

$$v = \frac{eBr}{m}.$$

У даному випадку магнітне поле роботу не виконує, оскільки сила Лоренца є перпендикулярною до вектора швидкості. Це також впливає з того, що кінетична енергія протона з часом не змінюється, оскільки модуль швидкості протона є сталим.

$$F = ma = m \frac{v^2}{R + h},$$

де m – маса супутника,

F – сила тяжіння.

Врахувавши, що $F = \gamma \frac{mM}{(R + h)^2}$,

дістанемо:

$$\gamma \frac{mM}{(R + h)^2} = m \frac{v^2}{R + h}.$$

Звідси:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R + h}}.$$

У даному випадку гравітаційне поле роботу не виконує, оскільки сила тяжіння є перпендикулярною до вектора швидкості. Це також впливає з того, що кінетична енергія супутника з часом не змінюється, оскільки модуль швидкості супутника є сталим.

Як бачимо, математичні й графічні моделі розв'язання задач 1 і 2 подібні. Але ця подібність ґрунтується не на аналогії між гравітаційним та електростатичним полями, а аналогії в структурі розв'язання даних задач.

2. Галатюк Ю.М. Система методологічних знань як засіб і продукт творчої діяльності // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання.- Вип.7. – Коломия: ВТП «Вік», 2001.-С. 112-116

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕОРІЇ ПОЛЯ У ФІЗИЦІ

студент Ковальов Р. В., доцент Листопадова В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ми живемо у вік науково-технічного прогресу. Математика проникла у всі сфери життя людини. Жодне технічне вдосконалення неможливе без математичних розрахунків. Але так само важко уявити розвиток будь-якої науки без використання математики.

Розглянемо застосування елементів теорії поля у фізиці на прикладі встановлення взаємозв'язку між напруженістю і потенціалом електричного поля.

Різниця потенціалів визначається роботою при переміщенні одиничного пробного заряду q_0 між точками поля з потенціалами φ_1 і φ_2 :

$$\begin{aligned}\Delta\varphi &= \varphi_1 - \varphi_2 \\ &= \frac{A_{12}}{q_0}.\end{aligned}\tag{1}$$

Із рівняння (1) виразимо роботу A_{12} проти сил електростатичного поля під час переміщення заряду q_0 із точки 1 в точку 2 :

$$A_{12} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Оскільки A_{12}

$$= - \int_1^2 dU = q_0 \int_1^2 E dl \cos\alpha, \text{ де } U \text{ — потенціальна енергія,}$$

E — напруженість, то маємо що:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = - \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}.$$

Візьмемо довільні дві точки, які лежать на осі Ox на відстані dx . При перенесенні заряду q_0 із точки 1 в точку 2 буде виконана робота $dA = q_0 E_x dx$

(відстань dx беруть настільки малою, щоб у її межах можна було вважати

$$E_x = \text{const}).$$

Виразимо цю роботу через різницю потенціалів першої і другої точки:

$$dA = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = -q_0 d\varphi.$$

В останніх двох рівностях порівнюємо праві частини. Одержимо:

$$\vec{E}_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}. \text{Аналогічно } \vec{E}_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}; \vec{E}_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}.$$

Запишемо вектор напруженості:

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k}\right).$$

Вираз у дужках останнього рівняння є градієнтом потенціалу і позначається $\overrightarrow{\text{grad}} \varphi$. Градієнт скалярної функції $\varphi(x, y, z)$ є вектором, спрямованим у бік максимального збільшення функції $\varphi(x, y, z)$, а довжина вектора дорівнює похідній цієї функції за координатою, спрямованою за напрямом. Отже, $\overrightarrow{\text{grad}} \varphi$ є вектором, який напрямлений у бік максимального зростання потенціалу. У цьому випадку:

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}} \varphi. \quad (2)$$

Рівняння (2) встановлює зв'язок між $\vec{E}$ і φ . А знак мінус вказує на те, що напрям векторів $\vec{E}$ і $\overrightarrow{\text{grad}} \varphi$ протилежні.

Як видно з прикладу, за допомогою математики, можна виражати фізичні величини з рівнянь та встановлювати зв'язок між ними.

Перелік посилань.

1. Загальний курс фізики: У 3 т.: Навч. пос. для студ. Вищ. Техн. і пед. Закл. Освіти / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик; За ред. І. М. Кучерука.-К.: Техніка, 1999 – Т. 2. Електрика і магнетизм.-2001. -452 с.: іл.

2. www.hvpub-profi.com/uploads/files/восп.час.docx

УДК: 53.02

ПОДІБНІСТЬ ТЕОРЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ГРАВІТАЦІЙНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

студ. Сорокіна О., ст.викл.Печерська Т.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо задачі, які подібні за математичною конструкцією і тому є аналогами. Аналогія тут ґрунтується одночасно на подібності не тільки в математичній конструкції розв'язку, а й на подібності теоретичних моделей гравітаційного та електричного поля.

Задача 1. Тіло кинули горизонтально з висоти h над поверхнею землі. Початкова швидкість дорівнювала v_0 . Визначити переміщення тіла за час польоту.

Задача 2. У полі нескінченної позитивно зарядженої площини з густиною заряду σ на відстані h від її поверхні внаслідок зіткнення двох фотонів утворилися електрон і позитрон. Початкова швидкість електрона v_0 і спрямована паралельно до поверхні площини. Визначити переміщення електрона до місця зіткнення з площиною. Вважати швидкість електрона набагато меншою за швидкість світла.

Задача 1

Графічна модель явища (рис. 1):

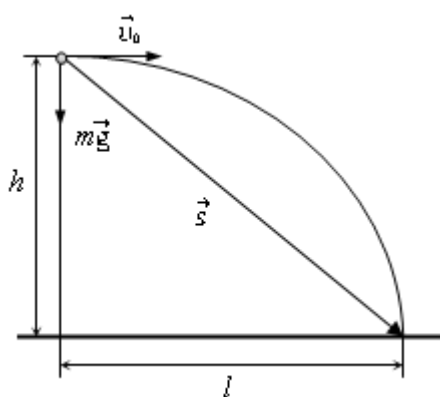


Рис. 1

Задача 2

Графічна модель явища (рис. 2):

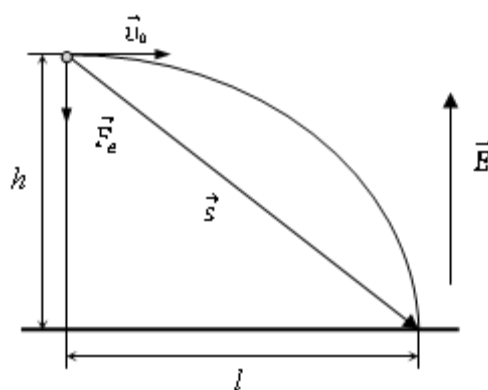


Рис. 2

Тіло рухається в гравітаційному полі, яке в даному випадку можна вважати однорідним.

Напруженість поля $\vec{g}$.

Сила, що діє на тіло,

$$\vec{F} = m\vec{g}.$$

Прискорення руху і час падіння тіла:

$$a = g, t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Дальність польоту уздовж горизонталі

$$l = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Модуль переміщення за час польоту

$$s = \sqrt{h^2 + l^2} = \sqrt{h^2 + \frac{2hv_0^2}{g}}.$$

Електрон рухається в однорідному електричному полі з напруженістю $\vec{E}$.

Сила, що діє на електрон,

$$\vec{F}_e = e\vec{E}.$$

Прискорення і час руху електрона:

$$a = \frac{eE}{m}, t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2hm}{eE}}.$$

Дальність польоту уздовж горизонталі

$$l = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2hm}{g}}.$$

Модуль переміщення за час польоту

$$s = \sqrt{h^2 + l^2} = \sqrt{h^2 + \frac{2hm v_0^2}{eE}}.$$

Перелік посилань:

1. Галатюк Ю.М., Левшенюк Я.Ф., Левшенюк В.Я., Тищук В.І. Методи розв'язування фізичних задач. Методи моделювання та аналогії.// видавнича група «Основа», 2007.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ» 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ БЛОЧНИМ МЕТОДОМ З РОЗРОБКОЮ ПІДГРІВАЧА СТИРОЛУ, РЕАКТОРА ПОЛІМЕРИЗАТОРА ТА ОХОЛОДЖУВАЧА	
Борисенко А.С., Степанюк А.Р.	4
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ УПОВІЛЬНЕНОГО КОКСУВАННЯ З РОЗРОБКОЮ ХОЛОДИЛЬНИКА БЕНЗИНУ	
Анісімов Б.О., Степанюк А.Р.	6
УДОСКОНАЛЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА	
Валько М.П., Андреєв І.А.	8
ВІБРОЕКСТРУДЕР ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПЛОСКИХ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ	
Гайдін Є.М., Андреєв І. А.	10
ПЛИТИ З СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛА	
Гребелюк І.В., Двойнос Я.Г.	12
МОДЕРНІЗАЦІЯ АБСОРБЕРА АМІАКА	
Гришин О.Ю., Двойнос Я.Г.	14
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ» УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ	
Довгошея А.А., Степанюк А.Р.	16
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА НІЗИНУ	
Драгузя К.В., Зубрій О.Г.	18
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА СИНТЕТИЧНИХ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ (СМЗ)	
Драгузя О.В., Зубрій О.Г.	20
МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРНОГО БЛОКУ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ СИНТЕЗ-БЕНЗИНУ З РОЗРОБКОЮ РЕАКТОРА, РЕКУПЕРАТОРА ТА ХОЛОДИЛЬНИКА	
Іваненко М.С., Степанюк А.Р.	22
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З РОЗРОБКОЮ РОЗДІЛЮЮЧОЇ КОЛОНИ, КОНДЕНСАТОРА ТА ХОЛОДИЛЬНИКА	
Ільснко А.В., Степанюк А.Р.	24
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ	
Ішкіна Н.З., Швед М.П.	26
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ УПОВІЛЬНЕНГО КОКСУВАННЯ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ	
Калюжний Д.В., Степанюк А.Р.	28

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ З ВДОСКОНАЛЕННЯМ КОВПАЧКОВОЇ ТАРІЛКИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ	
Кичак Р.В., Зубрій О.Г.	30
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА У СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ ПІД ДІЄЮ НИЗЬКОГО ТИСКУ	
Ковба А.М., Швед М.П.	32
ПЛІВКОВИЙ ВИПАРНИЙ АПАРАТ	
Король А.Ю., Двойнос Я.Г.	34
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДГРІВАЧА ОБЕЗСОЛЕНОЇ ВОДИ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІПРОПІЛЕНУ	
Креденцер І.Д., Швед М.П.	36
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ	
Крестошина О.П., Зубрій О. Г.	38
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ З РОЗРОБКОЮ АБСОРБЕРА	
Кушнірук В.М., Гулієнко С.В.	40
ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ З АНАЛОГАМИ	
Лапа М.С., Степанюк А.Р.	42
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛА	
Левченко М.О., Швед М.П.	44
ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЙНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БАРОМЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ	
Лещенко О.А., Гулієнко С.В.	46
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ	
Метліна М.С., Зубрій О.Г.	48
ЗНИЖЕННЯ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ І ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ МІЖТРУБНОГО ПРОСТОРУ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»	
Мішуков С. Г., Андреев І. А.	50
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ	
Новікова Ю.П., Зубрій О.Г.	52
МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ БЕНЗОЛ-МЕТИЛБЕНЗОЛ	
Нурадінов І.А., Степанюк А.Р.	54
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА	
Орел О.Ю., Андреев І. А.	56
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ» УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ	
Панченко Д.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.	58
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»	
Пищик Б. І., Андреев І. А.	60

ЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ ОСЬОВИЙ НАСОС	
Пінчук А.Є., Двойнос Я.Г.	62
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНТАКТНОГО ТЕПЛООБМІННИКА– КОНДЕНСАТОРА	
Пінчук В. В., Двойнос Я.Г.	64
МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТУ-СИРЦЮ	
Процюк О.О., Гулієнко С. В.	66
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЦЕНТРИФУГИ ВІДЖИМУ ДЕРЕВ'ЯНОЇ СТРУЖКИ	
Телестаков Є.А., Двойнос Я.Г.	68
МОДЕРНІЗАЦІЯ СПІРАЛЬНОГО ТЕПЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ ГІДРООЧИСТКИ	
Тертус О.Г., Степанюк А.Р.	70
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА– КОНДЕНСАТОРА	
Тищенко К. В., Двойнос Я.Г.	72
РОЗДІЛЕННЯ МЕТАНОЛУ ТА ЕТАНОЛУ В ТАРІЛЧАТІЙ РЕКТИФІКАЦІЙНІЙ КОЛОНИ	
Ткачук М.В., Степанюк А.Р.	74
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»	
Чайківський К. В., Андреев І.А.	76
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ГАЗІВ ВИРОБНИЦТВА БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ БЕНЗИНУ З РОЗРОБКОЮ РЕАКТОРА, ТЕПЛООБМІННИКА ТА ОХОЛОДЖУВАЧА	
Чеберда В.О., Степанюк А.Р.	78
ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»	
Черняк В.М., Андреев І. А.	80
ВИПАРНИЙ АПАРАТ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МИЛА	
Шевченко Я.М., Гулієнко С.В.	82
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З РОЗРОБКОЮ СКРУБЕРА, ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ПІДГРІВАЧА	
Шиховцев Є.Р., Степанюк А.Р.	84
СЕКЦІЯ 2	86
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»	
ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Байда Є.А., Семінський О.О.	87
КОНСТРУКЦІЯ СІТКОВОЇ ЧАСТИНИ ПРМ	
Бобела С.О., Зайцев С.В.	89

УСТАНОВКА КОНТАКТНОГО СУШІННЯ ТОНКИХ ПАПЕРІВ	
Ващук С.М., Марчевський В.М.	91
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Ковальчук В.В., Новохат О.А.	93
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Ковальчук В.В., Новохат О.А.	95
АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАВАЮЧОГО ВАЛУ	
Котенко Д.В., Марчевський В.М.	97
МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Матохнюк М.Б., Новохат О.А.	98
СУЧАСНІ СПОСОБИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОВОРотноГО ПРЕСУ	
Михалишина Т.С., Новохат О.А.	100
НАКАТ СУЧАСНИХ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН	
Молодцов В.В., Новохат О.А.	102
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЇ НАКАТІВ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН	
Молодцов В.В., Новохат О.А.	104
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛОЩИЛЬНОГО ЦИЛІНДРУ	
Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М.	106
МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА	
Олійник А.Р., Новохат О.А.	107
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУ	
Рисич О.В., Марчевський В.М.	109
КЛЕЇЛЬНИЙ ПРЕС	
Сюрвасєв С.В.	111
МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Ходаківський Н.Ю., Новохат О.А.	113
СУШИЛЬНА ЧАСТИНА КРМ	
Холод І.І., Марчевський В.М.	115
МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Шкут М.А., Марчевський В.М.	117
СЕКЦІЯ 3	
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»	119
ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГІЙ «СИЛА-СТРУМ» У МЕХАНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ	
Айтубаєв І.І., Штефан Н.І.	120
ДИНАМІКА ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ	
Дзюнь А.М., Штефан Н.І.	121
КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ ТА ЇЇ ЗМІНА У ВІДНОСНОМУ РУСІ ТОЧКИ	
Поліщук Д.М., Штефан Н.І.	123

СТІЙКІСТЬ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА НАВКОЛО ОСЕЙ ІНЕРЦІЇ	
Полякова В.І., Штефан Н.І.	124
УМОВИ СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО ЗРІВНОВАЖЕННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА	
Сацердотов О.О., Штефан Н.І.	125
ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА В ГЕОГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ	
Супруненко М.І., Штефан Н.І.	127
ДИНАМІЧНІ РІВНЯННЯ РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ	
Ковальов Р.В., Штефан Н.І.	129
УМОВА СТІЙКОСТІ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА ЗА ІНЕРЦІЄЮ	
Хоменко М.В., Штефан Н.І.	131
ФІЗИЧНІ ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ КОРІОЛІСОВОГО ПРИСКОРЕННЯ	
Шашков В.О., Штефан Н.І.	132
СЕКЦІЯ 4	134
«ДЕТАЛІ МАШИН»	
АВТОНОМНІ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ ПІДШИПНИКИ	
Італьянцев О.І., Євзютін П.Ю., Скуратовський А.К.	135
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТІ СТАЛЕЙ З КАРБІДНИМИ ПОКРИТТЯМИ	
Кір'янова К.О., Сердітов О.Т.	136
ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ ПІСЛЯ ХІМІКО -ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ	
Кубанкін К.С., Горобець О.І.	137
ГОЛОВНІ ПРИЧИНИ РУЙНУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ.	
Коваленко С.П., Вакульчук В.В., Скуратовський А.К.	138
МАТЕРІАЛИ СЕПАРАТОРІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ	
Коваль В.О., Крамар О.В., Скуратовський А.К.	139
ПІДШИПНИКИ З СУХИМ МАСТИЛОМ	
Кузнецова А.Д., Терещенко І.Ю., Скуратовський А.К.	140
ПРОЦЕСИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Ладиженський М.А., Ключников Ю.В.	141
МЕХАНІЧНІ ВАРІАТОРИ	
Лисій В.С., Ніколаєв В.О., Скуратовський А.К.	142
ЗБИРАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ	
Міліціян О.А., Войтюк В.О., Скуратовський А.К.	143
РОЗРАХУНОК УЛЬТРАЗВУКОВОГО П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ВЕРСТАТУ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ДУГОЮ В РІДИНІ	
Пещеров О.В., Ключников Ю.В.	144

ВАРІАТОРИ ПЛАСТИНЧАСТІ ЛАНЦЮГОВІ.

Рудницький Б.А., Гавриленко В.В., Скуратовський А.К. 145

**ДИФУЗІЙНЕ ТИТАНОВАНАДІЮВАННЯ
ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ**

Скляр А.В., Сердітов О.Т. 146

ЗУБЧАСТІ ВІНЦІ

Яцюк І.О., Стеблецький І.М., Скуратовський А.К. 147
148

СЕКЦІЯ 5

«МАТЕМАТИКА, ФІЗИКА»

ДИСПЕРСІЯ ВІДХИЛЕННЯ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ

Дзюнь А.М., Листопадова В.В. 149

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ АНАЛОГІЇ

Євзютін П.Ю., Печерська Т.В. 151

АНАЛОГІЇ В МАТЕМАТИЧНІЙ КОНСТРУКЦІЇ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ

Італьянцев О. І., Печерська Т. В. 153

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕОРІЇ ПОЛЯ У ФІЗИЦІ

Ковальов Р. В., Листопадова В.В. 155

**ПОДІБНІСТЬ ТЕОРЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ГРАВІТАЦІЙНОГО
ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ**

Сорокіна О., Печерська Т.В. 157

Підписано до друку 29.11.2017 р. Формат 60х90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 6,9
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 2911/03.

Підприємство «УВОІ «Допомога» УСІ»
Свідоцтво про державну реєстрацію №31245580
03056, м. Київ, пров. Політехнічний, 6, корп. 5 (КП)
Тел.: 277-80-08.