

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Блок циркуляційного змащування. Розробити
та модернізувати SPR-сепаратор

Виконав:

студент групи ХМ.м-21/1

Коваленко Денис Сергійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови

(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

ЗМІСТ

	C.
ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	5
1.1 Обґрунтування вибору технологічної схеми виробництва	5
1.2 Теоретичні основи процесу	6
1.3 Новизна проектної розробки	10
1.4 Економічне обґрунтування новизни проекту	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Опис технологічної схеми блоку циркуляційного змащування	15
2.2 Опис об'єкту розробки	17
2.3 Технологічні розрахунки	20
2.4 Конструктивні розрахунки апарата	23
2.5 Визначення гідравлічного опору апарата	25
2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання	29
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	34
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	34
3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність	36
РОЗДІЛ 4. БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	42
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання	42
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	45
РОЗДІЛ 5. ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	49
5.1 Опис контрольованих параметрів під час проведення технологічного процесу	49
5.2 Розроблення системи автоматизованого управління роботою обладнання	51
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	65
ДОДАТКИ	

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості однією з найактуальніших проблем є постійне вдосконалення технологій і методів сепарації, особливо в контексті менш продуктивних традиційних рішень, які надалі застосовуються. Ця актуальність визначається не лише ринковими вимогами, але й суворими критеріями якості мастильних матеріалів, які використовуються.

Один із перспективних напрямків цього розвитку – це впровадження циркуляційного рідкого змащування під тиском, яке є передовим методом в порівнянні з іншими доступними альтернативами. У більшості випадків, ця технологія відповідає всім потребам змащування машин металургійного обладнання [1].

Циркуляційне змащування має суттєві переваги при постійному та повторному використанні мастильного матеріалу, який постійно обертається у циркуляції. Цей підхід також відзначається високою економічною ефективністю в централізованих системах змащування. Варто взяти до уваги, що обладнання, яке включає в себе циркуляційну систему, є досить складним, має великі розміри та потребує використання надійних ущільнень на всіх з'єднаннях. Тому розглядати централізоване циркуляційне змащування доцільно лише в тих випадках, коли можливо повністю використовувати технічні переваги цієї системи [2].

Циркуляційна система мастильної подачі охоплює різноманітні способи подачі мастила, де використовується механізм відновлення відпрацьованого масла. Ця система може передбачати повернення відпрацьованого мастила в спеціальний резервуар або підтримувати безперервний рух мастила без використання циркуляційних трубопроводів. У великих комплексних системах для змащення різних машин можуть бути впроваджені невеликі циркуляційні підсистеми, які незалежно обслуговують окремі агрегати. Більше того, на одній і тій же машині або в групі машин можуть бути застосовані різні методи подачі мастила, такі як ручне змащення за допомогою маслянок або змащення зануренням [3].

Циркуляційна система подачі мастила – важливе технологічне рішення в сучасних індустріальних процесах, оскільки визначає ефективність та надійність

роботи обладнання. Існує безліч варіантів циркуляційних систем, які можуть бути впроваджені в залежності від конкретних потреб і вимог промисловості. Найважливішим є те, що такі системи дозволяють забезпечити продовження робочого терміну машин і обладнання шляхом забезпечення їх надійного змащення. Вона може бути реалізована в різних форматах, включаючи централізовані та децентралізовані підходи, що залежать від конкретних потреб і вимог у конкретному виробничому середовищі.

Однією з головних переваг циркуляційного змащування є можливість повторного використання мастильного матеріалу, що сприяє економії ресурсів та зниженню витрат. Це особливо актуально в умовах сучасної промисловості, де ефективне використання ресурсів є однією з ключових вимог.

Незважаючи на численні переваги циркуляційного змащування, важливо враховувати, що дана система вимагає досить складного обладнання та систем ущільнень, особливо в великих і складних системах. Тому перед впровадженням цього підходу слід ретельно розглянути всі технічні та економічні аспекти.

Дана магістерська робота є завершальним етапом університетського навчання, що об'єднує та консолідує студентські знання, які здобувалися під час вивчення фундаментальних, професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін. Вона виступає важливим кроком у підготовці до подальшої наукової роботи.

Головною метою даної магістерської роботи є вивчення блоку циркуляційного змащування та отримання навичок у розрахунку та проектуванні гідроциклонного SPR-сепаратора. Підсумовуючи, проект виконаний відповідно до методичних вказівок [4] та з дотриманням нормативних вимог, включаючи всі регламентовані розділи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Обґрунтування вибору технологічної схеми виробництва

Циркуляційне рідке змащування, яке здійснюється під тиском має важливе значення в індустріальних процесах, зокрема завдяки його ефективності та передовому статусу порівняно з іншими методами. У більшості випадків дана система відповідає вимогам змащування для різних видів машин та обладнання.

У централізованій циркуляційній системі мастило подається через маслопроводи, які утворюють замкнутий цикл змащування. Мастило змащує опорні поверхні та знову повертається до резервуара під тиском, створеним насосом. Це практично дозволяє уникнути втрат мастила, оскільки воно лише у невеликій кількості залишається на змащуваних поверхнях, випаровується або видаляється через ущільнення. Окрім цього, циркуляція мастила сприяє його охолодженню і видаленню сторонніх частинок, що не можуть бути присутніми в змащувальному колі.

Постійне та повторне використання мастильного матеріалу у циркуляційній системі є надзвичайно економічним способом централізованого змащування. Проте слід зазначити, що обладнання, що використовується для циркуляційної системи, має значні розміри та потребує надійних ущільнень для забезпечення герметичності всіх з'єднань. Тому вибір централізованого циркуляційного змащування рекомендується лише тоді, коли можна повністю використовувати всі технічні переваги цієї системи.

Циркуляційна система мастильної подачі охоплює різноманітні методи доставки рідкого мастила, де відпрацьоване масло повертається в резервуар (відстійник) або знаходиться в безперервному русі без використання циркуляційних трубопроводів. Вона може включати в себе декілька підсистем циркуляції, які обслуговують різні агрегати, навіть у великих системах змащування для багатьох машин.

Залежно від методу доставки мастила до контактних поверхонь, що труться, ми можемо визначити два основних типи циркуляційних систем – вільну та примусову. Вільна циркуляція означає, що мастило подається безпосередньо на змащувальні поверхні за допомогою спеціальних пристроїв, які забезпечують стабільний потік мастила. До таких пристроїв можуть входити конуси для змащування відцентровим способом, труби для подачі мастила самозасмоктуванням тощо.

Крім цього, слід зазначити, що, окрім централізованої циркуляційної системи, в одній машині або комплексі машин можна використовувати різні методи подачі мастильного матеріалу. Наприклад, деякі машини можуть мати індивідуальні масляні системи, що використовуються для точного змащення ручними маслянками або за допомогою систем змащування зануренням.

Зрозуміло, що вибір конкретного методу циркуляційного змащування буде залежати від вимог конкретного процесу та обладнання, яке використовується. Отже, важливо ретельно розглянути всі аспекти та технічні можливості при виборі системи змащування для максимальної продуктивності та надійності.

1.2 Теоретичні основи процесу [6–8]

Процес відділення твердих і нерозчинних частинок в мастилі у сепараторі відбувається завдяки різниці відцентрових сил, які діють на ці частинки і мастило. Важливо відзначити, що ця різниця залежить від щільності частинок та мастила. Чим вища різниця їх щільностей, тим ефективніше сепаратор відділяє забруднення від мастила.

Відцентрове очищення відрізняється від фільтрації мастила, де головним чинником є розмір забруднень. У відцентровому сепараторі видаляються лише ті домішки, щільність яких перевищує щільність мастила, яке очищається. Це призводить до того, що серед забруднень, які видаляються з мастила через сепарацію, переважають мінеральні компоненти, і це відмінно від фільтрації, де фільтри усувають переважно більші частки.

Періодичність запуску та тривалість роботи сепаратора залежать від рівня забруднення мастила, швидкості надходження забруднень і ефективності очищення на обраному режимі. Швидке надходження забруднень в мастило може свідчити про проблеми з паливною апаратурою, станом поршневих кілець, а також може бути результатом високих температур і впливу каталізаторів на окислення мастила.

Для оцінки результатів роботи гідроциклонних сепараторів та впливу різних факторів на процес розділення розглядаються різні характеристики:

- Ефективність розділення, включаючи кратність освітлення та коефіцієнт збагачення.

- Гідродинамічні параметри, такі як фактор розділення та вхідна швидкість потоку.

- Енергетичні характеристики, включаючи потужність, витрачену на процес.

Кратність освітлення – це показник, який визначає відношення концентрації більш важкої фази в подачі до концентрації в нижньому продукті. Це дозволяє визначити, наскільки ефективно сепаратор відділяє важкі частки від мастила. Кратність освітлення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{осв} = \frac{y_n}{y_n}, \quad (1.1)$$

де y_n – об'ємна частка важкої фази у живлення, %;

y_n – об'ємна частка важкої фази у нижньому продукті, %.

Фактор розділення є безрозмірною характеристикою, яка грає важливу роль у визначенні ефективності сепаратора і дозволяє порівнювати різні апарати між собою. З фізичної точки зору фактор розділення, відомий також як відцентровий критерій Фруда, визначає співвідношення між прискоренням поля відцентрових сил, що створюється в апараті, і прискоренням вільного падіння:

$$Fr' = \frac{v^2}{r \cdot g}, \quad (1.2)$$

де v – лінійна швидкість потоку, м/с;

r – внутрішній радіус апарата, м.

Фактор розділення є важливим показником, який визначає, наскільки ефективно сепаратор відділяє різні фази відцентровим методом. Цей показник визначає, наскільки швидкість осадження важкої фази (або швидкість підняття легкої фази) під впливом відцентрової сили перевищує швидкість осадження (або підняття) тієї ж фази при вільному осадженні (піднятті). Іншими словами, це відношення впливу відцентрової сили до гравітаційної сили на частинки у сепараторі.

Зрозуміло, що чим більше відцентрове прискорення, тим вищий фактор розділення. Це означає, що сепаратори з більшим відцентровим прискоренням мають потенціал відділити фази більш ефективно. Важкій фазі буде легше осідати, а легкій фазі – підніматися вгору.

Цей параметр особливо важливий при розділенні рідини від твердих частинок або від легких газів. Чим вищий фактор розділення, тим ефективніше можна видалити забруднення або відокремити різні компоненти рідини. Важливо підкреслити, що оптимізація фактора розділення може значно покращити продуктивність та якість процесу сепарації.

Виражаючи величину Fr' через діаметр D гідроциклонного сепаратора та лінійну швидкість потоку, отримаємо:

$$Fr' = \frac{2 \cdot v^2}{D \cdot g}, \quad (1.3)$$

або

$$Fr' = \frac{D \cdot \omega^2}{2 \cdot g} = \frac{\pi^2}{1800} \cdot \frac{D \cdot n^2}{g} \approx \frac{D \cdot n^2}{1800}, \quad (1.4)$$

де ω – кутова швидкість потоку, 1/с.

Величина радіального прискорення у вхідній області гідроциклонного сепаратора при безударному вході рідини:

$$k_n = \frac{2 \cdot U_n^2}{g \cdot D}, \quad (1.5)$$

де U_n – вхідна швидкість потоку, м/с.

При безударному вході:

$$U_n = v_{\min} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{d_n^2}. \quad (1.6)$$

Середня величина фактора розділення Fr' , розрахованого на основі радіального прискорення,

$$Fr' = \frac{2 \cdot v_{\max}^2}{g \cdot D}, \quad (1.7)$$

але

$$v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (1.8)$$

де H – тиск при вході в гідроциклонний сепаратор, м вод. ст.

Отже,

$$Fr' = 4 \cdot \frac{H}{D}. \quad (1.9)$$

Вплив частки кінетичної енергії потоку у вхідному патрубку незначний.

Вхідна швидкість потоку розраховується як окреме від розподілу продуктивності сепаратора на площу входу продукту:

$$U_n = \frac{Q}{3600 \cdot S} \quad (1.10)$$

де S – площа вхідного отвору, m^2 .

Потрібно враховувати, що споживана **потужність** в процесі роботи гідроциклонного сепаратора визначається сумою опорів, які зустрічаються при русі рідини через сам сепаратор і при переміщенні рідини по трубопроводах, які підводяться до сепаратора.

Діаметр гідроциклонного сепаратора є одним із вирішальних геометричних параметрів, який має великий вплив на його функціональні характеристики. Варто зазначити, що розмір цього параметра визначає практично всі інші геометричні параметри сепаратора. Оскільки сила відцентрового впливу обернено пропорційна радіусу обертання, то можна виокремити, що діаметр гідроциклонного сепаратора має величезне значення для ефективності його роботи.

Зменшення діаметру гідроциклонного сепаратора призводить до збільшення відцентрових сил, які формуються всередині сепаратора, і, відповідно, до підвищення його роздільної здатності. Це означає, що менші частинки можуть бути більш ефективно відділені від рідини в процесі сепарації. Таким чином, діаметр гідроциклонного сепаратора є критичним фактором у визначенні його продуктивності і впливає на якість сепараційного процесу.

1.3 Новизна проектної розробки

Важливою передумовою для забезпечення високої якості мастила перед його подальшим використанням є необхідність видалення твердих частинок і домішок. Наявність цих забруднень у мастилі може призвести до швидкого зношування машин та обладнання, та навіть до їх поломок. Процес розділення початкової

сировини на рідку і тверду фази відомий як сепарація. Цей процес можливий лише у випадку, якщо компоненти суміші відрізняються за різними характеристиками, такими як розмір твердих частинок, маса, форма, щільність, коефіцієнти тертя, міцність, пружність та інші.

Сепаратори можуть мати різну форму та розташування. Вони можуть бути у формі кулі або циліндра, а також можуть бути розташовані горизонтально або вертикально.

Кульові сепаратори відрізняються компактністю та зменшеною кількістю використаного металу. Ці переваги особливо важливі при роботі сепараторів під високим тиском і з великою продуктивністю. Проте, кульові сепаратори мають обмежений об'єм робочого простору.

Горизонтальні циліндричні сепаратори відрізняються можливістю працювати з великим обсягом продукту. Однак недоліком їх використання є складність виведення твердих домішок з сепаратора. Цей недолік вирішується за допомогою вертикальних циліндричних сепараторів, де днище дозволяє рідині та твердим домішкам виходити з апарату та направляти їх у систему для видалення.

Сепарація твердих домішок у гравітаційних сепараторах ґрунтується переважно на впливі сили тяжіння. Ефективність цього процесу залежить від розмірів твердих частинок у рідинному потоці та швидкості цього потоку у сепараторі. Чим більший розмір твердих частинок і чим повільніше рухається рідкий потік у сепараторі, тим більше можливостей для ефективного поділу фаз.

У технологічних процесах, через обмежену ефективність осадження дрібнодисперсних частинок та великі розміри гравітаційних сепараторів, гравітаційна сепарація часто застосовується як частина комплексної системи разом із іншими методами очищення. В інерційних сепараторах розділення твердих домішок від рідини відбувається завдяки переважно силам інерції. Основним елементом насадкових інерційних сепараторів є насадки різних конфігурацій, які найчастіше розміщуються в секціях для остаточного очищення. Ефективність насадкових інерційних сепараторів, насамперед, залежить від конструкції використовуваних на-

садок та їх розташування в корпусі сепаратора. У результаті, вона може сягати значень від 99,5% до 99,8%, при швидкостях газу в 3–5 разів вище швидкості газу гравітаційних сепараторів. Висока продуктивність цих сепараторів обумовлена значною площею контакту сепаруючих елементів із рідинним потоком.

Відцентрові сепаратори використовують завихрювачі для перетворення поступального руху рідини на обертальний. Головною перевагою відцентрових сепараторів є висока швидкість руху рідини в корпусі відцентрового елемента.

Під час вибору обладнання для процесу сепарації необхідно враховувати техніко-економічні параметри його функціонування. До таких параметрів відносяться ступінь очищення мастила, гідравлічний опір апарату, експлуатаційні витрати, вартість обладнання і процесу очищення. Вибір також повинен враховувати фактори, які впливають на ефективність очищення, такі як вологість та температура мастила, вміст дисперсних частинок, їх фізичні властивості та розмір. Серед інерційних сепараторів найбільше поширення отримали різні типи циклонів, які мають відносно високі показники видалення дисперсних частинок при помірних опорах, що створюються апаратами.

Циклон – це відцентровий уловлювач, що базується на унікальному принципі роботи: сам апарат залишається нерухомим, а рух рідини відбувається навколо центральної осі циклону шляхом перетворення поступального руху в обертальний. Циклони володіють низкою важливих переваг порівняно з іншими сепараторами [5]:

- Відсутність рухомих частин: важливою особливістю циклонів є відсутність рухомих деталей у їхній конструкції, що робить їх особливо надійними в роботі.

- Стійкість при високих температурах: циклонні апарати можуть функціонувати при температурах до 500°C без потреби в структурних змінах, що робить їх ідеальними для використання в різноманітних умовах.

- Універсальність для уловлювання абразивних матеріалів: циклони можуть збирати абразивний пил завдяки спеціальному покриттю активних поверхонь цих апаратів.

- Працездатність при високих тисках: вони виявляють велику стійкість до високого тиску у системі.

- Стабільність гідравлічного опору: циклони мають стабільні характеристики гідравлічного опору, що дозволяє забезпечувати постійну ефективність їхньої роботи.

- Простота виготовлення і ремонту: циклони легко виготовляти і ремонтувати, що спрощує їх обслуговування.

- Підвищена концентрація домішок без втрати ефективності: висока концентрація домішок в рідині не впливає на фракційну ефективність циклону.

Циклони відзначаються високим рівнем розділення порівняно з апаратами гравітаційного осадження і мають вигоду в компактності. Спроможність очищення рідини від твердих частинок в циклонах становить:

- для часток діаметром 5 мкм – 30–85 %.
- для часток діаметром 10 мкм – 70–95 %.
- для часток діаметром 20 мкм – 95–99 % [5].

Тому, в складі циркуляційної системи змащення, для вдосконалення очищення мастила, часто застосовують гідроциклонні SPR-сепаратори зі спеціальними спіральними насадками, такими, як турбоспіралі.

1.4 Економічне обґрунтування новизни проекту

Раніше, в складі циркуляційної системи змащення, для процесу очищення мастила застосовувався фільтр. Введення гідроциклонного SPR-сепаратора призвело до досягнення значних економічних вигід, що включає в себе наступні аспекти:

- Підвищення терміну служби сепаратора та зменшення кількості обслуговувальних циклів: у порівнянні з фільтром, який вимагає постійної заміни фільтрувального пакету для очищення, гідроциклонний SPR-сепаратор працює довше без потреби в таких частих обслуговуваннях.

- Зниження вартості сепаратора: використання гідроциклонного SPR-сепаратора зменшує вартість обладнання порівняно з фільтром. Особливо це помітно у витратних матеріалах, оскільки фільтри вимагають дорогих фільтрувальних пакетів для заміни.

- Підвищення продуктивності та зниження зупинок для обслуговування: гідроциклони працюють більше часу без перерви для технічного обслуговування, що зменшує виробничі зупинки та підвищує продуктивність обладнання.

- Можливість уловлювання абразивних частинок: високий рівень абразивних частинок у мастилi може завдати шкоди обладнанню та призвести до прискореного зносу. Гiдроциклоннi сепаратори можуть легко уловлювати такі частки завдяки використанню спеціальних матеріалів на їх активних поверхнях.

Ці переваги роблять гідроциклонний SPR-сепаратор зі спіральною насадкою привабливим рішенням для ефективного та економічного очищення мастила в циркуляційних системах змащення. Застосування гідроциклонного SPR-сепаратора в системі циркуляційного змащення приносить додаткові переваги і вдосконалення процесу обслуговування обладнання:

Загалом, перехід від фільтрів до гідроциклонного SPR-сепаратора в системах циркуляційного змащення покращує якість обслуговування обладнання, знижує витрати на технічне обслуговування і ремонт, а також сприяє загальній ефективності та економічності процесу.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми блоку циркуляційного змащування

Циркуляційні системи змащування представляють собою складний механізм, в якому мастило відзначається особливою властивістю - повторним використанням після пройденого шляху. Це важливий аспект в забезпеченні ефективного змащення обладнання та машин.

Системи циркуляційного змащення можуть бути розділені на два основних типи: вільну і примусову циркуляцію.

У вільній циркуляційній системі, мастило рухається від ємності (бака, резервуара або картера) до місця тертя за допомогою розбризкування або застосування спеціальних кілець. Це створює потік мастила, який постійно обертається між ємністю і місцем змащення. Однак, важливо відзначити, що ця система допускає втрати мастила, такі як випаровування чи видалення через незапобіжну втрату через ущільнення.

У примусовій циркуляційній системі мастило подається до місць тертя за допомогою насоса або стисненого повітря, що створює тиск у системі. Мастило рухається по закритому колу маслопроводів, які прокладені між ємністю і точками змащення. Основною перевагою цього підходу є те, що втрати мастила практично обмежені, оскільки мастило після змащення повертається в ємність.

Технологічна схема блоку змащування з примусовою циркуляцією передбачає робочий процес, де мастило подається за допомогою насоса до точок тертя, змащує та охолоджує їх, а потім повертається назад в початковий резервуар. Ця система гарантує ефективне змащення потрібних елементів, а також забезпечує охолодження вузлів, які піддаються високому навантаженню, та видалення всіх сторонніх речовин, які можуть негативно впливати на процес змащення та роботу обладнання.

Загалом, циркуляційні системи змащення є ключовим елементом для підтримання надійності та ефективності обладнання та машин, і вибір між вільною та примусовою циркуляцією залежить від конкретних вимог та умов експлуатації.

Принцип роботи циркуляційного блоку змащення (див. рис. 2.1) можна розглянути докладніше. В цьому блоку масло зі ємності або бака (позначеного як B) всмоктується насосом H_1 (H_2) і подається на установку маслоходів M_1 (M_2). У випадках, коли температура оточуючого середовища дозволяє (холодна пора року), маслоохолодильники можуть бути відключені, щоб запобігти охолодженню масла до неприпустимо низьких температур за допомогою спеціальних вентилів або засувок.

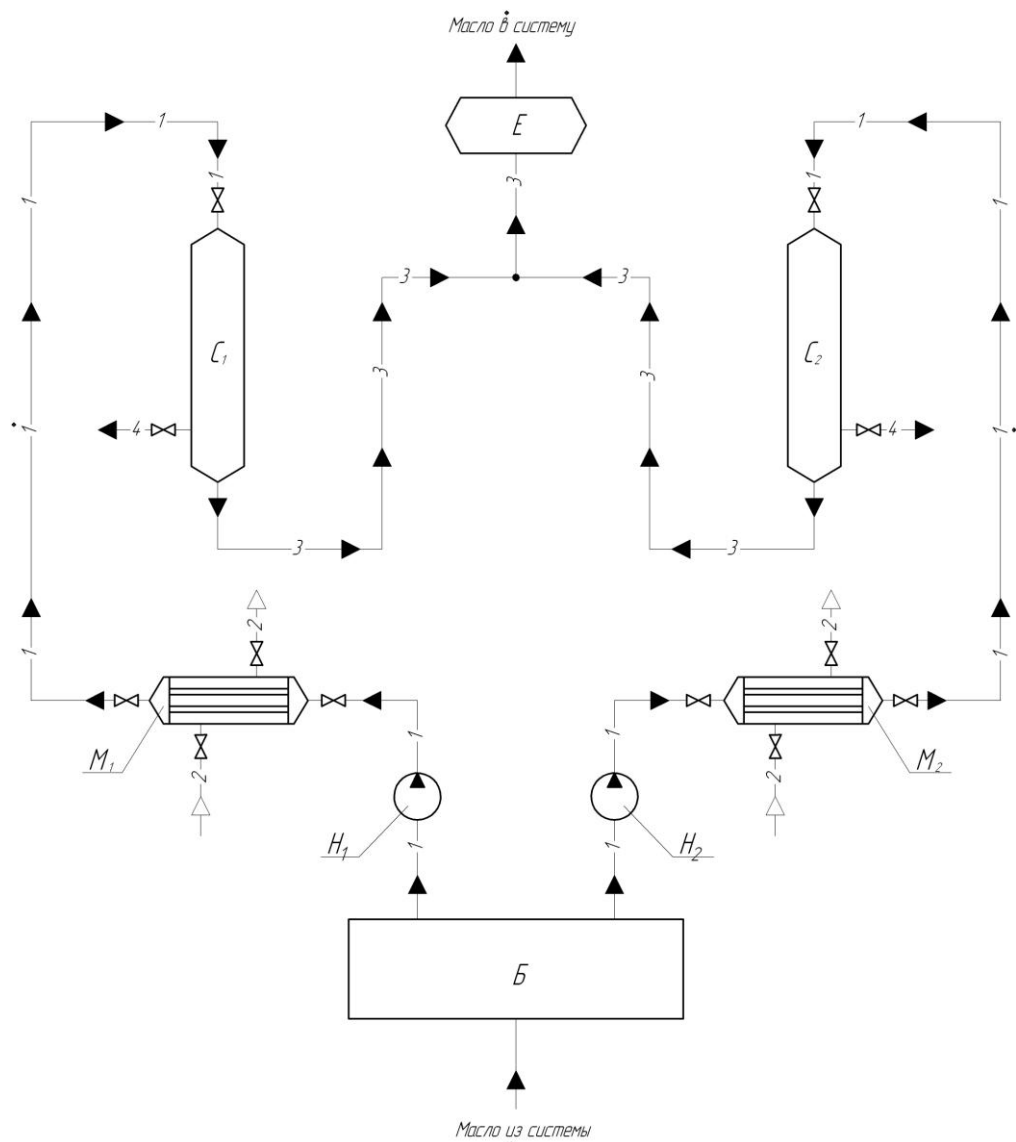


Рисунок 2.1 – Технологічна схема блоку циркуляційного змащування

Після проходження через маслоохолодильник охолоджене мастило подається в гідроциклонні SPR-сепаратори C_1 (C_2). В цих сепараторах масло піддається впливу відцентрових сил, що виникають при обертанні, що сприяє ефективному очищенню мастила від твердих домішок та включень. Цей процес дозволяє відділити тверді частки від мастила і підтримує його чистоту та відповідність для подальшого використання в системі змащення.

Отже, принцип роботи циркуляційного блоку змащення передбачає не лише подачу масла до точок змащення, але й його попередню охолодження та ефективне очищення для забезпечення оптимальних умов роботи обладнання та машин.

На виході з сепаратора створюються два різних потоки: перший, який містить концентрат твердих домішок, виводиться через випускний трубопровід, тоді як другий, що містить очищене мастило, подається далі з сепаратора через вихідний фланець.

Очищене мастило накопичується в ємності позначені як E , звідки воно подається в напірний колектор, а потім розподіляється на всі точки, які потребують змащення.

На рис. 2.1 видно, що розглянутий блок циркуляційного змащення має дві паралельні гілки – праву та ліву. Згідно з завданням, продуктивність цього блоку складає невелике значення – $14 \text{ м}^3/\text{год}$. мастила. Це призводить до того, що одна з гілок, (будь-яка), виступає як резервна і глушиться (знеструмлюється) до моменту виведення робочої гілки на ремонт або обслуговування. У випадку потреби обидві гілки можуть бути активовані одночасно, якщо продуктивність блоку збільшується і вимагається більше мастила.

2.2 Опис об'єкту розробки

Одним з основних апаратів, що входить до складу системи циркуляційного змащення, є гідроциклонний SPR-сепаратор, який зображений на рис. 2.2.

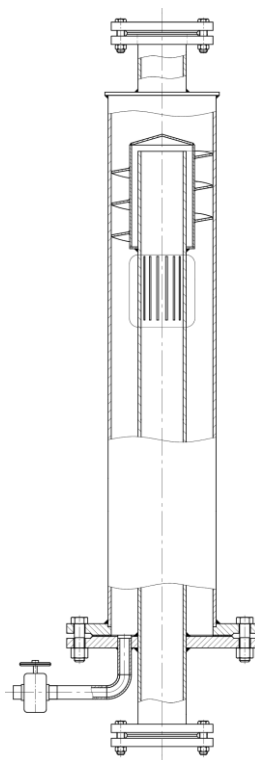


Рисунок 2.2 – Схема гідроциклонного SPR-сепаратора

Конструктивно гідроциклонний SPR-сепаратор представляє собою складну систему, яка включає два циліндричних корпуси, а саме внутрішній і зовнішній, два фланці (один для входу забрудненого мастила та інший для виходу очищеного мастила), трубопровід із коліном під кутом 90 градусів для відведення виділеної твердої фази і спіральну насадку (іноді її називають турбоспіраллю).

Сепаратор SPR є автоматичним пристроєм, призначеним для розділення та очищення рідких середовищ від специфічно важких забруднень. Принцип його роботи полягає в наступному способі функціонування: спочатку вихідне мастило вводиться через вхідний фланець у сепаратор. У середині корпусу сепаратора розташована спіральна насадка (турбоспіраль), яка забезпечує рідині обертальний рух. В результаті цього виникають відцентрові сили, які значно перевищують силу тяжіння. Ці відцентрові сили впливають у периферійному вихорі на більш важкі суспензії. В результаті відсепаровані тверді домішки (> 5 мкм) постійно зливаються в осад, переміщуються від центральної осі апарату вниз по спіральній траєкторії і відділяються у вигляді осаду через випускний отвір для концентрату, включаючи частину рідини.

Легша фаза рухається у внутрішньому спіральному потоці, що направлений вгору. Це призводить до того, що очищене мастило виводиться через вхідні отвори у внутрішній корпус і виходить із сепаратора через вихідний фланець.

Фізична модель процесу (на прикладі одиночної частинки). Коли тверда частинка потрапляє в гідроциклонний SPR-сепаратор, відбуваються складні фізичні процеси, що визначають подальший її рух та відділення від рідкого потоку. Ця частинка відразу ж залучається до обертального руху навколо центральної осі апарату. У той самий час вона рухається в осьовому та радіальному напрямках зі швидкістю, що залежить від співвідношення діючих на неї сил.

Важливо зазначити, що чим дрібніші частинки і що менша різниця між їх щільністю і густиною рідкої фази, то ближче збігаються траєкторії їх руху з лініями струму рідини. Фактично, найдрібніші частинки майже повністю копіюють рух рідини в гідроциклоні.

У гідроциклонному SPR-сепараторі на частинку діють різні сили, які визначають її подальший рух та відділення від рідинного потоку. Зокрема, це включає відцентрову силу, силу тяжіння, сили динамічного тиску рідини та тертя на поверхні розділення частинки у рідині, а також архімедову силу, залежну від густини суспензії. При цьому, підйомна сила, що виникає у турбулентному потоці, а також сили, пов'язані з турбулентною в'язкістю та опору стінок апарату, також враховуються.

У аналітичних розрахунках дуже складно врахувати вплив усіх цих сил, оскільки їхня величина залежить від багатьох параметрів роботи сепаратора і характеристик оброблюваного матеріалу. Тому деякими силами нехтують, тому що їхня дія дуже незначна [10].

Однак, основними силами, які визначають рух частинок, є відцентрова сила та сила радіального потоку. Від співвідношення цих сил залежить напрямок подальшого руху частинок. Якщо відцентрова сила переважає силу опору рідини, частинки будуть відкинуті до стінки гідроциклону і перемістяться вниз, виходячи через випускний отвір для концентрату. У випадку, коли сила радіального потоку

переважає, частинки потрапляють в область внутрішнього потоку і видаляються через верхній відвідний отвір.

Однією з основних переваг гідроциклонного SPR-сепаратора є його високий ступінь фільтрації, що дозволяє ефективно відділяти тверді домішки від рідких середовищ. Також важливо відзначити міцну та зносостійку конструкцію сепаратора, яка дозволяє йому працювати в умовах значного навантаження. Гідроциклонний SPR-сепаратор має можливість використовувати різноманітні матеріали в залежності від конкретних потреб. Його монтаж відзначається простотою, а обслуговування та ремонт – легкістю. Важливо також, що сепаратор допомагає знизити втрати мастила під час процесу очищення та розділення.

2.3 Технологічні розрахунки

Для проведення технологічного розрахунку гідроциклонного SPR-сепаратора, який призначений для виділення важких домішок з мастила, основним завданням є визначення його продуктивності. Ефективність такого сепаратора напряму залежить від різних факторів, включаючи тиск на вході в апарат та ряд параметрів його геометрії. Основними параметрами є діаметр сепаратора, розміри входного штуцера, діаметри отворів і таке інше.

Варто зазначити, що німецька компанія DANGO & DIENENTHAL Filtertechnik GmbH відома своєю активною роботою у сфері розробки, проектування та виробництва сепараторів, які використовуються для подібних цілей.

При проведенні розрахунків з використанням різних формул для гідроциклонного SPR-сепаратора, при однакових умовах живлення і геометричних параметрах, було виявлено, що розмір витрати може коливатися в межах від 10 до 50 м³/год. Таким чином, для задач проектування було вибрано продуктивність блоку циркуляційного змащування, а отже і самого сепаратора, яка складає 14 м³/год. мастила під тиском 0,4 МПа.

На підставі вище викладеного можна зробити висновок, що розділення суспензій, або, іншими словами, виділення твердих частинок із рідини, в сепараторі даного типу головним чином відбувається за допомогою відцентрових сил.

Важливо відзначити, що режим течії рідини в апараті є турбулентним, що призводить до виникнення турбулентної дифузії. Ця дифузія має великий вплив на розділяючу здатність апарата.

Стосовно суспензій, була розроблена дифузійна модель, яка враховує дифузійну твердих частинок виключно в радіальному напрямку. При цьому коефіцієнт турбулентної дифузії визначається за допомогою спеціальної формули [12]:

$$D_t = 0,0112 \cdot V_t \cdot r, \quad (2.1)$$

де V_t – кільцева швидкість руху частинок (приймається рівною швидкістю руху рідини), м/с;

r – радіус апарата, м.

Кільцева швидкість обертання складає:

$$V_t = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{60}, \quad (2.2)$$

де ω – кутова швидкість обертання, рад/с;

n – кількість обертів за хвилину.

Згідно з [11], кількість обертів n рідинного потоку, що протікає через апарати із завихрювачем, зазвичай рухається в межах від 400 до 800 обертів на хвилину. Для наших обчислень ми вибираємо середнє значення з цього запропонованого діапазону, а саме $n = 600$ об/хв. Після підстановки чисельних значень у рівняння (2.2), отримаємо:

$$V_t = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 600 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{60} = 5,0 \text{ м/с.}$$

При такому значенні кільцевої швидкості потоку коефіцієнт турбулентної дифузії складає:

$$D_t = 0,0112 \cdot 5 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 4,48 \cdot 10^{-3}.$$

У загальному випадку відцентрова сила виражається рівністю [11]:

$$P_{Ц} = \frac{m \cdot V_t^2}{r_{BP}}, \quad (2.3)$$

де m – маса частинки, що обертається, кг.

r_{BP} – радіус обертання частинки (приймається рівним внутрішньому радіусу апарата), м.

У подальших розрахунках ми припускаємо, що тверді домішки у масляній суспензії представлені сталевими мікрочастинками, які мають форму сфери. В такому випадку ми можемо прийняти, що мінімальний діаметр цих частинок складає 5 мікрометрів.

Об'єм окремої частинки можна обчислити за наступною формулою:

$$V_q = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3, \quad (2.4)$$

де R – радіус частинки, м.

$$V_q = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{5}{2} \cdot 10^{-6} \right)^3 = 6,54 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3.$$

Приймаємо щільність сталі $\rho_{СТ} = 7800 \text{ кг/м}^3$, отримуємо масу частинок:

$$m = \rho_{СТ} \cdot V_q = 7800 \cdot 6,54 \cdot 10^{-17} = 5,1 \cdot 10^{-13} \text{ кг}. \quad (2.5)$$

Відцентрова сила, що розвивається гідроциклонним SPR-сепаратором зі спіральною насадкою, складатиме:

$$P_{ц} = \frac{5,1 \cdot 10^{-13} \cdot 5^2}{80 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ Н.}$$

Результуючою величиною технологічного розрахунку є критерій ефективності SPR-сепаратора, який виражається наступною формулою [9]:

$$K = \frac{d_{ч} \cdot L \cdot \left(\frac{\rho_{ч} - \rho_{ж}}{\rho_{ж}} \right) \cdot \frac{\Delta P}{Q}}{\mu_{ж}}, \quad (2.6)$$

де $d_{ч} = 5 \cdot 10^{-6}$ м – мінімальний діаметр уловлюваних твердих частинок;

$\rho_{ч} = 7800$ кг/м³ – щільність твердих частинок;

$\rho_{ж} = 900$ кг/м³ – густина рідини (мастила);

$L = 0,9$ м – робоча довжина сепаратора;

$\Delta P = 11958$ Па – гідравлічний опір сепаратора (див. розділ 2.5);

$Q = 3,89 \cdot 10^{-3}$ м³/с – продуктивність сепаратора;

$\mu_{ж} = 0,225$ Па·с – динамічна в'язкість рідини (мастила).

$$K = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,9 \cdot \left(\frac{7800 - 900}{900} \right) \cdot \frac{11958}{3,89 \cdot 10^{-3}}}{0,225} = 472.$$

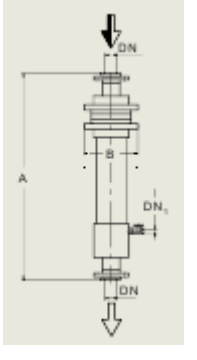
2.4 Конструктивні розрахунки апарата

Головне завдання конструктивного розрахунку гідроциклонного SPR-сепаратора полягає у визначенні його основних геометричних параметрів, таких як діаметр і висота апарата, а також діаметри штуцерів для підключення системи.

У цьому контексті важливо зазначити, що компанія DANGO & DIENENTHAL Filtertechnik GmbH пропонує ряд різних розмірів для сепараторів даного типу, які можна знайти в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні конструктивні розміри SPR-сепаратора в залежності від продуктивності

SPR 2 – 10 м ³ /год.		SPR 10 – 50 м ³ /год.	
DN	50	DN	65
DN ₁	1/2"	DN ₁	1/2"
A	900	A	1100
B	220	B	300



The technical drawing shows a vertical cylindrical separator. It has an inlet at the top with diameter DN and an outlet at the bottom with diameter DN. A side connection has diameter DN1. Dimension A is the total height, and dimension B is the diameter of the main cylindrical body.

Задана за нашою умовою продуктивність відповідає SPR другого розмірного ряду. Таким чином, прийемо умовний діаметр верхнього (вхідного) штуцера $D_u = 65$ мм.

Діаметр нижнього (вихідного) штуцера також прийемо рівним 65 мм.

Далі визначаємо внутрішній діаметр гідроциклонного SPR-сепаратора. За практичною рекомендацією прийемо [9]:

$$D \approx 2,5 \cdot d_B, \quad (2.7)$$

де d_B – діаметр вхідного штуцера, мм;

$$D = 2,5 \cdot 65 = 162,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо внутрішній діаметр сепаратора $D = 160$ мм.

Габаритні розміри апарата $A \times B = 1100 \times 300$ мм (згідно табл. 2.1).

Знаючи розміри сепаратора, за рівнянням (1.9) обчислюємо величину фактора розділення:

$$Fr' = 4 \cdot \frac{40}{0,160} = 1000.$$

Вхідну швидкість потоку (мастила) обчислюємо за рівнянням (1.10):

$$U_n = \frac{14}{3600 \cdot \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4}} = 1,18 \text{ м/с.}$$

Величина радіального прискорення у вхідній області гідроциклонного сепаратора при безударному вході рідини становитиме:

$$k_n = \frac{2 \cdot 1,18^2}{9,81 \cdot 0,065} = 4,37.$$

2.5 Визначення гідравлічного опору апарата [13]

Розрахунок гідравлічного опору гідроциклонного SPR-сепаратора визначає кількість енергії, яка витрачається на рух теплоносіїв через апарат.

Повний напір ΔP , що необхідний для руху мастила через сепаратор, знаходимо як суму напорів у внутрішньому ΔP_1 та зовнішньому ΔP_2 корпусах.

Напір ΔP_1 у зовнішньому корпусі розраховуємо за такою формулою:

$$\Delta P_1 = \Sigma \Delta P_{\text{ТР}} + \Sigma \Delta P_{\text{М}} + \Sigma \Delta P_{\text{У}} + \Sigma \Delta P_{\text{Г}}, \quad (2.8)$$

де $\Sigma \Delta P_{\text{ТР}}$ – сума гідравлічних втрат на тертя, Па;

$\Sigma \Delta P_{\text{М}}$ – сума втрат напору у місцевих опорах, Па;

$\Sigma \Delta P_{\text{У}}$ – сума втрат напору, зумовлених прискоренням потоку, Па;

$\Sigma\Delta P_{\Gamma}$ – перепад тиску для подолання стовпа рідини, Па.

Гідравлічні втрати на тертя в каналах при омиванні внутрішньої поверхні зовнішнього корпусу і відповідно зовнішньої поверхні внутрішнього корпусу розраховуємо за формулою:

$$\Delta P_{TP} = \lambda_{TP} \cdot \frac{L}{d_{\Sigma}} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}, \quad (2.9)$$

де λ_{TP} – коефіцієнт опору тертя;

ρ – густина мастила, $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$.

Критерій Рейнольдса під час руху мастила простором у середині зовнішнього корпусу:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}, \quad (2.10)$$

де ν – кінематична в'язкість мастила, $\nu = 250 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Швидкість руху мастила всередині корпусу прийmemo рівною кільцевій швидкості потоку після спіральної насадки, тобто. $w = V_i = 5,0 \text{ м/с}$.

$$\text{Re} = \frac{5,0 \cdot (0,160 - 0,076)}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 1680,$$

тобто режим ламінарний, при якому:

$$\lambda_{TP} = A / \text{Re}, \quad (2.11)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від форми перерізу трубопроводу.

Для круглого перерізу $A=64$.

Таким чином, отримаємо:

$$\lambda_{TP} = 64 / \text{Re} = 64 / 1680 = 0,038.$$

$$\Delta P_{TP} = 0,038 \cdot \frac{0,9}{(0,160 - 0,076)} \cdot \frac{5,0^2 \cdot 900}{2} = 4580 \text{ Па}.$$

Гідрравлічні втрати тиску у місцевих опорах обчислюємо за формулою:

$$\Delta P_M = \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}, \quad (2.12)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору, його знаходять як суму опорів кожного елемента сепаратора: $\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4$ (вхід мастила $\xi_1 = 0,5$; вихід мастила через прорізи у внутрішній корпус $\xi_2 = 1$; поворот на 180° при зміні траєкторії руху мастила $\xi_3 = 1,4$; поворот на 90° при перетіканні мастила в прорізі $\xi_4 = 1,1$).

$$\xi = 0,5 + 1 + 1,4 + 1,1 = 4;$$

$$\Delta P_M = 4 \cdot \frac{5,0^2 \cdot 900}{2} = 4500 \text{ Па}.$$

Так як для краплинних рідин втрати тиску ΔP_V мізерно малі, то вони до уваги не приймаються ($\Delta P_V = 0$).

Зважаючи на те, що сепаратор не сполучений із навколишнім середовищем, перепад тиску для подолання гідростатичного стовпа рідини дорівнюватиме нулю ($\Delta P_\Gamma = 0$).

Повний напір, необхідний для руху мастила по внутрішньому простору зовнішнього корпусу, становитиме:

$$\Delta P_1 = 4580 + 4500 = 9080 \text{ Па}.$$

Напір ΔP_2 у внутрішньому корпусі сепаратора визначаємо за формулою (2.2):

Швидкість руху мастила всередині корпусу обчислюємо за формулою (1.10):

$$U_n = \frac{14}{3600 \cdot \frac{\pi \cdot 0,066^2}{4}} = 1,14 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса під час руху мастила по внутрішньому простору внутрішнього корпусу обчислюємо за формулою (2.10):

$$\text{Re} = \frac{1,14 \cdot 0,066}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 301,$$

тобто режим руху також ламінарний.

Коефіцієнт опору тертя складає:

$$\lambda_{TP} = 64 / \text{Re} = 64 / 301 = 0,213.$$

Гідравлічні втрати на тертя у каналі складатимуть:

$$\Delta P_{TP} = 0,213 \cdot \frac{0,75}{0,066} \cdot \frac{1,14^2 \cdot 900}{2} = 1416 \text{ Па.}$$

Гідравлічні втрати тиску у місцевих опорах обчислюємо за формулою, де коефіцієнт місцевого опору складе: $\xi = \xi_1 + \xi_2$ (вхід мастила через прорізі $\xi_1 = 1,5$; вихід мастила через вихідний штуцер $\xi_2 = 1$).

$$\xi = 1,5 + 1 = 2,5;$$

$$\Delta P_M = 2,5 \cdot \frac{1,14^2 \cdot 900}{2} = 1462 \text{ Па}.$$

Таким чином, напір, який потрібний для руху мастила по внутрішньому простору внутрішнього корпусу, становитиме:

$$\Delta P_2 = 1416 + 1462 = 2878 \text{ Па}.$$

Повний напір необхідний для руху мастила через гідроциклонний SPR-сепаратор:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 9080 + 2878 = 11958 \text{ Па}.$$

2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання

Розрахунок та вибір ємності для забрудненого мастила [6]. Ємність, в яку подається забруднене мастило, обчислюємо, виходячи з 10 хвилинного резерву робочого часу, враховуючи коефіцієнт заповнення $\psi = 0,8 \dots 0,85$. Приймаємо $\psi = 0,82$.

Розрахунковий об'єм ємності складатиме:

$$V_{EM} = \frac{V \cdot \tau}{\psi}, \quad (2.13)$$

де V – об'ємна витрата масла, $V = 14 \text{ м}^3/\text{год.}$;

τ – резерв робочого часу, $\tau = 10 \text{ хв.}$

$$V_{EM} = \frac{14 \cdot 10}{0,82 \cdot 60} = 2,85 \text{ м}^3.$$

Задаємося діаметром ємності $D=1,2$ м, тоді її висота складатиме:

$$H = \frac{V_{EM}}{0,785 \cdot D^2}, \quad (2.14)$$

$$H = \frac{2,85}{0,785 \cdot 1,2^2} = 2,5 \text{ м.}$$

Розрахунок та вибір насоса [14]. Для всмоктувального та нагнітального трубопроводів приймаємо однакову швидкість плинину рідини, яка складає $w = 2$ м/с.

Діаметр трубопроводу обчислюємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.15)$$

де V – об’ємна витрата мастила, що подається, м³/с.

$$d = \sqrt{\frac{3,89 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 2}} = 0,050 \text{ м.}$$

Приймемо, що корозія труби незначна.

Далі обчислюємо критерій Рейнольдса для рідини у трубопроводі:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}, \quad (2.16)$$

де ν – кінематична в’язкість мастила, $\nu=250$ мм²/с.

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0,050}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 400,$$

тобто режим ламінарний, за якого:

$$\lambda = A / \text{Re}, \quad (2.17)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від форми перерізу трубопроводу.

Для круглого перерізу $A=64$. Таким чином, отримуємо:

$$\lambda = 64 / \text{Re} = 64 / 400 = 0,16.$$

Знаходимо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктувальної та нагнітальної ліній.

Для всмоктувальної лінії:

- вхід у трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi_1 = 0,5$;

$$\Sigma \xi = \xi_1,$$

$$\Sigma \xi = 0,5 = 0,5.$$

Для нагнітальної лінії:

- вентиля прямоочні, 1 шт. $\xi_1 = 0,65$;

- 1 коліно з кутом 90° $\xi_2 = 1,1$;

- вихід із труби $\xi_3 = 1$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3,$$

$$\Sigma \xi = 0,65 + 1,1 + 1 = 2,75.$$

Втрачений напір у всмоктувальній та нагнітальній лініях визначаємо за формулою:

$$h = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_3} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.18)$$

де l, d_3 – відповідно довжина та еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{\Pi.BC.} = \left(0,16 \cdot \frac{1}{0,050} + 0,5 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,75 \text{ м.}$$

Втрачений напір у нагнітальній лінії:

$$h_{\Pi.HAG.} = \left(0,16 \cdot \frac{2}{0,050} + 2,75 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 1,87 \text{ м.}$$

Загальні втрати напорі:

$$h_{\Pi} = h_{\Pi.BC.} + h_{\Pi.HAG.}, \quad (2.19)$$

$$h_{\Pi} = 0,75 + 1,87 = 2,62 \text{ м.}$$

Визначаємо напір насоса за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_{жс} \cdot g} + H_{\Gamma} + h_{\Pi}, \quad (2.20)$$

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків в апараті та в ємності, з якої подається рідина. У нашому випадку ця різниця складає $(P_2 - P_1) = 0,4 - 0,1 = 0,3 \text{ МПа}$;

H_r – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,3 \cdot 10^6}{900 \cdot 9,81} + 2 + 2,62 = 38,6 \text{ м.}$$

Корисну потужність насоса обчислюємо за рівнянням:

$$N_{\Pi} = \rho_{ж} \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (2.21)$$

де Q – подача (витрата), $Q = 3,89 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;

H – напір насоса.

$$N_{\Pi} = 900 \cdot 9,81 \cdot 3,89 \cdot 10^{-3} \cdot 38,6 = 1326 \text{ Вт.}$$

Потужність, яку повинен розвивати електродвигун насоса на вихідному валу при режимі роботи, що встановився:

$$N = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (1.32)$$

де $\eta_n, \eta_{пер}$ – коефіцієнти корисної дії відповідно насоса та передачі від електродвигуна до насоса. Приймаючи $\eta_n = 0,6$ і $\eta_{пер} = 1$, отримаємо:

$$N = \frac{1326}{1 \cdot 0,6} = 2210 \text{ Вт.}$$

Обираємо відцентровий насос марки ЦНС 38-44 з наступними характеристиками: об'ємна подача насоса $1,05 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$; напір насоса 44 м; потужність, що споживається насосом 7,0 кВт; частота обертання 3000 об/хв.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів [15–17]

При виборі матеріалів для виготовлення різних елементів конструкції гідроциклонного SPR-сепаратора, важливими факторами є забезпечення необхідної корозійної стійкості при робочих умовах, високі механічні та технологічні властивості матеріалу, низька вартість і доступність на ринку.

Оскільки робоче середовище, в якому працює гідроциклонний SPR-сепаратор, не відзначається високою корозійною активністю, найбільш оптимальним варіантом для виготовлення основних компонентів такого сепаратора (включаючи зовнішній та внутрішній корпуси, спіральну насадку, кришку тощо) є використання **конструкційної низьколегованої сталі 09Г2С** відповідно до ГОСТ 19282-89. В інших варіантах можуть використовуватися сталі, такі як 09Г2ДТ, 09Г2Т або 10Г2С, які можуть слугувати заміниками.

Основні фізико-механічні характеристики сталі 09Г2С наведені у табл. 3.1, і ці властивості дозволяють забезпечити надійну та ефективну роботу SPR-сепаратора під час експлуатації.

Вид поставки (сортамент):

- фасонний прокат, який включає в себе квадрат г/катаний за ГОСТ 2591-88 та коло г/катаний за ГОСТ 2590-2006;

- листовий прокат, де використовуються товсті листи г/катані за ГОСТ 19903-90 та тонкі листи х/катані за ГОСТ 1990;

- смуга за ГОСТ 103-2006, яка також може бути використана у конструкції;

- профільний прокат, включаючи швелер г/катаний за ГОСТ 8240-97 та балку двотаврову г/катану за ГОСТ 8239-89.

Для створення трубопроводу, який використовується для виведення концентрату разом із частиною рідини, найкращим варіантом є застосування сталі 20 відповідно до ГОСТ 1050-88. При необхідності можна використовувати альтернативні варіанти, такі як сталь 15 або сталь 25.

Таблиця 3.1 – Фізико-механічні властивості сталі 09Г2С

Показник	Значення
Модуль пружності E , МПа	200000
Модуль зсуву G , МПа	77000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 360
Межа плинності σ_T , МПа	не менше 180
Відносне звуження ψ , %	56
Відносне подовження δ , %	25
Твердість за Брінеллем, НВ	115
Зварюваність	без обмежень

Основні фізико-механічні характеристики сталі 20 наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні властивості сталі 20

Показник	Значення
Модуль пружності E , МПа	200000
Модуль зсуву G , МПа	74000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 420
Межа плинності σ_T , МПа	не менше 250
Відносне звуження ψ , %	40
Відносне подовження δ , %	16
Твердість за Брінеллем, НВ	156
Зварюваність	без обмежень (крім хіміко-термічно оброблених деталей)

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (шестигранник калібрований ГОСТ 8560-88, квадрат г/катаний ГОСТ 2591-2006, коло г/катане ГОСТ 2590-2006, коло каліброване, х/катане ГОСТ 7417-75) товстий г/катаний ГОСТ 19903-90, лист тонкий х/катаний ГОСТ 19904-90.

Для створення неметалічних прокладних матеріалів, які використовуються для ущільнення з'єднань фланцевих з'єднань апаратів, ми використовуємо масло-бензостійкий пароніт ПМБ (ПМБ-1) згідно з ГОСТ 15180-86. Цей матеріал є листовим і виготовляється за допомогою пресування азбокаучукової маси, що містить азбест, каучук та порошкові компоненти.

Масло-бензостійкий пароніт ПМБ (ПМБ-1) застосовується для ущільнення з'єднань, які працюють з наступними робочими параметрами:

- з масляними речовинами під тиском до 5 МПа та при температурі до +450°C;

- з нафтою та нафтовими продуктами при температурах від 200°C до 400°C та тиском від 7 МПа до 4 МПа відповідно;

- з рідким та газоподібним киснем, етиловим спиртом та іншими агресивними середовищами.

У деяких випадках, для підвищення механічних властивостей пароніту, його армують металевою сіткою, що відомо як ферроніт. Це допомагає забезпечити більшу стійкість та тривалість ущільнювального елемента при важких умовах роботи.

3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність

Розрахунок товщини стінки зовнішнього корпусу виконуємо, відповідно до методики, що викладена в [18]. Тиск у цьому просторі становить 0,4 МПа.

Знаходимо величину нормативної напруги для сталі 09Г2С при розрахунковій температурі 50°C: $\sigma^* = 165 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \sigma^* \cdot \eta, \quad (3.1)$$

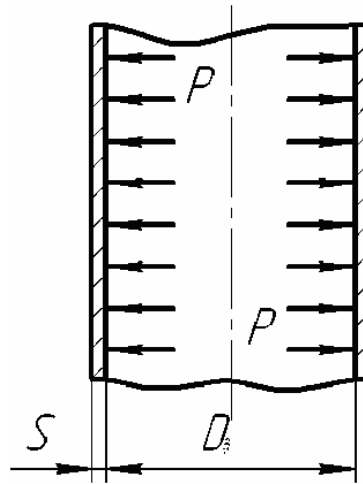


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

де $\eta = 1$ – поправочний коефіцієнт для листового прокату.

$$[\sigma] = 165 \cdot 1 = 165 \text{ МПа} .$$

Допустиме напруження при гідравлічних випробуваннях:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_T^{20}}{1,1} , \quad (3.2)$$

де $\sigma_T^{20} = 280 \text{ МПа}$ – межа плинності сталі 09Г2С при температурі 20°C .

$$[\sigma]_H = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа} .$$

Далі обчислюємо розрахунковий тиск:

$$P_p = P + P_r , \quad (3.3)$$

де $P = 0,4 \text{ МПа}$ – робочий тиск;

P_r – гідростатичний тиск середовища.

Якщо $\frac{P_{\Gamma}}{P} \cdot 100 < 5\%$, то $P_p = P$.

Гідростатичний тиск середовища:

$$P_{\Gamma} = g \cdot \rho_{ж} \cdot H_p; \quad (3.4)$$

$$P_{\Gamma} = 9,81 \cdot 900 \cdot 0,9 = 0,008 \text{ МПа};$$

$$P_p = 0,1 + 0,008 = 0,108 \text{ МПа};$$

$$\frac{P_{\Gamma}}{P} \cdot 100 = \frac{0,008}{0,4} \cdot 100\% = 2\% < 5\%;$$

$$P_p = 0,4 \text{ МПа}.$$

Оскільки розрахунковий тиск менший за 0,5 МПа, то пробний тиск при гідрравлічних випробуваннях обчислюємо за рівнянням:

$$P_{II} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot P_p \cdot [\sigma]_{20}}{[\sigma]}, 0,2 \right\}, \quad (3.5)$$

де $[\sigma]_{20} = \sigma_{20}^* = 170 \text{ МПа}$ – допустима напруга сталі 09Г2С при температурі 20°C ($\eta = 1$).

$$P_{II} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot 0,4 \cdot 170}{165} = 0,62 \text{ МПа}, 0,2 \text{ МПа} \right\} = 0,62 \text{ МПа}.$$

Розрахункова товщина циліндричної обичайки:

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p}, \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_H - P_H} \right\}, \quad (3.6)$$

де $\varphi = 1$ – коефіцієнт міцності зварних швів із двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичним або напівавтоматичним зварюванням.

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{0,4 \cdot 160}{2 \cdot 1 \cdot 165 - 0,4} = 0,19_{\text{мм}}, \frac{0,62 \cdot 160}{2 \cdot 1 \cdot 254,4 - 0,62} = 0,20_{\text{мм}} \right\} = 0,20_{\text{мм}}.$$

Виконавча товщина циліндричної обичайки:

$$S_H \geq S_p^H + c, \quad (3.7)$$

де c – прибавка до розрахункових товщин конструктивних елементів:

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (3.8)$$

c_1 – прибавка для компенсації корозії та ерозії;

c_2 – прибавка для компенсації мінусового допуску;

c_3 – технологічна прибавка.

Прийmemo, що $c_2 = c_3 = 0$. Прибавку для компенсації корозії та ерозії розраховуємо за рівнянням:

$$c_1 = P \cdot \tau, \quad (3.9)$$

де $P = 0,12 \frac{\text{мм}}{\text{год}}$ – проникність матеріалу;

$\tau = 15$ років – термін служби апарата.

$$c = c_1 = 0,12 \cdot 15 = 1,8 \text{ мм}.$$

$$S_{II} = 0,20 + 1,8 = 2,0 \text{ мм}.$$

Один із важливих аспектів, що потребує врахування при розрахунках для даного апарата, це спосіб його установки та кріплення. Щоб забезпечити достатню жорсткість апарата, необхідно збільшити товщину стінок його корпусу. Тому приймемо $S_{II} = 5 \text{ мм}$.

Крім того, важливо зазначити, що внутрішній корпус зазнає навантаження ще й під зовнішнім тиском, який є внутрішнім для зовнішнього корпусу.

Розрахункова товщина обичайки, що працює під зовнішнім тиском $\ell_p = 630 \text{ мм}$.

Величина зовнішнього тиску $P_{H.P.} = 0,4 \text{ МПа}$.

Розрахункову товщину стінки визначаємо за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} K_2 \cdot D \cdot 10^{-2} \\ \frac{1,1 \cdot P_{H.P.} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \end{array} \right\}, \quad (3.10)$$

де K_2 – коефіцієнт, що визначається за номограмою [18], $K_2 = f(K_1; K_3)$.

Обчислюємо коефіцієнт K_1 :

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P_{H.P.}}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E}, \quad (3.11)$$

де n_y – коефіцієнт запасу стійкості за робочих умов, $n_y = 2,4$.

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,4}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2,0 \cdot 10^5} = 2,0.$$

Обчислюємо коефіцієнт K_3 :

$$K_3 = \frac{\ell_P}{D}, \quad (3.12)$$

$$K_3 = \frac{630}{66} = 9,5.$$

Звідки $K_2 = 0,65$.

$$S_P = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,65 \cdot 66 \cdot 10^{-2} = 0,43 \text{ мм} \\ \frac{1,1 \cdot 0,4 \cdot 66}{2 \cdot 165} = 0,1 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,43 \text{ мм}.$$

Таким чином, виконавчу товщину стінки обичайки внутрішнього корпусу сепаратора приймемо $S = 5 \text{ мм}$.

РОЗДІЛ 4

БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компоювання основного та допоміжного обладнання [19]

Компоювання виробництва визначається як процес розташування технологічного обладнання та будівельних споруд з метою забезпечення ефективного перебігу технологічного процесу, забезпечення безпеки при експлуатації устаткування та створення оптимальних умов для монтажу та обслуговування обладнання, уникнення зайвого будівництва. Для досягнення індустріалізації та максимально скороченого терміну будівництва об'єкта, компоювання промислових будівель рекомендується виконувати з акцентом на максимальну стандартизацію будівельних елементів, використовуючи сучасні типові деталі та конструкції.

За їх функціональним призначенням, промислові будівлі поділяються на кілька категорій:

- Виробничі: це цехи та споруди, де виробляється готова продукція або напівфабрикати.

- Підсобно-виробничі: сюди входять експериментальні, інструментальні та ремонтні приміщення.

- Енергетичні: це будівлі і споруди, пов'язані з енергетичними процесами, такі як котельні, теплоелектроцентралі, компресорні станції і т.д.

- Складські та транспортні: це приміщення для зберігання та перевезення продукції та сировини.

- Санітарно-технічні: сюди входять насосні станції, очисні споруди та інші санітарні системи.

- Допоміжні: це приміщення для управління заводом, конструкторські бюро, медичні пункти та навчальні класи.

Вибір і правильне компоювання промислових будівель дозволяє забезпечити ефективну та безпечну роботу виробництва, покращити процеси обслуговування та збільшити продуктивність.

У контексті вогнестійкості будівель і споруд існує п'ять рівнів, які визначаються на основі двох ключових критеріїв:

1. Група займистості будівельних матеріалів та конструкцій: всі будівельні матеріали і конструкції поділяються на три групи: негорючі, вогнестійкі і горючі. Ця група визначає, наскільки матеріали та конструкції можуть піддаватися вогню.

2. Межа вогнестійкості окремих конструкційних елементів: межа вогнестійкості вимірюється у годинах і представляє собою час, протягом якого конструкція зберігає свою стійкість і несучу спроможність під впливом вогню, не втрачаючи їх.

Промислові будівлі і споруди, які розташовані на хімічних підприємствах, зазвичай проектуються на II рівні вогнестійкості і не нижче третього ступеня вогнестійкості. Це важливо, оскільки на таких підприємствах існує високий ризик вибухів, пожеж та викидів шкідливих речовин.

Поділ на категорії промислових підприємств за рівнем вибухової, вибухопожежної та пожежної небезпеки також є важливою. Ця категоризація включає наступні шість категорій: А, Б, В, Г, Д, Е.

Категорія А: Виробництва, де технологічний процес є найбільш пожежо- і вибухонебезпечним, тобто можливо утворення повітряних вибухонебезпечних сумішей. Вибух таких сумішей може виникнути від іскри, удару, детонації і призвести до руйнування будівельних конструкцій (у виробництві вибухових речовин, цехах багатьох хімічних і нафтохімічних галузей та ін.).

Категорія Б: Сюди включають виробництва, де може накопичуватися горючий або вибухонебезпечний пил в повітрі, а також рідини з низькою температурою спалаху парів (до 120°C), вибух яких не призводить до руйнування будівельних конструкцій. Така категорія включає, наприклад, виробництво пиловугільного палива, борошна, цукрової пудри і т. д.

Категорія «В» включає виробництва, де використовуються тверді горючі матеріали та речовини, а також рідини з температурою спалаху парів більше 61°C.

Сюди також відносяться речовини, які можуть загорітися при контакті з водою, киснем повітря або один з одним. Прикладами таких підприємств можуть бути деревообробні, столярні, меблеві, бавовнооброблюючі, трикотажні та текстильні фабрики і інші.

Категорії «Г», «Д» і «Е» об'єднують виробництва, які працюють з негорючими матеріалами. Сюди включаються ливарні, плавильні, ковальські цехи, теплові електростанції, механічні та інструментальні цехи і подібні.

Щодо поверховості промислових будівель і споруд, їх поділяють на одноповерхові, багатоповерхові і комбіновані. Одноповерхові будівлі зазвичай отримують більше популярності через їхню економічність. Горизонтальний транспорт сировини та напівфабрикатів виявляється більш економічним і зручним порівняно з багаторазовим вертикальним переміщенням. Крім того, вони зменшують витрати на проектування сходів і ліфтів, мають менші витрати на стіни і фундаменти, полегшують природну вентиляцію та покращують якість повітря внутрішнього середовища завдяки природній циркуляції повітря. Проте, одноповерхові будівлі можуть бути витратнішими для опалення через збільшення площі тепловтрат і займаної території.

При розташуванні хімічного обладнання розрізняють три можливі варіанти компонування:

1. Закритий варіант (в промислових будівлях): в цьому варіанті вирішальне значення мають правильно розроблені об'ємно-планувальні та конструктивні рішення промислових будівель. Це визначає можливості розташування технологічного обладнання, організацію технологічних процесів та впровадження механізації та автоматизації виробництва. При проектуванні слід передбачити можливий розвиток підприємства на тривалий період. Вибір закритого варіанта вимагає створення необхідних кліматичних, світлотехнічних і акустичних умов всередині приміщень, що відповідають характеру виробництва.

2. Відкритий варіант (на залізобетонних постаментях): такий варіант розглядається, коли обладнання розташовується на відкритих залізобетонних поста-

ментах. Такий підхід може бути застосований, коли об'ємно-планувальні особливості і конструкції приміщень не дозволяють використовувати закритий варіант. Важливим є правильне проектування фундаментів і безпечний доступ до обладнання.

3. Змішаний варіант: цей варіант поєднує переваги як закритого, так і відкритого розміщення, залежно від конкретних умов і потреб підприємства.

Обираємо закритий варіант компонування, який передбачає перш за все забезпечення в промислових будівлях необхідних кліматичних, світлотехнічних та акустичних умов, які відповідали б характеру виробництва. На деяких підприємствах, таких як виробництво надчистих речовин, штучного волокна, плівок, оргскла і подібних, виробництво вимагає підтримки постійної температури, вологості, чистоти повітря всередині приміщень та доброго освітлення. Такі приміщення можуть бути безфонарними (без вікон), і вони мають бути герметичними з штучним освітленням. Щоб забезпечити необхідні параметри (температуру, вологість, тиск, чистоту повітря), використовуються системи вентиляції та кондиціонування повітря, а також установки для ультрафіолетового випромінювання і фотарії.

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання [20, 21]

Для забезпечення ефективного монтажу важкого обладнання на фундаменти спеціальні монтажні майданчики оснащують різними вантажопідйомними механізмами та спеціальними пристроями. Серед цих механізмів зазвичай використовуються канати, троси, стропи, блоки, поліспасти, різні талі та лебідки, а також різноманітні вантажопідйомні машини та механізми. Важливо, щоб ці такелажні засоби були не лише ефективними у використанні, але й безпечними для робітників, і мали можливість зручного транспортування, монтажу, перестановки та демонтажу.

Вибір конкретного способу встановлення обладнання на фундамент залежить від наявності та характеристик монтажних вантажопідійомних механізмів, а також від параметрів самого обладнання, таких як його розміри, маса, форма та розташування в проекті.

Монтаж важкого обладнання на фундамент може бути виконаний у різних форматах. Один з них – це монтаж обладнання у повністю зібраному вигляді. У цьому випадку обладнання може бути встановлено в одну операцію або шляхом послідовного нарощування або підрощування окремих компонентів.

У разі, коли перевезення повністю зібраного обладнання є не можливим, воно може бути доставлене на монтажний майданчик у вигляді окремих великих блоків або окремих деталей. До відправлення на монтажну ділянку завод-виробник повинен провести контрольне складання апарату, нанести складальні осі та контрольні ризики, щоб полегшити подальший монтаж.

Монтаж обладнання на фундамент зазвичай виконується за допомогою вантажопідійомних механізмів, таких як стрілові крани, щогли та портали. Для забезпечення безпеки під час підйому обладнання стропують, або фіксують, за верхню частину. Для забезпечення стійкості обладнання в горизонтальному положенні можуть використовуватися куточки або швелери. Зазвичай існують два основних методи підняття: метод ковзання і метод повороту навколо шарніра.

Після завершення перевірки надійності та функціональності всієї такелажної оснастки та механізмів, розпочинається процес підняття апарату. Для цього до опорної частини апарату кріплять один або два відтяжні троси, вільні кінці яких намотують на барабани лебідок. Після цього розпочинається переміщення апарату, і його опорна частина ковзає по підготовленій основі, яка може бути обладнана візками або металевими листами.

Після відриву апарату від землі його встановлюють у вертикальне положення, а потім піднімають трохи вище за рівень фундаменту і плавно опускають на анкерні болти. У цьому моменті особливу увагу приділяють контролю відхилення апарату від вертикальності та затягують анкерні болти для надійного закріплення.

Під час встановлення сепаратора на фундамент важливо дотримуватися високого стандарту точності, оскільки навіть невеликі відхилення від вертикального положення можуть вплинути на його стійкість і ефективність роботи. Допустима максимальна відхилення від вертикалі зазвичай становить 0,1% висоти апарату.

Після успішного встановлення та остаточної перевірки всього обладнання на опорну раму, виконується підливка бетонною сумішшю. Незалежно від конфігурації фундаменту, бетонну суміш зазвичай підливають з одного боку обладнання, щоб уникнути утворення порожнеч у шарі, який підливається.

На завершальному етапі, важливо правильно розташувати штуцери та люки на корпусі апарату, через які будуть під'єднані комунікації. Це гарантує зручний доступ для обслуговування та підключення систем.

Ремонт обладнання є складним процесом, спрямованим на відновлення працездатності та продовження ресурсу обладнання. Особливу увагу при ремонті потребує корпус сепаратора та його внутрішній пристрій, як от циклон, які можуть піддаватися зношуванню внаслідок корозійного, ерозійного та термічного впливу навколишнього середовища. Швидкість зношування цих елементів залежить від різних факторів, включаючи фізико-хімічні властивості середовища, умови експлуатації, конструкцію обладнання, якість матеріалу корпусу, а також використання спеціальних інгібіторів корозії.

Електрохімічна корозія може виникнути на ділянках сепаратора, де можуть утворюватися гальванічні пари та корозійний електричний струм.

Ерозійне зношування корпусу сепаратора зазвичай виникає через вплив сильних струменів рідини, які можуть містити абразивні частинки.

Перед початком ремонтних робіт сепаратор потребує підготовки. Спершу необхідно знизити тиск у сепараторі до атмосферного рівня, видалити робоче середовище і пропарити апарат водяною парою, щоб забезпечити безпечні умови для робітників і не перевищувати граничні санітарні норми щодо концентрації шкідливих і горючих речовин. Після пропарювання сепаратор промивають водою, а в деяких випадках ці процедури повторюють кілька разів.

Промивання SPR-сепаратора водою сприяє його швидшому остиганню, і важливо переконатися, що температура води не перевищує 50°C перед початком ремонтних робіт.

Після цього пропарене і промите обладнання від'єднується від усіх апаратів і комунікацій, і на їх місця встановлюють глухі заглушки. Кожну заглушку та процес її встановлення і подальшого зняття реєструють у спеціальному журналі для контролю та забезпечення безпеки.

Під час проведення ремонту корпусу сепаратора важливо враховувати характер виявлених дефектів і визначити відповідний метод відновлення. У випадках, коли виявляються нещільні зварні шви, спочатку їх вирізають, потім зачищають і закладають новий зварний шов за допомогою відповідного зварювального електрода. Надзвичайно важливо забезпечити правильне з'єднання нового та існуючого швів.

Якщо структурні елементи, такі як штуцери, зазнали значного зносу, їх видаляють і замінюють новими, при цьому обов'язково встановлюють зміцнюючі кільця. Важливо, щоб ці зміцнюючі кільця нових штуцерів були більшого діаметру, ніж старі, щоб мати можливість їх приварювати у новому місці.

При кожному ремонті важливо вимірювати фактичну товщину стінки корпусу апарата, що був у використанні. Найбільш зношені ділянки корпусу видаляють і замінюють новими ділянками, заздалегідь звальцьованими по радіусу апарата. Зварювання проводять встик, щоб забезпечити міцність і надійність. Вирізання великих ділянок корпусу може призвести до послаблення перерізу та порушення стійкості, тому до вирізування дефектної ділянки, його додатково зміцнюють стійками, які встановлюють всередині або зовні.

Якщо на зовнішній поверхні корпусу є пошкодження, такі як вм'ятини або корозійні пошкодження, їх необхідно видалити за допомогою шліфування. Щоб переконатися в надійності ліквідації поверхневих дефектів, проводять контроль за допомогою магнітної або ультразвукової дефектоскопії.

РОЗДІЛ 5

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

5.1 Опис контрольованих параметрів під час проведення технологічного процесу

Розвиток автоматизації виробничих процесів на сучасних заводах і виробництвах є надзвичайно важливим завданням. Для досягнення цієї мети, необхідно визначити найперспективніші напрями автоматизації та розробити методи для аналізу та оцінки автоматичних ліній. Забезпечити ефективний оперативний контроль за роботою системи централізованого мастила стає неможливим без наявності сучасних контрольно-вимірювальних приладів.

Перехід від ручного управління до автоматичного регулювання, яке передбачає використання відповідних приладів-регуляторів, виявляється набагато більш ефективним методом управління обладнанням. Ручне управління може бути трудомістким і споживати велику кількість людських ресурсів. Крім того, втрата контролю над хоча б одним параметром може негативно вплинути на якість виробленої продукції.

Важливо встановити технологічний режим роботи обладнання таким чином, щоб досягти необхідної продуктивності та якості продукту. Вибір засобів автоматизації має базуватися на тих, що вже успішно використовуються в промисловості і мають відповідні рекомендації.

Сепаратор, який проектується, призначений для відокремлення твердих домішок від масла. Для цього застосовуються циклони, які дозволяють відокремити частинки з діаметром приблизно 5 мкм від основного потоку.

Принцип дії циклонів базується на використанні відцентрової сили, яка виникає під час обертально-поступального руху рідинного потоку. Ця сила відкидає частинки до стінки циклону, де вони потім відводяться у спеціальний бункер. Важливо враховувати, що зі збільшенням швидкості потоку покращується ефектив-

ність очищення у циклоні, але при високих швидкостях коефіцієнт ефективності може знизитися. Тому стабілізація швидкості потоку на вході до циклону на оптимальному рівні є ключовим фактором, і для цього часто застосовують перетікання частини очищеного масла через трубопровід на вхід циклону.

Під час процесу очищення мастила надзвичайно важливо відстежувати та керувати різноманітними параметрами для забезпечення ефективності та безпеки процесу. Незаперечно, контроль якісних та кількісних характеристик грає вирішальну роль у забезпеченні стабільного та ефективного функціонування обладнання.

Однією з ключових задач є фіксація параметрів, які визначаються під час процесу, і ця інформація служить основою для ефективного керування технологічним процесом. Важливо, щоб цей контроль був оперативним, щоб вчасно реагувати на будь-які зміни та зберігати стабільність в роботі системи.

Основною метою процесу сепарації є розділення вихідної сировини на окремі фази. Цей процес передбачає обов'язковий контроль і регулювання кількох параметрів для досягнення оптимальних результатів. Найважливіші параметри, які підлягають автоматичному регулюванню та контролю, включають:

- Тиск мастила після насоса.
- Температура мастила після маслоохолоджувача.
- Витрата мастила в SPR-сепараторі.
- Рівень твердих домішок у SPR-сепараторі.
- Тиск мастила в SPR-сепараторі.
- Вміст твердих домішок в мастилі після SPR-сепаратора.
- Рівень очищеного мастила в ємності.

Контроль рівня в апаратах проводиться з метою підтримки їхнього рівня в заданих межах. Якщо значення виходять за ці межі, то проводиться їхнє регулювання. Такий контроль та регулювання допомагають запобігти можливим аваріям, нещасним випадкам або серйозним порушенням технологічного процесу.

Система контрольно-вимірвальних приладів ретельно спроектована і включає звукову та світлову сигналізацію для оператора. Ці сигнали спрацьовують у разі виникнення таких ситуацій:

- високий тиск мастила в SPR-сепараторі.
- високий або низький рівень в ємності.

Це допомагає операторам швидко виявляти та вирішувати проблеми, забезпечуючи безпеку та ефективність процесу очищення мастила.

5.2 Розроблення системи автоматизованого управління роботою обладнання

На рис. 5.1 наведено схему автоматичного управління [22], яке впроваджує стабілізацію початкової швидкості руху рідинного потоку в апараті типу циклон.

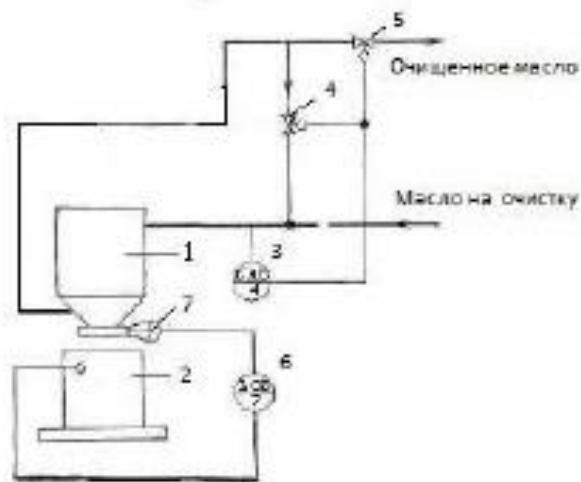


Рисунок 5.1 – Схема автоматичного керування апаратами циклонного типу:

- 1 – циклон; 2 – бункер циклону; 3 – регулятор;
- 4, 5, 7 – регулюючі клапани; 6 – регулятор рівня

Так, мастило, яке піддається очищенню, потрапляє у циклон 1. Зліва на схемі видно, як очищене мастило виходить із циклону, вже позбавлене твердих домішок та інших забруднень. Знизу, в бункері 3, збираються уловлені частинки, які були вилучені з мастила під час процесу очищення.

Ця схема також передбачає рециркуляцію частини очищеного мастила назад у маслобiг для подальшого очищення. Це сприяє бiльш ефективному використанню мастила та забезпечує його постійну якість, що є важливим фактором в процесі очищення мастила.

Швидкість мастила, яке подається на вхiд в циклон, вимiрюється за допомогою струминного компенсаційного вимiрника і підтримується на заданому рiвнi завдяки регулятору 3. У випадку, коли фактична швидкість вхiдного потоку мастила відхиляється від заданого значення, регулятор 3 надсилає команди на регулюючі клапани 4 і 5. Ці клапани контролюють розмір прохiдних перерiзiв трубопроводiв для виведення мастила і рециркуляції, забезпечуючи стабілізацію швидкості руху рiдинного потоку на вхiдi в циклон.

Уловлені під час процесу очищення частинки збираються і зберігаються в бункері 2. Для уникнення перевантаження бункера і автоматичного видалення уловлених частинок без зупинки роботи циклону, встановлено систему вимiрювання рiвня мастила у бункері 2. Коли рiвень мастила досягає заданого рiвня, автоматичний регулятор 6 та регулюючий клапан 7 перекривають доступ мастила до бункера.

Процес розробки системи автоматизованого управління передбачає вивчення технологічного процесу і виявлення факторiв, що впливають на його хiд. Залежно від поставленої мети створюється схема регулювання або управління технологічним процесом.

Для автоматизації блоку циркуляційного змащення використовуються нові контрольно-вимiрювальні прилади [23–28], які роблять контроль та управління обладнанням бiльш ефективним та простим. Вибiр конкретних типiв автоматичних пристроiв залежить від особливостей об'єкта управління та обраної схеми управління (місцеве або централізоване). При виборі таких пристроiв враховуються фактори, які включають в себе пожежну і вибухонебезпеку, кількість параметрiв, що контролюються, та вимоги до якості контролю та регулювання. Враховуючи пожежну та вибухонебезпеку виробництва, використовується пневматична лiнія приладiв для безпечного та надійного управління.

При виборі конкретних типів автоматичних пристроїв необхідно керуватися наступними рекомендаціями:

- Уніфікація і однаковість: для контролю та регулювання однакових параметрів технологічного процесу слід використовувати однакові автоматичні пристрої. Це спрощує налаштування та обслуговування, оскільки зменшує різноманітність пристроїв у системі.

- Серійне виробництво: варто віддавати перевагу автоматичним пристроям, які виготовляються серійно. Це забезпечує більш доступні ціни та легше знаходження запасних частин у разі потреби.

- Централізований контроль: при великій кількості параметрів, які потрібно контролювати, рекомендується використовувати прилади та системи централізованого контролю. Це спрощує відслідковування та регулювання багатьох параметрів одночасно.

- Точність: клас точності приладів має відповідати технічним вимогам процесу. Використання надмірно точних пристроїв може бути зайвим та витратним.

- Простота та надійність: для місцевого контролю рекомендується використовувати прості та надійні прилади, які легко обслуговувати та ремонтувати.

У схемах автоматизації розумно застосовувати принцип уніфікації, що передбачає використання однакових технічних засобів автоматизації. Це забезпечує взаємозамінність, спрощує експлуатацію, налаштування та комплектацію приладів. Важливо враховувати бюджетні обмеження та обирати дешеві та надійні прилади, які забезпечують необхідний рівень точності.

Для вимірювання та регулювання витрати мастила можна використовувати діафрагму камерну циліндричну, перетворювач різниці тисків, вторинний пневматичний самописний прилад та пропорційно-інтегральний регулюючий пристрій.

Для вимірювання та регулювання температури мастила можна використовувати термоперетворювач опору, електропневматичний перетворювач, вторинний пневматичний самописний прилад та пропорційно-інтегральний регулюючий пристрій.

При вимірюванні тиску можна застосовувати перетворювач різниці тисків та вторинний пневматичний самописний прилад.

Для вимірювання вмісту твердих домішок в очищеному мастилі можна використовувати перетворювач для вимірювання концентрації та вторинний пневматичний прилад.

При регулюванні рівня твердих домішок можна використовувати індикатор байпасного рівня, вібраційний сигналізатор рівня та пропорційно-інтегральний регулюючий пристрій.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ [29, 30]

Система охорони праці представляє собою комплекс заходів та правових актів, а також соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, призначених для забезпечення безпеки, підтримання здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Головним завданням системи охорони праці є зниження ризику травматизму та професійних захворювань, а також забезпечення комфорту працівників при максимальній продуктивності праці. Покращення умов праці сприяє збереженню здоров'я робітників та має позитивний вплив на загальний стан їхнього здоров'я.

При розробці технологічного процесу та виборі методу виробництва необхідно враховувати максимальну безпеку праці. Системи виробництва повинні базуватися на замкнутих циклах, автоматизації та комплексній механізації, а також дистанційному управлінні, що дозволяє уникнути контакту людини зі шкідливими речовинами. Важливо, щоб виробниче обладнання та комунікації не допускали виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони.

Усі працівники, які зайняті на виробництві, повинні проходити попередній та періодичний медичний огляд, а також мати знання щодо надання долікарської невідкладної допомоги постраждалим від отруєння та при інших виробничих травмах.

Слід враховувати основні вимоги до обладнання та звернути увагу на наступні параметри:

1. Герметичність апаратури: технологічна апаратура та комунікації, призначені для робіт з вибухонебезпечними та шкідливими продуктами, повинні бути абсолютно герметичними.

2. Встановлення заходів пожежної безпеки: на технологічних апаратах, де знаходяться пожежонебезпечні речовини, слід встановлювати вогнеперегороджуючі засоби, такі як вогнеперешкодники або інші засоби перегороджен-

ня/стримування полум'я. Це сприяє запобіганню пожежам та забезпечує безпеку працівників.

3. Планування розташування устаткування: правильне розташування обладнання є ключовим аспектом для забезпечення безпеки персоналу, а також зручності обслуговування і ремонту апартури. При встановленні обладнання необхідно враховувати наступні аспекти:

а) Організація основних проходів: у місцях постійного перебування працюючих, а також по фронту обслуговування щитів управління (якщо є постійні робочі місця), ширина проходів повинна становити щонайменше 2 метри. Це забезпечує вільний рух працівників та зручний доступ до обладнання.

б) Проходи по фронту обслуговування апаратів: у випадку, коли апарати обладнані місцевими контрольно-вимірювальними приладами та є постійні робочі місця, ширина проходів фронтом обслуговування не повинна бути менше 1,5 метра. Це забезпечує комфортні умови для робітників.

в) Проходи між апаратами: проходи між апаратами та між апаратами та стінами приміщень (якщо потрібно кругове обслуговування) повинні мати ширину не менше 1 метра. Це дозволяє зручно переміщати обслуговуючий персонал та забезпечує доступ до обладнання.

г) Проходи для огляду та обслуговування: проходи для огляду, періодичної перевірки та регулювання апаратів та приладів повинні мати ширину не менше 0,8 метра. Це забезпечує доступ до обладнання для обслуговуючого персоналу без перешкод.

д) Ремонтні майданчики: для проведення ремонтних робіт, які включають розбирання та очищення апаратів та їх частин, необхідно передбачити достатньо великі майданчики. Вони повинні бути розташовані так, щоб не заважали робочим проходам, основним та запасним виходам, сходам та іншим важливим зонам. Майданчики мають бути зручними для проведення ремонтних операцій та не повинні заважати обслуговуванню обладнання.

Центральні або основні проходи, як правило, повинні бути прямими та вільними, щоб забезпечити легкий доступ до обладнання. Мінімальні відстані для проходів слід визначати з урахуванням розміщення найбільш виступаючих частин обладнання, фундаментів, ізоляції, огорожі та інших додаткових пристроїв.

4. Процедури промивання та продування технологічних апаратів: для забезпечення безпеки при ремонті, огляді та випробуванні технологічних апаратів, що містять пожежонебезпечні речовини, необхідно мати можливість приєднання ліній води, пари або інертного газу за допомогою спеціальних штуцерів.

5. Встановлення сигналізаторів граничного верхнього рівня на ємнісній апаратурі: у ємнісній апаратурі, такій як сепаратори та збірники, слід встановлювати сигналізатори граничного верхнього рівня незалежно від наявності регулятора рівня, який вже може бути встановлений на апараті. Це забезпечує додатковий рівень безпеки під час роботи з ємнісною апаратурою та запобігає переповненню.

6. Захисні пристрої та обладнання для роботи на висоті: при розміщенні технологічного обладнання (апаратів, приладів, арматури) на висоті більше 1,8 метра, слід забезпечити наявність стаціонарних сходів з поручнями та майданчиків з огорожами для безпечного доступу та обслуговування. Ширина сходів не повинна бути менше 0,7 метра, крок сходів не більше 0,25 метра, а ширина сходу - не менше 0,12 метра. Ухил сходів повинен бути не більше 45°. Для доступу до обладнання на висоті, що не перевищує 3 метри, можна використовувати сходи з ухилом 60°, і в окремих випадках – драбини.

7. Механізація робіт: для виконання трудомістких, важких та небезпечних робіт, таких як монтаж, демонтаж та ремонт технологічної апаратури, обладнання та арматури, необхідно застосовувати підйомно-транспортні засоби та механізми. Під час використання таких засобів слід дотримуватися вимог щодо безпеки в вибухонебезпечних та небезпечних середовищах. Роботи з відкручування та затягування болтів кришок, днищ та люків повинні виконуватися за допомогою інструментів та механізмів, які відповідають вимогам для вибухонебезпечних середовищ.

8. Маркування технологічних апаратів: кожному технологічному апарату має бути присвоєний унікальний номер, який відповідає його номеру на технологічній схемі. Це допомагає легше ідентифікувати та відстежувати апарати, спрощує процес обслуговування та ремонту та забезпечує безпеку на робочому місці.

9. Заходи для запобігання утворенню іскор у вибухопожежонебезпечних цехах: у вибухопожежонебезпечних місцях слід систематично контролювати температуру нагріву та регулярно змащувати деталі обладнання, які могли б потрапити в контакт та тертя. Обладнання, яке працює під тиском, повинно бути обладнане системами вибухозахисту, такими як аварійні клапани, пружинні запобіжні мембрани, зворотні клапани, засувки та інші.

10. Газонебезпечні роботи: газонебезпечні роботи включають в себе такі види робіт, як введення в експлуатацію газопроводів та обладнання, ремонт газопроводів, встановлення (зняття) заглушок на газопроводах, демонтаж трубопроводів та технологічного обладнання, роботи всередині ємностей та апаратів, ремонтні роботи у вибухонебезпечних зонах приміщень та зовнішніх установках, ремонтні роботи у зоні загазованості. Всі ці роботи вимагають спеціальних заходів безпеки та дотримання вимог щодо вибухонебезпечних середовищ.

11. Вогневі роботи: вогневі роботи передбачають використання відкритого вогню, іскроутворення, нагрівання споруд, обладнання, інструментів та матеріалів до температури займання газоповітряної суміші, поява якої в небезпечних концентраціях можлива у зоні цих робіт. Такі роботи, що виконуються у вибухонебезпечних зонах вимагають особливих заходів безпеки та нагляду для запобігання вибухам та пожежам.

12. Маркування трубопроводів: на основних трубопроводах має бути нанесено розпізнавальне та попереджувальне фарбування, а також вказано напрямок руху середовища. Усі рукоятки та штурвали арматури повинні бути пофарбовані в червоний колір, і на них також повинен бути вказаний напрямок обертання для закриття та відкриття. Якщо неможливо нанести позначення безпосередньо на

арматурі або поблизу неї, вони повинні бути позначені на спеціальних бирках та закріплені у відповідних місцях.

13. Заборона експлуатації при порушенні параметрів: експлуатація будь-якої установки повинна суворо відповідати вимогам технічної документації. На установках, де наявні вибухопожежонебезпечні речовини, токсичні компоненти, а також високі тиски і температури в технологічних апаратах, порушення параметрів може призвести до серйозних небезпек.

У процесі роботи SPR-сепаратора існують певні потенційні ризики, такі як розгерметизація роз'ємних з'єднань, утворення тріщин у зварних сполученнях, корозія стінок апарата (що призводить до зменшення їх товщини, нижче допустимих значень), та інші.

Для того, щоб запобігти виникненню таких небезпек, необхідно регулярно проводити огляд апарата як в робочому, так і в неробочому стані. Потрібно також систематично очищати внутрішні частини апарата та проводити ремонт, де це необхідно. Перед початком роботи апарата в експлуатації слід обов'язково провести внутрішній огляд і гідравлічні або пневматичні випробування.

У випадках, коли параметри роботи апарата відхиляються від встановлених стандартів, роботу апарата потрібно негайно зупинити. Також інструкція може передбачати інші сценарії для зупинки роботи апарата, включаючи ситуації, коли спостерігається підвищений тиск у апараті, навіть якщо всі вимоги, зазначені в інструкції, виконані; або в разі несправності запобіжних клапанів; або при виявленні тріщин, випучин, або корозії стін апарата; або коли виникає пожежа; або при несправності манометра, або у випадку, коли не можна виміряти тиск іншими засобами; або в разі несправності кріпильних деталей кришок та люків; або при несправності покажчика рівня рідини; або при несправності (відсутності) контрольно-вимірювальних приладів і систем автоматики, зазначених у проекті.

До роботи на сепараторі допускаються особи, не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і навчання за спеціальною програмою і мають посвідчення про присвоєння їм кваліфікації.

Сепаратор повинен експлуатуватися в закритих приміщеннях, оснащених припливно-витяжною вентиляцією при температурі навколишнього середовища від 2750К (+ 10°C) до 3080 К (+ 350°C).

Машина повинна бути заземлена і підключена до загального контуру заземлення.

У всіх відцентрових сепараторах барабан обертається з дуже високою швидкістю, зазвичай 100 і 150 об / сек. Таким чином розвиваються дуже великі відцентрові сили і тому необхідно строго дотримуватися вказівок, даних в інструкції по обслуговуванню, що стосуються складання, пуску, зупинки і ремонту. У зв'язку з цим, зокрема, не треба забувати:

- затягнути стопорне кільце (стопорні кільця) барабана,
- закріпити ретельно станину, а також деталі впуску та випуску,
- перевірити число обертів,
- жодна деталь машини не повинна бути ослаблена, поки барабан обертається,
- корпус барабана, ковпак барабана і стопорне кільце ніколи не повинні обігріватися полум'ям,

Помітивши порушення правил по техніці безпеки іншими робітниками чи небезпеку для оточуючих, потрібно негайно попередити цього робітника і майстра-наладчика про необхідність дотримання вимог, що забезпечують безпеку праці.

Перед кожним запуском машини необхідно виконати обов'язковий контроль таких параметрів та укріплювальних елементів:

- Перевірка гальма: переконатися, що гальмо відпущене і барабан обертається вільно і без будь-яких перешкод. Гальмо є важливим елементом для безпечної роботи машини і його стан повинен бути перевірений перед кожним пуском.
- Стан ковпака станини: переконатися, що ковпак станини затиснутий за допомогою затискних важелів. Ковпак відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки, тому він повинен бути правильно закріплений.

- Затягнутість затискних коштів: перевірити, чи затискні кошти для впускання і випуску добре затягнуті. Це необхідно для запобігання витoku матеріалів та забезпечення надійного з'єднання.

- Рівень масла в картері черв'ячної передачі: переконатися, що рівень масла в картері черв'ячної передачі знаходиться в середині масломірного скла. Необхідно очистити та додати масло, якщо це необхідно. Правильний рівень масла важливий для забезпечення нормальної роботи механізму.

Крім того, не рекомендується запускати машину, якщо стопорне кільце барабана, деталі впуску та випуску, а також інші укріплювальні пристрої не затягнуті повністю. Важливо переконатися, що мітки «0» розташовані навпроти один одного або, у випадку зносу, пройшли повз один одного, для забезпечення повної натяжки стопорного кільця.

Нарешті, важливо підключати машину лише до трифазної мережі напругою 380 В, щоб забезпечити її нормальну роботу і уникнути можливих несправностей.

Заходи безпеки під час роботи є критично важливими для забезпечення надійності та безпеки операторів та обладнання. Ось докладніші та розширені вказівки стосовно цих заходів безпеки:

- Уникайте контакту з небезпечними частинами машин і устаткування: Забороняється ставати, сідати, класти одяг або інші предмети на кожухи та інші огороження небезпечних частин машин і устаткування. Також не слід заходити за огороження електромашин і обладнання, або залишати машину без нагляду.

- Уникайте торкання оголених проводів та струмоведучих частин електрифікованих машин: Це дуже важливо для запобігання електротравм і збереження життя. Завжди слід дотримуватися правил електробезпеки.

- Не знімайте захисні елементи, огорожі і кришки з електроапаратури: Захисні елементи призначені для захисту операторів від небезпеки та ненормальних робочих умов. Їх знімання може призвести до серйозних травм або аварій.

- Підключайте сепаратор при наявності рідини в витратомірі: це забезпечить правильну роботу сепаратора і допоможе запобігти надмірному навантаженню обладнання.

- Зрозумійте пусковий період: під час пускового періоду муфта зчеплення може генерувати тепло, що супроводжується димом і запахом горілого. Це є нормальним явищем і не повинно становити загрозу для безпеки, проте слід бути обережним.

- Спостерігайте за струмом під час пуску: під час пускового періоду сила струму може перевищувати нормальну величину. Це також є нормальним під час запуску машини. Проте, якщо струм не стабілізується після досягнення повної швидкості барабана, слід припинити роботу машини та провести перевірку.

- Перевірка швидкості обертання барабана: барабан має досягнути повної швидкості після пуску в хід, зазвичай це відбувається за 5-6 хвилин. Тахометр допоможе вам перевірити швидкість обертання.

- Використовуйте ізоляційні килимки або дерев'яні підставки перед пультом управління: це заходи безпеки для захисту операторів від можливого контакту з електричними частинами та для забезпечення безпечних умов роботи з електрообладнанням.

Загальний принцип полягає в тому, щоб завжди дотримуватися заходів безпеки та дбати про безпеку власну та оточуючих осіб під час роботи з обладнанням та машинами.

Правила техніки безпеки після завершення роботи:

- Промивання обладнання: після завершення роботи необхідно провести миття обладнання за допомогою промивання теплою водою перед зупинкою сепаратора. Промивання слід проводити до того моменту, коли на випуску буде виділятися чиста вода. Рідину в цей період слід подавати через вхідне устаткування.

- Завершення робочого процесу: необхідно зупинити двигун машини та активувати гальмо. Коли машина повністю зупиниться, відпустити гальмо. Завершальним етапом – вимкнути живильний насос.

- Розбирання обладнання: скобу для випуску, опору для впуску і затискні важелі можна послаблювати тільки після того, як барабан повністю зупиниться. Перш ніж розбирати машину, завжди відключають живлення для захисту від ненавмисного запуску машини.

- Розбирання обладнання: під час розбирання сепаратора використовують спеціальні інструменти та прилади. Не дозволяється встановлювати деталі одного сепаратора в барабан іншого. Всі деталі барабана повинні бути зібрані згідно з встановленими мітками та нумерацією, починаючи з першої позиції.

- Повідомлення майстру: завжди повідомляють майстра-налагоджувальника про всі виявлені порушення або несправності, які були виявлені під час роботи для забезпечення безпеки на робочому місці.

Ці заходи є важливими для підтримання безпеки та ефективності роботи обладнання після завершення робочого процесу.

Під час роботи з установкою можуть виникати різноманітні небезпечні фактори, які необхідно враховувати та керувати ними для забезпечення безпеки та ефективності роботи:

Контроль мікроклімату: під час роботи з установкою необхідно уважно враховувати параметри мікроклімату в робочій зоні, такі як температура, відносна вологість та швидкість руху повітря. Дотримання комфортних умов допомагає забезпечити здоров'я та продуктивність персоналу.

Уникання контакту з гарячими поверхнями: робоче обладнання може мати деякі гарячі поверхні, які можуть становити небезпеку для персоналу. Уникайте контакту з ними та дотримуйтеся відповідних заходів безпеки.

Зменшення рівня шуму та вібрації: робочі місця на установці можуть супроводжуватися підвищеним рівнем шуму та вібрації. Важливо забезпечити заходи для зменшення цих небезпечних факторів та захисту здоров'я працівників.

Підсумовуючи, можемо узагальнити основні вимоги та заходи для забезпечення безпеки та ефективності роботи обслуговуючого персоналу:

Контроль параметрів технологічного процесу: забезпечуйте відповідність параметрів технологічного процесу, таких як тиск, рівень та температура, згідно з технологічною картою.

Збереження герметичності обладнання: ретельно стежте за герметичністю технологічного обладнання та трубопроводів, щоб уникнути витоків та аварій.

Виконання інструкцій з експлуатації: поважайте інструкції з експлуатації апаратів, які працюють під тиском, та виконуйте їх відповідно до вимог.

Плановий ремонт та обслуговування: регулярно виконуйте роботи з ревізії та ремонту обладнання та трубопроводів у визначених обсягах, що передбачені Положенням про планово-попереджувальні ремонти.

Контроль запобіжних пристроїв: ретельно вивчайте та слідкуйте за станом та справністю запобіжних пристроїв, встановлених на апаратах.

Систематичний контроль КВП: проводьте систематичний контроль за станом та справністю систем контролю та вимірювань (КВП), звіряючи показання первинних приладів із вторинними.

Забезпечення безпеки під час роботи з установкою вимагає відповідальності та дотримання встановлених норм та процедур для запобігання небажаним подіям та збереження здоров'я працівників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мазильна система [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org>
2. Верба І. І. Проектування обладнання галузевого машинобудування: Змащування та ущільнення підшипників кочення : Навчальний посібник / І. І. Верба, О. В. Даниленко. – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2020. – 87 с.
3. Види змащувальних матеріалів для технологічного обладнання харчового виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://kvota-oil.com.ua/info/statti/vydy-zmashchivalnykh-materialiv-dlia-tekhnologichnoho-obladnannia-kharchovoho-vyrobnytstva/>
4. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студентної, заочної та дистанційної форм навчання / В. І. Склабінський, Я. Е. Михайловський, Р. О. Острога, М. С. Скиданенко. – Суми : СумДУ, 2019. – 53 с.
5. Циркуляційні системи рідкого змащування, загальні відомості [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://for-engineer.info/lubricate/cirkulyacionnye-sistemy-zhidkoj-smazki-obshhie-svedeniya.html>
6. Врагов А. П. Теплообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : навчальний посібник / А. П. Врагов. – Суми : Вид-во СумДУ, 2006. – 262 с.
7. Мамедов Б.Б. Технологічні розрахунки процесів переробки нафти та газу: навчальний посібник. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2008. – 246 с.
8. Процеси та обладнання хімічних технологій. Базові принципи теорії тепломасообміну: практикум з кредитного модуля : навч. посіб. / уклад.: С.В. Гулієнко, Я.В. Гробовенко. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 120 с.
9. Курта С.А. Основи нафтохімії / С.А. Курта. – Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2020. – 193 с.

10. Онищук О.О. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій / О.О. Онищук, Ж.О. Кормош. – Луцьк : Вежа-Друк, 2020. – 155 с.
11. Теплові й масообмінні процеси та обладнання хімічних і нафтогазопереробних виробництв у системах "газ (пара) – рідина" : підручник / Я. Е. Михайловський, А. Є. Артюхов, М. П. Юхименко, Н. О. Артюхова ; за заг. ред. Я. Е. Михайловського. — Суми : СумДУ, 2021. — 391 с.
12. Кузнецов А.А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности / А.А. Кузнецов, С.М. Кагерманов, Е.Н. Судаков. – 2-е изд., пер. и доп. – Л. : Химия, 1974. – 344 с.
13. Приклади та задачі за курсом «Процеси та апарати хімічної технології» : навч. посіб. / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, В. О. Лещенко, А.П. Готлінська та ін.; за ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. – Х. : НТУ «ХП». – 480 с.
14. Врагов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : навчальний посібник / А.П. Врагов. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. – 284 с.
15. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів : Навчальний посібник / А.І. Дубинін, В.М. Атаманюк, В.П. Дулеба, Д.М. Симак. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 292 с.
16. Конструювання і розрахунок елементів тонкостінних посудин та апаратів, які знаходяться під зовнішніми навантаженнями: навч. посіб. для студ. / І.А. Андреев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ, 2018. – 121 с.
17. Андреев, І. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання: навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Ігор Андреев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 138 с.
18. Розрахунок колонних апаратів на міцність і стійкість: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / І. А. Андреев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 112 с.
19. Дистанційний курс «Проектування хімічних виробництв і основи САПР» / «Компонування виробництва» [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:f43ede4f2c1341b4c42f8f9ad8b986f4c38640aa/latest//4642/tema.pdf

20. Обладнання заготівельних та котельно-зварювальних дільниць ремонтно-механічних цехів хімічних виробництв : навч. посіб. / С.М. Яхненко, М.С. Скиданенко, Є.М. Піддубний. – Суми : СумДУ, 2022. – 170 с.

21. Виготовлення обладнання хімічних виробництв : підруч. [для студ. закл. вищ. освіти]. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 233 с.

22. Промислові прилади та засоби автоматизації: Довідник / В.Я. Баранов, Т.Х. Безповська, В.А. Бек та ін.. Київ : Вид-во «Віста», 2017. – 847 с.

23. Головний сайт «Оптіма-Енерго-Сервіс» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.oes-pribor.com.ua>

24. Головний сайт «Укргазавтоматика» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrgazavt.com.ua>

25. Головний сайт «Експортпостач» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.exportpostach.com.ua>

26. Головний сайт «Екотеск» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ekotesk.com.ua>

27. Головний сайт «КРОHNE» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.krohne.com>

28. Головний сайт «Люмі Люкс» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.lumilux.com.ua>

29. Основи охорони праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ztec.com.ua/ztec/e-lib/>

30. Денисенко, А.Ф. Охорона праці : конспект лекцій для студ. екон. спец. заочної форми навчання. Ч.2 / А.Ф. Денисенко. – Суми : СумДУ, 2007. – 130 с.