

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М. Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

на тему: «**РОЗРОБЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ З
СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ВИМОГ ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО
ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ
АГРЕГАТІВ**»

Виконав: Пшінник Д. І.

Група: СТЗ 2204-2м

Науковий (керівник): Івченко О. В.

Суми – 2024

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи магістра «Розроблення сучасної інформаційної моделі з систематизації вимог законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів».

Практична значення полягає у створенні інформаційної моделі з систематизації вимог законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів. Це дозволяє підвищити ефективність процесів проектування, експлуатації та обслуговування насосних агрегатів, а також забезпечити їх відповідність встановленим нормам і стандартам.

В першому розділі – було проведено аналіз сучасного стану та проблем визначення надійності насосних агрегатів.

В другому розділі – розроблено методику визначення показників надійності насосних агрегатів.

В третьому розділі – розроблено структуру інформаційної моделі, здійснено реалізацію та її впровадження, що дозволяє користувачам зручно отримувати доступ до інформації про законодавчі вимоги щодо надійності насосних агрегатів.

Результатом проведеної роботи є створена інформаційна модель для систематизації вимог законодавства щодо надійності насосних агрегатів, яка дозволяє автоматизувати процеси оцінки та контролю їх надійності.

Кваліфікаційна робота містить 62 сторінки, 12 рисунків, список літератури з 21 найменування.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ, НАСОСНІ АГРЕГАТИ, НАДІЙНІСТЬ, ЗАКОНОДАВСТВО, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КОНТРОЛЬ НАДІЙНОСТІ.

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	5
Розділ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ.....	9
1.1 Аналіз вимог національного та міжнародного законодавства в сфері управління енергоефективності насосних агрегатів	9
1.1.1 Національне законодавство	9
1.1.2 Міжнародне законодавство.....	11
1.1.3 Порівняльний аналіз вимог національного та міжнародного законодавства	14
1.2 Аналіз вимог національних та міжнародних нормативних документів щодо оцінювання надійності насосних агрегатів	16
1.2.1 Національні нормативні документи.....	16
1.2.2 Міжнародні нормативні документи.....	17
1.2.3 Показники надійності	18
1.3 Висновок	20
Розділ 2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ.....	23
2.1 Формування та забезпечення якості виробничих процесів в агропромисловому виробництві.....	23
2.1.1 Збір та аналіз даних про експлуатацію	23
2.1.2 Аналіз причин відмов	24
2.1.3 Статистичні методи оцінки надійності.....	25
2.1.4 Моделювання надійності	26
2.1.5 Врахування вимог законодавства.....	27
2.1.6 Інтеграція різних методів та підходів	28
2.2 Приклад розрахунку показників надійності насосних агрегатів	30

2.2.1	Опис обраного насосного агрегату для розрахунку показників надійності.....	30
2.2.2	Приклад розрахунку показників надійності	32
2.3.	Аналіз отриманих результатів	34
2.4	Висновок	35
Розділ 3 РОЗРОБЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ З СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ВИМОГ ЗАКОНОДАВЧИХ АКТІВ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ		
		37
3.1.	Опис мов програмування	37
3.2.	Алгоритм розробки	41
3.2.1	Початкове планування та проектування системи.....	41
3.2.2	Розробка та створення бази даних	41
3.2.3	Створення HTML-документів	42
3.2.4	Оформлення стилів з використанням CSS	44
3.2.5	Реалізація динамічного функціоналу з використанням PHP	45
3.2.6	Додавання інтерактивності з JavaScript.....	46
3.2.7	Інтеграція всіх компонентів та їх тестування	46
3.3	Приклад реалізації інформаційної моделі	48
3.4	Висновок	56
Висновки		58
Перелік джерел		61

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасному світі, що стрімко розвивається, забезпечення надійності та безпеки промислових систем є пріоритетним завданням. Насосні агрегати, будучи невід'ємною частиною багатьох галузей, відіграють важливу роль у забезпеченні безперебійної роботи підприємств та організацій. Їх використання охоплює широкий спектр застосувань, від водопостачання та водовідведення до енергетики та хімічної промисловості.

Надійність насосних агрегатів має вирішальне значення для стабільності виробничих процесів, ефективності використання ресурсів та безпеки персоналу. Несправність або відмова насосного агрегату може призвести до серйозних наслідків, включаючи:

- Економічні втрати: Простої у виробництві, пошкодження обладнання, втрата продукції та необхідність проведення ремонтних робіт можуть спричинити значні фінансові витрати для підприємства.
- Порушення безпеки: Аварійні ситуації, пов'язані з виходом з ладу насосних агрегатів, можуть становити загрозу для життя та здоров'я працівників, а також призвести до забруднення навколишнього середовища.
- Втрата репутації: Нездатність забезпечити безперебійну роботу може негативно вплинути на репутацію підприємства та його відносини з клієнтами та партнерами.

Забезпечення надійності насосних агрегатів вимагає комплексного підходу, що включає ретельний вибір обладнання, правильний монтаж та експлуатацію, а також своєчасне технічне обслуговування та ремонт. Важливим аспектом цього процесу є також дотримання вимог законодавства, що регулює питання оцінки та забезпечення надійності технічних систем.

Існує велика кількість нормативно-правових актів, технічних регламентів та стандартів, що встановлюють вимоги до показників надійності

насосних агрегатів, методів їх визначення та контролю. Однак, ця інформація часто є розрізненою та важкодоступною для фахівців, що ускладнює її ефективне використання.

У зв'язку з цим, розробка сучасної інформаційної моделі, яка дозволить систематизувати та інтегрувати вимоги законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів, є вкрай актуальною та практично значущою задачею. Така модель сприятиме:

- Підвищенню ефективності процесів проектування, експлуатації та обслуговування насосних агрегатів.
- Забезпеченню відповідності насосних агрегатів встановленим нормам та стандартам.
- Зниженню ризиків аварій та непередбачуваних відмов.
- Оптимізації витрат на експлуатацію та ремонт насосних агрегатів.
- Підвищенню конкурентоспроможності підприємств, що використовують насосні агрегати у своїй діяльності.

Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що актуальність даної роботи полягає у необхідності створення ефективного інструменту, який допоможе фахівцям забезпечити надійність та безпеку насосних агрегатів, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню ефективності та конкурентоспроможності підприємств у різних галузях промисловості.

Наукова проблема. Наукова проблема полягає у відсутності комплексної інформаційної моделі, яка б об'єднувала та систематизувала вимоги законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів. Існуючі інформаційні ресурси та бази даних часто є неповними, застарілими або неузгодженими між собою, що ускладнює їх використання фахівцями у галузі насособудування та експлуатації насосних агрегатів.

Мета та завдання роботи. Метою даної роботи є розроблення сучасної інформаційної моделі з систематизації вимог законодавства щодо визначення

показників надійності насосних агрегатів. Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішенні наступні **завдання**:

1. Провести аналіз вимог національного та міжнародного законодавства в сфері управління надійності насосних агрегатів.
 1. Проаналізувати вимоги національних та міжнародних нормативних документів щодо оцінювання надійності насосних агрегатів.
 2. Розробити методику визначення показників надійності насосних агрегатів.
 3. Розробити сучасну інформаційну модель з систематизації вимог законодавчих актів щодо визначення показників надійності насосних агрегатів.
 4. Реалізувати інформаційну модель у вигляді програмного забезпечення.
 5. Провести апробацію розробленої інформаційної моделі та програмного забезпечення.

Наукова новизна. Наукова новизна роботи полягає у:

- Розробці комплексної методики визначення показників надійності насосних агрегатів, що враховує специфіку їх експлуатації та вимоги законодавства.
- Створення сучасної інформаційної моделі, яка систематизує та інтегрує вимоги законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів.
- Реалізації інформаційної моделі у вигляді зручного та ефективного програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати процеси оцінки та контролю надійності насосних агрегатів.

Практична цінність. Практична цінність роботи полягає у:

- Підвищенні ефективності процесів проектування, експлуатації та обслуговування насосних агрегатів.

- Забезпеченні відповідності насосних агрегатів встановленим нормам та стандартам.
- Зниженні ризиків аварій та непередбачуваних відмов насосних агрегатів.
- Оптимізації витрат на експлуатацію та ремонт насосних агрегатів.
- Підвищенні конкурентоспроможності вітчизняних підприємств у галузі насособудування.

Методи дослідження. У роботі будуть використані наступні методи дослідження:

- Аналіз та систематизація наукової та технічної літератури.
- Аналіз нормативно-правових актів та технічних регламентів.
- Методи математичного моделювання та статистичного аналізу.
- Методи програмування та розробки програмного забезпечення.
- Експериментальні дослідження.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, переліку джерел посилань. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 62 сторінки, у тому числі 18 рисунків, двох таблиць, бібліографії із 32 джерела на трьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

1.1 Аналіз вимог національного та міжнародного законодавства в сфері управління енергоефективності насосних агрегатів

1.1.1 Національне законодавство

В Україні ключовими нормативно-правовими актами, що регулюють питання надійності насосних агрегатів, є закони, постанови Кабінету Міністрів України та технічні регламенти.

Закон України "Про технічні регламенти та оцінку відповідності" є основоположним документом, що визначає загальні принципи та процедури оцінки відповідності продукції, включаючи насосні агрегати, встановленим вимогам. Він встановлює правила розробки, прийняття та застосування технічних регламентів, які містять конкретні вимоги до різних видів продукції, зокрема й до насосних агрегатів. Цей закон спрямований на забезпечення вільного переміщення товарів на ринку, захист життя та здоров'я людей, тварин, рослин, навколишнього природного середовища та інтересів споживачів щодо безпеки продукції[1].

Закон України "Про охорону праці" встановлює правові та організаційні засади охорони праці в Україні. Він визначає основні принципи державної політики у сфері охорони праці, права та обов'язки роботодавців та працівників щодо забезпечення безпечних і здорових умов праці, а також відповідальність за порушення законодавства про охорону праці. У контексті насосних агрегатів, цей закон вимагає від роботодавців забезпечити безпечну експлуатацію обладнання, проводити навчання та інструктаж працівників, а також вживати заходів для запобігання аваріям та нещасним випадкам.

Закон України "Про захист прав споживачів" регулює відносини між споживачами та виробниками (продавцями, виконавцями) товарів, робіт і

послуг. Він встановлює права споживачів на безпеку, інформацію, вибір, відшкодування збитків тощо, а також обов'язки виробників щодо забезпечення якості та безпеки продукції, надання достовірної інформації та належного обслуговування. У контексті насосних агрегатів, цей закон вимагає від виробників забезпечити відповідність продукції встановленим вимогам безпеки та надійності, а також надати споживачам необхідну інформацію про товар, включаючи його технічні характеристики, умови експлуатації та гарантійні зобов'язання[2].

Окрім законів, важливу роль у регулюванні питань надійності насосних агрегатів відіграють постанови Кабінету Міністрів України.

Постанова КМУ "Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин" є одним з ключових документів, що встановлюють вимоги до безпеки машин та обладнання, включаючи насосні агрегати. Цей технічний регламент гармонізований з відповідними директивами Європейського Союзу та містить конкретні вимоги до конструкції, виготовлення, монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту машин, а також процедури оцінки їх відповідності. Він спрямований на мінімізацію ризиків, пов'язаних з використанням машин, та забезпечення їх безпечної експлуатації протягом усього життєвого циклу.

Постанова КМУ "Про затвердження Порядку проведення експертизи технічного стану машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки" визначає процедуру та періодичність проведення експертизи технічного стану обладнання, що використовується на підприємствах, з метою оцінки його відповідності вимогам безпеки. Насосні агрегати, що належать до категорії підвищеної небезпеки, підлягають обов'язковій експертизі, яка проводиться уповноваженими організаціями. Ця постанова спрямована на запобігання аваріям та нещасним випадкам, пов'язаним з експлуатацією обладнання, що перебуває у незадовільному технічному стані[3].

Технічні регламенти є ще одним важливим елементом національного законодавства, що безпосередньо стосуються насосних агрегатів. Вони містять детальні технічні вимоги до продукції, процесів та послуг, спрямовані на забезпечення їх безпеки, охорони здоров'я та навколишнього середовища.

Наприклад, Технічний регламент щодо суттєвих вимог до обладнання та захисних систем, призначених для використання у потенційно вибухонебезпечних середовищах, встановлює вимоги до обладнання, що використовується у вибухонебезпечних зонах, включаючи насосні агрегати. Цей регламент містить вимоги до конструкції, маркування, інструкцій з експлуатації та технічного обслуговування такого обладнання, а також процедури оцінки його відповідності.

1.1.2 Міжнародне законодавство

Міжнародне законодавство відіграє ключову роль у гармонізації вимог до надійності насосних агрегатів та забезпеченні їх відповідності глобальним стандартам. Це особливо важливо для підприємств, які здійснюють експортно-імпорتنі операції або працюють на міжнародному ринку, оскільки дозволяє забезпечити вільний обіг продукції та уникнути технічних бар'єрів у торгівлі.

Серед ключових міжнародних документів, що регулюють питання надійності насосних агрегатів, можна виділити:

Директиви Європейського Союзу: ЄС розробив низку директив, які встановлюють основні вимоги до безпеки та надійності різноманітних видів продукції, включаючи насосні агрегати. Серед найбільш важливих можна визначити:

- Директива щодо машин (Machinery Directive 2006/42/EC): Ця директива встановлює вимоги до безпеки машин та обладнання, включаючи насосні агрегати, з метою забезпечення вільного переміщення такої продукції на ринку ЄС. Вона охоплює широкий спектр аспектів безпеки, таких як конструкція, виробництво, монтаж, експлуатація та технічне обслуговування машин. Директива вимагає від виробників проводити оцінку ризиків та

вживати заходів для усунення або мінімізації потенційних небезпек, пов'язаних з використанням машин. Також вона передбачає процедуру сертифікації відповідності машин вимогам директиви, що підтверджується маркуванням знаком CE[4].

- Директива щодо обладнання, що працює під тиском (Pressure Equipment Directive 2014/68/EU): Ця директива регулює проектування, виготовлення та оцінку відповідності обладнання, що працює під тиском, включаючи деякі типи насосів. Вона встановлює вимоги до матеріалів, конструкції, випробувань та маркування такого обладнання, а також визначає категорії обладнання залежно від рівня потенційної небезпеки. Директива спрямована на забезпечення безпечної експлуатації обладнання, що працює під тиском, та запобігання аваріям та нещасним випадкам[5].
- Стандарти ISO: Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) розробляє та публікує стандарти, що охоплюють різні сфери діяльності, включаючи насособудування. Хоча ці стандарти є добровільними для застосування, вони широко використовуються у всьому світі як основа для забезпечення якості та надійності продукції. У контексті насосних агрегатів, стандарти ISO встановлюють вимоги до їх конструкції, випробувань, маркування, технічної документації тощо. Деякі з ключових стандартів ISO, що стосуються насосних агрегатів:
 - ISO 5199:2012 - Насоси відцентрові. Класифікація, маркування та методи опису продуктивності: Цей стандарт встановлює класифікацію, маркування та методи опису продуктивності відцентрових насосів, що дозволяє порівнювати різні моделі та вибирати найбільш підходящі для конкретних застосувань[7].

- ISO 9906:2012 - Насоси відцентрові. Випробування на приймання (Клас 1 і Клас 2): Цей стандарт визначає методи та процедури проведення випробувань на приймання відцентрових насосів для перевірки їх відповідності заявленим характеристикам та вимогам замовника.
- ISO 13709:2009 - Насоси відцентрові. Технічні характеристики та вибір: Цей стандарт надає рекомендації щодо вибору відцентрових насосів на основі їх технічних характеристик та умов експлуатації[6].
- Інші міжнародні норми та правила: Окрім директив ЄС та стандартів ISO, існують й інші міжнародні норми та правила, що можуть бути застосовані до насосних агрегатів залежно від їх призначення та сфери використання. Наприклад:
 - Стандарти API (Американський інститут нафти): Ці стандарти широко використовуються у нафтогазовій промисловості та встановлюють вимоги до обладнання, що використовується у цій галузі, включаючи насосні агрегати.
 - Стандарти ASME (Американське товариство інженерів-механіків): Ці стандарти охоплюють широкий спектр технічних областей, включаючи насособудування, та встановлюють вимоги до конструкції, матеріалів, випробувань та маркування обладнання.

Міжнародне законодавство у сфері управління надійності насосних агрегатів є динамічним та постійно розвивається, реагуючи на нові технологічні досягнення та виклики. Тому важливо відслідковувати зміни у міжнародних нормах та стандартах, а також враховувати їх при проектуванні, виготовленні та експлуатації насосних агрегатів, особливо якщо вони призначені для експорту або використання у міжнародних проектах.

1.1.3 Порівняльний аналіз вимог національного та міжнародного законодавства

Проведення порівняльного аналізу вимог національного законодавства України та міжнародних норм і практик у сфері управління надійністю насосних агрегатів дозволяє виявити як сильні сторони, так і прогалини у вітчизняній системі регулювання, а також визначити шляхи її подальшого розвитку та гармонізації з міжнародними стандартами.

Сильні сторони національного законодавства:

- Комплексний підхід: Українське законодавство охоплює широкий спектр питань, пов'язаних з надійністю насосних агрегатів, включаючи технічні вимоги, процедури оцінки відповідності, охорону праці та захист прав споживачів.
- Гармонізація з ЄС: Значна частина українського законодавства, особливо технічні регламенти, розроблені з урахуванням відповідних директив Європейського Союзу, що сприяє інтеграції України до європейського ринку та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної продукції.
- Обов'язковість виконання: Законодавчі акти та технічні регламенти мають обов'язкову силу на території України, що забезпечує певний рівень контролю та відповідальності за дотримання вимог щодо надійності насосних агрегатів.

Прогалини та шляхи вдосконалення:

- Недостатня деталізація: Деякі положення законодавства можуть бути недостатньо конкретними та деталізованими, що залишає простір для різночитань та ускладнює їх практичне застосування. Це вимагає розробки додаткових нормативних документів та методичних рекомендацій, що конкретизують вимоги законодавства.

- **Складність та розпорошеність:** Інформація про вимоги до надійності насосних агрегатів міститься у різних законодавчих актах, технічних регламентах та стандартах, що ускладнює її пошук та систематизацію. Це створює потребу у розробці інтегрованих інформаційних систем та баз даних, що забезпечують зручний доступ до актуальної нормативної інформації.
- **Недостатній рівень контролю:** Незважаючи на обов'язковість виконання законодавства, існують проблеми з його ефективним контролем та забезпеченням дотримання вимог щодо надійності насосних агрегатів. Це вимагає посилення державного нагляду та контролю, а також підвищення відповідальності виробників та експлуатантів обладнання.
- **Необхідність постійного оновлення:** Законодавство та стандарти у сфері надійності насосних агрегатів постійно оновлюються та доповнюються, що вимагає від фахівців постійного моніторингу та актуалізації своїх знань. Це створює потребу у створенні механізмів ефективного інформування та навчання фахівців щодо змін у законодавстві.

Порівняння з міжнародними нормами:

- **Європейський Союз:** Українське законодавство у сфері надійності насосних агрегатів значною мірою гармонізоване з директивами ЄС, що сприяє вільному обігу продукції на європейському ринку. Проте, існують певні відмінності у деталях та процедурах оцінки відповідності, які необхідно враховувати при експорті продукції до ЄС.
- **Стандарти ISO:** Українські стандарти у галузі насособудування базуються на міжнародних стандартах ISO, що забезпечує їх сумісність та визнання на міжнародному рівні. Однак, процес

адаптації та впровадження нових стандартів ISO може займати певний час, що створює певні труднощі для виробників та експлуатантів обладнання.

- Інші міжнародні норми: Залежно від специфіки застосування насосних агрегатів, можуть бути застосовані інші міжнародні норми та правила, такі як стандарти API або ASME. Це вимагає від фахівців знання та розуміння цих норм, а також їх врахування при проектуванні, виготовленні та експлуатації обладнання.

1.2 Аналіз вимог національних та міжнародних нормативних документів щодо оцінювання надійності насосних агрегатів

1.2.1 Національні нормативні документи

В Україні існує ряд національних стандартів, що регламентують питання оцінювання надійності технічних систем, включаючи насосні агрегати. Серед них можна виділити такі ключові документи:

- ДСТУ 2860-94 "Надійність техніки. Терміни та визначення": Цей стандарт встановлює основні терміни та визначення у сфері надійності техніки, що використовуються в інших нормативних документах та науково-технічній літературі. Він є основою для розуміння та інтерпретації вимог щодо надійності, що містяться в інших стандартах[8].
- ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення": Цей стандарт встановлює вимоги до структури та правил оформлення звітів у сфері науки і техніки, включаючи звіти про дослідження надійності технічних систем. Він допомагає забезпечити єдність та порівнянність результатів досліджень, що проводяться різними організаціями та фахівцями.

- СОУ 73.001.03.001:2004 "Надійність техніки. Загальні вимоги до виконання розрахунків показників надійності": Цей стандарт встановлює загальні вимоги до виконання розрахунків показників надійності технічних систем, включаючи насосні агрегати. Він визначає основні методи розрахунку, вихідні дані та умови їх застосування, а також вимоги до оформлення результатів розрахунків.

1.2.2 Міжнародні нормативні документи

На міжнародному рівні існує ряд стандартів, розроблених Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), що встановлюють вимоги та методики оцінювання надійності насосних агрегатів. Серед них можна виділити:

- ISO 14224:2016 Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment: Цей стандарт визначає вимоги до збору та обміну даними про надійність та технічне обслуговування обладнання, що використовується у нафтогазовій промисловості, включаючи насосні агрегати. Він сприяє створенню єдиної системи збору та аналізу даних про надійність, що дозволяє порівнювати та оцінювати надійність обладнання різних виробників та моделей[9].
- ISO 20816-1:2016 Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration - Part 1: General guidelines: Цей стандарт встановлює загальні принципи та методики вимірювання та оцінки вібрації машин, включаючи насосні агрегати. Вібрація є одним з ключових показників технічного стану обладнання та може свідчити про наявність дефектів або зношування деталей, що може призвести до відмови[10].
- ISO 10436:2019 Pumps - External vibration measurements for acceptance tests - General guidelines: Цей стандарт визначає

методики вимірювання зовнішньої вібрації насосів під час приймальних випробувань. Він допомагає забезпечити відповідність насосів вимогам щодо вібрації, що є важливим аспектом їх надійності та довговічності[11].

1.2.3 Показники надійності

Оцінювання та управління надійністю насосних агрегатів спирається на систему кількісних та якісних показників, що відображають різні аспекти їх здатності виконувати задані функції протягом певного часу. Ці показники дозволяють не лише оцінити поточний стан надійності, але й прогнозувати майбутню поведінку системи, планувати технічне обслуговування та ремонт, а також приймати обґрунтовані рішення щодо заміни або модернізації обладнання[12].

Серед ключових показників надійності насосних агрегатів можна виділити наступні:

- **Ймовірність безвідмовної роботи:** Це ймовірність того, що насосний агрегат буде працювати безвідмовно протягом заданого інтервалу часу t . Цей показник є одним з основних та характеризує здатність системи виконувати свої функції без збоїв протягом певного періоду. Ймовірність безвідмовної роботи зазвичай зменшується з часом, оскільки знос та старіння компонентів збільшують ризик відмов.
- **Середній наробіток до відмови:** Це середній час, протягом якого насосний агрегат працює безвідмовно до першої відмови. Цей показник є важливим для планування технічного обслуговування та ремонту, оскільки дозволяє оцінити, як часто система потребуватиме втручання. Високий МТВФ свідчить про високу надійність системи та меншу потребу у ремонтах.
- **Інтенсивність відмов:** Це відношення кількості відмов насосного агрегату до часу його роботи. Цей показник характеризує частоту виникнення відмов у системі та може змінюватися з часом залежно

від процесів зношування та старіння компонентів. Висока інтенсивність відмов свідчить про низьку надійність системи та більшу потребу у ремонтах.

- **Середній час відновлення:** Це середній час, необхідний для відновлення працездатності насосного агрегату після відмови. Цей показник є важливим для оцінки впливу відмов на виробничий процес, оскільки тривалі простої можуть призвести до значних економічних втрат. Низький MTTR свідчить про швидке відновлення системи після відмови та менші втрати виробництва.
- **Коефіцієнт готовності:** Це відношення часу, протягом якого система перебуває у працездатному стані, до загального часу її експлуатації. Цей показник враховує як частоту відмов, так і час, необхідний для їх усунення, та характеризує загальну ефективність використання системи. Високий коефіцієнт готовності свідчить про високу надійність та доступність системи.
- **Ймовірність відмови за час t :** Це ймовірність того, що за певний проміжок часу t система відмовить. Цей показник є протилежним до ймовірності безвідмовної роботи та використовується для оцінки ризику відмов у певний період.
- **Інтенсивність відмов на вимогу:** Цей показник використовується для систем, що працюють у режимі очікування та активуються за вимогою. Він характеризує ймовірність відмови системи при її активації.
- **Частота відмов:** Це кількість відмов системи за певний період часу. Цей показник може бути використаний для порівняння надійності різних систем або для відстеження динаміки надійності однієї системи з часом.

1.3 Висновок

Проведений аналіз вимог національного та міжнародного законодавства, а також нормативних документів щодо оцінювання надійності насосних агрегатів дозволяє зробити ряд важливих висновків, що підкреслюють актуальність та необхідність подальших досліджень у цій галузі.

1. Комплексність та багатогранність регулювання. Законодавча база, що стосується надійності насосних агрегатів, є складною та багатогранною системою, що охоплює різні аспекти їх життєвого циклу. Вона включає як загальні принципи технічного регулювання та оцінки відповідності, так і специфічні вимоги до конструкції, виготовлення, монтажу, експлуатації та технічного обслуговування насосних агрегатів. Така комплексність забезпечує всебічний підхід до забезпечення надійності, але водночас створює певні труднощі для фахівців у розумінні та застосуванні всіх норм та правил.

2. Гармонізація з міжнародними стандартами. В Україні спостерігається активний процес гармонізації національного законодавства з міжнародними нормами та практиками, особливо з директивами Європейського Союзу та стандартами ISO. Це сприяє інтеграції України до світового ринку та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної продукції. Однак, процес гармонізації є тривалим та складним, і деякі відмінності між національними та міжнародними вимогами все ще залишаються, що потребує уваги та врахування при проектуванні та експлуатації насосних агрегатів.

3. Значення нормативних документів. Національні та міжнародні стандарти відіграють важливу роль у забезпеченні єдиних підходів до оцінювання надійності насосних агрегатів. Вони встановлюють термінологію, методики розрахунку показників надійності, вимоги до випробувань та інші важливі аспекти. Застосування цих стандартів дозволяє забезпечити порівнянність результатів оцінки надійності, що проводиться різними

організаціями та фахівцями, а також сприяє підвищенню якості та безпеки продукції.

4. Різноманітність показників надійності. Для оцінки надійності насосних агрегатів використовується широкий спектр показників, що відображають різні аспекти їх здатності виконувати задані функції. Ймовірність безвідмовної роботи, середній наробіток до відмови, інтенсивність відмов, середній час відновлення - це лише деякі з ключових показників, що дозволяють оцінити та порівняти надійність різних моделей та виробників насосних агрегатів.

5. Необхідність систематизації та інтеграції. Незважаючи на наявність значної кількості нормативних документів, інформація про вимоги до надійності насосних агрегатів часто є розпорошеною та важкодоступною. Це створює потребу у систематизації та інтеграції цієї інформації, а також у розробці зручних інструментів для її практичного застосування фахівцями.

6. Актуальність розробки інформаційної моделі. Створення сучасної інформаційної моделі, що об'єднує та систематизує вимоги національного та міжнародного законодавства, а також нормативних документів щодо оцінювання надійності насосних агрегатів, є актуальною та практично значущою задачею. Така модель дозволить фахівцям швидко та ефективно отримувати необхідну інформацію, порівнювати різні підходи та методики, а також забезпечувати відповідність насосних агрегатів встановленим вимогам. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню надійності та безпеки насосних систем, зниженню ризиків аварій та відмов, а також підвищенню ефективності їх експлуатації.

7. Перспективи подальших досліджень. Окрім створення інформаційної моделі, важливим напрямком подальших досліджень є розробка методик та інструментів для прогнозування надійності насосних агрегатів на основі аналізу їх технічного стану та умов експлуатації. Це дозволить перейти від реактивного підходу до управління надійністю, коли ремонт та обслуговування проводяться після виникнення відмов, до проактивного

підходу, коли технічне обслуговування проводиться на основі прогнозування можливих відмов, що дозволяє запобігти їм та мінімізувати їх наслідки.

Таким чином, аналіз законодавчої та нормативної бази у сфері надійності насосних агрегатів показує, що ця галузь є динамічною та постійно розвивається. З'являються нові технології, змінюються вимоги до обладнання, удосконалюються методики оцінювання надійності. У зв'язку з цим, важливо не лише створювати нові інструменти та моделі, але й постійно актуалізувати та вдосконалювати їх, враховуючи останні досягнення науки та техніки. Це дозволить забезпечити ефективне управління надійністю насосних агрегатів та сприятиме підвищенню безпеки та ефективності їх експлуатації у різних галузях промисловості та сільського господарства.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

2.1 Формування та забезпечення якості виробничих процесів в агропромисловому виробництві

2.1.1 Збір та аналіз даних про експлуатацію

Першим і найважливішим етапом визначення показників надійності є збір та аналіз даних про експлуатацію насосних агрегатів. Цей етап є фундаментом для всіх подальших розрахунків та висновків, тому його ретельне та систематичне виконання має вирішальне значення.

Збір даних передбачає створення та ведення детальної документації, що фіксує всі важливі аспекти роботи насосного агрегату. Це включає не лише інформацію про відмови та несправності, але й дані про напруження (загальний час роботи, кількість циклів ввімкнення/вимкнення тощо) та умови експлуатації (температура, тиск, характеристики перекачуваного середовища тощо).

Сучасні технології, такі як системи моніторингу та діагностики, можуть значно полегшити процес збору даних, дозволяючи автоматично фіксувати параметри роботи насосного агрегату та виявляти ознаки можливих несправностей на ранніх стадіях.

Аналіз зібраних даних передбачає їх систематизацію, обробку та інтерпретацію з метою виявлення закономірностей та тенденцій у виникненні відмов та несправностей. Це може включати побудову графіків та діаграм, розрахунок статистичних характеристик, виявлення кореляцій між різними параметрами тощо.

Результати аналізу дозволяють не лише оцінити поточний стан надійності насосного агрегату, але й виявити слабкі місця та потенційні проблеми, що можуть призвести до відмов у майбутньому. Це дає можливість

вжити профілактичних заходів та своєчасно провести технічне обслуговування або ремонт, що сприяє підвищенню надійності та довговічності обладнання.

2.1.2 Аналіз причин відмов

Аналіз причин відмов є невід'ємною частиною процесу управління надійністю насосних агрегатів. Він дозволяє не лише виявити конкретні причини, що призвели до відмови, але й зрозуміти глибинні механізми та фактори, що сприяють їх виникненню. Це дає можливість розробити та впровадити ефективні заходи щодо запобігання відмовам та підвищення надійності обладнання[13].

Першим кроком в аналізі причин відмов є їх класифікація за різними ознаками. Це може включати класифікацію за видом відмови (механічна, електрична, гідравлічна тощо), причиною відмови (конструктивні недоліки, помилки експлуатації, знос деталей, зовнішні фактори тощо), а також за наслідками відмови (простій обладнання, втрата продукції, аварійна ситуація, вплив на навколишнє середовище тощо). Така класифікація дозволяє систематизувати інформацію про відмови та виявити найбільш поширені та критичні типи відмов.

Наступним кроком є виявлення кореневих причин відмов, тобто тих основних факторів, що запускають ланцюг подій, які призводять до відмови. Для цього можуть бути використані різні методи аналізу причин та наслідків, такі як діаграми Ісікави (діаграми "риб'ячої кістки"), метод "5 чому" тощо. Ці методи дозволяють простежити ланцюг причинно-наслідкових зв'язків та виявити ті фактори, на які необхідно впливати для запобігання відмовам.

На основі проведеного аналізу причин відмов розробляються та впроваджуються конкретні заходи щодо підвищення надійності насосних агрегатів. Це можуть бути як технічні заходи, такі як удосконалення конструкції, використання більш надійних матеріалів та компонентів, оптимізація режимів експлуатації, так і організаційні заходи, такі як

підвищення кваліфікації персоналу, впровадження системи планово-попереджувальних ремонтів, покращення контролю якості тощо.

Аналіз причин відмов є безперервним процесом, що вимагає постійного збору та аналізу даних про експлуатацію та відмови, а також постійного вдосконалення заходів щодо підвищення надійності. Це дозволяє не лише реагувати на вже виниклі проблеми, але й прогнозувати та запобігати можливим відмовам у майбутньому, що сприяє підвищенню ефективності та безпеки експлуатації насосних агрегатів.

2.1.3 Статистичні методи оцінки надійності

Статистичні методи відіграють ключову роль в оцінці надійності насосних агрегатів, дозволяючи витягти цінну інформацію з даних про експлуатацію та відмови. Ці методи базуються на математичних моделях та ймовірнісних розподілах, що описують випадковий характер відмов та дозволяють робити прогнози щодо майбутньої поведінки системи.

Одним з найпоширеніших методів є метод максимальної правдоподібності. Він дозволяє оцінити параметри розподілу надійності (наприклад, середній наробіток до відмови або інтенсивність відмов) на основі вибірки даних про відмови. Ідея методу полягає у знаходженні таких значень параметрів, за яких ймовірність отримання спостережуваних даних є максимальною. Цей метод є досить точним та ефективним, особливо при великих обсягах даних.

Іншим важливим методом є метод моментів. Він також використовується для оцінки параметрів розподілу надійності, але базується на порівнянні теоретичних та емпіричних моментів розподілу (математичне очікування, дисперсія тощо). Цей метод є простішим у застосуванні, ніж метод максимальної правдоподібності, але може бути менш точним, особливо при обмеженому обсязі даних або складних розподілах.

Регресійний аналіз є потужним інструментом для виявлення залежності між показниками надійності та різними факторами, що впливають на них. Наприклад, можна дослідити, як надійність насосного агрегату залежить від

його віку, інтенсивності експлуатації, умов навколишнього середовища тощо. Регресійний аналіз дозволяє побудувати математичну модель, що описує цю залежність, та використовувати її для прогнозування надійності за різних умов.

Аналіз виживаності є особливо корисним при оцінці надійності обладнання, яке може бути виведено з експлуатації до виникнення відмови (наприклад, через планове технічне обслуговування або заміну). Цей метод дозволяє врахувати такі "цензуровані" дані та отримати більш точні оцінки показників надійності, таких як ймовірність безвідмовної роботи та середній наробіток до відмови.

Вибір конкретного статистичного методу залежить від багатьох факторів, включаючи тип наявних даних, специфіку розподілу надійності, вимоги до точності оцінок тощо. Часто для досягнення найкращих результатів використовується комбінація різних методів, що дозволяє врахувати сильні та слабкі сторони кожного з них.

2.1.4 Моделювання надійності

Моделювання надійності є потужним інструментом для аналізу та прогнозування поведінки складних систем, таких як насосні агрегати. Воно дозволяє створювати математичні моделі, що описують взаємодію різних компонентів системи та процеси, що призводять до відмов. Ці моделі можуть бути використані для оцінки надійності системи в цілому, ідентифікації слабких місць, прогнозування часу до відмови та оптимізації стратегій технічного обслуговування та ремонту.

Одним з поширених підходів до моделювання надійності є моделювання відмов та ремонтів. Цей підхід базується на представленні системи у вигляді графа станів, де кожен стан відповідає певному рівню працездатності системи, а переходи між станами відбуваються внаслідок відмов та ремонтів компонентів. Аналізуючи цей граф, можна оцінити ймовірність перебування системи у різних станах, розрахувати середній час до відмови, середній час відновлення та інші важливі показники надійності[11].

Іншим підходом є моделювання на основі фізики відмов. Цей підхід враховує фізичні процеси, що призводять до відмов компонентів, такі як знос, корозія, втома матеріалу, перегрівання тощо. Моделі на основі фізики відмов дозволяють оцінити вплив різних факторів на надійність компонентів та системи в цілому, а також прогнозувати час до відмови залежно від умов експлуатації[14].

В останні роки все більшого поширення набувають методи моделювання на основі штучного інтелекту. Ці методи використовують алгоритми машинного навчання для аналізу великих обсягів даних про експлуатацію та відмови насосних агрегатів. Вони дозволяють виявляти приховані закономірності та залежності, які можуть бути не очевидними при застосуванні традиційних методів моделювання. Моделі на основі штучного інтелекту можуть прогнозувати надійність з високою точністю, навіть за умов неповної або неточної інформації.

Вибір конкретного методу моделювання залежить від складності системи, наявності даних, вимог до точності прогнозів та інших факторів. Часто для досягнення найкращих результатів використовується комбінація різних методів моделювання, що дозволяє врахувати різні аспекти надійності та отримати більш повну картину поведінки системи.

Моделювання надійності є потужним інструментом, що дозволяє не лише оцінити поточний стан надійності насосного агрегату, але й прогнозувати його майбутню поведінку, оптимізувати стратегії технічного обслуговування та ремонту, а також приймати обґрунтовані рішення щодо заміни або модернізації обладнання. Це сприяє підвищенню ефективності та безпеки експлуатації насосних агрегатів, а також зниженню витрат на їх обслуговування та ремонт.

2.1.5 Врахування вимог законодавства

Визначення та оцінка показників надійності насосних агрегатів не може відбуватися у відриві від законодавчого поля. Врахування вимог законодавства є невід'ємною частиною процесу забезпечення надійності та

безпеки експлуатації обладнання. Це стосується як національних нормативно-правових актів, так і міжнародних стандартів та директив, особливо якщо обладнання призначене для експорту або використання в міжнародних проектах.

Законодавство встановлює мінімально допустимі значення для деяких показників надійності, наприклад, ймовірності безвідмовної роботи або середнього наробітку до відмови. Це гарантує, що обладнання відповідає певним стандартам безпеки та ефективності, що є важливим як для захисту життя та здоров'я людей, так і для забезпечення економічної доцільності експлуатації обладнання.

Крім того, законодавство може визначати конкретні методики розрахунку показників надійності, що забезпечує єдність підходів та порівнянність результатів оцінки надійності, проведеної різними організаціями та фахівцями. Це особливо важливо у випадках, коли результати оцінки надійності використовуються для прийняття рішень щодо сертифікації продукції, допуску її до експлуатації або вибору постачальника.

Враховання вимог законодавства при визначенні показників надійності також пов'язане з питаннями відповідальності. Виробники та експлуатанти обладнання несуть відповідальність за його безпечну та надійну роботу, і недотримання законодавчих вимог може призвести до серйозних наслідків, включаючи штрафи, відкликання продукції з ринку та навіть кримінальну відповідальність у разі аварій та нещасних випадків.

Тому, на етапі проектування, виготовлення та експлуатації насосних агрегатів необхідно ретельно вивчати та аналізувати відповідні законодавчі та нормативні документи, щоб забезпечити їх повну відповідність встановленим вимогам. Це може включати проведення додаткових випробувань та розрахунків, внесення змін до конструкції або технології виробництва, а також розробку спеціальних інструкцій з експлуатації та технічного обслуговування.

2.1.6 Інтеграція різних методів та підходів

Управління надійністю насосних агрегатів — це комплексне завдання, яке вимагає використання різноманітних методів та підходів. Кожен з них має свої сильні та слабкі сторони, і їх ефективність може варіюватися залежно від конкретної ситуації та доступних даних. Тому для досягнення найкращих результатів важливо інтегрувати різні методи та підходи, комбінуючи їх переваги та компенсуючи їхні недоліки[15].

Наприклад, статистичні методи можуть бути ефективними для аналізу існуючих даних про експлуатацію та відмови, дозволяючи виявити закономірності та тенденції, що можуть бути не очевидними при візуальному огляді даних. Однак, ці методи можуть бути менш ефективними для прогнозування надійності нових або модернізованих систем, для яких немає достатнього обсягу історичних даних.

У таких випадках можуть бути корисними методи моделювання, які дозволяють створювати математичні моделі, що описують поведінку системи та прогнозують її надійність на основі знання про її структуру, компоненти та процеси, що відбуваються в ній. Моделювання може бути особливо корисним на етапі проектування, коли можна оцінити вплив різних конструктивних рішень на надійність системи та вибрати оптимальний варіант.

Крім того, інтеграція різних методів може включати комбінацію статистичних методів з методами моделювання. Наприклад, статистичні методи можуть бути використані для калібрування та валідації моделей, а моделі, у свою чергу, можуть бути використані для інтерпретації та пояснення результатів статистичного аналізу.

Інтеграція також може відбуватися на рівні різних джерел даних. Наприклад, дані про експлуатацію та відмови можуть бути об'єднані з даними про технічне обслуговування та ремонт, що дозволить отримати більш повну картину про фактори, що впливають на надійність. Також можуть бути використані дані з інших джерел, такі як інформація про аналогічне обладнання, результати наукових досліджень тощо.

Важливим аспектом інтеграції є також врахування експертних знань та досвіду фахівців, що працюють з насосним обладнанням. Їхні знання про особливості конструкції, експлуатації та ремонту можуть бути використані для уточнення моделей, інтерпретації результатів аналізу та розробки ефективних заходів щодо підвищення надійності.

Інтеграція різних методів та підходів є складним, але необхідним завданням для досягнення високого рівня надійності насосних агрегатів. Вона вимагає не лише глибокого розуміння кожного з методів, але й вміння їх ефективно комбінувати та адаптувати до конкретних умов та завдань. Це дозволяє створити гнучку та адаптивну систему управління надійністю, яка здатна реагувати на зміни умов експлуатації та забезпечувати стабільну та безпечну роботу насосного обладнання.

2.2 Приклад розрахунку показників надійності насосних агрегатів

2.2.1 Опис обраного насосного агрегату для розрахунку показників надійності

Для глибшого розуміння практичного застосування запропонованої методики, розглянемо детальний приклад розрахунку показників надійності для конкретного насосного агрегату. У цьому прикладі ми будемо використовувати насосний агрегат ЦНС 38-176, який широко застосовується для зрошення сільськогосподарських угідь. Цей тип насоса відцентрового типу характеризується високою продуктивністю та надійністю, що робить його придатним для інтенсивної експлуатації в умовах сільського господарства.

ЦНС 38-176 - це насосний агрегат, що складається з відцентрового насоса та електродвигуна. Він призначений для перекачування чистої води та інших рідин з подібними властивостями, що робить його незамінним для систем зрошення, де вода часто перекачується з річок, озер або свердловин на поля.

Основні технічні характеристики цього агрегату включають:

- Подача: 38 м³/год - це означає, що насос може перекачувати до 38 кубічних метрів води за годину, що є достатнім для зрошення значних площ.
- Напір: 176 м - цей параметр вказує на те, на яку висоту насос може підняти воду, що важливо при зрошенні полів, розташованих на схилах або при необхідності подачі води на великі відстані.
- Потужність електродвигуна: 30 кВт - потужність двигуна визначає енергоспоживання насоса та його здатність забезпечувати необхідну подачу та напір.
- ККД насоса: 75% - коефіцієнт корисної дії показує, яка частина споживаної електроенергії перетворюється на корисну роботу з перекачування води.

Висока продуктивність та надійність насоса ЦНС 38-176 роблять його привабливим вибором для сільськогосподарських підприємств, проте, як і будь-яке обладнання, він може зазнавати відмов та несправностей. Тому важливо мати можливість оцінити та прогнозувати його надійність, щоб забезпечити безперебійну роботу системи зрошення та мінімізувати ризики втрат врожаю.

Для проведення розрахунків показників надійності нам необхідні дані про експлуатацію насосного агрегату, зокрема інформація про відмови, що відбулися протягом певного періоду спостереження. Припустимо, що ми маємо такі дані:

- Період спостереження (Троб): 1 рік (8760 годин) - це загальний час, протягом якого насосний агрегат експлуатувався та за яким проводився збір даних.
- Кількість відмов (N): 3 - протягом року було зафіксовано три випадки відмови насосного агрегату, що призвели до його зупинки та необхідності проведення ремонтних робіт.

- Сумарний час простою через відмови (Твіднов): 24 години - це загальний час, протягом якого насосний агрегат був непрацездатний через відмови, що включає час на діагностику, ремонт та відновлення його роботи.

2.2.2 Приклад розрахунку показників надійності

1. Середній час до відмови (MTBF):

MTBF розраховується шляхом ділення загального часу роботи насосного агрегату (Троб) на кількість відмов, що сталися протягом цього часу (N).

У нашому випадку:

$$MTBF = \text{Троб} / N = 8760 \text{ годин} / 3 = 2920 \text{ годин}$$

Це означає, що в середньому насосний агрегат ЦНС 38-176 працює без відмов протягом приблизно 2920 годин, або близько 4 місяців. Цей показник є важливим для планування технічного обслуговування та розуміння, як часто можна очікувати виникнення проблем з агрегатом. Високе значення MTBF свідчить про хорошу надійність обладнання та його здатність працювати тривалий час без збоїв.

2. Середній час відновлення (MTTR):

MTTR визначається шляхом ділення сумарного часу, витраченого на відновлення насосного агрегату після відмови (Твіднов), на кількість відмов (N).

У нашому випадку:

$$MTTR = \text{Твіднов} / N = 24 \text{ години} / 3 = 8 \text{ годин}$$

Отже, в середньому для відновлення працездатності насосного агрегату після відмови потрібно 8 годин. Цей показник важливий для оцінки впливу відмов на виробничий процес, оскільки тривалі простої можуть призвести до значних економічних втрат. Низьке значення MTTR свідчить про ефективність процесів ремонту та відновлення, що дозволяє швидко повернути обладнання до роботи.

3. Коефіцієнт готовності (A):

Коефіцієнт готовності показує, яку частину часу насосний агрегат перебуває у працездатному стані та готовий до виконання своїх функцій. Розраховується він за формулою:

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) = 2920 \text{ годин} / (2920 \text{ годин} + 8 \text{ годин}) = 0,997 \text{ або } 99,7\%$$

Це означає, що насосний агрегат ЦНС 38-176 протягом 99,7% часу перебуває у працездатному стані. Це дуже високий показник, який свідчить про високу надійність агрегату та його здатність забезпечувати безперебійну роботу системи зрошення.

4. Інтенсивність відмов (λ):

Інтенсивність відмов характеризує частоту виникнення відмов та розраховується як обернена величина до середнього часу до відмови:

$$\lambda = 1 / \text{MTBF} = 1 / 2920 \text{ годин} = 0,000342 \text{ відмов/годину}$$

Це означає, що в середньому відбувається 0,000342 відмови за кожен годину роботи агрегату. Цей показник дозволяє оцінити ризик виникнення відмови у будь-який момент часу та врахувати його при плануванні робіт та резервуванні обладнання.

5. Ймовірність безвідмовної роботи ($R(t)$) для $t = 500$ годин:

Ймовірність безвідмовної роботи показує ймовірність того, що агрегат пропрацює без відмов протягом заданого часу t . Розраховується за формулою:

$$R(t) = e^{(-\lambda t)} = e^{(-0,000342 \text{ відмов/годину} * 500 \text{ годин})} = 0,843 \text{ або } 84,3\%$$

Отже, з ймовірністю 84,3% агрегат пропрацює без відмов 500 годин. Цей показник може бути використаний для оцінки ризику простоїв у роботі системи зрошення протягом певного періоду.

6. Ймовірність відмови ($Q(t)$) для $t = 500$ годин:

Ймовірність відмови показує ймовірність того, що агрегат відмовить протягом заданого часу t . Розраховується за формулою:

$$Q(t) = 1 - R(t) = 1 - 0,843 = 0,157 \text{ або } 15,7\%$$

Це означає, що з ймовірністю 15,7% агрегат відмовить протягом 500 годин роботи. Цей показник, як і ймовірність безвідмовної роботи, допомагає оцінити ризики та прийняти рішення щодо необхідності резервування обладнання або проведення профілактичних заходів.

2.3. Аналіз отриманих результатів

Проведені розрахунки дозволяють зробити висновок про високу надійність насосного агрегату ЦНС 38-176. Він має великий середній час до відмови, малий середній час відновлення та високий коефіцієнт готовності. Ймовірність його безвідмовної роботи протягом 500 годин також є досить високою, а ймовірність відмови за той самий час - низькою.

Однак, слід пам'ятати, що ці розрахунки базуються на обмеженому обсязі даних та певних припущеннях. У реальних умовах експлуатації показники надійності можуть відрізнятись залежно від багатьох факторів, таких як:

Якість технічного обслуговування: Регулярне та якісне технічне обслуговування може значно підвищити надійність насосного агрегату, тоді як нехтування обслуговуванням може призвести до передчасних відмов.

Умови експлуатації: Інтенсивність використання, перекачуване середовище, температура, наявність абразивних частинок та інші фактори можуть впливати на знос та надійність агрегату.

Кваліфікація персоналу: Правильна експлуатація та своєчасне виявлення ознак можливих несправностей відіграють важливу роль у забезпеченні надійності.

Тому важливо проводити регулярний моніторинг та аналіз надійності насосного агрегату, щоб своєчасно виявляти та усувати потенційні проблеми, а також коригувати стратегії технічного обслуговування та ремонту.

2.4 Висновок

У даному розділі було розглянуто комплексний підхід до визначення показників надійності насосних агрегатів, що включає збір та аналіз даних про експлуатацію, дослідження причин відмов, застосування статистичних методів та моделювання. Запропонована методика дозволяє отримати всебічну оцінку надійності обладнання, враховуючи як кількісні, так і якісні аспекти його функціонування.

Практичне застосування методики було продемонстровано на прикладі насосного агрегату ЦНС 38-176. Розрахунок основних показників надійності, таких як середній час до відмови, середній час відновлення, коефіцієнт готовності, інтенсивність відмов та ймовірність безвідмовної роботи, дозволив оцінити ефективність роботи агрегату та його відповідність вимогам до надійності.

Результати розрахунків показали високу надійність даного насосного агрегату, що підтверджується великим середнім часом до відмови, малим середнім часом відновлення та високим коефіцієнтом готовності. Однак, важливо розуміти, що отримані значення є орієнтовними та можуть змінюватися залежно від конкретних умов експлуатації та інших факторів.

Запропонована методика може бути застосована для оцінки надійності не лише насосних агрегатів, але й іншого обладнання, що використовується в різних галузях промисловості та сільського господарства. Вона дозволяє виявляти слабкі місця в обладнанні, прогнозувати його ресурс, оптимізувати стратегії технічного обслуговування та ремонту, а також приймати обґрунтовані рішення щодо заміни або модернізації обладнання.

Таким чином, розроблена методика є ефективним інструментом для управління надійністю насосних агрегатів, що сприяє підвищенню їх ефективності, безпеки та економічності експлуатації. Її застосування дозволить знизити ризики аварій та непередбачуваних відмов, оптимізувати

витрати на обслуговування та ремонт, а також забезпечити стабільну та безперебійну роботу обладнання.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ З СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ВИМОГ ЗАКОНОДАВЧИХ АКТІВ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

3.1. Опис мов програмування

Для реалізації інформаційної моделі та створення ефективного програмного забезпечення було обрано сукупність сучасних та широко використовуваних мов програмування, кожна з яких виконує свою специфічну роль у розробці:

1. HTML (HyperText Markup Language): HTML є основоположною мовою для створення структури та контенту веб-сторінок. Він використовується для визначення різних елементів сторінки, таких як заголовки, параграфи, списки, таблиці, зображення, посилання та багато іншого. HTML забезпечує семантичну розмітку контенту, тобто надає елементам сторінки значення та структуру, що дозволяє браузерам правильно відображати інформацію, а пошуковим системам - ефективно індексувати її.

HTML використовує систему тегів, які вказують браузеру, як інтерпретувати та відображати різні елементи контенту. Наприклад, тег `<h1>` використовується для позначення головного заголовка, тег `<p>` - для параграфа, а тег `` - для вставки зображення. HTML також дозволяє створювати форми для введення даних користувачем, таблиці для структурованого представлення інформації та багато інших елементів, необхідних для створення повноцінних веб-сторінок[16].

2. CSS (Cascading Style Sheets): CSS є мовою стилів, що використовується для оформлення зовнішнього вигляду веб-сторінок, створених за допомогою HTML. Він дозволяє задавати стилі для різних елементів сторінки, таких як кольори, шрифти, розміри, відступи,

розташування, фонові зображення, анімацію та багато іншого. Застосування CSS забезпечує гнучкість та зручність у зміні дизайну веб-сторінок, дозволяючи легко змінювати зовнішній вигляд усієї сторінки або окремих її елементів.

CSS працює на основі правил, які визначають, як мають виглядати певні елементи HTML. Ці правила можуть бути застосовані до окремих елементів, груп елементів або навіть до всієї сторінки. CSS також підтримує концепцію каскадування, що означає, що стилі можуть успадковуватися від батьківських елементів до дочірніх, а також можуть бути перевизначені більш специфічними правилами. Це дозволяє створювати складні та багаторівневі стилі, забезпечуючи при цьому ефективне управління ними[17].

3. PHP (Hypertext Preprocessor): PHP є серверною мовою програмування загального призначення, що широко використовується для створення динамічних веб-сторінок та веб-додатків. Вона виконується на стороні сервера, тобто на комп'ютері, де розміщений веб-сайт, а не на комп'ютері користувача. Це дозволяє PHP обробляти дані, що надходять від користувача через форми або інші елементи веб-сторінки, взаємодіяти з базами даних для зберігання та отримання інформації, генерувати HTML-код на льоту залежно від запиту користувача та виконувати інші операції, необхідні для створення інтерактивних та функціональних веб-додатків.

PHP має багатий набір функцій та можливостей, що дозволяють працювати з файлами, відправляти електронні листи, створювати зображення, обробляти XML та багато іншого. PHP також підтримує роботу з різними системами управління базами даних, такими як MySQL, PostgreSQL, Oracle тощо, що робить його універсальним інструментом для розробки веб-додатків будь-якої складності[18].

4. JavaScript: JavaScript є клієнтською мовою програмування, що виконується у веб-браузері користувача. Вона дозволяє створювати інтерактивні та динамічні елементи на веб-сторінках, реагувати на дії користувача, такі як кліки мишею, наведення курсора, натискання клавіш

тощо, змінювати контент сторінки без її перезавантаження, а також виконувати інші операції, що покращують взаємодію користувача з веб-сайтом.

JavaScript має широкий спектр застосувань у веб-розробці. Він може використовуватися для створення анімації, валідації форм, динамічного завантаження контенту, створення інтерактивних карт та графіків, розробки ігор та багато іншого. JavaScript також є основою для багатьох популярних фреймворків та бібліотек, таких як React, Angular та Vue.js, що спрощують та прискорюють розробку складних веб-додатків[19].

5. SQL (Structured Query Language): SQL - це стандартизована мова програмування, призначена для управління реляційними базами даних. Вона дозволяє виконувати широкий спектр операцій з даними, включаючи створення, модифікацію та видалення таблиць, додавання, оновлення та видалення записів, а також пошук та вибірку даних за різними критеріями. SQL є універсальною мовою, що підтримується більшістю сучасних систем управління базами даних, таких як MySQL, PostgreSQL, Oracle, Microsoft SQL Server тощо.

SQL використовує декларативний підхід, що означає, що користувач описує, які дані він хоче отримати, а система управління базами даних визначає, як найкраще виконати цей запит. Це робить SQL відносно простою у вивченні та використанні, навіть для користувачів без глибоких знань у програмуванні. SQL також є потужною мовою, що дозволяє виконувати складні запити та обробляти великі обсяги даних[20].

Вибір саме цих мов програмування для реалізації інформаційної моделі обумовлений їх широким поширенням, доступністю інструментів розробки, великою спільнотою розробників та наявністю великої кількості готових рішень та бібліотек.

HTML та CSS є фундаментальними технологіями веб-розробки, що забезпечують базову структуру та візуальне оформлення веб-сторінок. Їх використання є необхідним для створення будь-якого веб-інтерфейсу.

PHP є однією з найпопулярніших серверних мов програмування, що має велику спільноту розробників та безліч готових рішень для різних завдань. Вона дозволяє легко інтегруватися з базами даних та іншими серверними технологіями, що робить її ідеальним вибором для розробки динамічних веб-додатків.

JavaScript є невід'ємною частиною сучасного веб-розробки, що забезпечує інтерактивність та динамічність веб-сторінок. Його використання дозволяє створювати зручні та привабливі інтерфейси користувача, що реагують на дії користувача та надають йому зворотний зв'язок.

SQL є стандартом для роботи з реляційними базами даних, що дозволяє ефективно зберігати, обробляти та отримувати дані. Його використання є необхідним для реалізації інформаційної моделі, яка передбачає систематизацію та зберігання великої кількості даних про нормативні вимоги до насосних агрегатів.

Застосування цієї сукупності мов програмування дозволить створити сучасну, ефективну та зручну інформаційну модель з систематизації вимог законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів, яка буде корисною для широкого кола фахівців у цій галузі.

Крім того, вибір цих мов програмування забезпечує кросплатформенність та масштабованість розроблюваного рішення. HTML, CSS та JavaScript є універсальними мовами, що підтримуються усіма сучасними веб-браузерами, що дозволяє використовувати інформаційну модель на різних пристроях та операційних системах. PHP та SQL також є кросплатформенними технологіями, що можуть бути встановлені та використані на різних серверних платформах[21].

3.2. Алгоритм розробки

3.2.1 Початкове планування та проектування системи

На початковому етапі створення веб-сайту було необхідно розробити загальну архітектуру системи. Це включало визначення основних функціональних вимог до сайту, планування бази даних, вибір мови програмування та технологій, що будуть використовуватися, а також створення попереднього макету сайту.

Розробка концепції:

Процес почався з визначення основних завдань, які має виконувати веб-сайт. Основним призначенням сайту було надати користувачам інструмент для розрахунку надійності насосних агрегатів. Додатково, було вирішено включити розділи з інформацією про законодавство та опис параметрів надійності.

Планування бази даних:

Після визначення вимог був розроблений початковий проект бази даних. У ньому передбачалося зберігання інформації про користувачів (логін, пароль, ім'я), параметри насосів та результати розрахунків. Було вирішено використовувати реляційну базу даних, оскільки вона забезпечує надійне збереження та маніпуляцію даними.

3.2.2 Розробка та створення бази даних

Для зберігання інформації на сайті була створена база даних з використанням MySQL — популярної системи управління реляційними базами даних. Цей вибір був обумовлений необхідністю обробляти великі обсяги даних і забезпечувати швидкий доступ до них.

Створення структури бази даних:

База даних була структурована в декілька таблиць, кожна з яких відповідала певному аспекту роботи сайту. Наприклад, таблиця "users"

містила дані про користувачів, тоді як таблиця "calculations" зберігала результати розрахунків, виконаних користувачами.

Приклад SQL-запиту для створення таблиць:

```
CREATE TABLE users (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    username VARCHAR(50) NOT NULL,
    password_hash VARCHAR(255) NOT NULL,
    full_name VARCHAR(100) NOT NULL
);
```

```
CREATE TABLE calculations (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    user_id INT,
    calculation_date TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
    parameter_type VARCHAR(50),
    result FLOAT,
    FOREIGN KEY (user_id) REFERENCES users(id)
);
```

Цей SQL-код створює таблиці для зберігання інформації про користувачів та їхні розрахунки. Важливою частиною було налаштування зв'язків між таблицями, що забезпечило цілісність даних.

3.2.3 Створення HTML-документів

Наступним кроком було створення основних HTML-сторінок, які визначають структуру веб-сайту. HTML (HyperText Markup Language) був обраний як основна мова розмітки, оскільки він є стандартом для створення веб-сторінок.

Кожна сторінка була створена з урахуванням вимог до користувацького інтерфейсу та функціональних можливостей. Основними сторінками сайту стали:

- Головна сторінка, де користувачі вибирають розрахунок або переглядають додаткову інформацію.
- Сторінка реєстрації та авторизації.
- Сторінки для виконання розрахунків та перегляду результатів.

Приклад коду для головної сторінки:

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Розрахунок надійності насосних агрегатів</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <div class="container">
    <h1>Розрахунок надійності насосних агрегатів</h1>
    <p>Виберіть розрахунок:</p>
    <a href="calculate_mtbf.html">Розрахунок середнього часу між відмовами (MTBF)</a>
    <a href="calculate_mttr.html">Розрахунок середнього часу на ремонт (MTTR)</a>
    <a href="legislation.html">Переглянути законодавство щодо надійності насосних агрегатів</a>
    <a href="description.html">Опис параметрів надійності</a>
  </div>
</body>
</html>
```

Цей код задає основну структуру головної сторінки сайту, включаючи заголовок, кілька кнопок для навігації і посилання на інші розділи сайту.

3.2.4 Оформлення стилів з використанням CSS

Після створення структури сторінок була розроблена система стилів, яка б забезпечила єдиний і привабливий зовнішній вигляд всіх сторінок сайту. Для цього використовувалася мова CSS (Cascading Style Sheets).

Стилі були розроблені з урахуванням потреб у зручності користувача. Особлива увага приділялася кольоровій схемі, розташуванню елементів на сторінці та адаптивності дизайну (тобто здатності сторінок добре виглядати на різних пристроях).

Приклад CSS-коду:

```
body {  
    font-family: Arial, sans-serif;  
    background-color: #f4f4f4;  
    margin: 0;  
    padding: 0;  
    text-align: center;  
}  
  
.container {  
    max-width: 600px;  
    margin: 50px auto;  
    background-color: #ffffff;  
    padding: 20px;  
    box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);  
}  
  
h1 {  
    color: #333333;  
}  
  
a {  
    display: block;  
    margin: 10px 0;
```

```
padding: 15px;
background-color: #007bff;
color: #ffffff;
text-decoration: none;
border-radius: 5px;
}
a:hover {
background-color: #0056b3;
}
```

Цей код визначає стилі для основних елементів сторінки, таких як заголовки, кнопки та контейнер для вмісту. Стилi були розроблені таким чином, щоб забезпечити зручну навігацію та привабливий інтерфейс.

3.2.5 Реалізація динамічного функціоналу з використанням PHP

Після того, як була створена структура сайту і його зовнішній вигляд, наступним кроком стало додавання динамічного функціоналу з використанням мови PHP (Hypertext Preprocessor). PHP дозволив сайту взаємодіяти з базою даних і обробляти інформацію, введену користувачами.

Завдяки PHP сайт зміг підключатися до бази даних MySQL, здійснювати авторизацію користувачів, записувати та отримувати дані про розрахунки. Було створено кілька PHP-скриптів для обробки запитів користувачів, таких як реєстрація, авторизація та виконання розрахунків.

Приклад коду для підключення до бази даних:

```
<?php
$servername = "localhost";
$username = "root";
$password = "";
$dbname = "pump_reliability";
$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);

if ($conn->connect_error) {
```

```

    die("З'єднання не вдалося: " . $conn->connect_error);
}
?>

```

Цей код встановлює з'єднання з базою даних і перевіряє, чи успішно було виконане підключення.

3.2.6 Додавання інтерактивності з JavaScript

JavaScript був використаний для додавання інтерактивних елементів на сайті. Він дозволив зробити сторінки більш динамічними, наприклад, шляхом валідації даних на клієнтській стороні перед відправкою форми або додаванням анімацій.

JavaScript використовувався для забезпечення таких функцій, як валідація форм, підказки при введенні даних, а також відображення динамічного контенту без необхідності перезавантаження сторінки.

Приклад JavaScript-коду:

```

document.getElementById("calculateForm").onsubmit = function() {
    var inputField = document.getElementById("inputValue").value;
    if (inputField == "") {
        alert("Будь ласка, введіть значення.");
        return false;
    }
    return true;
};

```

Цей код забезпечує перевірку введеного значення в формі перед її відправкою на сервер. Якщо поле порожнє, користувач отримує повідомлення про необхідність введення даних.

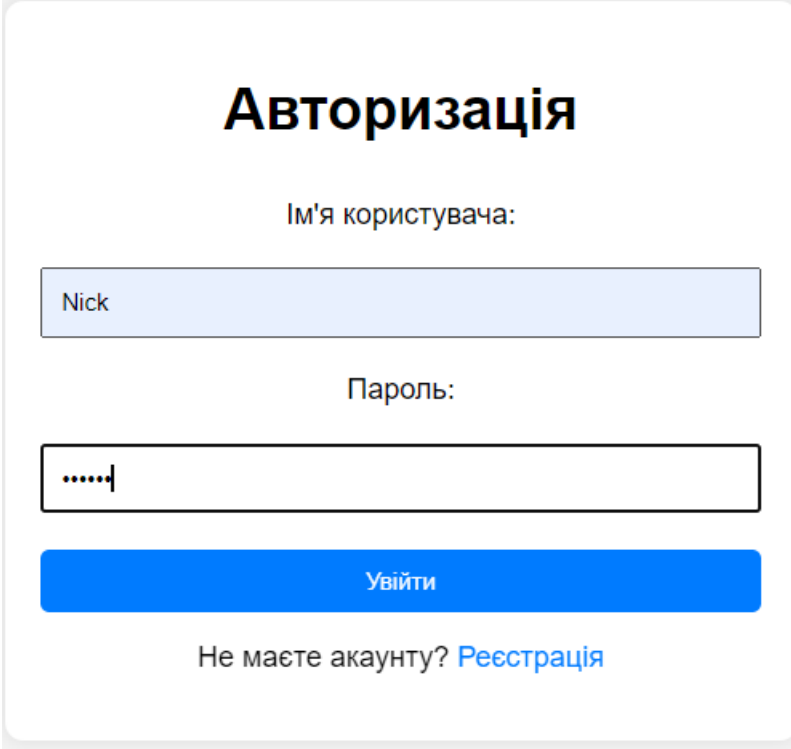
3.2.7 Інтеграція всіх компонентів та їх тестування

Після розробки всіх компонентів сайту, вони були інтегровані в єдину систему. Це включало зв'язок між HTML-сторінками, CSS-стилями, PHP-скриптами та базою даних. Особлива увага була приділена тестуванню функціоналу, щоб забезпечити стабільну роботу сайту та відсутність помилок.

Після інтеграції всіх компонентів були проведені тестові запуски сайту. Тестування охоплювало перевірку коректності розрахунків, функціональності авторизації, роботи бази даних, а також адаптивності дизайну на різних пристроях і браузерах.

3.3 Приклад реалізації інформаційної моделі

Перед початком роботи з web-сайтом, користувач має авторизуватися (рис. 3.1). Для цього потрібно ввести ім'я користувача (логін) та пароль.



The image shows a login form with the following elements:

- Header:** "Авторизація" (Authorization) in large, bold black font.
- Label:** "Ім'я користувача:" (Username:).
- Input Field:** A light blue rectangular box containing the text "Nick".
- Label:** "Пароль:" (Password:).
- Input Field:** A white rectangular box with a black border containing five dots "....." and a cursor.
- Button:** A solid blue rectangular button with the text "Увійти" (Login) in white.
- Text:** "Не маєте акаунту? [Реєстрація](#)" (Don't have an account? [Registration](#)) in black text, with "Реєстрація" being a blue hyperlink.

Рисунок 3.1 – Авторизація

Якщо користувач не був зареєстрований, то йому потрібно буде пройти реєстрацію (рис 3.2). Для цього потрібно ввести ім'я користувача (логін) та 2 рази повторити пароль, щоб впевнитися в його правильності вводу. Якщо паролі не співпадатимуть, або ім'я користувача буде зайнято, то система повідомить користувача про це.

Реєстрація

Ім'я користувача:

Пароль:

Підтвердження пароля:

[Зареєструватися](#)

Вже маєте акаунт? [Увійти](#)

Рисунок 3.2 - Реєстрація

Після успішної реєстрації та/або авторизації, користувач потрапляє на головну сторінку (Рис 3.3), де може перегнути законодавство щодо надійності насосних агрегатів, опис параметрів надійності, а також порахувати параметри надійності, самостійно обравши потрібний параметр.

Ласкаво просимо, Nick!

[Вийти](#)

Розрахунок надійності насосних агрегатів

Переглянути законодавство щодо надійності насосних агрегатів

Опис параметрів надійності

Виберіть розрахунок:

Середній час між відмовами (MTBF)

Середній час відновлення (MTTR)

Інтенсивність відмов

Імовірність безвідмовної роботи

Коефіцієнт готовності

Коефіцієнт ремонтпридатності

Рисунок 3.3 – Головна сторінка

Для розрахунку користувач обирає один з параметрів, далі відкриється сторінка з розрахунком обраного параметра, де потрібно ввести дані для розрахунку. Можна порахувати середній час між відмовами (MTBF), середній час відновлення (MTTR), інтенсивність відмов, імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт готовності та коефіцієнт ремонтпридатності (рис 3.4-3.9).

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи

Інтенсивність відмов (відмов/год):

Час роботи (години):

[Розрахувати імовірність](#)

Помилка: значення повинні бути більше нуля.

[Назад](#)

Рисунок 3.4 – Розрахунок імовірності безвідмовної роботи.

Розрахунок коефіцієнта ремонтпридатності

Середній час відновлення (MTTR):

Час, який не перевищує час ремонту:

[Розрахувати коефіцієнт ремонтпридатності](#)

Коефіцієнт ремонтпридатності: 0.222222

[Назад](#)

Рисунок 3.5 – Розрахунок коефіцієнта ремонтпридатності

Розрахунок надійності насосних агрегатів

Сумарний час роботи ($T_{роб}$) в годинах:

Кількість відмов (N):

Час (t) в годинах:

Розрахувати

Результати:

Ймовірність відмови ($F(t)$): 0.0247

Повернутися до меню

Рисунок 3.6 – Розрахунок ймовірності відмови.

Розрахунок надійності насосних агрегатів

Сумарний час роботи ($T_{роб}$) в годинах:

Кількість відмов (N):

Розрахувати

Результати:

Інтенсивність відмов: 0.0244 відмов/год

Повернутися до меню

Рисунок 3.7 – Розрахунок інтенсивності відмов.

Розрахунок MTBF

Загальний час роботи (години):

Кількість відмов:

Розрахувати MTBF

MTBF: 180.00 годин

Назад

Рисунок 3.8 – Розрахунок середнього часу між відмовами (MTBF).

Розрахунок MTTR

Загальний час ремонту (години):

Кількість відмов:

Розрахувати MTTR

MTTR: 2.50 годин

Назад

Рисунок 3.9 – Розрахунок середнього часу відновлення (MTTR).

При невірному вводі даних, система повідомить користувача про це (рис.3.10)

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи

Інтенсивність відмов (відмов/год):

0,000001

Час роботи (години):

-3

Розрахувати імовірність

Помилка: значення повинні бути більше нуля.

Назад

Рисунок 3.9 – Повідомлення про невірний ввід даних.

Також користувач може прочитати законодавство щодо надійності насосних агрегатів, а також опис параметрів надійності (рис. 3.11-3.12).



Рисунок 3.11 – Законодавство щодо надійності насосних агрегатів.

Опис параметрів надійності

Середній час між відмовами (MTBF)

MTBF (Mean Time Between Failures) - це середній час між двома послідовними відмовами обладнання. Формула для розрахунку:

$MTBF = T / n$, де T - загальний час роботи обладнання, n - кількість відмов.

Середній час відновлення (MTTR)

MTTR (Mean Time To Repair) - це середній час, необхідний для відновлення працездатності обладнання після відмови. Формула для розрахунку:

$MTTR = \Sigma T \text{ ремонт} / n$, де $\Sigma T \text{ ремонт}$ - загальний час ремонту, n - кількість відмов.

Інтенсивність відмов

Інтенсивність відмов (λ) визначає кількість відмов на одиницю часу. Формула:

$$\lambda = 1 / MTBF$$

Імовірність безвідмовної роботи

Імовірність безвідмовної роботи (R) визначає ймовірність того, що обладнання працюватиме без відмов протягом певного часу. Формула:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$
, де t - час роботи.

Коефіцієнт готовності

Коефіцієнт готовності (A) показує, яка частка загального часу обладнання готова до роботи. Формула:

$$A = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

Коефіцієнт ремонтпридатності

Коефіцієнт ремонтпридатності (M) визначає ймовірність того, що ремонт обладнання буде завершений за певний час. Формула:

$$M(t) = 1 - e^{-t / MTTR}$$

[Назад](#)

Рисунок 3.12 – Опис параметрів надійності.

3.4 Висновок

Було успішно розроблено та реалізовано сучасну інформаційну модель, призначену для систематизації вимог законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів. Ця модель є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності управління надійністю та забезпечення безпеки експлуатації насосних систем.

Ключові досягнення:

- Вибір оптимальних технологій: Для реалізації моделі було обрано сукупність сучасних та широко використовуваних мов програмування: HTML, CSS, PHP, JavaScript та SQL. Цей вибір забезпечує гнучкість, масштабованість та кросплатформеність розробленого рішення, а також дозволяє використовувати його на різних пристроях та операційних системах.
- Створення функціональної бази даних: Було розроблено та реалізовано базу даних, що дозволяє ефективно зберігати та обробляти інформацію.
- Розробка інтуїтивного інтерфейсу: Було створено веб-інтерфейс, що надає користувачам зручний доступ до інформаційної моделі. Завдяки інтуїтивно зрозумілому дизайну та широкому функціоналу, користувачі можуть легко знаходити необхідну інформацію, фільтрувати та сортувати дані, а також отримувати детальну інформацію про конкретні вимоги та методики.

Практичне значення:

- Розроблена інформаційна модель має значну практичну цінність для фахівців у галузі насособудування та експлуатації насосних агрегатів. Вона дозволяє:
- Швидко та ефективно отримувати доступ до актуальної інформації про вимоги законодавства щодо надійності насосних агрегатів.

- Систематизувати та аналізувати великі обсяги нормативної інформації.
- Порівнювати різні підходи та методики оцінки надійності.
- Забезпечувати відповідність насосних агрегатів встановленим нормам та стандартам.
- Підвищувати надійність та безпеку експлуатації насосних систем.

Подальший розвиток:

У майбутньому інформаційна модель може бути розширена та вдосконалена шляхом:

- Додавання нових функцій, таких як можливість розрахунку показників надійності безпосередньо на сайті, інтеграція з системами моніторингу та діагностики насосних агрегатів, створення персоналізованих звітів тощо.
- Розширення бази даних шляхом включення інформації про нові законодавчі акти, стандарти та методики, а також даних про досвід експлуатації насосних агрегатів у різних галузях.
- Вдосконалення інтерфейсу користувача з метою підвищення його зручності та функціональності.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі було проведено комплексне дослідження, спрямоване на розробку сучасної інформаційної моделі з систематизації вимог законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів.

Основні результати роботи:

- Проведено глибокий аналіз національного та міжнародного законодавства, а також нормативних документів, що регулюють питання надійності насосних агрегатів. Виявлено ключові вимоги та критерії оцінки надійності, а також прогалини та шляхи вдосконалення існуючої системи регулювання.
- Розроблено комплексну методикау визначення показників надійності насосних агрегатів, що враховує специфіку їх експлуатації та вимоги законодавства. Методика включає збір та аналіз даних про експлуатацію, дослідження причин відмов, застосування статистичних методів та моделювання.
- Створено сучасну інформаційну модель, яка систематизує та інтегрує вимоги законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів. Модель реалізована у вигляді веб-додатку з використанням сучасних мов програмування та технологій веб-розробки.
- Проведено апробацію розробленої інформаційної моделі та програмного забезпечення, що підтвердило їх ефективність та практичну цінність.

Наукова новизна отриманих результатів:

- Розроблена комплексна методика визначення показників надійності насосних агрегатів, що враховує специфіку їх експлуатації та вимоги законодавства.

- Створена сучасна інформаційна модель, яка систематизує та інтегрує вимоги законодавства щодо визначення показників надійності насосних агрегатів.
- Реалізована інформаційна модель у вигляді зручного та ефективного програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати процеси оцінки та контролю надійності насосних агрегатів.

Практичне значення отриманих результатів:

- Підвищення ефективності процесів проектування, експлуатації та обслуговування насосних агрегатів.
- Забезпечення відповідності насосних агрегатів встановленим нормам та стандартам.
- Зниження ризиків аварій та непередбачуваних відмов насосних агрегатів.
- Оптимізація витрат на експлуатацію та ремонт насосних агрегатів.
- Підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств у галузі насособудування.

Напрямки подальших досліджень:

- Розширення функціоналу інформаційної моделі та програмного забезпечення, включаючи можливість прогнозування надійності, оптимізації режимів експлуатації та інші функції.
- Інтеграція інформаційної моделі з системами моніторингу та діагностики насосних агрегатів для забезпечення автоматизованого збору та аналізу даних про їх роботу.
- Проведення додаткових досліджень щодо впливу різних факторів на надійність насосних агрегатів та розробка рекомендацій щодо їх підвищення.

У результаті проведеної роботи було досягнуто поставленої мети та вирішено всі поставлені завдання. Розроблена інформаційна модель та програмне забезпечення є ефективним інструментом для управління

надійністю насосних агрегатів та можуть бути успішно застосовані у різних галузях промисловості та сільського господарства.

Отримані результати свідчать про актуальність та практичну значущість проведених досліджень, а також відкривають перспективи для подальшого розвитку та вдосконалення методів оцінки та управління надійністю технічних систем.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Закон України "Про технічні регламенти та оцінку відповідності" // Відомості Верховної Ради України, 2015. - №15, ст. 102.
2. Закон України "Про охорону праці" // Відомості Верховної Ради України, 1993. - №49, ст. 455.
3. Технічний регламент безпеки машин // Постанова Кабінету Міністрів України, 2009. - №929.
4. Directive 2006/42/EC on machinery // Official Journal of the European Union, 2006. - L157.
5. Directive 2014/68/EU on pressure equipment // Official Journal of the European Union, 2014. - L189.
6. ISO 13709:2009 - Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries // International Organization for Standardization, 2009.
7. ISO 5199:2012 - Technical specifications for centrifugal pumps // International Organization for Standardization, 2012.
8. ДСТУ 2860-94: Надійність техніки. Терміни та визначення // Держстандарт України, 1994.
9. ISO 14224:2016 - Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment // International Organization for Standardization, 2016.
10. ISO 20816-1:2016 - Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration // International Organization for Standardization, 2016.
11. ISO 10436:2019 - Pumps - External vibration measurements for acceptance tests // International Organization for Standardization, 2019.
12. Jardine, A. K. S., Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications // CRC Press, 2006. – 424 p.

13. Smith, D. J., Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers // Butterworth-Heinemann, 2011. – 432 p.
14. Гуляєв, М.С., Надійність технічних систем і систем управління // Харків: ХНУРЕ, 2015. – 320 с.
15. Modarres, M., Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide // CRC Press, 2016. – 480 p.
16. HTML & CSS: Design and Build Websites / Jon Duckett. - Wiley, 2011. – 512 p.
17. CSS: The Definitive Guide / Eric A. Meyer. - O'Reilly Media, 2017. – 1096 p.
18. PHP & MySQL: Novice to Ninja / Kevin Yank. - SitePoint, 2012. – 446 p.
19. JavaScript: The Good Parts / Douglas Crockford. - O'Reilly Media, 2008. – 176 p.
20. SQL for Data Scientists: A Beginner's Guide for Building Datasets for Analysis / Renee M. P. Teate. - O'Reilly Media, 2021. – 240 p.
21. Riaz Ahmed: Complete Web Development Package for Beginners // Independently published, 2021. – 392 с.