

Тема: «Удосконалення технології підвищення якості деталей арматури на підприємствах АПК»

Виконав: Руденко Валерій Вікторович

Керівник: Тарельник В.Б.

ВСТУП

Запірна арматура – це серце будь-якої трубопровідної системи. Без неї неможливо забезпечити надійну роботу систем водопостачання, опалення, хімічного виробництва та багатьох інших промислових процесів.

У сучасному сільськогосподарському ландшафті, де ефективність та продуктивність мають першочергове значення, значення запірної арматури, далі клапанів, важко переоцінити. Ці невеликі, але важливі компоненти відіграють життєво важливу роль у різних сільськогосподарських процесах, забезпечуючи оптимальну продуктивність, збереження ресурсів та безперебійну роботу.

Клапани діють як останній захист у сільськогосподарських системах, контролюючи потік рідин, газів та інших середовищ, критично важливих для різних сільськогосподарських операцій. Вони керують системами зрошення, обладнанням для обприскування сільськогосподарських культур, системами водопою худоби та навіть виробництвом біогазу. Саме це робить клапани незамінним компонентом, що забезпечує точність, контроль та надійність.

У сільському господарстві вода є цінним ресурсом, а ефективне зрошення є ключем до максимізації врожайності сільськогосподарських культур та одночасного збереження води. Клапани регулюють потік води в зрошувальних системах, забезпечуючи рівномірний розподіл по полях, мінімізуючи втрати та оптимізуючи використання води залежно від потреб культури та стану ґрунту.

Клапани також є важливими для заходів захисту рослин, таких як внесення пестицидів та добрив. Прецизійні клапани забезпечують точне дозування та розподіл агрохімікатів, мінімізуючи вплив на навколишнє середовище та

максимізуючи ефективність боротьби зі шкідниками та бур'янами, що зрештою призводить до здоровішого вирощування культур та підвищення врожайності.

Враховуючи вищесказане, тема дипломної роботи «Удосконалення технології підвищення якості деталей арматури на підприємствах АПК» актуальна і своєчасна.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ, ПРИСВЯЧЕНИХ ПІДВИЩЕННЮ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЗАПОРНОЇ АРМАТУРИ

1.1. Загальні положення про запорну арматуру (клапани)

Клапани мають вирішальне значення в сільському господарстві, оскільки вони контролюють рух води, добрив та інших важливих рідин. Завдяки хорошим клапанам фермери можуть забезпечити свої культури потрібною кількістю води та поживних речовин у потрібний час. Це дійсно може допомогти культурам краще рости та збільшити кількість вироблених продуктів. Крім того, використання найкращих клапанів може зробити сільське господарство простішим та ефективнішим, заощаджуючи час і гроші.

Історія розвитку запірної арматури. Історично, запірні клапани почали розвиватися, коли людство почало використовувати трубопроводи для транспортування води та інших рідин. Перші примітивні пристрої, що нагадували сучасні клапани та заслінки, використовувалися в Стародавньому Римі для контролю потоків води в акведуках. З розвитком металургії та інженерії в Середньовіччі почали створюватися складніші та надійніші пристрої.

Промислова революція у XVIII та XIX століттях дала значний поштовх розвитку запірної арматури. Поява парових двигунів та складних промислових процесів вимагала створення клапанів, здатних витримувати високий тиск і

температури, що, у свою чергу, стимулювало розвиток технологій лиття та обробки металу.

Основні типи запірних клапанів. Сучасні запірні клапани бувають багатьох типів, кожен з яких має свої унікальні характеристики та сфери застосування. Давайте розглянемо основні з них детальніше.

1. Клапани

Клапани – це пристрої, призначені для регулювання потоку рідин або газів. Вони бувають різних типів залежно від механізму дії та призначення:

Запірні клапани: призначені для повної зупинки потоку. Їхня конструкція забезпечує надійне закриття та мінімальні витіки, що робить їх ідеальними для систем, що вимагають повної герметичності.

Регулювальні клапани: призначені для зміни потоку та тиску робочого середовища. Вони часто використовуються в системах, де потрібне точне регулювання таких параметрів, як температура або тиск.

Запобіжні клапани: автоматично скидають надлишковий тиск у системі, запобігаючи аварійним ситуаціям та забезпечуючи безпеку обладнання та персоналу.

2. Кульові клапани

Кульові клапани мають лінійний рух запірного елемента та часто використовуються в системах з високими температурами та тиском. Вони забезпечують надійну зупинку потоку та можуть використовуватися як для рідин, так і для газів. Кульові клапани зазвичай мають просту конструкцію та потребують мінімального обслуговування.

3. Засувні клапани

Засувки призначені для повної зупинки потоку та використовуються в системах, де потрібен мінімальний опір потоку. Вони забезпечують надійне закриття та довговічність, але не призначені для регулювання потоку та повинні

експлуатуватися лише у повністю відкритому або закритому положеннях, що робить їх ідеальними для використання в магістральних трубопроводах та системах водопостачання.

4. Кульові крани

Кульові крани забезпечують швидку та надійну зупинку потоку. Вони прості в експлуатації та потребують мінімальних зусиль для керування. Кульові крани часто використовуються в системах водопостачання, опалення та газопостачання.

5. Засувні клапани-метелики

Засувки-дросельні заслінки використовуються для швидкого відкриття або закриття потоку. Їх компактна конструкція та мінімальний опір потоку роблять їх ідеальними для використання в обмежених просторах, таких як системи вентиляції та кондиціонування повітря. Однак не рекомендується використовувати засувки-дросельні заслінки в середовищах з високою швидкістю потоку та абразивними середовищами.

Призначення запірних клапанів

Запірні клапани виконують кілька важливих функцій у трубопровідних системах:

Зупинка потоку: основним завданням запірних клапанів є повне перекриття або відкриття потоку робочого середовища. Це необхідно для безпеки та контролю процесів, особливо в аварійних ситуаціях.

Регулювання потоку: у деяких випадках необхідно не лише відкривати або закривати потік, але й регулювати його параметри, такі як тиск або швидкість. Регульовальні клапани дозволяють точно регулювати ці параметри для досягнення оптимальних умов роботи системи.

Захист системи: запобіжні клапани та інші пристрої забезпечують захист системи від надлишкового тиску та аварійних ситуацій, запобігаючи пошкодженню обладнання та забезпечуючи безпеку персоналу.

Розділення середовища: запірні клапани дозволяють ізолювати ділянки трубопроводу для ремонту або технічного обслуговування без зупинки всієї системи. Це особливо важливо у великих промислових комплексах, де простой можуть бути надзвичайно дорогими.

Сучасні технології у виробництві запірної арматури

Сучасні технології у виробництві запірної арматури спрямовані на підвищення надійності, довговічності та ефективності цих пристроїв. Ключові технології включають:

Використання композитних матеріалів: сучасні композитні матеріали значно підвищують стійкість клапанів до корозії та механічних пошкоджень, що особливо важливо в агресивних середовищах. Однак композитні матеріали мають обмеження щодо температури та тиску і не можуть використовуватися в певних умовах експлуатації.

Аддитивні технології: 3D-друк та адитивне виробництво дозволяють створювати складні конструкції клапанів з мінімальними витратами та значно скорочують час виробництва та випробувань.

Інтелектуальні системи керування: інтеграція датчиків та систем автоматичного керування дозволяє контролювати стан клапанів у режимі реального часу та швидко реагувати на зміни в роботі системи.

Майбутні тенденції в розробці запірних клапанів

У майбутньому розвиток запірної арматури буде зосереджений на подальшому підвищенні ефективності та безпеки системи. Основні тенденції включають:

Розробка «розумних» клапанів: інтеграція з системами IoT (Інтернету речей) дозволить здійснювати дистанційний моніторинг та керування клапанами, підвищуючи безпеку та зменшуючи витрати на обслуговування.

Екологічність та енергоефективність: використання екологічно чистих матеріалів та технологій виробництва зменшить вплив на навколишнє середовище та зробить виробництво більш сталим.

Персоналізація рішень: розробка та виробництво клапанів, адаптованих до конкретних потреб замовника, підвищить ефективність та надійність системи завдяки врахуванню специфіки кожного проекту.

Вибір запірних клапанів

Правильний вибір запірних клапанів залежить від багатьох факторів, включаючи тип робочого середовища, умови експлуатації та вимоги безпеки. Важливі аспекти, які слід враховувати, включають:

Матеріал: матеріал клапана має бути сумісним з робочим середовищем, щоб уникнути корозії та пошкоджень. Наприклад, для агресивних хімічних середовищ слід вибирати клапани з нержавіючої сталі або спеціальних сплавів.

Тиск і температура: клапани повинні витримувати робочий тиск і температуру системи. Для високотемпературних середовищ перевага надається клапанам, виготовленим зі спеціальних термостійких матеріалів.

Тип з'єднання: різні типи з'єднань, такі як фланцеві або різьбові, підходять для різних умов експлуатації. Вибір типу з'єднання залежить від наявного простору та вимог до герметичності.

Вимоги до керування: залежно від системи керування може знадобитися ручне, електричне або пневматичне керування клапанами. Важливо враховувати можливості автоматизації процесів.

Класи герметичності: клапани повинні відповідати необхідним класам герметичності для забезпечення надійної роботи системи.

Вимоги до корозійної стійкості: корозійну стійкість матеріалів необхідно враховувати залежно від складу робочого середовища.

Таким чином, запірна арматура відіграє ключову роль у забезпеченні надійності та ефективності трубопровідних систем. Розуміння основних типів та призначення запірної арматури дозволяє зробити правильний вибір для конкретних умов експлуатації, сприяючи підвищенню безпеки та продуктивності системи. Під час вибору арматури важливо враховувати всі експлуатаційні вимоги та характеристики, щоб забезпечити тривалий термін служби та надійність обладнання. Сучасні технології та майбутні тенденції в розробці арматури відкривають нові можливості для підвищення ефективності та сталості промислових та муніципальних систем.

1.2. Огляд запобіжних клапанів: стандарти, конструкція та технологічні досягнення в промисловості

Запобіжні клапани є життєво важливими компонентами промислових систем, призначеними для запобігання ситуаціям надлишкового тиску, які в іншому випадку могли б призвести до катастрофічних аварій, пошкодження обладнання та загроз безпеці [1 - 3]. Їхня роль дуже важлива для підтримки цілісності процесів у таких галузях, як нафта і газ, хімічне виробництво, виробництво електроенергії транспорт та виробництво АПК [4-6]. Згідно з Американським товариством інженерів-механіків (ASME), запобіжний клапан визначається як пристрій, який автоматично випускає речовину з котла, резервуара під тиском або інших систем, коли тиск перевищує встановлені межі, забезпечуючи безпеку та надійність експлуатації. Діючи як механізм скидання тиску, ці клапани служать останньою лінією захисту в системах під тиском, захищаючи не лише обладнання, але й персонал та навколишнє середовище від потенційно небезпечних аварій.

На рисунку 1.1 представлено приклад напірного клапана та його основні компоненти [7].

Оскільки як ущільнювальна поверхня клапана, так і поверхня сідла покриті твердими матеріалами, клапан включає корпус клапана та пластину, тоді як вузол сідла складається з корпусу сідла та регулювального сопла. На рисунку 1.2 показано складання цих двох компонентів, що типово для нагнітальних клапанів.

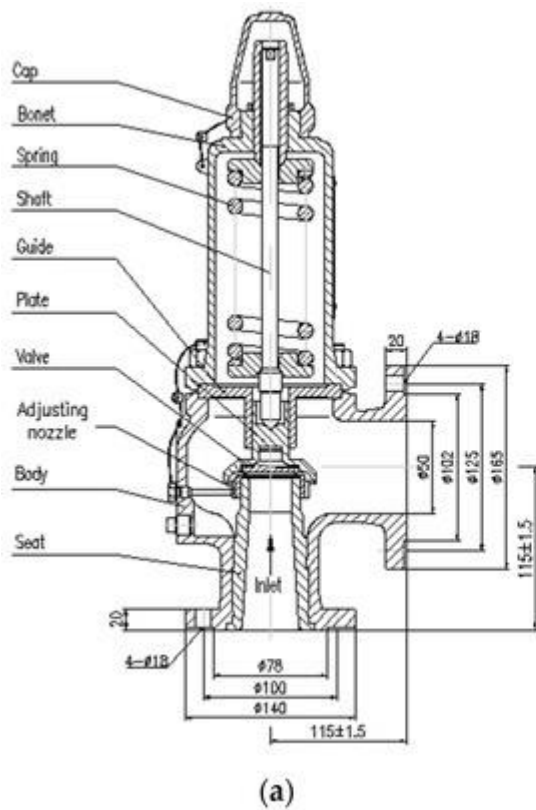


Рисунок 1.1. Приклад запобіжного клапана: (а) 2D-креслення; (б) реальна форма [7]



(a)



(b)

Рисунок 1.2 - Компоненти напірного клапана: (a) пластинчастий вузол та (b) вузол сідла [7]

Широкий спектр наукової літератури [7-9] присвячено опису та аналізу клапанних систем.

Технологічний прогрес у проектуванні та експлуатації запобіжних клапанів створює як можливості, так і виклики. Наприклад, хоча традиційні запобіжні клапани еволюціонували для роботи з високим тиском та агресивними середовищами, сучасна промисловість вимагає ще більшої продуктивності, особливо з точки зору автоматизації та прогнозного моніторингу. Розумні запобіжні клапани, оснащені датчиками та інтегровані зі штучним інтелектом (ШІ), стають невід'ємною частиною Індустрії 4.0, що дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу та прогнозне обслуговування [10, 11]. Крім того, досягнення в матеріалах, таких як корозійностійкі покриття та високоефективні сплави, значно покращили довговічність та надійність запобіжних клапанів в екстремальних умовах [12-16]. Незважаючи на ці покращення, залишається актуальною проблема збалансування експлуатаційної надійності з потребою в інноваціях, особливо в галузях, що вимагають високої продуктивності в складних умовах, таких як високі температури та агресивні або небезпечні рідини.

Еволюція технології запобіжних клапанів відіграла важливу роль у вирішенні проблем промислової безпеки. Ранні конструкції, такі як клапани з

навантаженням від ваги, заклали основу для більш складних пружинних механізмів, розроблених у 19 столітті, які вирішували критичні проблеми, такі як несанкціоноване відкривання та надійність експлуатації. Ці досягнення сприяли широкому впровадженню запобіжних клапанів у парових двигунах, хімічних заводах та інших промислових застосуваннях. В останні десятиліття перехід до інтелектуальних запобіжних клапанів, оснащених датчиками та можливостями прогнозного обслуговування, ще більше підвищив безпеку та надійність експлуатації, що відповідає принципам Індустрії 4.0.

Порівняльний та якісний аналіз інформації щодо використання запобіжних клапанів мав на меті досягнення наступних цілей. Цей набір цілей підкреслює критичні аспекти, які необхідно враховувати в огляді аналізу запобіжних клапанів, використовуючи знання із сучасної літератури та галузевих стандартів.

1. Оцінка ефективності: оцінка ефективності запобіжних клапанів у різних робочих умовах для виявлення потенційних точок відмови та запобігання інцидентам;
2. Оцінка робочих умов: аналіз історичних аварій та експлуатаційних даних для визначення очікуваних умов, за яких повинні функціонувати запобіжні клапани;
3. Належні критерії вибору: розробити рекомендації щодо вибору запобіжних клапанів з урахуванням критичних факторів, таких як тип обладнання, властивості рідини, робоча температура, встановлений тиск та необхідна пропускна здатність;
4. Аналіз доступності: забезпечити легкий доступ до всіх критично важливих для безпеки клапанів для технічного обслуговування та перевірки під час етапу аналізу;
5. Вплив конструктивних змінних: дослідити, як конструктивні змінні впливають на експлуатаційні характеристики запобіжних клапанів високого тиску, зокрема на їхню поведінку при відкритті та повторному закритті;
6. Оптимальна структурна ідентифікація: визначення найефективніших структурних рішень для запобіжних клапанів, які

забезпечують найкращу продуктивність та надійність на основі результатів аналізу та галузевих орієнтирів;

7. Огляд результатів випробувань: провести ретельний огляд існуючих результатів випробувань та емпіричних даних для оцінки та порівняння показників ефективності різних запобіжних клапанів;

8. Застосовність прототипів: оцінити актуальність та ефективність прототипних конструкцій клапанів у конкретних системах, щоб переконатися, що вони відповідають експлуатаційним вимогам;

9. Оцінка надійності та ефективності: визначення надійності та ефективності запобіжних клапанів для зменшення надлишкового тиску та захисту цілісності системи;

10. Рекомендації щодо покращення: сформулювати практичні рекомендації щодо модифікацій конструкції або експлуатаційних змін, спрямованих на підвищення загальної продуктивності, надійності та безпеки запобіжних клапанів.

Дослідження зосереджено на оцінці роботи запобіжних клапанів за різних умов, оптимізації вибору матеріалів для довговічності та інтеграції систем прогнозного обслуговування на основі Інтернету речей для вирішення поточних галузевих проблем.

Типи запобіжних клапанів

Нижче наведено огляд різних типів запобіжних клапанів, зосереджуючись на їхніх різних конструкціях, функціях та застосуванні в різних галузях промисловості. Кожен тип запобіжного клапана, такий як пружинні, пілотні та сильфонні клапани, пропонує унікальні переваги, що підходять для певних діапазонів тиску, умов навколишнього середовища та типів рідин. У таблиці 1.1 [17] представлені різні типи запобіжних клапанів відповідно до стандартів ASME [18], DIN 3320 [18] та EN ISO 4126 [19].

Таблиця 1.1 - Характеристики різних типів запобіжних клапанів

Тип запобіжного клапана	Характеристики
АСМЕ	
Клапан ASME I	Він відкривається в межах 3% надлишкового тиску та закривається в межах 4%.
Клапан ASME VIII	Він відкривається в межах 10% надлишкового тиску та закривається в межах 7%.
Запобіжний клапан низького підйому	Площа нагнітання клапана визначається поточним положенням диска.
Запобіжний клапан повного підйому	Положення диска безпосередньо не визначає площу розряду.
Повнопрохідний запобіжний клапан	Без виступів у отворі він піднімається, утворюючи мінімальну площу на сідлі або під ним, що використовується як регулюючий отвір.
Звичайний запобіжний клапан	Корпус пружини вентилюється з боку нагнітання, а це означає, що зміни протитиску безпосередньо впливають на робочі характеристики клапана.
Збалансований запобіжний клапан	Він включає механізм для мінімізації впливу зворотного тиску на його експлуатаційні характеристики.
Пілотний запобіжний клапан	Первинний пристрій для скидання тиску інтегрований з допоміжним пристроєм для скидання тиску з автоматичним спрацюванням та керується ним.
Запобіжний клапан з механічним приводом	Основний пристрій для розвантаження поєднаний із пристроєм із зовнішнім живленням та керується ним.
ДІН 3320	
Стандартний запобіжний клапан (ЗК)	Після відкриття досягає підйому, необхідного для випуску масової витрати, з підвищенням тиску не більше ніж на 10%. Цей клапан має стрибковий механізм і також називається клапаном високого підйому.
Запобіжний клапан повного підйому (Vollhub)	Після початку підйому він швидко відкривається до повного підйому в межах 5% підвищення тиску, обмеженого конструкцією. Підйом перед швидким відкриттям (пропорційний діапазон) не повинен перевищувати 20%.
Запобіжний клапан прямого навантаження	Сила відкриття під диском клапана компенсується силою закриття, такою як пружина або вантаж.
Пропорційний запобіжний клапан	Він відкривається плавно залежно від підвищення тиску, уникаючи раптових відкриттів у діапазоні підйому 10% без підвищення тиску. Після відкриття він досягає необхідного підйому для випуску масового потоку зі підвищенням тиску не більше ніж на 10%.
Мембранний запобіжний клапан	Він використовує діафрагму для захисту лінійних рухомих та обертових елементів, а також пружин від впливу рідини.
Сильфонний запобіжний клапан	Запобіжний клапан прямого навантаження. Ковзні та (частково або повністю) обертові елементи, разом із пружинами, захищені від впливу рідини сильфоном, призначеним для компенсації впливу протитиску.
Керований запобіжний клапан	Складаючись з головного клапана та регулювального пристрою, він включає запобіжні клапани прямої дії з додатковим навантаженням, де додаткове зусилля посилює зусилля закриття, доки не буде досягнуто встановленого тиску.
EN ISO 4126	
Запобіжний клапан	Автоматично випускає певну кількість рідини, використовуючи лише енергію самої рідини, щоб запобігти перевищенню заданого безпечного тиску. Він призначений для повторного закриття та зупинки подальшого потоку рідини після відновлення нормальних умов тиску. Клапан може демонструвати або ривок

Тип запобіжного клапана	Характеристики
	(швидке відкриття), або відкриватися пропорційно (не обов'язково лінійно) підвищенню тиску вище заданого значення.
Запобіжний клапан прямого завантаження	Навантаження від тиску рідини під диском клапана компенсується виключно прямим механічним навантажувальним пристроєм, таким як вантаж, важіль та вантаж або пружина.
Допоміжний запобіжний клапан	Його можна підняти за допомогою допоміжного механізму з живленням від джерела живлення під тиском, нижчим за встановлений, при цьому дотримуючись усіх вимог до запобіжного клапана, викладених у стандарті, навіть якщо допоміжний механізм вийде з ладу.
Додатковий запобіжний клапан з навантаженням	Він використовує додаткову силу для посилення сили ущільнення, доки тиск на вході клапана не досягне встановленого тиску.

Принципи проектування та експлуатації

Запобіжні клапани є критично важливими компонентами в різних системах, особливо в посудинах під тиском і котлах, забезпечуючи безпеку, запобігаючи надлишковому тиску; принципи роботи запобіжних клапанів такі:

1. Моніторинг тиску: запобіжні клапани призначені для контролю тиску всередині резервуара або системи. У міру підвищення тиску він порівнюється з уставкою клапана для різних умов.
2. Пружинний механізм: більшість запобіжних клапанів використовують пружинний механізм. Пружина створює силу, яка утримує клапан закритим за нормальних робочих умов.
3. Встановлений тиск: Коли внутрішній тиск перевищує заданий «встановлений тиск», він долає силу, що діє з боку пружини.
4. Механізм відкриття: після досягнення встановленого тиску клапан відкривається, дозволяючи надлишку рідини (газу або рідини) вийти. Таке скидання тиску запобігає досягненню системою небезпечного рівня.

5. Повний підйом: у міру подальшого збільшення внутрішнього тиску клапан повністю відкривається, забезпечуючи максимальний потік для ефективного розподілу надлишкового тиску.
6. Механізм закриття: як тільки тиск падає до безпечного рівня (нижче встановленого), пружина знову закриває клапан, герметизуючи систему та відновлюючи її нормальні робочі умови.
7. Типи запобіжних клапанів: існують різні типи запобіжних клапанів залежно від їх застосування, такі як перекидні клапани, збалансовані сільфонні клапани та пілотні клапани, кожен з яких має певні характеристики для задоволення різних системних вимог.
8. Регулярне тестування: запобіжні клапани слід регулярно тестувати та обслуговувати, щоб забезпечити їх надійність та належне функціонування.

У таблиці 1.2 наведено чіткий та організований огляд різних типів запобіжних клапанів, окреслюючи їхні принципи роботи, ключові компоненти та поширені застосування.

Таблиця 1.2 Принципи роботи, ключові компоненти та поширені застосування звичайних запобіжних клапанів

Принцип роботи	Ключові компоненти	Типові застосування
Зворотний клапан		
Запобігає зворотному потоку в системі. Клапан відкривається, коли рідина тече в потрібному напрямку, і автоматично закривається, щоб запобігти зворотному потоку.	Диск, пружина, сідло, шарнір або важіль	Системи водопостачання, каналізації, насоси
Двоходовий клапан		
Керує потоком рідини у двох напрямках. Може перемикатися між джерелами або маршрутами в системі залежно від робочих параметрів.	Привід, корпус клапана, шток	Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, промислові трубопроводи
Регулювальний клапан тиску		
Регулює тиск нижче за течією, автоматично відкриваючись або закриваючись у відповідь на зміни тиску вище за течією.	Пружина, діафрагма, регульоване задане значення	Системи водопостачання, газорозподіл

Принцип роботи	Ключові компоненти	Типові застосування
Перепускний клапан		
Автоматично скидає надлишковий тиск із системи для підтримки балансу без ручного втручання.	Привід, механізм регулювання тиску	Повітряні компресори, пневматичні системи
Запобіжний клапан		
Поєднує в собі функції запобіжних та перепускних клапанів, відкриваючись для випускання рідини, коли досягається встановлений тиск, і закриваючись, коли відновлюється нормальний тиск.	Пружина, диск, регулювальний гвинт	Посудини під тиском, нафтогазова промисловість
Вакуумний запобіжний клапан		
Відкривається, щоб впустити повітря в систему, коли виявляється вакуум, запобігаючи руйнуванню резервуарів або трубопроводів.	Пружина, диск, впускний отвір	Резервуари для зберігання, трубопроводи, що піддаються вакууму
Стандартний запобіжний клапан		
Відкривається автоматично, коли тиск у системі перевищує задане значення, що дозволяє швидко випустити рідину або газ.	Пружина, диск, сідло, механізм регулювання	Котли, посудини під тиском, газові системи
Запобіжний клапан повного підйому		
Повністю відкривається при встановленому тиску для швидкого випускання великих об'ємів рідини, зазвичай використовується у випадках високої продуктивності.	Пружинний, дисковий, механізм повного підйому	Парові котли, великі посудини під тиском
Запобіжний клапан прямого завантаження		
Використовує пряме застосування тиску для подолання сили пружини; клапан відкривається при встановленому тиску без додаткових механізмів.	Пружина, диск, важіль або механізм	Газові системи високого тиску, промислове застосування
Пропорційний запобіжний клапан		
Відкривається пропорційно до збільшення тиску, що дозволяє контролювати вентиляцію залежно від його зміни.	Пружинний, поршневий або діафрагмовий, пристрій регулювання потоку	Системи керування технологічними процесами, газопроводи
Мембранний запобіжний клапан		
Використовує діафрагму для вимірювання тиску та керування клапаном, забезпечуючи хорошу герметичність та надійну роботу.	Діафрагма, корпус клапана, пружина	Хімічна переробка, фармацевтична промисловість
Сильфонний запобіжний клапан		
Має сильфони, які вирівнюють тиск з обох боків диска клапана, мінімізуючи вплив зворотного тиску.	Сильфон, диск, сідло	Системи пари високого тиску, спеціалізовані хімічні процеси
Керований запобіжний клапан		

Принцип роботи	Ключові компоненти	Типові застосування
Працює на основі зовнішнього керуючого сигналу (електричного або пневматичного) для модуляції його відкриття та закриття.	Виконавчий механізм, сигнали керування, система зворотного зв'язку	Автоматизовані системи, передові виробничі процеси

Налаштування тиску та реакція клапана за різних умов

Запобіжні клапани – це життєво важливі запобіжні пристрої, які зазвичай використовуються для запобігання надлишковому тиску в різних сферах застосування, таких як котли, резервуари під тиском, газові системи та гідравлічні системи. Вони складаються з ключових компонентів, включаючи корпус, пружину, диск, сідло, регулювальний механізм та напрямну, призначених для ефективної роботи в умовах різного тиску. За нормальної роботи внутрішній тиск у системі залишається нижчим за встановлений тиск клапана, утримуючи клапан закритим завдяки зусиллю пружини. Однак, зі збільшенням тиску він зрештою долає зусилля пружини, змушуючи клапан відкриватися та дозволяючи надлишку рідини виходити, тим самим знижуючи тиск у системі. Ця швидка реакція та простота конструкції роблять пружинні запобіжні клапани надійними та компактними, придатними для численних застосувань. Як тільки тиск падає до безпечного рівня, клапан знову встановлюється на місце, щоб запобігти витoku, забезпечуючи герметичність системи. Різні застосування пружинних запобіжних клапанів включають скидання тиску в котлах, захист обладнання для хімічної обробки від небезпечного надлишкового тиску, управління рівнями безпечної роботи в газопроводах та запобігання пошкодженню обладнання в гідравлічних системах.

Для підтримки своєї ефективності та безпеки пружинні запобіжні клапани потребують регулярного тестування, щоб переконатися, що вони відкриваються при правильному встановленому тиску та повністю закриваються після цього. Калібрування натягу пружини є важливим для підтримки точних налаштувань тиску. Крім того, слід проводити ретельні перевірки, щоб виявити будь-які ознаки зносу, корозії або пошкоджень, які можуть поставити під загрозу функціональність. Ведення детального обліку робіт з технічного

обслуговування, випробувань та будь-яких внесених регулювань може допомогти відстежувати продуктивність та забезпечити дотримання правил безпеки. Розуміння конструкції та принципів роботи пружинних запобіжних клапанів має вирішальне значення для інженерів та обслуговуючого персоналу для безпечного та ефективного управління тиском, оскільки ці клапани діють як важливі захисні пристрої в різних системах під тиском.

Детальні реакції за певних умов представлені в таблиці 1.3 [22, 23].

Таблиця 1.3 - Реакції за певних умов для різних типів запобіжних клапанів

Опис стану	Опис відповіді
Пружинний запобіжний клапан	
Котел під тиском 620 кПа відчуває стрибок тиску через нагрівання	Клапан відкривається протягом мілісекунд при тиску 827 кПа, щоб випустити пару та запобігти пошкодженню від надлишку тиску
Запобіжний клапан	
Нафтопереробна установка при тиску 400 кПа стикається з повільним нарощуванням тиску	Запобіжний клапан відкривається при тиску 482 кПа, дозволяючи маслу витікати та стабілізувати систему, не спричиняючи різких перепадів тиску
Пілотний запобіжний клапан	
Газопровід під тиском 827 кПа стикається з раптовим стрибком тиску до 1034 кПа	Пілотний клапан виявляє стрибок тиску та відкриває головний клапан для швидкого випускання газу, тим самим швидко знижуючи тиск.
Збалансований сильфонний запобіжний клапан	
У паровій системі при тиску 690 кПа тиск підвищується через падіння води.	Клапан відкривається при тиску 690 кПа, запобігаючи коливанням тиску та забезпечуючи плавну роботу
Запобіжний клапан із плавкою заглушкою	
Холодильний агрегат працює нормально, але перегрівається та досягає 130 °С.	Плавкий матеріал усередині свічки плавиться за температури 120 °С, відкриваючи клапан і дозволяючи надлишку холодоагенту вийти, тим самим захищаючи систему від потенційного виходу з ладу через перегрів.

Матеріали, що використовуються для компонентів клапанів, залежно від застосування

У таблиці 1.4 наведено вичерпний огляд матеріалів, що використовуються для різних компонентів запобіжних клапанів різних типів [24, 25]. Вибір матеріалів є важливим, оскільки він впливає на продуктивність клапана, його довговічність та сумісність з різними рідинами або газами.

Таблиця 1.4 - Поширені матеріали, що використовуються для різних компонентів запобіжних клапанів

Компоненти	Матеріали	Спостереження
Стандартний запобіжний клапан		
Весна	Нержавіюча сталь (наприклад, 302, 316), інконель або вуглецева сталь	Нержавіюча сталь переважна через стійкість до корозії.
Диск	Нержавіюча сталь, бронза, латунь або пластик (наприклад, PTFE або ПВХ)	Матеріали вибираються на основі сумісності з рідинами.
Сидіння	Механічно оброблена нержавіюча сталь, бронза або загартована вуглецева сталь	Повинно забезпечуватися хороша герметична поверхня.
Тіло	Чавун, вуглецева сталь або нержавіюча сталь	Вибір залежить від номінального тиску та застосування.
Запобіжний клапан повного підйому		
Весна	Нержавіюча сталь (наприклад, 316 або Inconel)	Повинен витримувати високе навантаження, пов'язане з роботою повного підйому.
Диск	Нержавіюча сталь або інші сплави для високої міцності	Висока довговічність необхідна завдяки повному потоку.
Сидіння	Загартована нержавіюча сталь або спеціальні сплави	Забезпечує герметичність під час роботи.
Тіло	Вуглецева сталь або кована сталь	Залежить від номінального тиску та навколишнього середовища.
Запобіжний клапан прямого завантаження		
Весна	Нержавіюча сталь або інконель	Висока стійкість до втоми.
Диск	Нержавіюча сталь або інші високоміцні матеріали	Повинен бути довговічним.
Сидіння	Нержавіюча сталь або пластик, що підходить для певних середовищ	Повинен бути стійким до зносу та корозії.
Тіло	Вуглецева сталь або нержавіюча сталь	Залежно від діапазонів тиску та умов експлуатації.
Пропорційний запобіжний клапан		
Весна	Нержавіюча сталь або інші високоякісні матеріали	Обраний за контроль та надійність.
Поршень/Діафрагма	Нейлон, PTFE або гума (наприклад, EPDM, Viton)	Матеріал залежить від температури та хімічної сумісності.
Тіло	Нержавіюча сталь або латунь	Обраний за міцність та довговічність.
Мембранний запобіжний клапан		
Діафрагма	ПТФЕ, гума або еластомер	Повинен бути сумісний з рідиною.
Весна	Нержавіюча сталь або інконель	Необхідна висока міцність та стійкість до корозії.
Тіло	Нержавіюча сталь або пластик	Стійкий до корозії та хімічних речовин.

Компоненти	Матеріали	Спостереження
Сильфонний запобіжний клапан		
Сильфони	Нержавіюча сталь (наприклад, 316) або високонікелеві сплави	Повинен витримувати тиск і термічні цикли.
Диск	Нержавіюча сталь або високоміцні сплави	Забезпечують надійну герметизацію та довговічність.
Сидіння	Загартована нержавіюча сталь або спеціалізований метал	Забезпечує герметичність ущільнення за різних умов.
Тіло	Вуглецева сталь або нержавіюча сталь	Вибирається залежно від робочого тиску та навколишнього середовища.
Керований запобіжний клапан		
Привід	Алюміній, нержавіюча сталь або пластик	Вибір матеріалу виходячи з вимог застосування.
Весна	Нержавіюча сталь або інконель	Стійкий до втоми та впливу навколишнього середовища.
Тіло	Чавун, вуглецева сталь або нержавіюча сталь	Розмір підібраний для потреб конкретного застосування.

Окрім поширених матеріалів для запобіжних клапанів (див. табл. 1.5 [18,19]), існують спеціальні матеріали, які використовуються за певних умов для забезпечення оптимальної продуктивності, надійності та безпеки.

Таблиця 1.5 - Спеціальні матеріали для запобіжних клапанів, що працюють в екстремальних умовах

Спеціальний матеріал	Застосування та нотатки
Особливі умови: високотемпературне середовище	
Хастеллой, Інконель, Монель	Використовується для клапанів, що піддаються впливу екстремальних температур (наприклад, >400 °C). Хастеллой відомий своєю чудовою стійкістю до окислення. Інконель та монель забезпечують високу міцність та корозійну стійкість за підвищених температур.
Особливі умови: агресивне середовище	
Тантал, цирконій, PTFE-підкладка	Ідеально підходить для застосувань, пов'язаних з агресивними хімічними речовинами, кислотами або каустичними речовинами. Тантал і цирконій забезпечують чудову хімічну стійкість, а PTFE-підкладка забезпечує антипригарні та антикорозійні властивості.
Спеціальний стан: криогенне застосування	
Аустенітна нержавіюча сталь (наприклад, 304L, 316L)	Підходить для низькотемпературних застосувань (наприклад, зріджені гази), де пластичність і в'язкість є важливими за криогенних температур.
Спеціальні умови: застосування низького тиску	

Спеціальний матеріал	Застосування та нотатки
Алюмінієві сплави	Використовується для легких клапанів у таких застосуваннях, як повітряні або парові системи, де висока міцність не є такою критичною.
Спеціальний стан: Компоненти, що піддаються високому зносу	
Стеліт, загартована сталь	Використовується в ділянках, що піддаються частому механічному зносу та ерозії (наприклад, сідла клапанів, диски). Стеліт – це кобальтово-хромовий сплав, стійкий до зносу та стертості. Загартована сталь забезпечує додаткову міцність та зносостійкість.
Особливий стан: Важкі умови експлуатації	
Титан, вуглецеве волокно, армування	Використовується в екстремальних умовах експлуатації (наприклад, високий тиск у поєднанні з агресивними речовинами). Титан пропонує високе співвідношення міцності до ваги та чудову стійкість до корозії, тоді як вуглецеве волокно підвищує несучу здатність.
Спеціальний стан: Фармацевтичне застосування	
Нержавіюча сталь 316L	Забезпечує високу чистоту та бездоганність. Електрополірування зменшує шорсткість поверхні, знижуючи ризик забруднення та полегшуючи очищення.
Спеціальний стан: Гігієнічне застосування	
Харчові матеріали (наприклад, нержавіюча сталь 304 або 316L)	Використовується в харчовій промисловості та виробництві напоїв для дотримання гігієнічних стандартів та запобігання забрудненню. Для підвищення чистоти часто застосовуються спеціальні поверхні (наприклад, санітарні стандарти 3A).

Таким чином, запобіжні клапани є незамінними для підтримки безпечного робочого тиску в таких секторах, як АПК, хімічне виробництво та виробництво електроенергії, захищаючи системи від катастрофічних випадків надлишкового тиску. Проведений аналіз включає широкий огляд різних типів клапанів, таких як пружинні, пілотні та спеціалізовані клапани, кожен з яких адаптований до конкретних промислових потреб. Дотримуючись суворих стандартів, встановлених регулюючими органами, такими як ASME, API та ISO, запобіжні клапани підлягають ретельним вимогам до проектування, випробувань та обслуговування, щоб забезпечити оптимальну роботу в різних умовах експлуатації.

Впровадження передових матеріалів, включаючи корозійностійкі сплави та високоміцні композити, значно покращило довговічність та надійність клапанів, особливо в суворих умовах з високим тиском та агресивними рідинами. Ці вдосконалення матеріалів є важливими для галузей промисловості, де подовжений термін служби та мінімальні інтервали технічного обслуговування є критично важливими.

Впровадження інтелектуальних запобіжних клапанів, оснащених передовими технологіями, у різних галузях промисловості демонструє значний прогрес у сфері операційної ефективності, безпеки та економії коштів. Покращена автоматизація дозволить клапанам автономно реагувати на раптові зміни, покращуючи як безпеку, так і ефективність. У сукупності ці досягнення обіцяють перетворити запобіжні клапани на інтелектуальні компоненти в рамках взаємопов'язаної промислової екосистеми, що призведе до покращення результатів безпеки та операційної ефективності.

В сільському господарстві запобіжні клапани зрошувальних систем: захищають зрошувальні лінії та насоси від стрибків тиску. Запобіжні клапани для внесення добрив: забезпечують безпечне дозування рідких добрив шляхом ефективного управління рівнями тиску). Клапани випуску пального: використовуються в космічних апаратах для безпечного випуску паливних газів); харчова промисловість та виробництво напоїв (вакуумні запобіжні клапани: захищають резервуари для зберігання під час процесів охолодження після пастеризації. Запобіжні клапани тиску у виробництві напоїв: регулюють тиск у процесах карбонізації). Класифікуючи запобіжні клапани на основі їх застосування в цих ключових сферах, ми можемо краще зрозуміти їхню конкретну роль у забезпеченні безпеки та експлуатаційної ефективності в різних галузях промисловості.

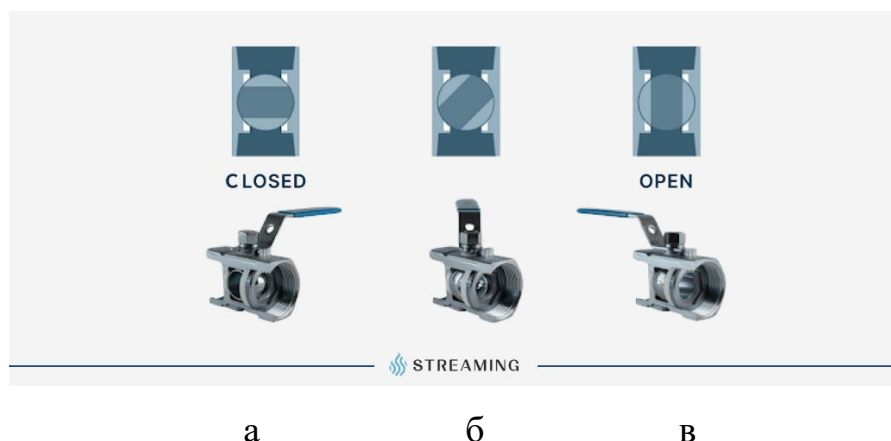
Постійний розвиток матеріалів, інтелектуальних технологій та методологій проектування сприяє підвищенню рівня безпеки та експлуатаційної стійкості. Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на підвищенні продуктивності клапанів в екстремальних умовах, розвитку можливостей прогнозного обслуговування та розробці стандартизованих протоколів для кібербезпеки інтелектуальних клапанів. Впроваджуючи ці інновації, галузі промисловості можуть підвищити безпеку, зменшити експлуатаційні ризики та підтримувати сталий та ефективний промисловий досвід.

1.3. Кульові крани: механізм, функції, типи та використання

Кульовий кран — це тип запірного клапана з чвертьобертвовим механізмом. У середині клапана знаходиться порожниста перфорована поворотна куля, яка контролює потік рідини або газу. Коли ви повертаєте ручку клапана на 90 градусів, отвір кулі або вирівнюється з напрямком потоку (відкриття клапана), або стає перпендикулярним до потоку (закриття клапана) (рис. 1.3).

Кульовими клапанами можна керувати вручну, за допомогою ручок або важелів, або за допомогою приводу. Ручні клапани вимагають фізичного оператора для керування потоком. Привід, з іншого боку, використовує електричну, гідравлічну або пневматичну енергію для відкриття або закриття клапана. Цей метод ідеально підходить для складних систем керування або віддалених місць, де ручне керування непрактичне.

Що стосується використання кульових кранів, то їхня проста експлуатація, надійне ущільнення та довговічність роблять їх популярним вибором у багатьох сферах, таких як підприємства АПК, іригаційні системи, хімічна переробка, виробництво продуктів харчування та напоїв. Вони навіть мають спеціалізовані версії для середовищ з високим тиском та високою температурою. Там, де необхідні швидке закриття та надійне ущільнення, кульові крани часто є кращим рішенням.



а

б

в

Рисунок 1.3 – Схема направлення потоку: а - зачинено, б – частково відчинено, в - відчинено

Функція кола

Кульові крани бувають двох основних конфігурацій залежно від кількості пропонованих портів: 2-ходові та багатходові (3-ходові або 4-ходові). 2-ходовий тип клапана є найпоширенішим вибором і зазвичай керується вручну.

З іншого боку, триходові або багатходові клапани пропонують складнішу функціональність. Їх L-подібний або T-подібний внутрішній отвір дозволяє їм обробляти різні джерела середовища або перенаправляти потік у різних напрямках (рис. 1.4). Це робить їх ідеальними для таких завдань, як розподіл або змішування рідин.

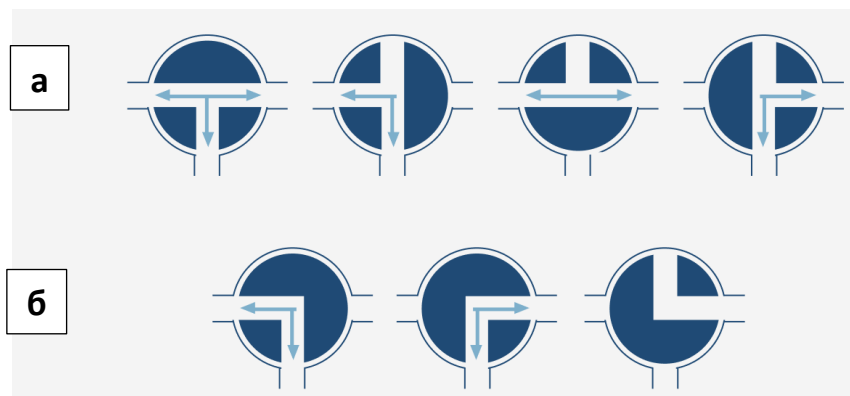


Рисунок 1.4 - Багатходові клапани з: а - T-подібним, б - L-подібним внутрішнім отвором

Частини кульового клапана

Ключові компоненти, які забезпечують функціонування кульового клапана:

Корпус: міцний корпус містить і захищає всі внутрішні деталі. Він виготовлений з міцних матеріалів, таких як метал, термопластик або облицьований метал, щоб витримувати вимоги робочого середовища. Вхідні та вихідні отвори на корпусі дозволяють підключати трубопроводи.

Куля: центральний елемент керування потоком, куля являє собою сферу з центральним отвором. Обертання кулі визначає, чи отвір вирівнюється зі шляхом потоку, чи блокує його. Порожністі кулі мають внутрішню порожнину, що дозволяє вищі швидкості потоку. Тому варто звернути увагу на підвищену турбулентність і вищі швидкості потоку.

Шток: з'єднує кулю із зовнішнім механізмом керування (зазвичай ручкою, але може бути автоматизованим). Обертання штока повертає кулю, відкриваючи або закриваючи клапан. Шток потребує міцних ущільнень, щоб запобігти витoku рідини в місці його проходження через кришку.

Сідла: м'які кільця оточують кулю, забезпечуючи герметичне ущільнення під час закриття клапана. Сідла запобігають протіканню, щільно притискаючи до кулі.

Кришка: подовжена частина корпусу клапана, що захищає шток та його ущільнення. Кришка може бути прикріплена болтами або приварена до корпусу та є важливою для роботи в умовах високого тиску/температури.

Типи кульових клапанів

Збірка корпусу

Цільний. Найпростіша конструкція, де корпус являє собою цільний литий або оброблений елемент. Цілісні клапани часто є найекономічнішим варіантом, але їх здебільшого неможливо відремонтувати або замінити, якщо внутрішні компоненти вийдуть з ладу. (рис. 1.5,а).



Рисунок 1.5 - Типи кульових клапанів: а – цільний, б – двосекційний, в - трисекційний

Двосекційний. Двосекційні кульові крани, найпоширеніший тип, складаються з корпусу з одним торцевим з'єднанням та окремої частини, в якій розміщені обрізна частина та інше торцеве з'єднання (рис. 1.5. б). Ці клапани пропонують хороший баланс між доступністю та ремонтпридатністю. Їх можна розібрати та відремонтувати після видалення із системи.

Трійка. Трисекційний кульовий кран має дві торцеві кришки та корпус (рис. 1.5. в). Ці торцеві кришки різьбляться або приварюються до трубопроводної системи, а корпус знімається для очищення або ремонту. Знімний корпус є незамінним для технічного обслуговування без зупинки всієї лінії.

Вибір правильного типу корпусу кульового крана залежить від ваших пріоритетів. Типові застосування включають цільний корпус для простих водопроводів, двосекційний для помірних промислових процесів та трисекційний для вимогливих систем, де ефективність обслуговування є критично важливою.

Конструкція м'яча.

Конструкція впливає на здатність м'яча витримувати тиск та знос:

Плаваючий. Це найпоширеніша конструкція. Плаваюча куля рухається вбік у корпусі клапана, коли вона закрити, утримуючись на місці двома сідлами. Вал з'єднаний з кулею одним кінцем, обмежуючи бічний рух, коли клапан відкритий. Герметизація залежить виключно від тиску рідини. Під час закриття вхідний тиск притискає кулю до вихідного сідла, запобігаючи витоку рідини. Оскільки тиск створює ущільнення, плаваючі кульові клапани найкраще підходять для застосувань з низьким та середнім тиском у менших діаметрах.

Цапфа. На відміну від плаваючих кульових клапанів, кульові клапани з цапфою мають додатковий вал, який називається цапфою. Він утримує кульку та обмежує її рух обертанням вздовж осі валу. Зазвичай вони мають пружинні сідла, які активуються вхідним тиском, що притискає кульку до ущільнень для герметичного закриття. Цапфові клапани чудово підходять для застосувань високого тиску та автоматизації з меншими приводами.

Конструкції отворів.

Форма та розмір отвору в кулі суттєво впливають на характеристики потоку та придатність клапана.

Зменшений діаметр отвору. Зменшені отвори є у більшості кульових кранів. Діаметр отвору менший за діаметр труби, що призводить до втрат на тертя. Але ці втрати відносно невеликі порівняно з іншими типами куль. Завдяки своїй економічній ціні, конструкція зі зменшеним отвором все ще є популярним вибором.

Повний отвір. Діаметр повнопрохідних кульових кранів дорівнює діаметру труби. Така конструкція мінімізує втрати на тертя, що призводить до максимальної пропускної здатності. Але вони можуть мати дещо вищу вартість.

V-подібний. У кульці або сідлі клапана вирізано V-подібну виїмку. Обертаючи кульку, розмір V-подібної виїмки, що піддається потоку, змінюється, забезпечуючи точніше регулювання потоку, ніж у стандартних конструкціях. V-подібні кульові клапани добре підходять для застосувань, що потребують точного регулювання потоку.

Торцеві з'єднання – це точки, де кульовий кран з'єднується з вашою трубопровідною системою. Вибір правильного типу має вирішальне значення для правильного встановлення та безпротікання:

Різьбовий. Корпус клапана має внутрішню різьбу або іноді зовнішню різьбу, яка безпосередньо з'єднується з трубою. Різьбові

з'єднання прості, поширені для менших клапанів і добре працюють за помірного тиску.

Фланець. Корпус клапана має плоскі поверхні з отворами для болтів, які збігаються з відповідними фланцями на трубі. Прокладки між фланцями забезпечують герметичність. Фланцеві з'єднання надійні, міцні та добре підходять для більших клапанів та систем вищого тиску.

Матеріали для виготовлення кульових кранів

Латунь є найпоширенішим матеріалом для кульових кранів завдяки поєднанню доступності, довговічності та універсальності. Цей міцний, жовтувато-червонуватий металевий сплав (мідь і цинк) може похвалитися високою стійкістю до температури, тиску, корозії та навіть росту мікробів завдяки антимікробним властивостям міді. Хоча латунь загалом безпечна для різних хімічних речовин, вона знецинковується в середовищі з високим вмістом хлору, що знижує її міцність. Незважаючи на це обмеження, її простота виготовлення, легка вага та економічна ефективність роблять її популярним вибором у харчовій промисловості, хімічних заводах, нафтогазовій промисловості та навіть у системах постачання питної води.

Нержавіюча сталь є найкращим матеріалом для кульових клапанів, які працюють у суворих умовах та агресивних середовищах. Найпопулярнішими є типи 304 та 316. Тип 316 забезпечує чудову продуктивність у суворих умовах. Тип 304 називають "18/8" через те, що він містить 18% хрому та 8% нікелю. Однак, порівняно з латунними або ПВХ клапанами, нержавіюча сталь вимагає більшого крутного моменту для роботи. Це важливий фактор, який слід враховувати при виборі приводу (електричного або пневматичного), щоб переконатися, що він може впоратися зі збільшеним зусиллям обертання.

ПВХ - вони пропонують легку конструкцію, відмінну стійкість до корозії до багатьох хімічних речовин та доступну ціну. **ПВХ** (полівінілхлорид) та **ХПВХ** (хлорований полівінілхлорид) є поширеними, причому **ХПВХ** витримує вищі температури. Пластмаси зазвичай використовуються у водопровідних системах та хімічних галузях, де тиск і температура помірні.

В таблиці 1.6 представлені порівняння матеріалів кульових клапанів

Таблиця 1.6 - Порівняння матеріалів кульових клапанів

Матеріал	Плюси	Мінуси	Типові застосування
Латунь	Економічно ефективний, хороша стійкість до корозії	Чутливий до знецинкування	Водопроводи низького тиску
Нержавіюча сталь	Міцний, стійкий до корозії, високоміцний	Дорожче	Широкий спектр промислового та комерційного використання
ПВХ/пластик	Легкий, хімічно стійкий, недорогий	Обмежений діапазон температур/тиску, менша довговічність	Водні системи, деякі хімічні процеси

Переваги кульових кранів перед іншими типами клапанів

Кульові крани мають кілька суттєвих переваг порівняно з іншими поширеними клапанами, такими як засувки, кульові та дросельні клапани. Ці переваги роблять їх особливо придатними для швидкого перекриття.

Швидке та надійне відключення

Чверть обертового обертання кульових клапанів забезпечує майже миттєве закриття. На відміну від засувок, для повного закриття яких потрібно кілька обертів маховика, кульові клапани досягають того ж результату одним рухом на 90 градусів. Це робить їх дуже ефективними в надзвичайних ситуаціях, коли швидкість має вирішальне значення. Крім того, кульові крани забезпечують герметичне ущільнення, зменшуючи ризик протікання. Їхня конструкція мінімізує знос ущільнювальних поверхонь, забезпечуючи довготривалу надійність навіть у середовищах з високим тиском або високою температурою.

Мінімальний перепад тиску

Однією з суттєвих переваг кульових клапанів є їхня здатність підтримувати ефективні характеристики потоку. У повністю відкритому стані куля всередині клапана майже не чинить опору рідині, що призводить до мінімального падіння тиску. На відміну від цього, кульові клапани створюють суттєвіше обмеження потоку через свій звивистий шлях, що призводить до збільшення втрат тиску та споживання енергії. Для галузей промисловості, де підтримка оптимального рівня тиску є критично важливою, кульові клапани забезпечують значну перевагу.

Міцність та довговічність

Кульові крани відомі своєю довговічністю завдяки міцній конструкції та простому дизайну. На відміну від засувки, які використовують ковзний механізм, що з часом може зношуватися, кульові крани мають менше рухомих частин, що зменшує ймовірність механічного пошкодження. Матеріали, що використовуються у виробництві кульових клапанів, такі як нержавіюча сталь, латунь та вуглецева сталь, підвищують їхню стійкість до корозії, що робить їх придатними для широкого спектру застосувань, включаючи ті, що пов'язані з агресивними хімічними речовинами або рідинами під високим тиском.

Низькі вимоги до обслуговування

Завдяки своїй простій конструкції та мінімальному контакту між рухомими частинами, кульові крани потребують мінімального обслуговування порівняно з іншими типами клапанів. Їхні сідла та ущільнення розроблені таким чином, щоб витримувати інтенсивне використання без значного зносу, що зменшує частоту ремонту та заміни. Ця функція, яка потребує мінімального обслуговування, особливо корисна в галузях промисловості, де прості можуть призвести до дорогих перебоїв у роботі. Обираючи кульові крани, компанії можуть підвищити операційну ефективність, мінімізуючи витрати на обслуговування.

Універсальність у застосуванні

Кульові крани є дуже універсальними та можуть використовуватися в широкому спектрі застосувань у різних галузях промисловості. Вони доступні в різних конфігураціях, включаючи плаваючі кульки, цапфові та багатопортові

конструкції, що дозволяє налаштовувати їх відповідно до конкретних експлуатаційних потреб. Наприклад, кульові крани з цапфою ідеально підходять для застосувань під високим тиском, оскільки вони забезпечують додаткову підтримку кулі та зменшують вимоги до крутного моменту. Аналогічно, багатопортові кульові крани дозволяють здійснювати складне керування потоком, дозволяючи перенаправляти рідину між кількома трубопроводами.

Таким чином, кульові крани заслужили репутацію крана для швидкого закриття завдяки швидкій роботі, герметичності та довговічності. Їхня здатність мінімізувати падіння тиску, зменшувати потреби в обслуговуванні та адаптуватися до широкого спектру промислових потреб робить їх безцінним активом у різних секторах. Чи то на нафтогазовій промисловості, електростанціях, хімічній переробці чи водоочищенні, кульові крани забезпечують надійність та ефективність, з якими інші типи клапанів ледве можуть зрівнятися.

1.4. Технічне обслуговування клапанів

Клапани регулюють потоки газів, рідин та шламів у різних механічних застосуваннях. Вони підтримують контроль процесу та безпеку промислових систем та обладнання. Однак з часом клапани можуть зношуватися, руйнуватися, корозувати або накопичуватися залишки, що призводить до витоків, засмічень або поломок. Тому технічне обслуговування клапанів стає важливим для роботи будь-якого об'єкта.

Експлуатаційна ефективність, довговічність та безпека на робочому місці є трьома основними причинами для технічного обслуговування клапанів. Регулярне технічне обслуговування клапана гарантує, що він точно контролює швидкість потоку, напрямок та рівень тиску. Ця точність забезпечує ефективність будь-якої установки чи обладнання, такого як нафтопереробні заводи, очисні споруди та морське обладнання. Крім того, регулярне технічне обслуговування мінімізує ризик раптових проблем у трубопровідних системах та

зменшує непередбачуваний час простою. Технічне обслуговування безпосередньо сприяє довговічності клапана, оскільки запобігає передчасному зносу. В результаті ви можете уникнути капітального ремонту та витрат на заміну.

Значна частина технічного обслуговування клапанів залежить від їхньої доступності. Клапани зазвичай встановлюються всередині потоку активного процесу, а їх видалення вимагає відкручування фланців та відведення потоку рідини до іншого напрямку. Така дія може бути небажаною або неможливою. Часто візуальний огляд може бути єдиним доступним варіантом.

Технічне обслуговування засувних клапанів (табл. 1.7)

Засувка відкриває потік у трубопроводній системі, піднімаючи прямокутну або круглу засувку на шляху рідини (рис. 1.6). Вона зазвичай використовується в установках, що вимагають вільного потоку або мінімального обмеження.

Таблиця 1.7 - Проблеми та усунення несправностей засувки

Проблеми в експлуатації	Потенційні причини	Дія з технічного обслуговування або ремонту	Типове застосування
Витік потоку	Зношене або пошкоджене ущільнення, ослаблені болти кришки або неправильна посадка	Замініть сальникову упаковку, затягніть болти кришки та перевстановіть клапан	Агресивне транспортування шламу
Жорстка операція	Накопичення осаду, корозія стебла та відсутність змащення	Очистіть та змастіть рухомі частини та клапани, а також замініть будь-які деталі, якщо вони пошкоджені корозією	Водоочисні споруди
Неповне закриття	Знос диска або сідла та перекіс	Відремонтуйте або замініть сідло/диск та переналаштуйте компоненти клапана	Типові з клапанами, що регулюють пару високого тиску.
Корозія/Пошкодження	Корозія внаслідок впливу агресивних рідин або навколишнього середовища, а також механічні пошкодження	Замініть деталі, якщо вони пошкоджені, нанесіть захисне покриття	Клапани, що піддаються впливу сольового середовища, наприклад, у морських умовах застосування.

Аномальний шум	Нещільно закріплені внутрішні компоненти, кавітація, турбулентність потоку	Відрегулюйте внутрішні компоненти, перевірте швидкість потоку та знайдіть кавітацію	Проблеми з шумом у клапанах, що регулюють потік опалення або охолодження в системі опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.
----------------	--	---	---

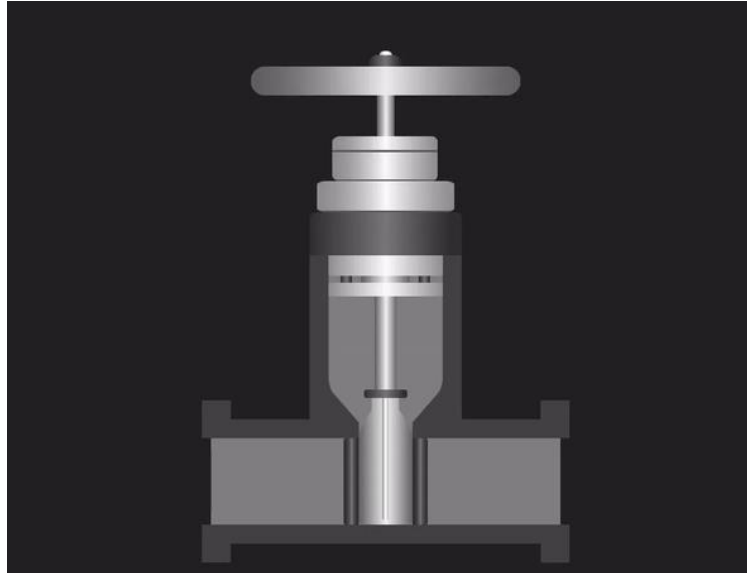


Рисунок 1.6 – Схема роботи засувного клапана

Стандартний процес обслуговування засувки включає такі кроки:

- Ретельний візуальний огляд на наявність будь-яких ознак зносу, корозії, а також протікань.
- Перевірка цілісності болтів та забезпечення правильного вирівнювання клапанів.
- Згідно з інструкціями виробника, змастіть шток клапана та рухомі частини.
- Визначте, чи є пошкодження та сміття на поверхні ущільнювача. Якщо так, оцініть необхідність розбирання для очищення або ремонту.
- Очистіть усі компоненти засувки відповідними інструментами, щоб видалити бруд, іржу або накип. Також перевірте сідло клапана та засувку на наявність ерозії, пошкоджень, ремонту або заміни деталей.

Технічне обслуговування кульових клапанів

Як і будь-який інший клапан, кульовий клапан (рис. 1.7) потребує регулярної перевірки для визначення необхідності технічного обслуговування.

Це може бути будь-що: перевірка зносу та пошкоджень, протікання навколо корпусу клапана або витікання. З іншого боку, регулярне технічне обслуговування включає регулювання болтів сальникової набивки, змащування, перевірку сідел клапанів та дисків тощо.

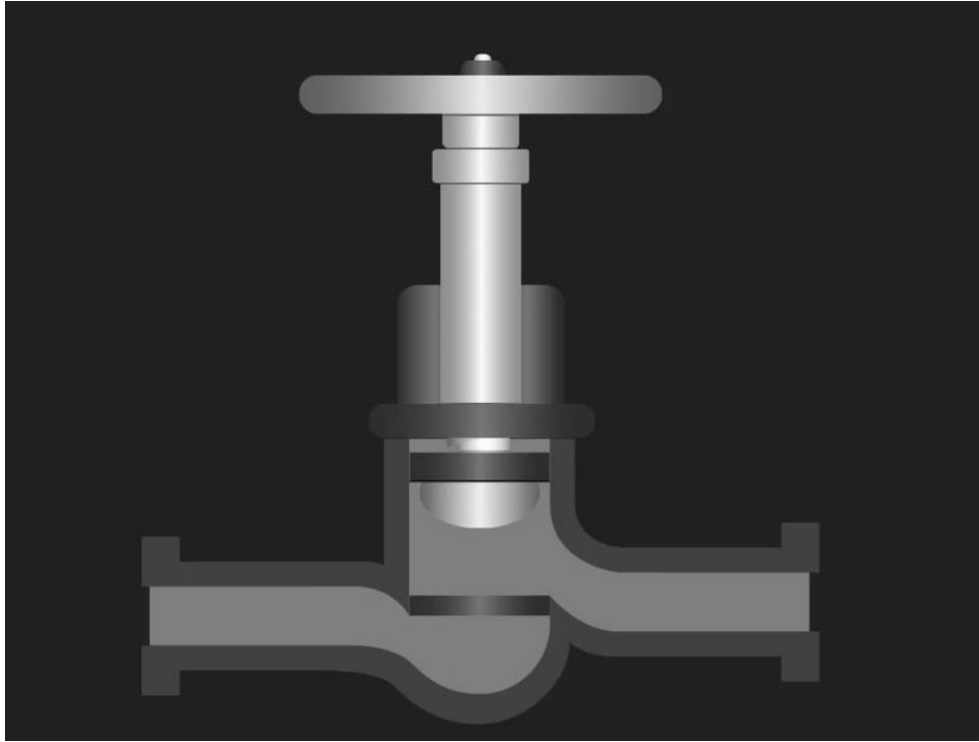


Рисунок 1.7 – Схема роботи кульового клапана

Усунення несправностей зворотних клапанів

Зворотний клапан дозволяє прохід в одному напрямку, автоматично запобігаючи зворотному потоку. Наприклад, зворотний клапан автоматично закривається при надмірному тиску нижче за течією для однонаправленого потоку газів у трубопроводах нафтопереробного заводу.

Періодичне технічне обслуговування включає очищення, змащування та перевірку тиску потоку та зворотного потоку.

Ось дії з усунення несправностей, які допоможуть забезпечити оптимальну продуктивність під час роботи:

- Перевірте, чи встановлення відповідає потоку, а також забезпечте рекомендований тиск для активації клапана.

- Візуально перевірте відсутність перешкод у клапані, таких як осад, залишки або сміття.
- Перевірте ділянки ущільнення клапанів на наявність зносу або пошкоджень, щоб усунути проблеми із закриттям зворотного клапана.
- Якщо будь-які деталі (диск, сідло, пружина, штифт шарніра тощо) мають помітний знос або пошкодження, замініть їх.

Технічне обслуговування дросельного клапана (рис. 1.8)

Ці клапани можуть бути повністю відкритими або повністю закритими, регулюючи або дроселюючи потік рідини у великих трубах з обмеженим простором. Дискові клапани особливо популярні у високопродуктивних сферах, таких як обладнання енергетичних установок та системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Однак, відсутність технічного обслуговування клапанів може зменшити час простою або навіть виходу з ладу обладнання.

Регулярне обслуговування дросельного клапана включає наступне:

- Очищення та змащування
- Заміна ущільнювача та прокладки
- Перевірка необхідного для роботи крутного моменту.
- Перевірка гідравлічного або пневматичного тиску, а також електричної системи, пов'язаної з приводом.



Рисунок 1.8 – Фотографія дросельного клапана

Незважаючи на регулярне технічне обслуговування, дросельний клапан може зіткнутися з раптовими проблемами в роботі, такими як витік, заїдання,

заклинювання, недостатній контроль потоку та надмірний крутний момент. Усунення перешкоди, заміна зношених деталей, корекція параметрів, а також виправлення вирівнювання вирішують ці проблеми. Досвідчений оператор повинен усунути проблему, виходячи з першопричин.

Технічне обслуговування плунжерного клапана (табл. 1.8)

Пробковий клапан контролює потік рідини за допомогою циліндричної або конічно-звуженої «пробки». Ця пробка обертається та регулює потік через клапан. Відповідно, пробкові клапани потребують періодичного технічного обслуговування для підтримки функціональності та оптимальної роботи.

Ось дії з використанням заглушки:

- Очистіть компоненти запального клапана, а також застосуйте відповідні мастильні матеріали, такі як великі круглі головки або мастильні олівці.
- Відповідно, нанесіть мастило на свічку та інші рухомі частини.
- Слідкуйте за зносом деталей. Потім відповідно ремонтуйте або замінійте.
- Перевірте стан герметика та тиск, який він витримує.

Однак, для вирішення потенційних проблем із засувним клапаном у будь-якій системі чи обладнанні необхідно виконати кілька інших дій з усунення несправностей.

Таблиця 1.8 - Проблеми з плунжерним клапаном та їх усунення

Конкретна проблема	Причина	Усунення несправностей
Заїдання або важка робота	Сміття, відсутність мастила та корозія	Очистіть внутрішні компоненти клапана, змастіть та замініть пошкоджені корозією деталі
Витік з клапана	Зношені ущільнення, неправильне вирівнювання плунжера та ерозія сідла клапана	Замініть ущільнення/сідло клапана та переналаштуйте плунжер
Проблема повного відключення	Зміщена/зношена свічка, зношене сідло клапана та засмічення сміттям	Ремонт/заміна плунжера та сідла клапана, очищення від сміття, ремонт/заміна сідла клапана
Заїдання або важка робота	Сміття, відсутність мастила та корозія	Очистіть внутрішні компоненти клапана, змастіть та замініть пошкоджені корозією деталі

Технічне обслуговування кулькового клапана

Обертова сферична куля з внутрішнім отвором регулює потік у кульковому клапані. Тим часом вал, з'єднаний з цією кулею та сідлом, контролює рух кулі.

Загальне обслуговування кулькового клапана включає:

- Перевірка на знос, пошкодження, корозію, а також інші пошкодження.
- Забезпечення точного позиціонування та вирівнювання.
- Проведення випробувань тиском для виявлення витіку.

З іншого боку, нижче наведено потенційні проблеми, які можуть виникнути під час безперервної роботи кульових клапанів (табл. 1.9).

Таблиця 1.9 - Проблеми з кульковим клапаном та їх усунення

Проблеми	Причини	Усунення несправностей
Витік	Зношені ущільнення штока або кільця ущільнювачів, корозія або пошкодження	Замініть ущільнення/кільця ущільнювача, затягніть сальникову набивку
Пошкодження м'яча	Корозія або фізичне пошкодження	Замініть кульку, переконавшись, що вона виготовлена з корозійностійких матеріалів
Неправильне вирівнювання кульки	Неправильне положення кульки всередині клапана	Встановіть правильне вирівнювання кульки
Усунення поломок або зносу	Фізичний знос або неправильне поводження	Змініть ручку, переконайтеся в правильному кріпленні
Надмірні вимоги до крутного моменту	Невідповідний розмір, внутрішні перешкоди	Перевірте розмір клапана, усуньте перешкоди

1.5. Висновки по розділу

1. Проведений аналіз загальних відомостей про запірну арматуру (клапани), їх призначення та конструктивні особливості.
2. Проведений ретельний огляд запобіжних клапанів: стандарти та технологічні досягнення в промисловості.
3. Проаналізовані конструктивні особливості кульових кранів: механізм, функції, типи та використання.
4. Розглянуті особливості технічного обслуговування клапанів різних конструкцій.

5. Виявлено, що під час роботи в клапанів переважно зношується корпус і внутрішні деталі.

1.6 Мета та задачі дослідження

Метою роботи є забезпечення експлуатаційних властивостей, надійності та довговічності деталей трубопровідної арматури екологічно безпечними технологіями.

Задачі, вирішення яких потрібно для досягнення мети дипломної роботи:

- провести аналіз умов роботи деталей клапанів, та визначити основні види їх зносу;
- провести аналіз сучасних екологічно безпечних методів підвищення якості поверхонь деталей клапанів;
- розробити методику проведення досліджень і порівняльних випробувань визначення кращого методу зміцнення поверхневих шарів деталей.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ АРМАТУРИ (КЛАПАНІВ) НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

2.1. Види зносу, що виникають під час роботи клапана

Через часте відкривання та закривання, а також ерозію рідкого середовища, знос клапанів зазвичай класифікують на такі типи [26-28].

Адгезивний знос

Адгезійне зношування зазвичай виникає внаслідок ковзання між металами. Коли два шматки металу стискаються разом, нерівні поверхні стикаються одна з одною, утворюючи точки контакту. Під час ковзання з'єднання руйнуються, утворюючи нові з'єднання, які зрештою утворюють абразивні частинки. Знос матеріалів збільшує розмір допустимого відхилення деталей, що призводить до протікання та пошкодження механізму закриття клапана. Крім того, сміття, особливо великі частинки, що утворюються внаслідок стирання або адгезії, заклинюють рухомі частини клапана та виводять його з ладу.

Абразивний знос

Абразивне зношування виникає, коли тверді частинки ріжуть матеріали під навантаженням. Тверді частинки, такі як пісок, глинозем, карбіди тощо, тиснуть на поверхню м'якого металу під нормальним навантаженням, і під час ковзання утворюється канавка, що утворює стоншення металу.

Ерозійний знос

Ерозійне зношування – це особлива форма абразивного зношування, спричинена ріжучим ефектом частинок, що знаходяться у зваженому стані в рідині під дією кінетичної енергії. Воно виникає на клапанах, що використовуються для подачі давніх твердих речовин, таких як закриті воронкоподібні клапани, що використовуються для транспортування шламу, або в системах подачі доменної печі.

Корозійний знос

Якщо зношена поверхня піддається хімічній корозії, виникне корозійне зношування. Більшість корозійностійких сплавів спочатку утворюють захисний шар твердої хімічної корозії, який може зношуватися під час ковзання поверхні, а вплив металу на навколишні агресивні середовища збільшує швидкість зношування.

Знос поверхні від втоми

Явище поверхневого зношування від втоми можна спостерігати, коли замкнена колія багаторазово ковзає або котиться. Оскільки тріщини на поверхні деталі або поверхні розширюються під впливом багаторазових циклічних навантажень, втома зазвичай утворює ямки на поверхні. Поверхнєве зношування від втоми зазвичай виникає в елементах кочення, таких як підшипники, шестерні та інші деталі.

Окрім вищезазначених типів зношування, існують деякі спеціальні типи зношування, такі як фреттингове зношування, корозія та кавітація.

Знос або корозія

Фретінгове зношування спричинене вібрацією крихтих дотичних, які утворюють оксидні залишки зносу, тому оксид спричиняє подальше зношування, як і абразивне зерно.

Кавітація

Кавітація виникає, коли раптова зміна тиску призводить до затягування рідини всередину. Вона з'являється на гідрокрилі, парових клапанах та паритеті прозорості пари. Механічний вплив схлопування бульбашки призводить до утворення отворів на поверхні металу, і цього зносу зазвичай можна уникнути, правильно проектуючи клапан, щоб мінімізувати падіння тиску. Парові кульові клапани зазвичай схильні до цього стирання. Хоча така конструкція немінуча, і деяке сплави на основі кобальту можна використовувати як деталь матеріалу для зменшення корозії паром, тоді вартість клапана зростає.

2.2. Аналіз сучасних екологічно безпечних методів підвищення якості поверхонь деталей клапанів

Вибір матеріалу

Першим кроком до підвищення екологічності регулювальних клапанів є вибір правильних матеріалів. Нам потрібно шукати матеріали, які мають низький вплив на навколишнє середовище протягом усього свого життєвого циклу. Наприклад, замість використання матеріалів, які видобуваються таким чином, що це завдає значної шкоди навколишньому середовищу, ми можемо обрати перероблені або екологічно чисті метали.

Перероблені метали, такі як нержавіюча сталь, є чудовим вибором. Вони зменшують потребу у видобутку первинного металу, що економить енергію та зменшує забруднення, пов'язане з гірничодобувними роботами. Крім того, перероблені метали часто мають аналогічні або навіть кращі властивості, ніж їхні первинні аналоги. Ми також можемо розглянути використання композитних матеріалів, які є легкими та міцними. Ці матеріали можуть зменшити загальну вагу регулюючого клапана, що, у свою чергу, зменшує енергію, необхідну для транспортування та встановлення.

Енергоефективність

Енергоефективність є вирішальним аспектом підвищення екологічності регулювальних клапанів. Регулювальні клапани використовуються в широкому спектрі галузей промисловості, від нафти і газу до очищення води, і вони споживають значну кількість енергії. Одним із способів підвищення енергоефективності є використання вдосконалених конструкцій клапанів.

Інший підхід полягає у використанні інтелектуальних систем керування. Ці системи можуть контролювати роботу регулюючого клапана в режимі реального часу та регулювати його роботу відповідно до фактичного попиту. Наприклад, якщо потрібно зменшити швидкість потоку, інтелектуальна система може автоматично регулювати положення клапана, щоб мінімізувати споживання енергії.

Запобігання витокам

Витік є серйозною проблемою, коли йдеться про регулювальні клапани. Це не тільки призводить до марнування цінних ресурсів, але й може спричинити забруднення навколишнього середовища.

Щоб запобігти витокам, ми можемо використовувати високоякісні ущільнення та прокладки. Ці компоненти повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до зносу, а також до хімічних та екологічних факторів. Регулярне технічне обслуговування та перевірка регулювальних клапанів також є важливими. Виявляючи та усуваючи витoki на ранній стадії, ми можемо запобігти значним втратам ресурсів та шкоди для навколишнього середовища.

Управління кінцевим терміном служби

Коли термін служби регулюючого клапана закінчується, важливо поводитися з ним екологічно безпечним способом. Замість того, щоб просто викидати його, ми можемо переробити його компоненти. Багато матеріалів, що використовуються в регулюючих клапанах, такі як метали та пластмаси, можна переробити та повторно використовувати у виробництві нових виробів.

Дослідження та розробки

Інвестування в дослідження та розробки має вирішальне значення для підвищення екологічності регулювальних клапанів. Нам потрібно постійно досліджувати нові технології та матеріали, які можуть покращити продуктивність та екологічність нашої продукції.

Управління відходами

Виробництво та обслуговування промислових клапанів генерує значну кількість відходів, включаючи невикористані матеріали та зношені компоненти. Сталий підхід до управління відходами, такий як переробка та повторне використання матеріалів, може значно зменшити вплив на навколишнє середовище процесів виробництва та обслуговування клапанів.

Збереження води

Деякі галузі промисловості значною мірою залежать від води для своїх процесів, і клапани відіграють вирішальну роль у регулюванні потоку води. Впровадження водоефективних конструкцій клапанів та інтелектуальних систем управління водними ресурсами може допомогти промисловості мінімізувати споживання води, сприяючи загальній екологічній стійкості.

Відповідність нормативним вимогам

Дотримання екологічних норм і стандартів є важливим для галузей промисловості, які прагнуть підвищити сталий розвиток. Відповідність гарантує, що клапани відповідають екологічним вимогам або перевищують їх, зменшуючи загальний вплив промислових процесів на навколишнє середовище.

Навчання та освіта

Належне навчання та освіта персоналу, який займається вибором, експлуатацією та обслуговуванням промислової арматури, мають першочергове значення. Освічений персонал з більшою ймовірністю прийматиме екологічно свідомі рішення та дотримуватиметься принципів сталого розвитку, що призведе до зменшення впливу на навколишнє середовище.

Передові матеріали для довговічності та ефективності

Традиційні чавун та нержавіюча сталь зараз доповнюються високоефективними сплавами та композитними матеріалами. Ці легкі, але міцні матеріали покращують стійкість до корозії, зменшують знос та подовжують термін служби клапанів, що призводить до менш частої заміни та меншого впливу на навколишнє середовище .

Розумні та низькотемпературні покриття

Новітні покриття, такі як керамічні, тефлонові та нанопокриття, значно зменшують тертя, мінімізуючи втрати енергії під час роботи. Ці покриття також запобігають корозії та утворенню накипу , що означає, що клапани довше

залишаються ефективними навіть у суворих умовах, таких як хімічна обробка та офшорне застосування.

Таким чином, оскільки галузі промисловості зосереджуються на вуглецевій нейтральності та сталому розвитку, попит на екологічно чисті клапани зростає. Вибір правильних матеріалів, покриттів та герметичних конструкцій може значно скоротити викиди, підвищити енергоефективність та сприяти досягненню довгострокових цілей сталого розвитку.

2.3. Електроіскрове легування (ЕІЛ), як метод підвищення якості поверхневих шарів деталей машин [20-23]

Процес ЕІЛ на поверхні матеріалів базується на явищі електроерозії та полярному перенесенні матеріалу анода (електрода) до катода (металевої деталі) під час електричного розряду імпульсами між анодом і катодом, розряд якого відбувається в газовому середовищі. На відміну від звичайної електроерозійної обробки, при імпульсному електричному розряді використовується імпульсний випрямляючий струм зі зворотною полярністю. У цьому випадку імпульсний процес електричного розряду має повітря як газове середовище. У технології напилення електрод здійснює вібраційний рух. Завдяки полярному ефекту переважне перенесення матеріалу анода (електрода) до катода (деталі) забезпечує формування поверхневого шару з чітко визначеними фізико-хімічними властивостями. Після завершення розряду, при дуже низькому діапазоні температур, починається видалення анода катода, дія, яка завершується розривом електричного кола, після чого процес відновлюється. В результаті перенесення матеріалу та теплових змін із зони розряду, в процесі поверхневого розряду металевих матеріалів з електричними іскрами, поверхневий шар катода змінює свою структуру та хімічний склад. Характеристики цього шару можуть значно відрізнятись залежно від матеріалу електрода, складу середовища між електродами, параметрів імпульсного розряду та інших умов формування катодного шару. Між

двома іскрами невелика кількість розплавленого металу твердне, утворюючи захисний шар.

Серед основних особливостей імпульсного електророзрядного методу, які також включають переваги, можна назвати: відсутність спеціальної підготовки поверхні, що оброблюється; нанесений шар, завдяки високій швидкості затвердіння/охолодження, набуває аморфно-специфічних властивостей; нанесений шар зазвичай не потребує подальшої обробки; легко наноситься на поверхню складних деталей; нанесення може здійснюватися в суворо зазначених місцях; нанесений шар має добру адгезію до основи; можливість використання в якості електрода як чистих металів, так і їх сплавів; можливість нанесення з використанням металокерамічних матеріалів та твердих плавких сполук; відсутність нагрівання зразка в процесі нанесення та, як наслідок, побічних ефектів; вплив забруднення мінімальний і повністю виключає використання токсичних неметалевих сполук, таких як ціанід, у процесі нанесення покриття; необхідне обладнання відносно просте, а технологія має витрати, які в основному зумовлені якістю добавок.

При ЕІЛ в поверхневому шарі деталі процеси кристалізації, фазові перетворення, дифузійні процеси та хімічні взаємодії, викликають появу нерівномірних структур з мілким зерном, підвищеною твердістю, яка перевищує твердість анода і катода.

Поверхневий шар деталі при обробці методом ЕІЛ складається з двох основних зон:

- Верхня, це «білий» шар, який не піддається травленню і має вигляд однорідним;
- нижній перехідний (дифузійний) шар.

2.4. Методика проведення досліджень та проведення порівняльних випробувань

З метою підвищення якості поверхневих шарів деталей трубопровідної арматури (клапанів): шпинделів, кілець, корпусів, шиберів та посадочних місць арматури пропонується формування методом ЕІЛ на їх поверхнях захисних покриттів.

Відомо покриття, яке наносять шлікерним методом (на поверхню наносять зносостійкі композиційні матеріали в виді гелів або паст в яких основним компонентом є суміш порошку ВК8, а речовиною що зв'язує – твердий розчин системи Ni – Cr – Si – В. Потім, нанесене покриття відпалюють у вакуумній печі.. Найкраще протистояння зносу показали зразки з покриттям: 10% 1М + 90% ВК8, де 1М – 60% Ni, 30% Cr, 5% Si, 5% В. Твердість нанесеного шару покриття досягає 87 HRA (1150 HV). До недоліків такого методу відносять: високу трудомісткість, вартість і низьку стабільність при використанні.

Нами з вище означеного матеріалу покриття, методом порошкової металургії, були виготовлені електроди – інструменти (ЕІ), якими наносили покриття на зразки, розміром 15x15x10 мм. Металографічні дослідження і вимір мікротвердості проводили по стандартним методикам і на відповідному обладнанні (на оптичному мікроскопі «Неофот» і мікротвердомірі ПМТ- 3.

Результати металографічних випробувань цих покриттів зведені в таблиці 2.1 і показані на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати металографічних досліджень зразків сталі 45 після ЕІЛ

Матеріал зразків	Матеріал покриття	Товщина шару, мм	Мікротвердість H_{μ} , МПа	Щільність, %
Сталь 45	50%ВК8 +50%1М	10-55	8800	До 75
Сталь 45	60%ВК8 +40%1М	10-45	11700	До 70

Сталь 45	70%ВК8 +30%1М	10-35	12500	До 70
Сталь 45	80%ВК8 +20%1М	10-35	13270	До 75
Сталь 45	90%ВК8 +10%1М	20-45	14300	До 80
Сталь 45	100%1М	50-80	8450	До 60

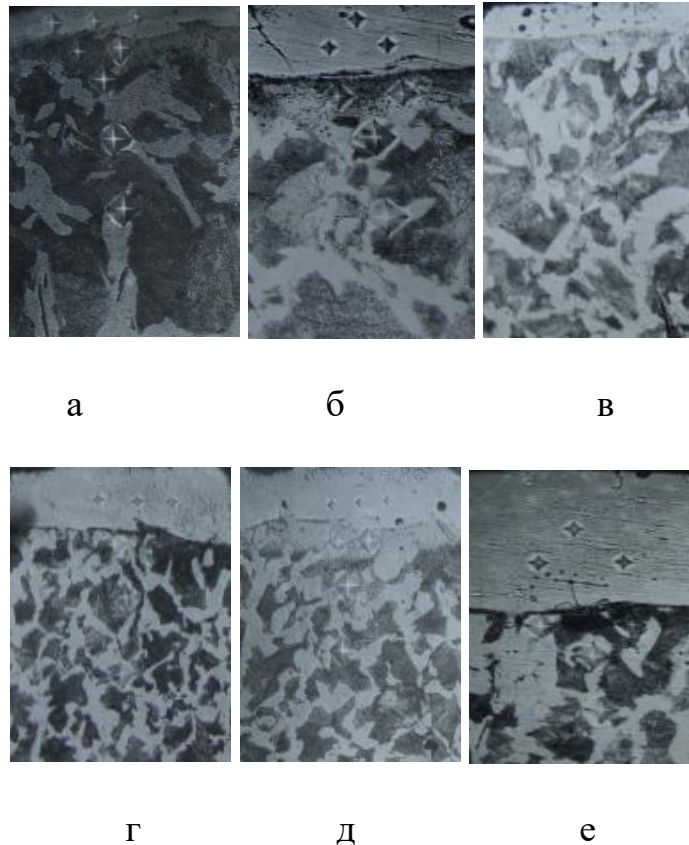


Рисунок 2.1 – Мікроструктура і розподіл мікротвердості покриттів на сталі 45:

а – 50% 1М + 50% ВК8; б – 40% 1М + 60% ВК8; в – 30% 1М + 70% ВК8;
г – 20% 1М + 80% ВК8; д – 10% 1М + 90% ВК8; е – 100% 1М.

Порівняльні випробування проводили на зразках 100 х 50 х 6 мм, виготовлених із листової сталі 45.

В якості ЕІ використовували стержні, виготовлені методом порошкової металургії з суміші порошків ВК8 і 1М (90% ВК8 і 10% 1М), що показав найкращий результат по мікротвердості. Для порівняння досліджувалися покриття із твердих сплавів групи ВК, ТК і сплаву 1М.

Зразки, як зміцнені, так і не зміцнені, встановлювали в піскоструминних камерах і випробували під різним кутом під тиском 550 кН/м^2 . Абразивом служив кварцовий пісок з діаметром часточок 0,2 мм. Зносостійкість оцінювали зважуванням зразків до і після обробки (по втраті ваги) через кожні 10 хв. (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Результати досліджень на ерозійне зношування зразків із сталі 45, зміцнених ЕІЛ

Матеріал покриття	Втрата ваги, г	Час дослідження, год	Кут атаки, градус
Без покриття	51,0	1,0	90^0
Без покриття	38,0	1,0	45^0
ВК6	29,0	1,0	90^0
ВК6	21,0	1,0	45^0
Т15К6	23,0	1,0	90^0
Т15К6	17,0	1,0	45^0
Шлікерне покриття (90%ВК8 + 10%1М)	27,0	1,0	90^0
Шлікерне покриття (90%ВК8 + 10%1М)	20,0	1,0	45^0
Метод ЕІЛ (90%ВК8 + 10%1М)	16,0	1,0	90^0
Метод ЕІЛ (90%ВК8 + 10%1М)	11,0	1,0	45^0

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що стійкість проти ерозійного зносу зразків зі сталі 45 з покриттям 90%ВК8 + 10%1М, нанесеним методом ЕІЛ у 3,5 рази вище, ніж у зразків без покриття і, відповідно в 1,90; 1,50 і 1,70 раз вище, ніж у зразків, зміцнених твердим сплавом, групи ВК і ТК і шлікерних покриттів. Зносостійкість зразків, розміщених під кутом 90^0 , вища, ніж у зразків, розміщених під кутом 45^0 (рис. 2.2).

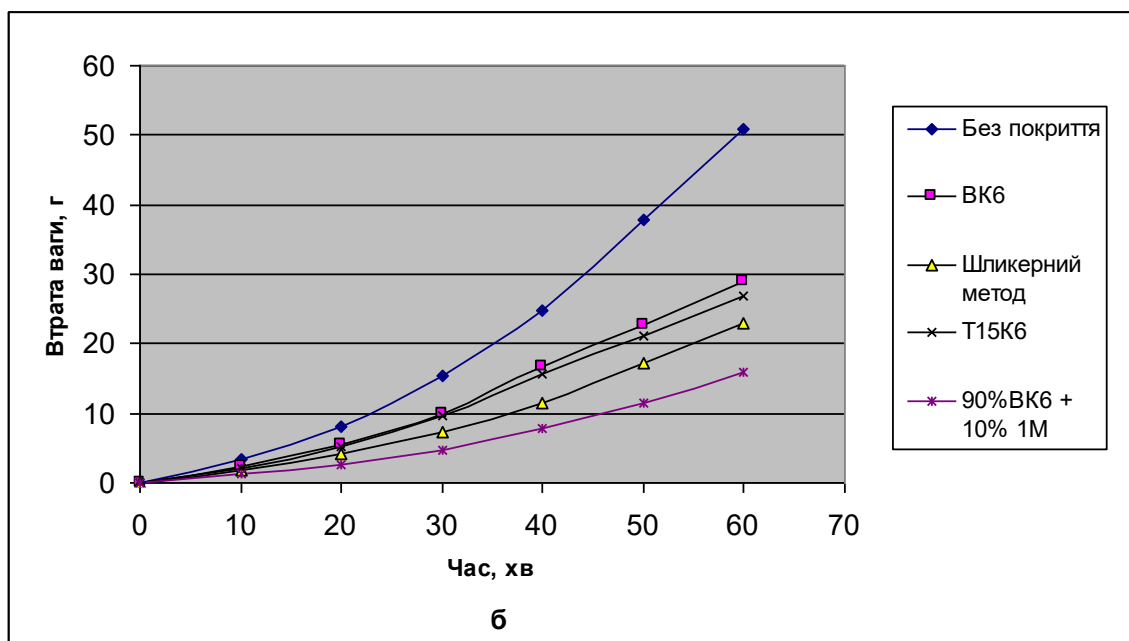
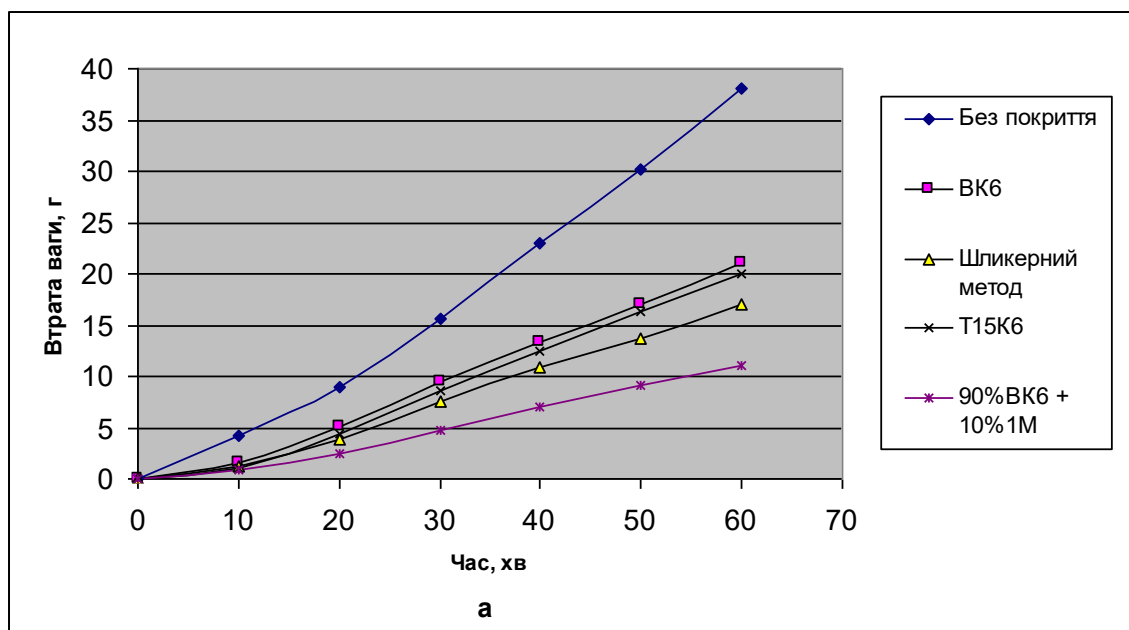


Рисунок 2.2 - Знос сталі 45 зміцнених ЕІЛ: 1- без зміцнення; 2 – суміш ВК6; 3- шлікерним методом - 90%ВК8 і 10% 1М; 4 - покриття Т15К6; 5 - методом ЕІЛ (90%ВК8 і 10% 1М), під кутом атаки 45° (а) і 90° (б)

2.5. Висновки:

1. Аналіз умов роботи трубної арматури показав, що її деталі підлягають: адгезійному, абразивному, кавітаційному та іншим видам зносу.

2. Відмічено, оскільки галузі промисловості зосереджуються на вуглецевій нейтральності та сталому розвитку, попит на екологічно чисті клапани зростає.

3. Порівняльними дослідженнями доведено, що стійкість проти ерозійного зносу зразків зі сталі 45 з ЕІЛ покриттям 90%ВК8 + 10%1М у 3,50 рази вище, ніж без зміцнення і відповідно в 1,900; 1,5 і 1,70 раз вище, ніж у зразків, зміцнених твердим сплавом ВК6, Т15К6 і нанесенням шлікерних покриттів. При цьому стійкість зразків, розташованих під кутом 90° , вища, ніж під кутом 45° .

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З ЗАПІРНОЮ АРМАТУРОЮ (КЛАПАНАМИ)

3.1. Загальні відомості

Коли йдеться про безпечне робоче середовище, неправильні клапани, неправильне встановлення та неправильне обслуговування становлять ризик для персоналу, навколишнього середовища та безпеки експлуатації.

Те, що відбувається в трубах, має залишатися в трубах. Існує низка законів і правил, які необхідно відстежувати та дотримуватися.

Роботодавець несе основну відповідальність за робоче середовище та зобов'язаний здійснювати систематичне управління робочим середовищем, тобто регулярно перевіряти робоче середовище, щоб виявити наявні ризики та усунути будь-які виявлені ризики. Погане знання клапанів збільшує ризики.

Незапланований викид – це не просто брудно та неприємно. Витік середовища з труби, клапана чи насоса може зруйнувати інше обладнання. Його відновлення може бути дорогим, не кажучи вже про вартість простою. Середовище є небезпечним для здоров'я персоналу, який з ним має справу, якщо воно містить хімікати, газ чи будь-які інші токсичні чи корозійні компоненти.

Протікання може призвести до слизької підлоги або, якщо щось піде не так, до дуже шкідливого душу для персоналу. Клапан з неправильним класом тиску може навіть вибухнути. Хімічні речовини, перегріта пара та пил в одному просторі з людьми просто становлять ризик для здоров'я.

Збирання та розбирання клапанів є критично важливим кроком. Неправильне поводження може завдати шкоди персоналу або обладнанню під час виконання робіт, а також перетворити обладнання на бомбу уповільненої дії. Ось чому технічним спеціалістам так важливо вивчити всі інструкції постачальників.

3.2. Закон про робоче середовище

Обладнання, що працює під тиском, – це робоче обладнання, яке несе певні ризики, не в останню чергу витікання та зовнішні пошкодження. Нормативи визначають, що робота повинна плануватися, організовуватися та виконуватися таким чином, щоб не виникало небезпечних ситуацій. Роботи з безпеки повинні бути постійними та включати:

- Оцінка ризиків
- Огляд, технічне обслуговування та контроль пристроїв
- Інформування персоналу, щоб вони знали про ризики
- Правильне розташування та температура
- Заходи для наповнення та спорожнення, такі як надійно прикріплені шланги

Захист для запобігання пошкодженню компонентів – або, що ще гірше, травмам, які можуть бути спричинені надлишковим або зниженим тиском – у багатьох випадках є законодавчою вимогою.

Існує багато типів установок, які працюють із середовищами з надлишковим тиском. Прикладами є стиснене повітря, повітря для інструментів, мийка під високим тиском для промивання та пара для очищення. Директива щодо обладнання, що працює під тиском, Обладнання, що працює під тиском (AFS 2016:1) визначається як установки з тиском 0,5 бар або вище. Установки та електростанції повинні бути захищені, щоб вони не вийшли з ладу або – у найгіршому випадку – не спричинили вибух чи руйнування у разі негативного тиску. Директива щодо використання та перевірки обладнання, що працює під тиском (AFS 2017:3) регулює запобіжні клапани та їх регулярну перевірку.

Немає законів щодо негативного тиску та вакууму, але існують рекомендовані галузеві стандарти та практики.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ СІДЛА
КЛАПАНА

4.1. Нормування технології зміцнення сидла клапана (СК)

Перелік необхідних матеріалів та обладнання потрібних для нанесення покриттів на сідла клапана (СК) (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Матеріали та обладнання для нанесення покриттів на СК

Обладнання	Вартість, грн
Установка «УІЛВ-7А»	15000
Інше	
Електроенергія, кВт/год	40
Твердий сплав Т15К6	10
Σ	15050

Поверхня СК для нанесення покриття = 500 см²

4.2 Розрахунок собівартості зміцнення

Собівартість виготовлення 1,0 СК без покриття

$$C_{\text{баз}} = 50,0 \text{ грн.}$$

Термін роботи 1,0 СК без покриття складає

$$T_{\text{баз}} = 0,3 \text{ рок.}$$

Собівартість затрат для зміцнення 1,0 СК буде:

$$C_{\text{мат}} = 10,0 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна собівартість СК буде:

$$C_{\text{нов}} = C_{\text{баз}} + C_{\text{мат}} = 50,0 + 10 = 60,0 \text{ грн} \quad (4.1)$$

Враховуючи, що 1 СК буде працювати в п'ять разів довше, то

$$T_{\text{нов}} = T_{\text{баз}} \times 5 = 0,30 \times 5,0 = 1,50 \text{ роки.} \quad (4.2)$$

4.3. Розрахунок економічної ефективності

$$E = C_{\text{баз}} : T_{\text{баз}} - C_{\text{нов}} : T_{\text{нов}} = 50 : 0,3 - 60 : 1,5 = 127,0 \text{ грн} \quad (4.3)$$

4.4 Розрахунок окупності капітальних витрат, (Фок)

$$\Phi_{\text{ок}} = C_{\text{об}} : E = 15050 : 127 = \sim 119 \text{ шт.}, \quad (4.4)$$

де $C_{\text{об}} = 15050$ грн (табл. 4.1)

Згідно того, що два працівника за добу зміцнюють приблизно 10,0 СК, то добова окупність складе:

$$T_{\text{доб}} = \Phi_{\text{ок}} : 10 = 119 : 10 = \sim 12 \text{ діб.}$$

Таким чином. Економічна ефективність технології зміцнення буде 127,0 грн на одне СК, а окупність задіяного обладнання $\sim 12,0$ діб.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. Проведений аналіз типів запірної арматури (клапанів), їх призначення та конструктивні особливості, а також огляд запобіжних клапанів: стандарти та технологічні досягнення в промисловості.

2. Розглянуті особливості технічного обслуговування клапанів різних конструкцій. Виявлено, що під час роботи в клапанів переважно зношується корпус і внутрішні деталі.
3. Аналіз умов роботи трубної арматури показав, що її деталі підлягають: адгезійному, абразивному, кавітаційному та іншим видам зносу.
4. Порівняльними дослідженнями доведено, що стійкість проти ерозійного зносу зразків зі сталі 45 з ЕІЛ покриттям 90%ВК8 + 10%1М у 3,50 рази вище, ніж без зміцнення і відповідно в 1,90; 1,50 і 1,70 раз вище, ніж у зразків, зміцнених твердим сплавом ВК6, Т15К6 і нанесенням шлікерних покриттів. При цьому стійкість зразків, розташованих під кутом 90° , вища, ніж під кутом 45° .
5. Розрахунок економічної ефективності технології зміцнення деталей запірної арматури дає підстави рекомендувати її впровадження у виробництво.
6. По результатам проведених досліджень опубліковані дві наукові роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Colombo, D.; Lima, G.B.A.; Pereira, D.R.; Papa, J.P. Finite element regression methods for modeling the reliability of well safety valves. Reliab. Eng. Syst. Saf. 2020, 198, 106894. [Google Scholar] [CrossRef]

2. Luzada, F.; Cuminato, J.A.; Rodriguez, O.M.H.; Tomasella, V.L.; Milani, E.A.; Ferreira, P.G.; Ramos, P.L.; Bocchio, G.; Perissini, I.C.; Junior, O.A.G.; et al. Incorporating defects into a disproportionate risk regression model and its diagnostics for modeling the reliability of well safety valves. *IEEE Access* 2020 , 8 , 219757–219774. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Тарельник В.Б, Коноплянченко Є.В., Гапонова О.П, Тарельник Н.В. *Забезпечення захисту поверхонь торцевих імпульсних ущільнень турбомашин шляхом формування зносостійких наноструктур: монографія / під загальн. ред. В.Б. Тарельника. Суми: Університетська книга. 2022. 260 с.*
4. *Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості: монографія/ В.С. Марцинковський, В.Б. Тарельник, та ін.; за ред. В. Б. Тарельника, Є.В. Коноплянченка. - Суми: Видавництво «ФЛП Литовченко Е.Б.», 2020.- 410 с.- Українською мовою.*
5. *Техногенна безпека АЕС: Навч. посібн.; Ч. II / Д. О. Чалий, А. Б. Тарнавський, Р. Ю. Сукач, Р. Б. Веселівський; Держ. служба України з надзвичайних ситуацій; Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – Львів: Каменяр, 2020. – 340 с.*
6. Qian, F.; Hu, M. Numerical simulation of the leakage field and acoustic characteristics of a safety valve. *MATEC Web Conf.* 2021 , 336 , 01007. [Google Scholar] [CrossRef]
7. Lu, D.; Fu, K.; Li, Y. Finite element method for instantaneous evaluation of the impact capacity of a well safety valve plate. *Mechanics.* 2022 , 376 , 35–38. [Google Scholar]
8. Luo, J.; Wang, X. Mechanical properties of well safety valve. *Pet. Mine Mach.* 2020 , 49 , 36–39. [Google Scholar]
9. Taska, E.; Besharat, M.; Ramos, H.M.; Luvisotto, E.; Carni, B. Investigation of the sensitivity of the transient response after a power failure to the characteristics of an air valve and pipeline. *Water* 2023 , 15 , 3476. [Google Scholar] [CrossRef]

10. Zakharinov, V.; Malakov, I.; Cankaya, O.; Dimitrov, L. Multi-criteria selection of material for the manufacture of a safety valve. In Proceedings of the International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Sciences (EEPES 2024), Kavala, Greece, 19–21 June 2024; MDPI: Basel, Switzerland, 2024; p. 51. [Google Scholar]
11. Ferrarese, G.; Fontana, N.; Gioffreda, S.; Malavasi, S.; Marini, G. Efficiency of pressure reducing valve adjustment in a water supply network with variable consumption. In Proceedings of the International Conference EWaS5: Water Security Management: New Threats or Challenges? Moving from Therapy and Restoration to Prediction and Prevention, Naples, Italy, 12–15 July 2022; MDPI: Basel, Switzerland, 2022; p. 61. [Google Scholar]
12. Li, K.; Jiang, J.; Yang, B.; Chen, Z.; Yang, L.; Jin, M.; Xia, H.; Xie, H. Investigation of the corrosion behavior of a safety valve spring in a liquid chlorine tank. *J. Phys. Conf. Ser.* 2024, 2713, 012052. [Google Scholar].
13. Publisher, VWA Coatings for Valves and Actuators. Available online: <https://valve-world-america.com/coatings-for-valves-and-actuators/> (accessed 1 November 2024).
14. Kimray. How valve coatings can limit corrosion and erosion of control valves and liquid level floats. Available online: <https://kimray.com/training/how-valve-coating-can-limit-corrosion-and-erosion-control-valves-liquid-level-floats> (accessed 1 November 2024).
15. Valve Coatings: Improving Safety, Reliability and Efficiency. Available online: <https://www.surfacetechology.co.uk/2017blogvalve-coating-services/> (accessed 1 November 2024).
16. Спеціальна фарба та покриття для клапанів — Efsvalves. Доступно онлайн: <https://efsvalves.com/en/special-paint-coatings/> (дата звернення: 1 листопада 2024 р.).

17. Spirax Sarco. Types of Safety Valves. Available online: https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/safety-valves/types-of-safety-valve?sc_lang=en-GB (accessed 4 December 2024).
18. ASME BPVC. Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC); Parts I and VIII; American Society of Mechanical Engineers (ASME): New York, NY, USA, 2022. [Google Scholar]
19. Cana, Petrica, Razvan George Ripeanu, Aline Dinice, Maria Tenase, Alexandra Ileana Portoaque, and Iulian Petirnac. 2025. "Review of Safety Valves: Standards, Design, and Technological Advances in Industry." *Proceedings* 13, no. 1: 105. <https://doi.org/10.3390/pr13010105>
20. Shevchenko S., Shevchenko O., Vynnychuk S. Mathematical Modelling of Dynamic System Rotor-Groove Seals for the Purposes of Increasing the Vibration Reliability of NPP Pumps. *Nuclear and Radiation Safety*. No. 1(89), 2021. pp. 80–87. [https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1\(89\).09](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1(89).09)
21. Shevchenko S., Shevchenko O. Improvement of Reliability and Ecological Safety of NPP Reactor Coolant Pump Seals. *Nuclear and Radiation Safety*. 2020. No. 4(88). pp. 47–55. [https://doi.org/10.32918/nrs.2020.4\(88\).06](https://doi.org/10.32918/nrs.2020.4(88).06)
22. Vahrusheva V.S., Hlushkova D.B., Volchuk V.M., Nosova T.V., Mamhur S.I., Tsokur N.I., Bagrov V.A., Demchenko S.V., Ryzhkov Yu.V., Scrypnikov V.O. Increasing the corrosion resistance of heat-resistant alloys for parts of power equipment, *Problems of Atomic Science and Technology*, Volume 140, Issue 4, p. 137 – 140, 2022
23. Pylypaka S., Volina T., Nesvidomin A., Zakharova I., Rebrii A. Particle Movement in a Centrifugal Device with Vertical Blades. In: Ivanov V., Pavlenko I., Liaposhchenko O., Machado J., Edl M. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV*. DSMIE 2021. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, pp. 156-165, 2021. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77823-1_16.

ДОДАТКИ