

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Розроблення конструкції пристрою для з'єднання двигуна
внутрішнього згоряння з обкатувально-гальмівним стендом»

Виконав: студент IV курсу групи АТ-43сп

Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва)

Ростислав ДІТЧИК
(Ім'я та прізвище)

Керівник:

Ігор СТУКАЛЕЦЬ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Степан ХІМКА
“ _____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Дітчику Ростиславу Ігоровичу

1. Тема роботи: **«Розроблення конструкції пристрою для з'єднання двигуна внутрішнього згоряння з обкатувально-гальмівним стендом»**

Керівник роботи: Стукалець Ігор Геннадійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/к-с.

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 14.06.2024 року

3. Вихідні дані: методики розробки технологічних процесів, інструкції з охорони праці, технічні характеристики двигунів внутрішнього згоряння та обкатувально-випробувальних стендів, довідкова література, СКД, ДСТУ, ISO.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз технології та пристроїв для обкатування й випробування двигунів внутрішнього згоряння.

2. Розрахунок обкатувально-випробувальної ділянки.

3. Розроблення конструкції пристрою для з'єднання ДВЗ з обкатувально-гальмівним стендом.

4. Охорона праці.

5. Охорона довкілля.

6. Економічна частина.

Висновки і пропозиції.

Бібліографічний список.

5. Перелік графічної частини

1) План ділянки для обкатування ДВЗ; загальний вигляд конструкторської розробки (візуалізований варіант);

- 2) Загальний вигляд конструкторської розробки (СК); _____
- 3) Деталювання СК; електронні моделі деталей; _____
- 4) Деталювання СК; електронні моделі деталей; _____
- 5) Деталювання СК; модель виникнення аварійних ситуацій під час роботи пристрою. _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 6	Ігор СТУКАЛЕЦЬ, к. т. н., доц. кафедри машинобудування			
4, 5	Іван ГОРОДЕЦЬКИЙ, к. т. н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 28.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про вико- нання
1.	Виконання розділу: «Аналіз технології та пристроїв для обкатування й випробування двигунів внутрішнього згоряння»	28.11.23-29.12.23	
2.	Виконання розділу: «Розрахунок обкатувально-випробувальної дільниці»	15.01.24-29.03.24	
3.	Виконання розділу: «Розроблення конструкції пристрою для з'єднання ДВЗ з обкатувально-гальмівним стендом»	1.04.24-19.04.24	
4.	Виконання розділів: «Охорона праці, «Охорона довкілля»	22.04.24-10.05.24	
5	Виконання розділу: Економічна частина	13.05.24-31.05.24	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Завершення роботи в цілому	3.06.24-14.06.24	

Студент _____ Ростислав ДІТЧИК
(підпис)

Керівник роботи _____ Ігор СТУКАЛЕЦЬ
(підпис)

УДК 621.3

Розроблення конструкції пристрою для з'єднання двигуна внутрішнього згоряння з обкатувально-гальмівним стендом.

Дітчик Р. І. Кваліфікаційна робота. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024 р.

Кваліфікаційна робота: 52 с. текст. част., 9 рис., 2 табл., 28 джерел, 5 арк. формату А1.

У кваліфікаційній проаналізовано технологію обкатування й випробування двигунів внутрішнього згоряння ЗМЗ-4025 та ЗМЗ-406 автомобілів ГАЗ-3302 та ГАЗ-2705. Розраховано та підібрано необхідне обладнання для обкатування і випробування двигунів. Запроектовано пристрій, за допомогою якого можна було б здійснювати плавне з'єднання та роз'єднання вала двигуна з валом обкатувально-випробувального стенда як під час зупинки стенда, так і «на ходу».

Запроектовано план ділянки для обкатування і випробування двигунів відповідно до чинних протипожежних та інших вимог.

Запроектована ділянка для обкатування і випробування двигунів загальною площею 81,12 м², включає два обкатувально-гальмівні стенди марки КИ-2118А, два рідинні реостати, верстак слюсарний, стенд для контрольного огляду двигунів, місткості для води, мастила й палива та інше технологічне обладнання. Запроектовано і розраховано пристрій для з'єднання вала обкатувального стенда і колінчастого вала двигуна.

ЗМІСТ

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОБКАТУВАННЯ Й ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	8
1.1. Загальні поняття про обкатування двигунів	8
1.2. Режими навантаження та швидкісні режими обкатування	9
1.3 Регулювання температурного режиму двигуна та пристрої для автоматичного регулювання	10
1.4 Використання паливо-мастильних матеріали під час обкатування двигунів внутрішнього згорання	12
1.4.1 Якість мастила та вимоги до нього	12
1.4.2 Очищення оливи	13
1.4.3. Припрацювальні присадки для моторної оливи	15
1.4.4. Припрацювальні присадки для палива	16
1.5. Випробовування двигунів	16
2. РОЗРАХУНОК ОБКАТУВАЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ	22
2.1 Фонда часу – дійсний та номінальний	22
2.2 Розрахунок трудомісткості робіт	22
3.3. Розрахунок кількості робітників	23
2.4 Розрахунок і підбір обладнання для технологічного процесу обкатування двигуна	23
2.5 Визначення виробничих площ	25
2.6 Компонування плану ділянки	25
3. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ОБКАТУВАЛЬНО-ГАЛЬМІВНИМ СТЕНДОМ.....	26
3.1 Обґрунтування актуальності конструкторської розробки.....	26
3.2 Опис будови та роботи пристрою.....	26

3.3 Міцнісний розрахунок пристрою	28
3.3.1 Розрахунок шліцьового з'єднання.....	28
3.3.2 Підбір муфти.....	29
3.3.3 Розрахунок зварного з'єднання	30
3.3.4 Розрахунок шпонкового з'єднання	31
3.3.5 Використання «безпаперової» технології підготовки креслеників	33
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу обкатування і випробування двигунів та розроблення моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій .	37
4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу процесу	39
4.2.1 Правила техніки безпеки під час використання стенда для обкатування і випробування двигунів	39
4.2.2 Розрахунок необхідного обсягу повітрообміну та системи вентиляції дільниці обкатування двигунів	40
5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	43
5.1 Основні забруднення навколишнього природного середовища	43
5.2 Охорона та ефективне використання водних ресурсів	43
5.3 Охорона ґрунтів.....	44
5.4 Охорона атмосферного повітря	45
5.5 Охорона рослинного і тваринного світу	46
6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	47
6.1 Розрахунок витрат на виготовлення пристрою.....	47
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	49
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	51

ВСТУП

Внесок інженера-конструктора у успішну діяльність виробничого підприємства важко переоцінити, оскільки він відповідає за розробку та створення моделей, на основі яких виробляється цільовий продукт. Рівень кваліфікації цього фахівця напряду впливає на кінцевий результат роботи всього підприємства. Конструкторські роботи базуються на інформації про споживчий попит та характеристики продукту. Конструктори співпрацюють з іншими підрозділами, такими як технологічний, цеховий, інженерний, постачання, маркетинг тощо. Їх інноваційний підхід і швидкість реагування на зміни визначають ефективність функціонування підприємства.

Роль конструктора-машинобудівника, зокрема в сфері технічного сервісу машин, також важлива. Часто виникає потреба у розробці власними силами підприємства конструкторських рішень замість покупки дороговартісного обладнання.

Однією з найскладніших та найменш надійних частин у тракторах і автомобілях є двигун. Технічні характеристики та надійність відремонтованих двигунів часто гірші, ніж у нових. Обкатування двигунів є важливою операцією технологічного процесу ремонту, оскільки воно впливає на якість роботи. Роль технологічного обкатування зростає, особливо для аграрних підприємств, які не можуть обмежити навантаження в початковий період експлуатації. Тому залучення конструкторського досвіду для швидкого реагування на зміни стає важливим для успішного функціонування підприємств.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОБКАТУВАННЯ Й ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

В сучасний час, багато аграрних підприємств використовують автомобілі "ГАЗель", які збудовані на базі моделей ГАЗ-3302 та ГАЗ-2705. Ці автомобілі використовуються як для перевезення вантажів, так і для пасажирських перевезень. В Україні транспортні підприємства широко використовують відносно економічні у експлуатації автомобілі БАЗ-2215 "Дельфін". Основними двигунами для цих автомобілів є бензинові агрегати ЗМЗ-4025 та ЗМЗ-406, які у процесі експлуатації діже часто вимагають капітального ремонту з наступним обкатування.



Рис. 1.1. Вантажний автомобіль ГАЗ-330232 сільськогосподарського призначення (самоскид).



Рис. 1.2. Автобус БАЗ-2215 «Дельфін».

1.1. Загальні поняття про обкатування двигунів

У сучасний час обкатування двигунів внутрішнього згоряння, як завершальна операція капітального ремонту, здебільшого виконується не на ремонтних підприємствах, а в умовах експлуатації. Метою технологічного обкатування є підготовка поверхонь деталей до операційного використання,

виявлення і усунення відмов, усадка прокладок та припрацювання поверхонь деталей.

Для досягнення цих цілей використовуються різні технологічні методи, що сприяють підвищенню ефективності процесу та скороченню тривалості стендового обкатування. Один з основних аспектів у підвищенні ефективності цього процесу - раціональний вибір навантажувально-швидкісних режимів, палива, присадок для палива та мастил, мастил для двигунів. Для вирішення другої задачі, важливо підібрати оптимальний режим навантаження та тривалість стендового обкатування, щоб виявити більшість відмов, які можуть виникнути в процесі роботи двигуна після ремонту [23].

1.2. Режими навантаження та швидкісні режими обкатування

У сучасній практиці обкатування двигунів зазвичай виконується на електро- і гідрогальмієвих стендах, які дозволяють регулювати частоту обертання колінчастого вала та навантаження двигуна. Для бензинових двигунів існує кілька методів обкатування, включаючи зміну кута випередження запалювання.

Аналіз показав, що навантаження двигуна має значно більший вплив на його роботу, ніж тривалість обкатування або частота обертання колінчастого вала. Процес обкатування пройшов через кілька стадій, під час яких спрацювання зростає, а потім стабілізується. Це свідчить про підготовку поверхонь тертя до оптимального сприйняття навантажень.

Оптимальний режим обкатування передбачає плавний ріст навантаження та швидкості, зберігаючи частоту обертання колінчастого вала на рівні не більше 70% від номінального значення. Важливо також забезпечити належний тепловий режим двигуна під час обкатування для ефективного формування поверхонь тертя і мінімізації спрацювання деталей.

Узагальнюючи дослідження, були розроблені рекомендації щодо оптимального навантажувально-швидкісного режиму обкатування, які

сприяють ефективному використанню та тривалому життєвому циклу двигунів. [23].

1.3 Регулювання температурного режиму двигуна та пристрої для автоматичного регулювання

На випробувальній станції підприємства рекомендується використовувати систему централізованого водопостачання для стендів, де проводять випробування двигунів, і автоматичне регулювання температури води в заданих межах (рис. 1.3). Така система водопостачання станції має два баки: змішувальний 7 і напірний 14, які містять сигналізатори рівня рідини типу СУ-3 13, реле 12 увімкнення та вимкнення мембранних вентилів 10, електромагнітний привод. На трубопроводах подачі води до баків встановлено вентиля 10. Термометр опору 11, який вимірює температуру води у баці, встановлено у нарізевий отвір змішувального бака. Він посилає сигнал у радіоізотопний терморегулятор 1. Терморегулятор встановлено на пульті 15. Воду насосом 6 перекачують у напірний бак 14 зі змішувального бака 7. З напірного бака, який встановлений на висоті не менше ніж 5 м від підлоги, вода надходить у систему охолодження двигунів, на стендах 4 самопливом по трубопроводах 3. Через зливний трубопровід 2 із систем охолодження двигунів гаряча вода поступає в змішувальний бак 7.

Мембранний вентиль серії СВМ, зображений на рисунку 1.4, складається з корпусу, в якому розташований запірний механізм з мембраною, електромагнітного приводу та ручного дублера.

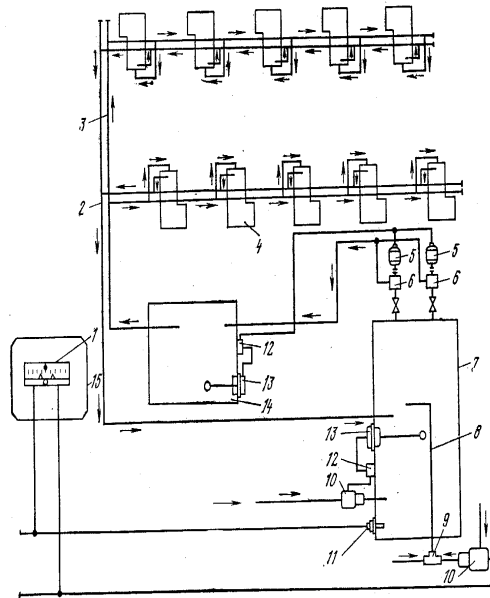


Рис. 1.3. Схема пристрою, який призначений для автоматичного підтримання температури води в системі охолодження двигуна в заданих межах.

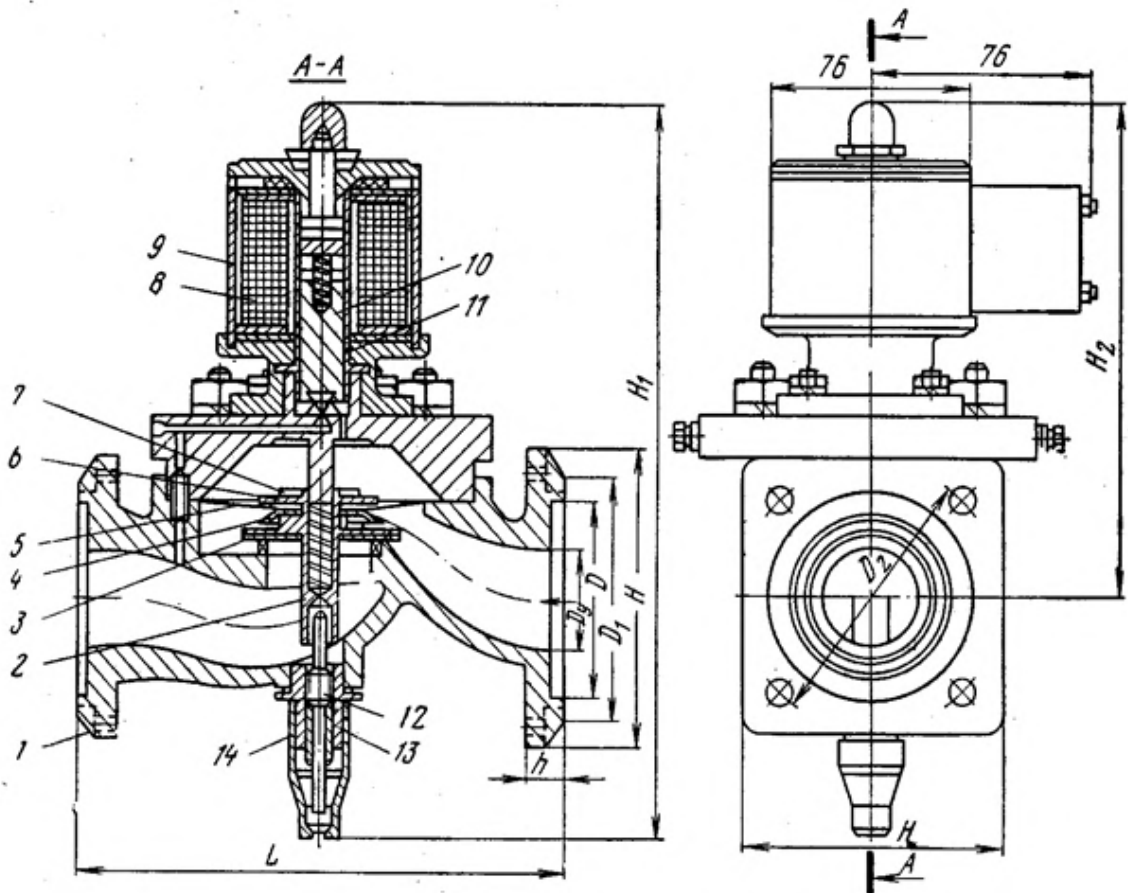


Рис. 1.4. Мембранний вентиль серії СВМ з електромагнітним приводом.

На золотнику запірною механізмом розташований гумовий вкладиш з фільтруючою шайбою, що містить мембрану з прогумованого капрону. Тарілка натискання прижимає мембрану до шайби-фільтра. Електромагнітний привід складається з котушки, кожуха, сердечника та захисної трубки для котушки. Ручний дублер містить аварійний гвинт і ковпачок.

У вихідному положенні, коли електромагніт вимкнений, розвантажувальний отвір в кришці перекрито гумовим ущільненням, і основний прохідний отвір вентиля зачинений. Під тиском води, що постійно подається на золотник. В цей час ущільнювальне кільце притискається до сідла, чим забезпечує герметичність затвора.

Під час включення електромагніта сердечник переміщується, відкриваючи розвантажувальний отвір і здійснюючи відведення тиску з надмембранної порожнини. Це призводить до підняття мембрани разом із запірним механізмом, відкриваючи основний прохідний отвір. При вимиканні електромагніта сердечник опускається, перекриваючи розвантажувальний отвір і закриваючи прохідний отвір [23, 24, 26].

1.4 Використання паливо-мастильних матеріали під час обкатування двигунів внутрішнього згорання

1.4.1 Якість мастила та вимоги до нього

Властивості оливи значно впливають на процес припрацювання деталей двигунів. Малов'язкі оливи, характеризуючись високою текучістю та охолоджувальною здатністю, легко проникають у зазори між поверхнями тертя, видаляючи забруднення та продукти спрацювання. Використання таких олив прискорює процес припрацювання, але може спричинити появу задирів на поверхнях тертя через їхню малу несучу здатність та обмежені змащувальні властивості.

З іншого боку, збільшення в'язкості оливи зменшує ризик задирів. В то же час втрати потужності на тертя бліьшуються, а також зростає та тепловиділення, що вимагає використання менш інтенсивних

навантажувально-швидкісних режимів та збільшує тривалість обкатування. Більшість дослідників вважають, що оптимальна в'язкість мастила для забезпечення ефективності вузлів тертя сучасних двигунів повинна бути в межах 7–10 сСт, що забезпечує найбільш раціональне поєднання змащувальних та тепловідводних функцій, а також здатність видалення забруднень.

Ступінь очищення мастила є важливим фактором, оскільки він впливає на процес припрацювання. Наявність механічних домішок в мастилі може значно збільшити спрацювання деталей і скоротити ресурс двигуна. Наприклад, вміст механічних домішок у картерному маслі від 0,04% до 0,05% може зменшити ресурс карбюраторних двигунів до 350–450 тисяч км, в той час як вміст 1–2% може знизити його до 15–25 тисяч км.

Також виявлено позитивний вплив обкатування двигунів на працюючих мастилах. У процесі роботи двигуна мастило піддається трансформації, а на його поверхні накопичуються продукти спрацювання, які частково заповнюють мікровпадини на поверхнях тертя, поліпшуючи їхню роботу [24, 26].

Підвищений вміст абразивних елементів, води і повітря у мастилі, а також продуктів спрацювання негативно впливає на спрацювання спряжень. Під час обкатування інтенсивність спрацювання значно вища, що перевищує звичайні умови експлуатації. Це робить фільтруючі елементи менш ефективними у видаленні забруднень з мастила. Крім того, забруднення з повітря, палива і залишків від неповного видалення експлуатаційних і ремонтно-технологічних забруднень потрапляють в систему мастила..

1.4.2 Очищення оливи

На випробувальних станціях авторемонтних заводів з централізованими системами мащення потрібно дбати про ретельне очищення оливи від механічних домішок і води, які можуть накопичуватися у великій кількості. Під час обкатування двигунів, проточна олива, наряд зі змазаними частинками

металу, які утворюються внаслідок роботи деталей, та бруду, який змивається з деталей, може містити також воду. Це стає можливим через тріщини, що з'являються у дефектних двигунах, і дозволяє воді потрапляти у систему мащення через картерну систему.

Для очищення оливи від механічних домішок і води на випробувальних станціях авторемонтних заводів, де використовують централізовану систему мащення, застосовують відцентровий метод, використовуючи відцентрові сепаратори, такі як СЦ-ЗА. Робота сепаратора базується на принципі поділу рідини з різною густини і відділенні механічних домішок за допомогою відцентрових сил, що виникають під час обертання барабана.

Важливі складові сепаратора включають механізм приводу, збірник, барабан, насос і електродвигун з пусковою апаратурою. Для зменшення вібрацій і шуму сепаратори можуть бути встановлені на амортизатори або гумові підкладки.

Процес очищення полягає в тому, що брудне мастило з ємкості подається насосом через підігрівник у барабан сепаратора. Там вода відділяється, як і механічні домішки. Очищене мастило насос перекачує у ємкість для чистої оливи. На всмоктувальній магістралі встановлені безповоротний клапан, що утримує рідину, прохідний кран для регулювання продуктивності сепаратора і фільтр для видалення крупних домішок.

Для підвищення ефективності очищення оливи можуть використовуватися як електро-, так і паропідігрівачі. [23, 26].

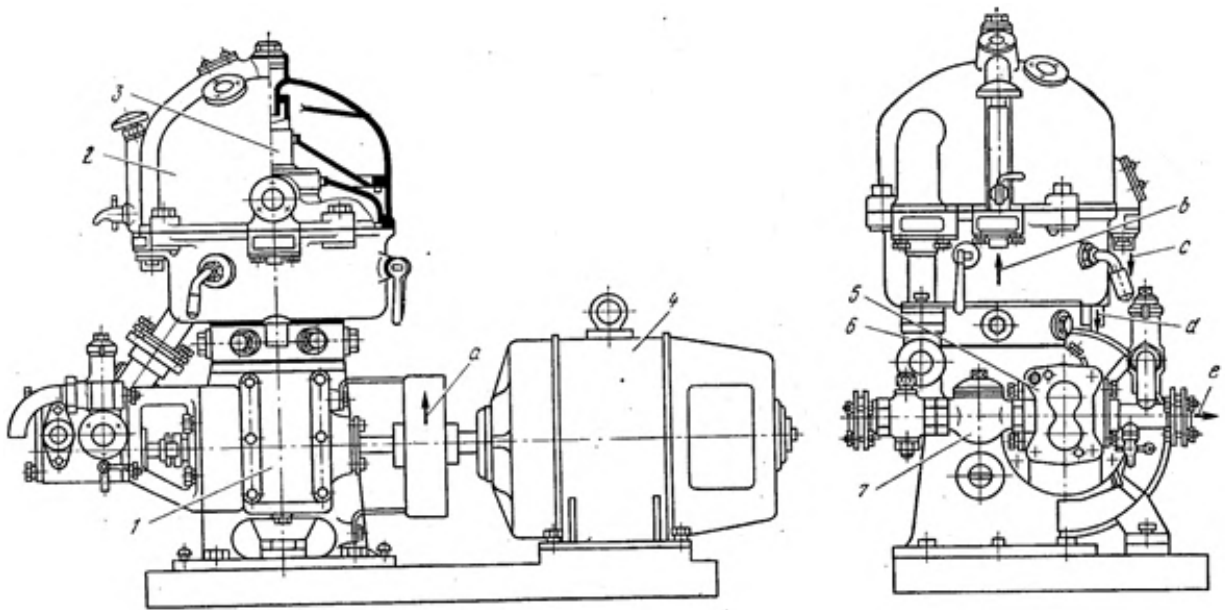


Рис. 1.5. Сепаратор: 1 – привідний механізм; 2 – збірник; 3 – барабан; 4 – електродвигун; 5 – насос; 6 – трубопровід; 7 – фільтр; *a* – напрямок обертання; *b* – вхід оливи в барабан; *c* – вихід води; *d* – стік з чаші; *e* – вихід очищеної оливи.

1.4.3. Припрацювальні присадки для моторної оливи

Обкатувальні оливи, призначені для використання в умовах масового виробництва, включають не лише компоненти для припрацювання, але й інші присадки, які сприяють проведенню ефективного обкатування.

Присадки для обкатувальних олив можна поділити на три основні категорії: інактивні, поверхнево-активні і хімічно-активні.

Інактивні – це речовини, такі як колоїдальний графіт, порошкове олово дисульфід молібдену, дрібнодисперсний порошок каоліну і інші. Наприклад, колоїдальний графіт заповнює мікронерівності на поверхнях тертя, запобігаючи прямому контакту металевих поверхонь. Дисульфід молібдену утворює на поверхнях тертя плівку, яка витримує великі тиски.

Поверхнево-активні присадки включають жирні кислоти, ефіри органічних кислот і спиртів, жирні аміни і інші. Ці присадки підвищують міцність змащувальної плівки, що покращує змащувальні властивості.

Хімічно-активні присадки містять сполуки хлору, фосфору, сірки і інші. Наприклад, присадки з хлором утворюють на поверхнях тертя плівку хлористого заліза, яка зменшує тертя і запобігає заїданню.

Якість оливи і присадок до неї є важливими факторами для ефективного обкатування двигунів, і правильний вибір присадок може суттєво покращити процес обкатування.

1.4.4. Припрацювальні присадки для палива

Використання присадок до палива для поліпшення припрацювання деталей циліндро-поршневої групи має вагому перевагу перед іншими методами, оскільки дозволяє точно дозувати їх і рівномірно розподіляти по циліндрах без потреби у спеціальних пристроях.

Більшість припрацювальних присадок складаються з металоорганічних сполук хрому або алюмінію, які повністю розчиняються у паливі. Під час згоряння палива ці сполуки утворюють дрібнодисперсні абразивні частинки, які сприяють припрацюванню деталей циліндро-поршневої групи.

Присадки до мастила та палива виконують різні функції. Оливи впливають на процеси тертя між деталями двигуна, а також на спрацювання спряжень деталей. В той же час присадки до палива впливають на припрацювання лише деталей циліндро-поршневої групи. Таким чином, одночасне використання цих присадок під час обкатування двигунів є найбільш раціональним рішенням [23, 24, 26].

1.5. Випробування двигунів

Випробування є останнім кроком у процесі ремонту двигунів. Вони можуть бути класифіковані на приймально-здавальні та періодичні короткочасні в залежності від їх призначення. Крім того, на заводах-виробниках проводяться періодичні і стандартні випробування.

Приймально-здавальні випробування спрямовані на контроль якості виготовлення (або ремонту), збирання і налаштування двигунів. Під час цих

випробувань визначаються такі параметри, як максимальна частота обертання на холостому ході двигуна, витрата палива двигуна, його потужність, тиск оливи за номінального значення частоти обертання колінвала двигуна. Випробування проводяться за певних умов: рівень мастила в картері відповідає встановленим нормам, температура мастила і охолоджуючої рідини становить $90 \pm 0,5$ градусів Цельсія, відсутність витoku води, мастила і палива у всіх з'єднаннях, тиск мастила і кут випередження запалювання відповідають технічним вимогам.

Вимірювання проводяться при стабільному тепловому режимі роботи двигуна. Мінімальна кількість вимірювань становить 2-3 з інтервалом 1,0-1,5 хвилин. Робота двигуна на номінальній потужності не повинна тривати понад 5 хвилин. Під час прогріття двигуна важливо, щоб робота була стабільною, без перерв. Виявлення різких стуків або шумів, які виділяються серед загального шуму двигуна, не допускається. Однак рівномірний стук та шум від клапанів, штовхачів і розподільних шестерень можуть бути прийнятними. Похибки вимірювань параметрів не повинні перевищувати значень, вказаних у технічній документації.

Результати вимірювань обробляються, приводячи їх до стандартних умов випробування (стандартний атмосферний тиск 101 кПа, температура повітря і палива 20°C, відносна вологість повітря 50%), згідно з вимогами стандартів ГОСТ 18509-88 і ГОСТ 14846-81. Якщо хоча б один параметр не відповідає значенням, встановленим у нормативно-технічній документації, двигун вважається непридатним для подальшого використання.

Періодичні короткочасні випробування двигунів спрямовані на перевірку відповідності їх параметрів технічним вимогам після виготовлення двигуна внутрішнього згорання або його капітального ремонту. У програму випробувань включається визначення мінімально стійкої частоти обертання на холостому ході, витрати мастила при роботі на холостому ході та зняття швидкісної та навантажувальної характеристик. Перед проведенням цих

випробувань двигуни повинні пройти технологічне обкатування, випробування на приймальному стенді і додаткове стендове обкатування.

Напрацювання двигуна внутрішнього згорання не повинно перевищувати 60 годин. Параметри, такі як потужність, споживання палива на одиницю потужності і загальне споживання палива, визначаються на основі результатів випробувань. Отримані значення переводяться до стандартних атмосферних умов і порівнюються з нормативами. Якщо хоча б один із цих параметрів не відповідає встановленим стандартам або нормативам, двигун вважається непридатним для подальшого використання і потребує капітального ремонту.

Двигуни, в яких під час обкатування або випробування виявлені дефекти, такі як стук у кривошипно-шатунному механізмі або циліндро-поршневій групі, шум у шестернях газорозподільного механізму, або низький тиск масла в системі мащення, підлягають контрольному огляду. Також підлягають огляду двигуни, які пройшли обкатування і випробування без виявлення дефектів, з частковим розбиранням кожного 10-го та повним розбиранням кожного 50-го. При частковому розбиранні перевіряється стан поверхонь вкладишів і шийок колінчастого вала.

Під час контрольного огляду двигуна внутрішнього згорання з повним його розбиранням визначають технічний стан його деталей: гільз циліндрів, головки циліндрів, поршнів, шатунів, поршневих кілець, стикових поверхонь головки і блоку двигуна, а також клапанного механізму, шийок колінчастого вала та вкладишів підшипників. Проводяться періодичні тривалі випробування, що оцінюють безвідмовність та стабільність параметрів роботи двигунів. Ці випробування складаються з повторюючихся циклів, і для карбюраторних двигунів легкових автомобілів загальна їх тривалість становить 250-350 годин. Під час випробувань фіксують різні параметри, такі як крутний момент, оберти колінчастого вала, температуру охолоджувальної рідини і мастила, тиск мастила, витрату палива та інші. Після завершення випробувань проводиться аналіз зовнішньої швидкісної характеристики, і

вкінці двигун розбирається для оцінки стану його деталей та проведення мікрометражу.

Двигун вважається непридатним після випробувань на безвідмовність у таких випадках: якщо для усунення виявлених несправностей потрібне розбирання двигуна з видаленням головки циліндрів або масляного картера, кришок розподільних шестерень або маховика; при виявленні стуків, що можуть стати загрозою для подальшої роботи двигуна; якщо після завершення випробувань двигун не може працювати без заміни деталей; при зниженні потужності або знефункціонуванні на більш як 5% від нормативних значень; при падінні тиску масла нижче встановлених технічними вимогами значень.

Типові випробування проводяться після внесення змін у конструкцію або технологію виробництва двигуна, що може вплинути на його робочі характеристики. Мета - оцінити ефективність та доцільність внесених змін. Випробування можуть бути періодичними короткочасними або тривалими, або виконуватися за спеціальною програмою, узгодженою зі споживачем.

- Під час холодного обкатування важливо виконати наступні кроки:
- Перевірити справність механізмів стенда, переконавшись, що статор може погойдатися в обидва боки без заїдання, і що після зупинки стрілка вагового механізму повертається на нульову позначку.
- Перевірити вручну обертання колінчастого валу двигуна, щоб упевнитися, що немає заклинювання, і щоб перевірити правильність установки двигуна на стенді.
- Перевірити тиск оливи та відсутність заклинювання деталей після запуску двигуна, а також герметичність усіх з'єднань.
- Перевірити роботу випускних клапанів та подачу оливи в контактних точках механізму.
- Перевірити температуру води й оливи, а також тиск оливи протягом усього процесу.

- Слухати за шумом різних частин двигуна за допомогою стетоскопа, зокрема розподільних шестерень, підшипників і поршнів.
- При виявленні дефектів припинити обкатування та виправити їх перед продовженням процесу.

Під час обкатування двигуна внутрішнього згорання на холостому ходу, а також під навантаженням важливо дотримуватися наступних вказівок:

- Перед початком обкатування перевірте та підтягніть болтові з'єднання, а також, при необхідності, налаштуйте теплові зазори між стержнями клапанів і коромислами.
- Після запуску двигуна відрегулюйте оберти холостого ходу.
- Регулярно слідкуйте за температурою води й оливи.
- Уникайте протікання оливи, води, палива, а також викидів повітря й відпрацьованих газів у точках з'єднання.

Під час обкатування двигуна важливо підтягувати кріплення в місцях, де може відбуватися підтікання оливи, води або палива. Однак не слід підтягувати кріплення впускних та випускних трубопроводів алюмінієвої головки циліндрів на гарячому двигуні. У випадку, якщо під час усунення дефектів необхідно розкрити картер чи кришку розподільних шестерень у разі відсутності необхідності заміни основних деталей, то обов'язково потрібно перевірити двигун на відсутність підтікання оливи. Цю перевірку слід виконати протягом 10–15 хвилин при частоті обертання колінчастого вала 1500–2000 об/хв. У цей час централізовану систему мащення відключають, а оливу наливають у картер двигуна. Після гарячого обкатування і регулювання на стенді двигун готовий до приймання.

При прийманні двигуна обов'язково потрібно перевіряти:

Перевірка наступних пунктів є важливою під час огляду та тестування двигуна:

- Рівень мастила у картері двигуна.

- Виявлення випадків підтікання води, оливи та палива у всіх з'єднаннях двигуна.

- Перевірка роботи системи мащення. При прогрітому двигуні, середня частота обертання колінчастого вала повинна забезпечувати тиск оливи не менше 50 кПа (0,5 кгс/см²) в масляній магістралі.

- Правильне налаштування системи запалювання.

- Робота двигуна на низьких обертах. На обертах 500–600 об/хв, двигун повинен стійко функціонувати.

- Прослуховування роботи двигуна. Робочий шум повинен бути однорівневим, без будь-яких різких стуків чи вибоїв.

- Під час роботи двигуна припустимі такі звуки: рівномірний стук клапанів і штовхачів, який вбирається в загальний шум; рівний, без різких вибоїв, шум високого тону у зоні розподільних шестерень.

Не допускаються такі звуки:

- Стук поршнів, корінних і шатунних підшипників, які можна почути за допомогою стетоскопа.
- Різкі стуки клапанів, коромисел або штовхачів, а також стуки чи різкі шуми високого тону у розподільних шестернях.
- Пропускання газів або підсмоктування повітря через прокладки [4].

В таблиці 1.1 подано режими обкатування двигуна ЗМЗ-4025.

Таблиця 1.1

Режими обкатування двигуна ЗМЗ-4025.

Стадія	Етап	Частота обертання колінчастого вала, об/хв	Навантаження, к. с.	Тривалість, хв
1	2	3	4	5
Холодне	1	500-600	-	10
	2	800-1000	-	15
Гаряче без навантаження	3	1000-1200	-	15
	4	1500-2000	-	10
Гаряче з навантаженням	5	1600-2200	10-20	20
	6	2500-2700	30-50	20

2. РОЗРАХУНОК ОБКАТУВАЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ

2.1 Фонда часу – дійсний та номінальний

Номінальний фонд часу працівника визначимо за формулою:

$$\Phi_{\text{нр}} = (d_{\text{к}} - d_{\text{в}} - d_{\text{п}}) \cdot t_{\text{р}} = (365 - 104 - 11) \cdot 8,2 = 2050 \text{ год.}$$

де $d_{\text{к}}$ – кількість календарних;

$d_{\text{в}}$ – кількість вихідних днів;

$d_{\text{п}}$ – кількість святкових днів;

$t_{\text{р}}$ – тривалість зміни, год.

Фонд часу обладнання (номінальний):

$$\Phi_{\text{но}} = (d_{\text{к}} - d_{\text{в}} - d_{\text{п}}) \cdot t_{\text{р}} \cdot z = (365 - 104 - 11) \cdot 8,2 \cdot 1 = 2050 \text{ год.}$$

де $d_{\text{к}}, d_{\text{в}}, d_{\text{п}}$ – кількість днів – календарних, святкових, вихідних;

$t_{\text{р}}$ – тривалість зміни, год.

z – кількість змін.

Фонд часу робітника (дійсний) розраховуємо за формулою:

$$\Phi_{\text{др}} = (d_{\text{к}} - d_{\text{в}} - d_{\text{п}} - d_{\text{о}}) \cdot t_{\text{р}} \cdot \eta = (365 - 104 - 11 - 18) \cdot 8,2 \cdot 0,96 = 1826 \text{ год.}$$

де $d_{\text{к}}, d_{\text{в}}, d_{\text{п}}, d_{\text{о}}$ – кількість днів – календарних, святкових, відпускних, вихідних;

$t_{\text{р}}$ – тривалість зміни, год.

η – коефіцієнт, який враховує пропуски роботи з поважних причин.

Дійсний фонд часу обладнання:

$$\Phi_{\text{до}} = \Phi_{\text{но}} \cdot \eta_{\text{о}} = 2050 \cdot 0,95 = 1947,5 \text{ год}$$

де $\Phi_{\text{но}}$ – фонд часу обладнання (номінальний), год.;

$\eta_{\text{о}}$ – коефіцієнт, який враховує простій.

2.2 Розрахунок трудомісткості робіт

Трудомісткість обкатування і випробування визначимо за формулою:

$$Y = Y_{\text{Д-50}} \sqrt[3]{\left(\frac{M}{M_{\text{Д-50}}}\right)^2} = 5145 \sqrt[3]{\left(\frac{190}{525}\right)^2} = 2613 \text{ люд.} \cdot \text{год.}$$

де $Y_{\text{Д-50}}$ – трудомісткість обкатування та випробування двигуна Д-50, люд. · год.;

M – маса двигуна ЗМЗ-4025, кг.;

$M_{Д-50}$ – маса двигуна Д-50, кг.

3.3. Розрахунок кількості робітників

Кількість робітників за списком визначимо з виразу:

$$U_{cn} = \frac{Y}{\Phi_{op}} = \frac{2613}{1826} = 1,43$$

де Y – трудомісткість обкатування та випробування, люд. · год.;

Φ_{op} – дійсний фонд часу працівника, год.

Приймаємо 2 особи.

Кількість робітників явкова визначається за формулою:

$$U_{яв} = \frac{Y}{\Phi_{нр}} = \frac{2613}{2050} = 1,27$$

де Y – трудомісткість обкатування та випробування, люд. · год.;

$\Phi_{нр}$ – номінальний фонд часу працівника, год.

Приймаємо 2 особи.

Кількість допоміжних робітників розрахуємо за формулою:

$$U_{доп} = 0,17 \cdot U_{cn} = 0,17 \cdot 2 = 0,34 \text{ ос.}$$

де U_{cn} – кількість робітників за списком, осіб.

Приймаємо 1 особу.

2.4 Розрахунок і підбір обладнання для технологічного процесу обкатування двигуна

Нижче подамо список обладнання, пристроїв та інструментів, які повинні бути на робочому місці під час обкатування і випробування двигуна:

- електрогальмівний стенд, призначений для випробування і обкатування двигуна;
- монорельс з електротельфером або кран-балка з електротельфером;
- підйомник для піднімання двигуна;
- динамометричний ключ;

- установка для подачі палива і мастильних матеріалів до стендів;
- важіль для обертання колінвала;
- пристрій для вимірювання зазору в клапанному механізмі;
- секундомір;
- пристрій для вимірювання частоти обертання валів (тахометр) з точністю $\pm 10 \text{ хв}^{-1}$;
- вага для вимірювання витрати на режимі номінальної потужності;
- манометричні термометри призначені для вимірювання температури води у вході та виході з двигуна. Діапазон вимірювання становить від 0 до 160 градусів з класом точності 1,6 за стандартом, або можуть використовуватися ртутні термометри з діапазоном від 0 до 100 градусів або 0 до 200 градусів.
- психрометр для вимірювання вологості навколишнього середовища;
- манометричні термометри призначені для вимірювання температури навколишнього повітря, а також палива на вході у фільтр грубої очистки;
- барометр;
- моментоскоп;
- стетоскоп.

Кількість стендів для обкатувально-випробувальних робіт визначимо з виразу:

$$S_u = \frac{n \cdot t_u \cdot c}{\Phi_{до} \cdot \eta_{сд}} = \frac{1000 \cdot 2,4 \cdot 1,1}{1947,5 \cdot 0,93} = 1,452$$

де n – кількість двигунів, які обкатуються і випробовуються;

t_u – тривалість обкатування і випробування. Із врахуванням тривалості монтажних робіт, год.;

c – коефіцієнт, повторного обкатування та випробування ДВЗ;

$\Phi_{до}$ – фонд часу обладнання (дійсний), год.;

$\eta_{сд}$ – коефіцієнт використання обладнання (0,9-0,95).

Приймаємо 2 стенди для процесу обкатування та випробування [2, 4, 23].

2.5 Визначення виробничих площ

Площу ділянки, призначеної для обкатування і випробування двигуна визначимо за формулою:

$$F_d = F_{об} \cdot \sigma = 20,28 \cdot 4,0 = 81,12 \text{ м}^2$$

де $F_{об}$ – площа, яку займає технологічне обладнання, м^2 ;

σ – коефіцієнт, який враховує віддалі між обладнанням і технологічні проходи.

2.6 Компонування плану ділянки

Обладнання для ділянки обкатування і випробування двигунів включає два стенди для обкатування-випробування, рідинні реостати для регулювання в кількості 2 шт, масляний фільтр, установку для вимірювання витрати палива, стенд для контрольного огляду двигунів після випробування, верхній і нижній резервуари для води, кран-балку з електроталлю, насоси для води і масла, резервуари для масла і бензину.

План ділянки у кваліфікаційній роботі розроблено з урахуванням таких вимог:

- Мінімізація площі приміщення.
- Розташування робочих місць у відповідності з черговістю виконання операцій для оптимізації робочих процесів.
- Мінімізація вантажних потоків для зменшення обсягу переміщень вантажів.

Уникнення перехресних і зустрічних вантажних потоків для покращення ефективності переміщення матеріалів.

При цьому враховуємо вимоги щодо відстаней між обладнанням, між обладнанням і стінами приміщення, а також ширини проходів і проїздів. Бак для бензину розташовуємо за межами робочої зони [2, 4].

3. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ОБКАТУВАЛЬНО-ГАЛЬМІВНИМ СТЕНДОМ

3.1 Обґрунтування актуальності конструкторської розробки

Сьогодні заводи-виробники обкатувально-гальмівних стендів не комплектують їх пристроями для з'єднання двигуна зі стендом. Це призвело до необхідності розробки пристрою для з'єднання вала обкатувально-гальмівного стенда з валом двигуна.

3.2 Опис будови та роботи пристрою

Один з компонентів обкатувально-гальмівного стенда (рис. 3.1) — це механізм передачі моменту, який відповідає не лише за передачу моменту, але й за контроль чистоти включення зчеплення. Крутний момент передається від півмуфти електродвигуна до веденого диска зчеплення або навпаки через карданний вал і шліцьовий вал. Карданний вал, що має два шарніри і є відбалансованим, уникне передачі радіальних вібрацій між працюючими агрегатами. Шліцьовий вал, що обертається в двох підшипниках у втулці, забезпечує стійкість роботи. Його передня шийка входить у підшипник торця колінчастого вала двигуна, що обкатується. У втулці також встановлений упорний підшипник, який взаємодіє з відтискними важелями зчеплення.

Втулка, яка встановлена в трубі 22 і оснащена пружинами, щільно входить в отвір картера зчеплення під коробку передач під час роботи. Труба обладнана трьома ручками 17 для ручного обертання і закріплена на рухомому корпусі 3 за допомогою різьбової частини. Валі-рейки 5, що складаються з валів, які ковзають у втулках, приварених до основи 15, зібрані разом з кожухом. Ці валі-рейки зчеплені з зубчастими колесами, закріпленими на валах, і обладнані привідними ручками 18. Основа цього механізму закріплена на рамі обкатувально-гальмівного стенда. Вал 6 вводять у шліцьовий отвір маточини веденого диска зчеплення, коли стенд не активний.

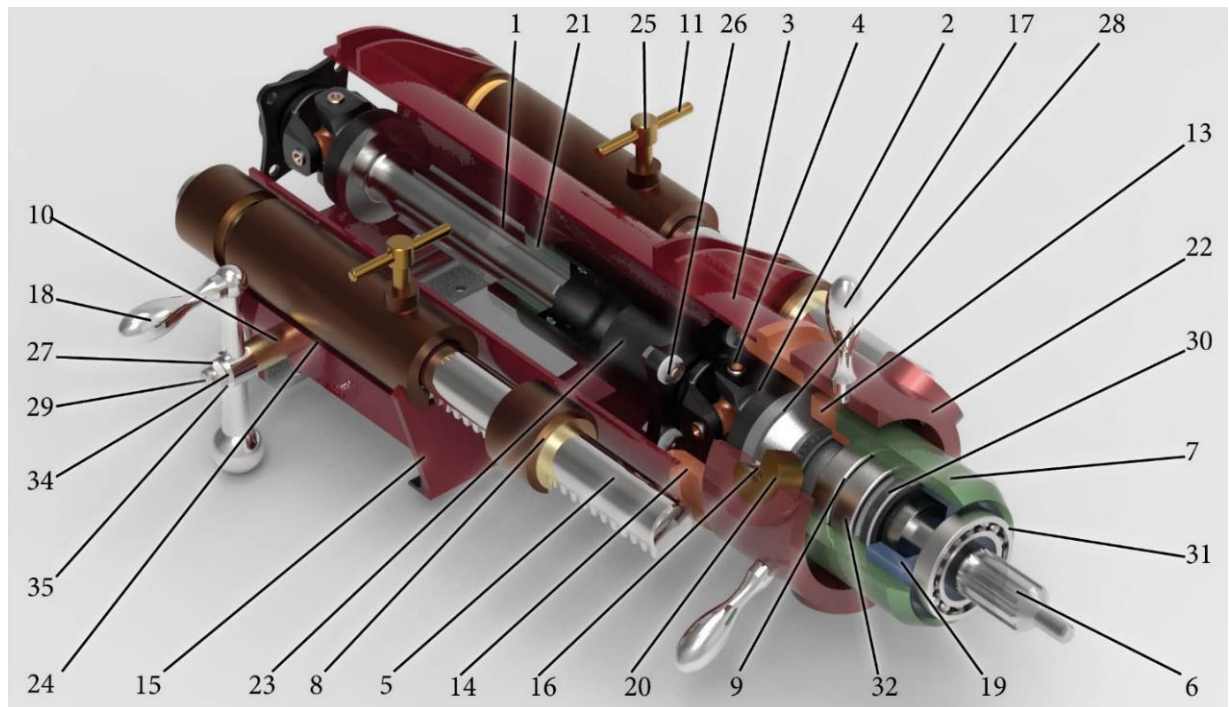
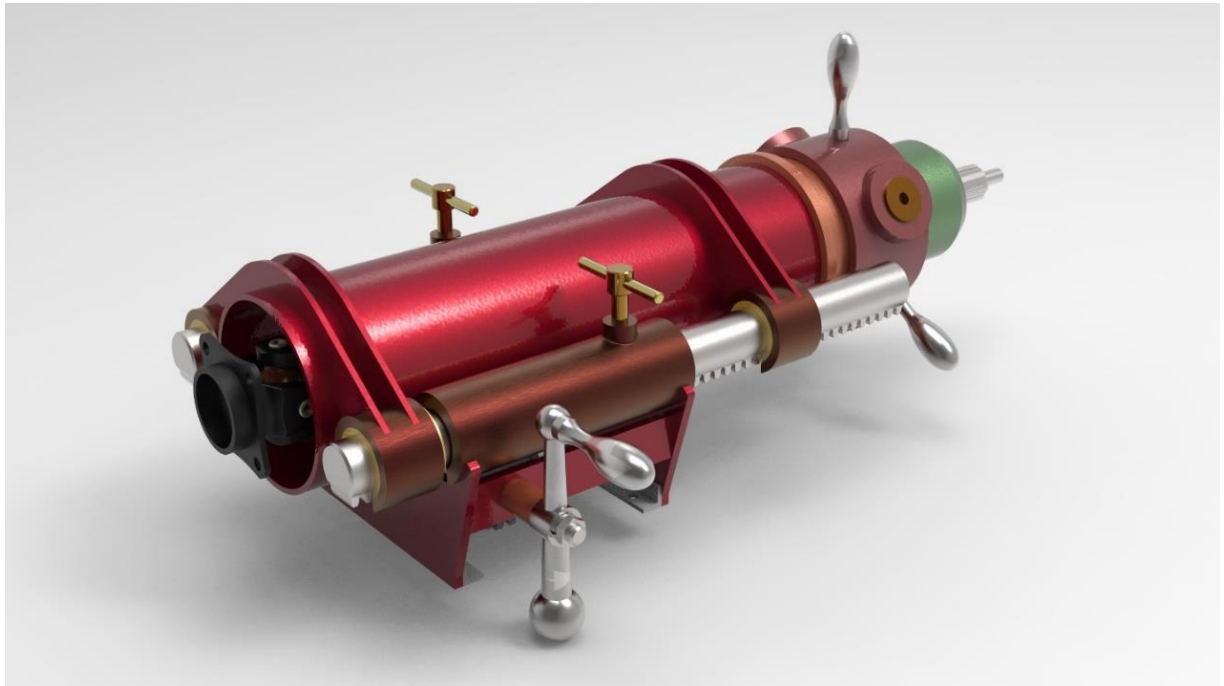


Рис. 3.1. Пристрій для з'єднання вала обкатувально-гальмівного стенда із валом двигуна: 1 – вал карданний шліцьовий; 2 – вилка; 3 – корпус; 4 – хрестовина; 5 – вал-рейка; 6 – вал шліцьовий; 7 – втулка; 8 – втулка рейки; 9, 10 – втулка розпірна; 11 – гвинт; 12 – кожух (не показано); 13 – обойма; 14 – обойма корпусу; 15 – основа; 16 – пружина; 17 – ручка; 18 – ручка маховика; 19 – стакан; 20 – стакан пружини; 21 – ступиця шліцьова; 22 – труба; 23 – труба карданна; 24 – шестерня; 25 – шпилька; 26 – болт; 27, 28 – гайка; 29 – кільце; 30 – манжета; 31, 32 – підшипник; 33 – прокладка регулювальна; 34 – шайба пружинна; 35 – шпонка.

Для цього переміщують рухома частину механізму ручкою 18, поки упорний підшипник не торкнеться віджимних важелів зчеплення. Вали-рейки 5 фіксуються нерухомо відносно основи за допомогою шпильок 25.

Чистоту вимикання зчеплення перевіряють при мінімальній частоті обертання колінчатого вала, переміщуючи кінці віджимних важелів вручну через обертання труби 22. Це виконується для того, щоб зупинити обертання вала електродвигуна. Кінематичне роз'єднання двигуна відбувається як після зупинки агрегатів, так і в режимі «на ходу», переміщуючи шліцьовий вал з маточини веденого диска зчеплення.

3.3 Міцнісний розрахунок пристрою

3.3.1 Розрахунок шліцьового з'єднання

Шліцьове з'єднання підбираємо залежно від діаметра вала за стандартними таблицями. Виконуємо перевірку шліцьового з'єднання на зминання поверхонь зубців і пазів за формулами для шліців з прямобічним профілем [1, 15, 22]:

$$\sigma_{3M} = \frac{T}{S_F \cdot l} \leq [\sigma_{3M}], \quad (3.1)$$

$$[\sigma]_{3M} = \frac{\sigma_T}{n \cdot K_{3M} \cdot K_d}, \quad (3.2)$$

де T – крутний момент, Н·мм;

l – довжина маточини, мм;

S_F – питомий сумарний статичний момент площі робочої поверхні з'єднання відносно осі вала, мм³/мм;

$K_d = T_{max}/T \approx 2...2,5$ – коефіцієнт динамічного навантаження;

σ_T – границя текучості, МПа;

n – коефіцієнт запасу міцності.

$$K_{3M} = (1,1...1,6) \cdot (K_3 \cdot K_{кр}), \quad (3.3)$$

де K_3 – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між зубцями

$$K_3 \approx 1,7 \dots 2,4;$$

$K_{кр}$ – коефіцієнт концентрації навантаження від закручування вала.

$$K_{3м} = 1,6 \cdot 2,4 \cdot 3,9 = 15,$$

Розраховуємо допустиме напруження змінання поверхонь зубців і пазів [1, 15, 22]:

$$[\sigma]_{3м} = \frac{540}{1,3 \cdot 15 \cdot 2,5} = 11,1 \text{ МПа}$$

Визначимо напруження змінання активних поверхонь зубців і пазів:

$$\sigma_{3м} = \frac{173000}{600 \cdot 55} = 5,2 \text{ МПа}$$

Оскільки розрахункове напруження змінання не перевищує допустимого, то шліцьове з'єднання з параметрами $z=8$, $d=46$, $D=54$ задовольняє умову міцності.

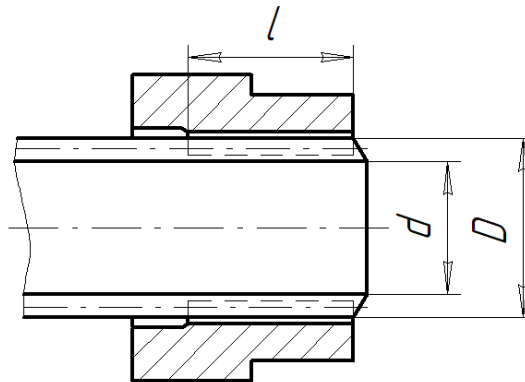


Рис. 3.2. Схема шліцьового з'єднання

3.3.2 Підбір муфти

Оскільки валі механізму обкатувально-випробувального стенда та двигуна з'єднані з невеликим зміщенням, ми використовуємо шарнірну муфту для компенсації цього зміщення.

Для забезпечення рівномірного обертання веденого вала з постійною кутовою швидкістю застосовується подвійна шарнірна муфта. Ця муфта складається з двох пар півмуфт, розміщених під прямим кутом, і з'єднаних між собою за допомогою двох хрестовин. Подвійна шарнірна муфта дозволяє

компенсувати нерівномірність обертання веденого вала, що може виникати при використанні одинарної шарнірної муфти.

Підбираємо муфту Б 40 ГОСТ 5147-80 за допустимим крутним моментом і номінальним діаметром вала [1, 15, 22].

3.3.3 Розрахунок зварного з'єднання

Розраховуємо на міцність зварне з'єднання карданного шліцьового вала і фланця.

Виконаємо розрахунок, за умовою міцності на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.4)$$

де $\tau_{зр}$ – напруження зрізу, МПа;

F – сила, яка діє на кріплення, Н;

A – площа зрізу, мм².

Силу, яка діє на кріплення визначаємо з виразу:

$$F = 2T/d, \quad (3.5)$$

де T – крутний момент, на валі, Н·мм;

d – діаметр вала, мм.

Виходячи з виразу (3.5), отримаємо:

$$F = 2 \cdot 173 \cdot 10^3 / 42 = 8238 \text{ Н}$$

Площу зрізу розрахуємо з виразу:

$$A = 0,7 \cdot k \cdot \pi \cdot d, \quad (3.6)$$

де k – катет шва, мм.;

d – діаметр вала, мм.

$$A = 0,7 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 42 = 369 \text{ мм}^2$$

Допустиме напруження зрізу розрахуємо за формулою:

$$[\tau]_{зр} = 0,6 \cdot [\sigma]_p, \quad (3.7)$$

де $[\sigma]_p$ – допустиме напруження розтягу, МПа,

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{[s]}, \quad (3.8)$$

де σ_T – границя текучості, МПа,

$[s]$ – коефіцієнт запасу міцності.

На підставі виразу (3.7) можна записати:

$$[\tau]_{зр} = 0,6 \cdot 196 = 117,6 \text{ МПа.}$$

Розрахункове значення напруження зрізу розрахуємо з виразу (3.4):

$$\tau_{зр} = F/A = 8238/369 = 22 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{зр} < [\tau]_{зр}$$

Зварне з'єднання витримає задане навантаження, так як умова міцності дотримана, бо розрахункове значення напруження зрізу є меншим за допустиме значення, [1, 15, 22].

Розрахуємо довжину зварного шва:

$$l = \frac{A}{0,7 \cdot k}, \quad (3.9)$$

де A – площа зрізу, мм²;

k – катет шва, мм.

$$l = \frac{369}{0,7 \cdot 4} = 131,8 \text{ мм.}$$

Остаточне значення сумарної довжини шва $l=132$ мм. Приймаємо з урахуванням можливих технологічних дефектів під час зварювальних робіт.

Зварювання будемо виконувати суцільним швом [1, 15, 22].

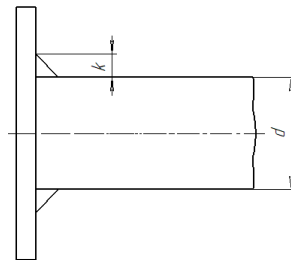


Рис. 3.3. Зварного з'єднання (схематичне зображення).

3.3.4 Розрахунок шпонкового з'єднання

В залежності від діаметра вала $d=20$ мм за таблицями стандарту підбираємо призматичну шпонку $b \times h = 6 \times 6$ мм. Ми обираємо довжину шпонки

так, щоб вона була коротшою за довжину маточини колеса і не виходила за рамки максимальних розмірів, допустимих для шпонок. Приймаємо $l=16\text{мм}$.

Шпонкові з'єднання перевіряємо на зминання робочих поверхонь з'єднаних деталей та самої шпонки (рис. 3.4).

Умова міцності шпонки записується так:

$$\sigma_{\text{зм}} = F_t / S_{\text{зм}} \leq [\sigma]_{\text{зм}}, \quad (3.10)$$

де F_t – колова сила, Н;

$S_{\text{зм}}$ – площа зминання паза в маточині колеса, мм^2 .

Площа зминання паза в маточині колеса розраховується за формулою:

$$S_{\text{зм}} = (h - t_l) \cdot l_p, \quad (3.11)$$

де h – висота шпонки, мм;

t_l – глибина паза вала, мм;

l_p – довжина призматичної шпонки (розрахункова), мм.

Розрахункова довжина шпонки буде рівною:

$$l_p = l - b = 16 - 6 = 10\text{мм}, \quad (3.12)$$

де l – довжина шпонки, мм;

b – ширина шпонки, мм.

В такому випадку площа зминання буде дорівнювати:

$$S_{\text{зм}} = (6 - 3,5) \cdot 10 = 25\text{мм}^2$$

Виконаємо перевірку на зминання вибраної шпонки. Напруження зминання (розрахункове) розрахуємо з виразу (3.10):

$$\sigma_{\text{зм}} = F_t / S_{\text{зм}} = 800 / 25 = 32 \text{ МПа}.$$

Розраховане напруження є набагато меншим за допустиме значення напруження $[\sigma]_{\text{зм}} = 100 \dots 130 \text{ МПа}$.

В процесі проектування призматичного з'єднання, окрім зминання, шпонки перевіряють ще й на зріз:

$$\tau_{\text{зр}} = F_t / S_{\text{зр}} \quad (3.13)$$

де F_t – колова сила, Н;

$S_{\text{зр}}$ – площа зрізу шпонки, мм^2 .

Площу зрізу шпонки розраховують з виразу:

$$S_{зр} = b \cdot l_p = 6 \cdot 10 = 60, \quad (3.14)$$

де b – ширина шпонки, мм;

l_p – довжина шпонки (розрахункова), мм.

Розрахункове напруження зрізу призматичної шпонки, визначене з виразу (3.13) буде рівним:

$$\tau_{зр} = 800/60 = 13,3 \text{ МПа.}$$

Оскільки розрахункове напруження зрізу є значно меншим від допустимого $[\tau]_{зр} = 60 \dots 100 \text{ МПа}$ [15, 22], шпонкове з'єднання витримає задане навантаження.

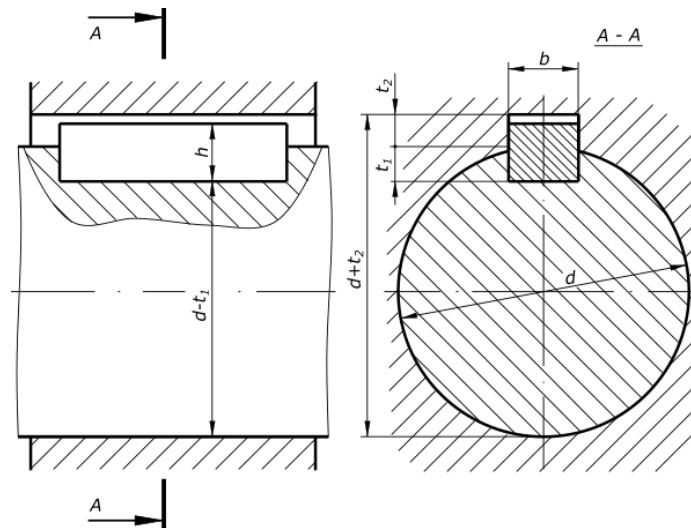


Рис. 3.4. Розрахункова схема з'єднання призматичною шпонкою.

3.3.5 Використання «безпаперової» технології підготовки креслеників

Малі і середні підприємства змагаються в умовах жорсткої конкуренції з більшими корпораціями і холдингами, і тому постійно зосереджуються на підвищенні ефективності управління життєвим циклом продуктів. Для досягнення цієї мети вони впроваджують нові технології, підходи та інформаційні системи. Один із найбільш ефективних методів управління даними про життєвий цикл продукту — це методика без використання креслеників, що базується на сучасних технологіях.

Система конструкторської документації, яка сьогодні є чинною в Україні, дозволяє використовувати електронні моделі:

- ГОСТ 2.102-2013, п. 4.3: «всі графічні документи (кресленики, схеми) можуть бути виконані як електронні кресленики (2D) і /або як електронні моделі (3D)»;
- ГОСТ 2.102-2013, п. 5.2: «за основні конструкторські документи, в залежності від форми виконання, приймають: – для деталей – кресленик деталі і /або електронну модель деталі».

На сьогоднішній день часто стикаються з такою ситуацією у використанні 3D моделей: зазвичай моделі розробляються у САД-системах для отримання креслень; проте модель не має офіційного статусу на підприємстві, не зберігається і не оновлюється регулярно; зміни вносяться на паперових кресленнях; для використання моделей у інженерному аналізі, технологічній підготовці і обробці на верстатах з ЧПК часто потрібне повторне моделювання за оригінальними кресленнями.

Проте використання підприємствами, які застосовують безпаперові технології документообігу, електронних моделей має значні переваги:

- Використання 3D-моделі дозволяє оцінити конструктивні характеристики виробів на етапі проектування і приймати правильні рішення щодо їх особливостей без необхідності виготовлення прототипу.

- 3D модель дозволяє оцінити естетичні, ергономічні та експлуатаційні характеристики виробу.

- Використання 3D-моделі збірки дозволяє перевірити якість збирання виробу до початку виробництва.

- Робота з єдиним цифровим макетом сприяє впровадженню методик паралельного проектування і виробництва.

- Усі дані про використання виробу зберігаються в одному електронному макеті, що дозволяє в будь-який момент отримати необхідну інформацію за складом і стадіями проектування-виробництва.

- Можливість організації документообігу за безпаперовою технологією сприяє економії ресурсів і часу, уникненню копіювання та організації паперових архівів.

- Дані з 3D-моделі використовуються на всіх етапах життєвого циклу продукту: в інженерному аналізі, підготовці моделей для ЧПК, розробці технології та експлуатаційній документації.

Використання електронних документів і електронних моделей регламентується рядом міждержавних стандартів системи конструкторської документації: «ГОСТ 2.102. Види і комплектність конструкторських документів; ГОСТ 2.052. Електронна модель виробу; ГОСТ 2.053. Електронна структура виробу; ГОСТ 2.054. Електронний опис виробу; ГОСТ 2.055. Електронна специфікація; ГОСТ 2.056. Електронна модель деталі; ГОСТ 2.058. Правила виконання реквізитних частини електронних конструкторських документів».

Вимоги, що ставляться до електронних моделей регламентуються ГОСТ 2.052. ГОСТ 2.052-2015, пункт 4.1 – «Електронна модель деталі і складальної одиниці за ГОСТ 2.102 є електронними геометричними моделями виробу (ЕГМВ)». ГОСТ 2.052-2015, пункт 4.2 – «ЕГМВ являє собою сукупність геометричних елементів і атрибутів моделі, які спільно визначають геометрію виробу і його властивості, що залежать від його форми і розмірів».

В системах автоматизованого проектування, які використовуються на виробництві, а також під час виконання кваліфікаційної роботи, вже наразі можна зберігати всю необхідну інформацію для виробництва виробу: розміри з урахуванням допусків, параметри шорсткості (включаючи невказані), бази, формові допуски, лінії виноска та інші характеристики. Зображення електронних моделей деталей розробленого пристрою для кваліфікаційної роботи представлено на відповідних аркушах графічної частини, а окремі з них показані на рисунку 3.5.

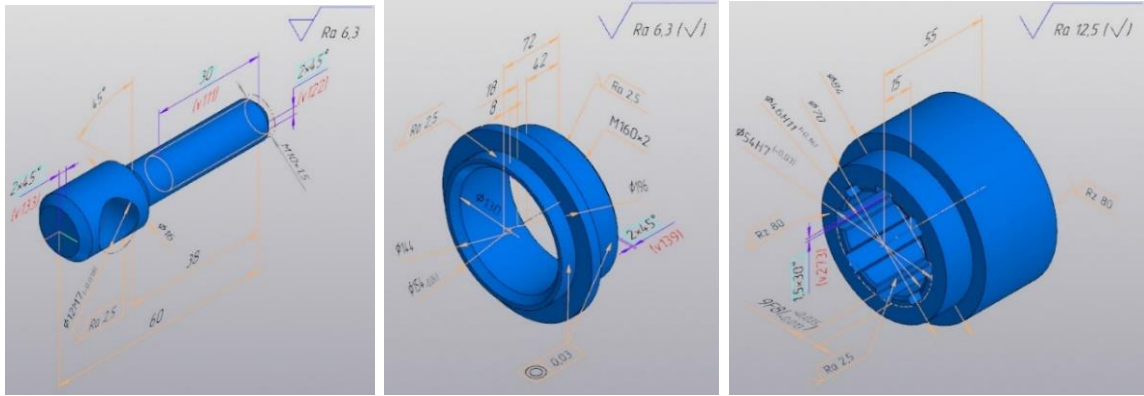


Рис. 3.5. Електронні моделі деталей конструкторської розробки пристрою.

Ми вважаємо, що було б зручно, якщо користувач мав можливість використовувати технічні вимоги прямо в робочій області програми. За умови застосування такої можливості представлення деталей усі необхідні технічні вимоги відображалися б на екрані при відкритті файлу, були б завжди доступні для перегляду. Також важливо, щоб користувач міг вільно переміщати технічні вимоги в площині і змінювати параметри тексту за потреби.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу обкатування і випробування двигунів та розроблення моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій

Кожний небезпечний виробничий фактор незалежно від його виду, рівня, та інших властивостей має певну зону своєї дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення, то її можна вважати постійною.

Постійні зони існують або виникають у ланцюгових, пасових та шестеренних передачах, у пресах, пневматичних та гідравлічних молотах, верстатах, під машинами та платформами, піднятими за допомогою гідравлічної чи іншої підйомної системи. Так на обкатувально-випробувальній дільниці має місце постійна небезпечна зона.

Небезпечною дією працівника дільниці може бути необережне поводження його з підйомно-транспортним обладнанням, недотримання нормативних вимог охорони праці, недотримання правил технологічного процесу, порушення регламентованого режиму роботи обладнання, норм експлуатації споруд і т. д. Таким чином, внаслідок небезпечних дій працівник проникає в небезпечну зону, в якій потрапляє в небезпечні обставини.

Небезпечні умови можуть визначатися недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання і процесів, недостатньою надійністю виробничого обладнання, низьким рівнем організації виробництва, тобто відсутність необхідного контролю, низький професійний рівень працівників, підготовка їх з охорони праці.

Небезпечною ситуацією, яка виникає при збіганні умов і обставин, у які потрапляє працюючий після допущених небезпечних дій, може бути аварія (вихід з ладу, пошкодження машини, агрегату) або катастрофа (несподіване лихо, подія, що спричиняє тяжкі наслідки, руйнування). Внаслідок аварії технічної системи працівник може отримати травми [5, 13, 16, 17].

Таблиця 4.1

Формування та виникнення аварійних ситуацій, що виникають під час використання пристрою

Вид технологічної операції	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобіганню аварійним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Обкатування і випробування двигунів	<p>Технічна несправність обладнання НУ₁.</p> <p>Погане заземлення стендів НУ₂.</p> <p>Неуважність працівника НУ₃.</p>	Недотримання вимог техніки безпеки та технології процесу НД.	Створення аварійно-небезпечної ситуації АНС.	Аварія, травма, наслідок без аварії і травми.	<p>Перед початком роботи перевірити технічний стан обладнання, заземлення.</p> <p>Проводити підготовку працівників з охорони праці.</p>
<u>Модель процесу:</u>					
<pre> graph LR NU1[НУ₁] --> ND[НД] NU2[НУ₂] --> ND NU3[НУ₃] --> ND ND --> NS[НС] NS --> A[А] NS --> T1[Т] NS --> BN[БН] A --> T2[Т] </pre>					

4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу процесу

4.2.1 Правила техніки безпеки під час використання стенда для обкатування і випробування двигунів

1. До роботи на стенді допускають осіб, що пройшли інструктаж з техніки безпеки і знають правила експлуатації стенда.
2. Забороняється робота на стенді з відкритим загороджувальним кожухом.
3. Забороняється включати стенд при знятому кожусі реостата.
4. При роботі двигуна на стендах СТЭУ-55 і КИ-2118А забороняється перевищувати частоту обертання ротора електродвигуна понад 3000 об/хв.
5. Забороняється гальмування двигуна, що обкатується при навантаженнях вище граничних.
6. Забороняється зупиняти електродвигун стенда безпосереднім вимиканням його з мережі, коли двигун працює під навантаженням.
7. Забороняється запускати двигун на стенді при частоті обертання колінчатого вала вище 700 об/хв.
8. Не допускається різка зміна частоти обертання колінчатого вала двигуна при його роботі на стенді під навантаженням.
9. Забороняється використання реостата, якщо рівень води нижче 160 мм від верхньої кромки бака.
10. Забороняється доливати воду в реостат при включеному в мережу стенді.
11. Не допускається підтікання палива й оливи (при централізованій системі змащення) через трубопроводи і місця їхніх з'єднань.
12. Забороняється використання несправного вантажопідйомного механізму (тельфера, блоку, талі, крана-балки).
13. Забороняється піднімати двигун, якщо його маса перевищує вантажопідйомність підйомного механізму.

14. Категорично забороняється повертати кран-балку руками з піднятим двигуном. Для повороту крана-балки необхідно користуватися металевим гаком чи додатково підвішеним канатом.
15. Забороняється ставати під піднятий двигун і допускати під вантаж сторонніх осіб.
16. Забороняється залишати кран під навантаженням.
17. забороняється різко піднімати двигун і розгойдувати його.
18. При монтажі й експлуатації радіоізотопного терморегулятора РТ-2 забороняється розкривати і не ремонтувати вимірювально-регулюючий прилад поза приміщеннями, що мають спеціальне захисне устаткування для роботи з закритими джерелами бета-випромінювання;
19. Забороняється допускати до експлуатації приладу персонал, що не має спеціальної підготовки і допуску до роботи з радіоактивними речовинами.

4.2.2 Розрахунок необхідного обсягу повітрообміну та системи вентиляції дільниці обкатування двигунів

Розрахунок системи вентиляції з механічним спонуканням виконуємо у такій послідовності:

1. Залежно від характеру виробничого процесу на дільниці чи в цеху вибираємо вид вентиляції. Для того, щоб уникнути розповсюдження шкідливих домішок, таких як оксид вуглецю, оксид азоту та альдегідів у приміщенні дільниці, що проектується, застосовуємо притоково-витяжну систему вентиляції. Притоково-витяжна система вентиляції забезпечує одночасну механічну подачу повітря і його відсмоктування. При такій системі зовнішнє повітря, яке всмоктується вентилятором, подається у притокову вентиляційну камеру і за допомогою опалювальних приладів нагрівається, а потім через притокові канали подається у повітропроводи приміщення.

Забруднене повітря з приміщення за допомогою витяжних вентиляторів через збірні канали подається до витяжної камери.

2. Визначаємо кратність повітрообміну за формулою:

$$K=Q_{\phi}/q_{\text{ГДК}} \quad (4.1)$$

де Q_{ϕ} – фактична концентрація шкідливої речовини в повітрі, що утворилася під час проходження її протягом однієї години, мг/год., приймаємо

$$Q_{\phi}=90 \text{ мг/м}^3 [4];$$

$q_{\text{ГДК}}$ – ГДК шкідливої речовини у повітрі, мг/м³, $q_{\text{ГДК}}=25$ [16].

$$K=90/25=3,6 \approx 4$$

3. Кількість шкідливих речовин (кг/год), що виділяються при роботі двигунів внутрішнього згорання (оксид вуглецю, оксид азоту і альдегіди), визначаємо за формулою:

$$B_{\text{ов}}=(A_1+B_1V_u)q_{\text{от}}/6000, \quad (4.2)$$

де A_1 , B_1 – коефіцієнти, що дорівнюють для карбюраторних двигунів $A_1=9$

$$B_1=12 [13];$$

V_u – робочий об'єм циліндрів двигуна, л., $V_u=2,44$ л.;

$q_{\text{от}}$ – об'ємна частка шкідливих речовин у відпрацьованих газах

$$q_{\text{от}}=0,003 [4];$$

t – час роботи двигуна, год., $t=4,8$ год [4].

$$B_{\text{ов}}=(9+12 \cdot 2,44) \cdot 0,003 \cdot 4,8/6000=9 \cdot 10^{-5} \text{ кг/год.}$$

4. Необхідну для вентиляції кількість повітря визначаємо за формулою:

$$L=(1000 \cdot Q \cdot t \cdot n)/(60 \cdot d), \quad (4.3)$$

де Q – кількість отруйних речовин, що потрапили в повітря, кг/год. $Q=9 \cdot 10^{-5}$;

t – тривалість роботи двигуна автомобіля, хв, $t=288$ хв;

n – кількість двигунів, що одночасно працюють, $n=2$;

d – нормативний вміст отруйної речовини у повітрі, г/м³, $d=0,025$ г/м³ [16].

$$L=(1000 \cdot 9 \cdot 10^{-5} \cdot 288 \cdot 2)/(60 \cdot 0,025)=345,6 \text{ м}^3.$$

5. Визначаємо подачу вентилятора за формулою:

$$L_1=L/K_3 \quad (4.4)$$

де L – кількість повітря для необхідного обміну, м³/год., $L=345,6$ м³/год;

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3=1,3 - 2,0$) [13].

$$L_l = 345,6 / 1,5 = 230,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Вибираємо відцентровий вентилятор Ц4-70 №3. ($A=5000$) [13].

6. Потужність електродвигуна для привода вентилятора визначаємо за формулою:

$$N = \frac{k_3 \cdot L_6 \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_6 \cdot \eta_n} \quad (4.5)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу ($k_3=1,05 - 1,5$);

L_6 – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{год}$, що відповідає необхідній кількості повітря для розбавлення шкідливих речовин у приміщенні $L_6=230,4\text{м}^3/\text{год}$;

H – тиск, що створюється вентилятором, Па., $H=1200$ Па;

η_6 – ККД вентилятора $\eta_6=0,6$; η_n – ККД привода $\eta_n=0,9$ [13].

$$N = \frac{1,5 \cdot 230,4 \cdot 1200 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 0,2 \text{ кВт}$$

7. Визначивши A і N , обчислюємо частоту обертання ротора вентилятора за формулою:

$$n_6 = A/N, \quad (4.6)$$

де A – безрозмірна величина, $A=5000$, N – номер вентилятора, $N=3$ [13].

$$n_6 = 5000/3 = 1667 \text{ хв}^{-1}.$$

Для приводу вентилятора вибираємо асинхронний трифазний короткозамкнутий двигун марки 4А71А4У3 [22].

5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Основні забруднення навколишнього природного середовища

Проблема захисту навколишнього середовища є одним з найважливіших завдань щодо удосконалення технологічних процесів з метою скорочення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище і поліпшення очищення відхідних газів від шкідливих домішок, збільшення випуску високоефективних газопилоуловлюючих апаратів, водоочисного обладнання та ін.

Відповідно до прийнятого ООН визначення, речовина вважається забруднювачем, якщо вона зустрічається у неналежному місці, в неналежний час і в неналежній кількості. За природною суттю розрізняють такі забруднювачі навколишнього середовища: 1) механічні – запилення атмосфери, тверді частинки і різноманітні предмети у воді та ґрунті; 2) хімічні – газоподібні, рідкі, тверді хімічні з'єднання, що вступають у взаємодію з навколишнім середовищем; 3) фізичні – всі види енергії як відходи різноманітних виробництв – теплової, механічної, світлової, електромагнітні поля, іонізуючі випромінення; 4) біологічні – аерозолі антибіотиків, шкідливі мікроорганізми, грибки, пори рослин тощо.

Негативно діючи на навколишнє середовище, забруднюючі речовини, у свою чергу, можуть піддаватися певному впливу з боку самого середовища. За цією ознакою забруднюючі речовини розподіляють на стійкі (незруйновні) і ті, що руйнуються під дією природних хіміко-біологічних процесів.

До матеріальних промислових забруднень відносять викиди в атмосферу, стічні води і тверді відходи [2-4].

5.2 Охорона та ефективне використання водних ресурсів

На підприємстві, яке експлуатуватиме розроблений пристрій на стендах для обкатування двигунів внутрішнього згорання для забезпечення працівників питною водою має бути передбачено водопровідні колонки з

фонтануючими кранами чи іншими пристроями відповідно до чинних санітарних вимог. Водопровід і каналізація повинні бути влаштовані так, щоб не забруднювати питні джерела, водойми і ріки. Стічні води, які не можна використати у системі оборотного водопостачання, повинні підлягають спуску у каналізаційні мережі, щоб унеможливити потрапляння їх у водойми без попереднього доочищення.

Очищення стічних вод повинно здійснюватися методами механічного очищення (відстоювання, фільтрація, флотація); хімічного, коли для обробки стічних вод додають хімічні реагенти; фізико-хімічного і біологічного. У конкретних випадках можливі комбінації перелічених методів очищення.

В якості споруд механічного очищення можна використовувати жируловлювачі, первинні відстійники, фільтри, центрифуги, флотатори.

Оскільки на запроектованій обкатувально-випробувальній ділянці заводу мають місце маловміщуючі стоки, то для очищення таких стоків доцільно застосовувати флотатори. Подача повітря в стічну рідину, утворення бульбашок і їхній рух сприяють флотації з води механічних домішок. Очищену воду й піну з добутих з води домішками видаляють окремо.

5.3 Охорона ґрунтів

Основні види забруднень ґрунтів на машинобудівних та ремонтних підприємствах представлені механічними забрудненнями – це окалина, металева стружка і пил, флюси, мінеральні масла тощо. При цьому масова концентрація забруднень може досягати $5\text{г}/\text{м}^3$.

Тверді відходи машинобудівних підприємств мають обмежену номенклатуру і досить постійні за складом. Кількість відходів може коливатися у широких межах залежно від застосовуваної технології і характеру виробництва. До твердих відходів відносять метали (чорні, кольорові), окалину, абразиви, пластмаси, папір, картон та ін. З твердих відходів утилізують головним чином метали, частково окалину, картон, папір.

Велике значення для охорони ґрунтів та атмосферного повітря має правильне зберігання та використання паливо-мастильних матеріалів. Під час зберігання паливо-мастильних матеріалів та заправці транспорту повинна виключатись можливість підтікання ПММ, потрібно забезпечити герметичність з'єднань.

Під час обкатування двигунів необхідно стежити за герметичністю з'єднань паливопроводів системи живлення двигунів.

5.4 Охорона атмосферного повітря

Законом про охорону атмосферного повітря установлені гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин та рівні шкідливих фізичних впливів на атмосферу, а для охорони атмосферного повітря – гранично допустимі викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря і гранично допустимі шкідливі фізичні впливи на нього.

При обкатуванні двигунів на запроектованій ділянці для автоматичного регулювання температурного режиму роботи двигуна застосовують радіоізотопний терморегулятор РТ-2, що становить певну небезпеку при неправильному використанні приладу. У приладі РТ-2 використане радіоактивне джерело типу БІС-3, активність якого 0,05 мКюри.

Відповідно до «Санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами і джерелами іонізуючих випромінювань» споживач зобов'язаний у 10-денний термін із дня одержання радіоактивних (радіоізотопних) приладів довести до відома про це місцеві органи санітарного нагляду.

Для заміни джерел випромінювання чи ремонту, пов'язаного з видаленням джерел, прилад необхідно відправити в базову ізотопну лабораторію.

У випадку відмови в роботі (зносу чи руйнування) вимірювально-регулюючого приладу споживач зобов'язаний здати його в найближчу базову ізотопну лабораторію для видалення джерела радіоактивного випромінювання і подальшого збереження його в спеціально призначених місцях. Для

постійного контролю за станом приладів наказом адміністрації підприємства необхідно призначити відповідальну особу [2-4].

5.5 Охорона рослинного і тваринного світу

Кожне підприємство в процесі діяльності в тій чи іншій мірі здійснює вплив на флору, фауну і здоров'я людей. Тому слід відзначити руйнівні дії забруднень на флору, фауну, особливо на здоров'я людини. Це перш за все токсична дія багатьох хімічних речовин, які призводять до захворювань дихальних шляхів.

Під час роботи обкатувального стенду негативний вплив на рослинний і тваринний світ відсутній.

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Розрахунок витрат на виготовлення пристрою

Витрати на виготовлення пристрою визначаємо за формулою:

$$C_B = C_{ЗП} + C_M + C_{В.А.} + 3_{ПР} \frac{\%HP}{100}, \quad (6.1)$$

де $C_{ЗП}$ – основна і додаткова заробітна плата працівників з нарахуваннями, яка витрачається на виготовлення пристрою, грн;

C_M – вартість матеріалів і деталей, витрачених на виготовлення пристрою, грн;

$C_{В.А.}$ – вартість вузлів і агрегатів, витрачених на виготовлення пристрою, грн;

$3_{ПР} = (C_{ЗП} + C_M)$ – прямі витрати на виготовлення пристрою, грн;

$\%HP$ – відсоток накладних витрат.

Витрати на зарплату розраховують за формулою:

$$C_{ЗП} = C_0 + C_{ДОД} + C_H, \quad (6.2)$$

де C_0 – основна заробітна плата, грн;

$C_{ДОД}$ – додаткова заробітна плата, грн;

C_H – нарахування на заробітну плату, грн.

Основну заробітну плату розраховують, виходячи з норм часу, розрядів робіт і тарифних ставок, за формулою:

$$C_0 = \frac{\sum t_{j1} \cdot C_{P1}}{60} + \frac{\sum t_{j2} \cdot C_{P2}}{60} + \dots + \frac{\sum t_{j6} \cdot C_{P6}}{60}, \quad (6.3)$$

де $\sum t_{j1}, \sum t_{j2}, \dots, \sum t_{j6}$ – суми тривалостей операцій першого - шостого розрядів на виготовлення пристрою, хв;

$C_{P1}, C_{P2}, \dots, C_{P6}$ – погодинні тарифні ставки робітників першого – шостого розрядів, грн/год.

Приймаємо середній розряд роботи – 4, а середню погодинну тарифну ставку – 55,83 грн/год; трудомісткість виготовлення стенда 16,2 люд·год.

Тоді на підставі формули (6.3) одержимо:

$$C_0 = 16,2 \cdot 55,83 = 904,45 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату включають податок – 13%; соціальне страхування – 0,05%, пенсійний фонд – 32%, фонд зайнятості – 0,05%. Тому

$$C_{ЗП} = (1 + 0,13 + 0,005 + 0,32 + 0,005) C_0 = 1,46 \cdot 904,45 = 1320,50 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалів включає вартість 75 кг сортаментного прокату ціною 27710 грн/т, вартість 3 підшипників ціною 86 грн/шт, вартість 0,5 л фарби ціною 108 грн/л. та вартість двох хрестовин ціною 230 грн/шт.

В такому разі загальна вартість матеріалів буде:

$$C_M = 0,075 \cdot 27710 + 3 \cdot 86 + 0,5 \cdot 108 + 2 \cdot 230 = 2850,25 \text{ грн.}$$

Тоді прямі витрати становитимуть:

$$З_{ПР} = C_{ЗП} + C_M = 1320,50 + 2850,25 = 4170,75 \text{ грн} \quad (6.4)$$

Приймаємо відсоток накладних витрат $\%НР = 60\%$.

Тому за формулою (6.1) одержимо:

$$C_B = 1320,50 + 2850,25 + \frac{60 \cdot 4170,75}{100} = 6673,20 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати на виготовлення пристрою становлять 6673,2 грн.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи детально проаналізовано технологію обкатування й випробування двигунів внутрішнього згорання ЗМЗ-4025 та ЗМЗ-406 автомобілів ГАЗ-3302 та ГАЗ-2705. Розраховано та підібрано необхідне обладнання для обкатування і випробування двигунів. В процесі аналізу технологічного процесу обкатування та випробування двигунів було виявлено необхідність у конструкторській розробці пристрою, за допомогою якого можна було б здійснювати плавне з'єднання та роз'єднання вала двигуна з валом обкатувально-випробувального стенда як під час зупинки стенда, так і «на ходу».

Здійснено перевірний розрахунок зварного, шліцьового та шпонкового з'єднань розробленої у роботі конструкції пристрою.

З метою підвищення ефективності створення конструкторської документації на виготовлення пристрою в роботі застосовано методику створення конструкторської документації за принципом «безпаперової технології», яка полягає у створенні електронних моделей виробів. Запропоновано заходи з удосконалення даної методики, зокрема стосовно оформлення технічних вимог.

Запроектовано план дільниці для обкатування і випробування двигунів відповідно до чинних протипожежних та інших вимог.

Запроектована дільниця для обкатування і випробування двигунів загальною площею 81,12 м², включає два обкатувально-гальмівні стенди марки КИ-2118А, два рідинні реостати, верстак слюсарний, стенд для контрольного огляду двигунів, місткості для води, мастила й палива та інше технологічне обладнання. Запроектовано і розраховано пристрій для з'єднання вала обкатувального стенда і колінчастого вала двигуна. В економічній частині роботи розраховано затрати на виготовлення пристрою, які становлять 6673,2 грн. Використання пристрою дещо збільшить вартість ремонту двигуна, проте суттєво покращить якість ремонту.

В розділі «Охорона праці та захист населення» розраховано вентиляцію приміщення дільниці для обкатування і випробування двигунів, розроблено систему заходів по попередженні аварійних і травмонебезпечних ситуацій під час обкатування двигунів з використанням розробленого у роботі пристрою.

Розглянуто питання охорони довкілля дільниці обкатування двигунів і запропоновано природоохоронні заходи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Анур'єв В. Ц. Довідник конструктора-машинобудівника. – М.: Машинобудування, 1974. – 688 с.
2. Бабусенко С. М. Проектування ремонтно-обслуговуючих підприємств. – М.: Агропромвидав, 1990. – 352с.
3. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
4. Булей І. А. Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. – К.: Вища школа, 1993. – 288с.
5. Бутко Д. А., Луценков В.Л., Лехман С.Д. Практикум з охорони праці. – К.: Урожай, 1995. – 144 с.
6. ГОСТ 2.102-2013. ЄСКД. Види і комплектність конструкторських документів. М. : Стандартінформ, 2020. – 17 с.
7. ГОСТ 2.052-2006. ЄСКД. Електронна модель виробу. Загальні положення. М. : Стандартінформ, 2006. – 15 с.
8. ГОСТ 2.053-2013. ЄСКД. Електронна структура виробу. Загальні положення. М. : Стандартінформ, 2019. – 12 с.
9. ГОСТ 2.054-2013. ЄСКД. Електронний опис виробу. Загальні положення. М. : Стандартінформ, 2015. – 16 с.
- 10.ГОСТ 2.055-2014. ЄСКД. Електронна специфікація. Загальні положення. М. : Стандартінформ, 2019. – 19 с.
- 11.ГОСТ 2.056-2014. ЄСКД. Електронна модель деталі. Загальні положення. М. : Стандартінформ, 2014. – 19 с.
- 12.ГОСТ 2.058-2016. ЄСКД. Правила виконання реквізитної частини електронних конструкторських документів. М. : Стандартінформ, 2014. – 19 с.
- 13.Гряник Г. М., Лехман С. Д. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с.
- 14.Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. – Львів. : Афіша, 2001. – 236 с.
- 15.Дунаєв П. Ф., Леліков О. П. Деталі машин. – М.: Вища школа, 1990. – 400 с.
- 16.Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. – Львів. : Афіша, 2000. – 350 с.

- 17.Лехман С. Д., Врубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травмаризму у сільському господарстві. – Київ. : Урожай, 1993. – 270 с.
- 18.Малащенко В. О., Янків В. В. Деталі машин. Курсове проектування. – Львів : Новий світ-2000, 2006. – 252с.
- 19.Смєлов А. П. Курсове і дипломне проектування з ремонту машин. – М. : Колос, 1971. – 352 с.
- 20.Стукалець І. Г. Правила оформлення графічної частини дипломного проекту: Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту Львів : ЛНАУ, 2014 – 60с.
- 21.Стукалець І. Г., Березовецький С. А., Баранович С. М. «Оформлення робочих креслеників складальних одиниць». Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни інженерна та комп'ютерна графіка. Львів : ЛНАУ – 2017 р. – 29 с.
- 22.Устюгов І. І. Деталі машин. – К.: Вища школа, 1984. – 400 с.
- 23.Храмцов Н. В., Корольов А.Е. Оптимізація обкатування автотракторних двигунів. – 1991. – 150с.
- 24.Чарнко Д. В., Хабаров Н. Н. Основи проектування механоскладальних цехів. – М. : Машинобудування, 1975. – 328 с.
- 25.Чернавський С. А. Курсове проектування деталей машин. – М.: Машинобудування, 1988. – 416 с.
- 26.Шадричев В. А. Основи технології автобудування і ремонт автомобілів. – Л. : Машинобудування, 1976. – 250 с.
- 27.Федоренко В.А. Справочник по машиностроительному черчению. – М.: Машиностроение, 1983. – 416 с.
- 28.Швець О. П., Стукалець І. Г. Методичні рекомендації до виконання дипломних проектів освітнього рівня «Бакалавр» для студентів факультету механіки та енергетики за спеціальністю 133 «галузеве машинобудування». Львів : ЛНАУ, 2020. – 62 с.