

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу ремонту генератора Г-273а.

Виконав: студент 4 курсу, групи МАС-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Назар ГОНЧАРУК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Роман

РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гончаруку Назару Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту генератора Г-273а.

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-39

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту генератора Г-273а.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Пристосування для розбирання валів – А1;

Функціональна схема роботи генератора – А1;

Чинники, що впливають на технічний стан генератора – А1;

Технологічний процес розбирання та дефектації генератора – А1;

Перевірка генератора на діагностичному стенді – А1;

Послідовність діагностування генератора – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21.січня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

(підпис)

Гончарук Назар Володимирович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рогатинський Роман Михайлович

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу ремонту генератора Г-273а. ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 57 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова діагностування, несправність, дефектація деталей, розбирання генератора, ремонт.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1 Призначення генератора Г-273А та його місце в системі електропостачання автомобіля.....	9
1.2 Загальна будова генератора Г-273А.....	10
1.3 Принцип дії генератора.....	12
1.4 Умови роботи та чинники зміни технічного стану.....	13
1.5 Характерні несправності генератора та їх ознаки.....	15
1.6 Аналіз ремонтпридатності генератора.....	16
1.7 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	19
2.1 Розроблення технологічного процесу діагностування генератора Г-273А.	19
2.2 Складання технологічних карт поточного ремонту генератора.....	22
2.3 Нормування тривалості виконання операцій ремонту генератора.....	30
2.4 Техніко-економічний розрахунок поточного ремонту генератора Г-273А.	33
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1 Розроблення загальної конструкції стенда, принципу та механізму його дії.....	38
3.2 Розрахунок конструктивних елементів стенда.....	41
3.2.1 Розрахунок зусилля випресовування підшипника зі спряжених елементів генератора.....	40
3.2.2 Розрахунок силового гідроциліндра.....	43
3.2.3 Розрахунок параметрів гідравлічного бака.....	44
3.2.4 Розрахунок упорів, на які спирається кришка під час випресовування підшипника.....	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	46
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників під час ремонту генератора Г-273А.....	48
4.2 Організація безпечного виконання технологічних операцій ремонту генератора.....	50

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	6
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТКИ	56

ВСТУП

Надійність автомобільного транспорту значною мірою залежить від справності системи електропостачання, яка забезпечує живлення бортового обладнання та підтримання необхідного рівня заряду акумуляторних батарей. Основним джерелом електричної енергії під час роботи двигуна є генератор, від технічного стану якого залежать стабільність пуску, функціонування освітлювальних і сигнальних приладів, контрольно-вимірювального обладнання та інших споживачів.

Генератор Г-273А застосовують у системах електрообладнання вантажних автомобілів із номінальною напругою 24 В. У процесі експлуатації агрегат працює за змінної частоти обертання, значного електричного й теплового навантаження, впливу вібрацій, пилу, вологи та перепадів температури. Такі умови спричиняють поступове зношування підшипникових опор, щіток, контактних кілець і посадкових поверхонь, погіршення стану ізоляції обмоток, пошкодження випрямного блока, регулятора напруги та електричних з'єднань.

Несвоєчасне виявлення несправностей генератора призводить до нестабільного заряджання акумуляторних батарей, зниження або перевищення напруги в бортовій мережі, порушення роботи електричних споживачів і вимушених простоїв автомобіля. Тому важливого значення набуває застосування обґрунтованого технологічного процесу, який поєднує попереднє діагностування, послідовне розбирання, дефектацію деталей, виконання необхідних ремонтних операцій, складання та заключне випробування агрегату.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи визначається необхідністю підвищення якості й ефективності ремонту генератора Г-273А, скорочення тривалості відновлення його працездатності та зменшення необґрунтованої заміни придатних деталей. Особливого значення набуває механізація операцій демонтажу елементів, установлених із натягом, оскільки застосування ударного інструменту під час спресовування шківів або випресовування підшипників може призвести до деформації вала ротора, пошкодження кришок і посадкових поверхонь.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу ремонту генератора Г-273А, який забезпечує достовірне визначення його технічного стану, раціональну послідовність ремонтних операцій, механізацію найбільш трудомістких робіт і контроль працездатності агрегату після складання.

Об'єктом дослідження є процес відновлення працездатності автомобільного генератора Г-273А.

Предметом дослідження є технологічні операції діагностування, розбирання, дефектації, ремонту, складання та випробування генератора, а також конструктивні параметри обладнання для механізації його розбирання.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення генератора Г-273А та його місце в системі електропостачання автомобіля

Генератор Г-273А є основним джерелом електричної енергії під час роботи двигуна автомобіля. Він забезпечує живлення бортових споживачів і відновлення заряду акумуляторних батарей. Агрегат застосовують у системах електрообладнання номінальною напругою 24 В, характерних для вантажних автомобілів великої вантажопідйомності [1, 2].

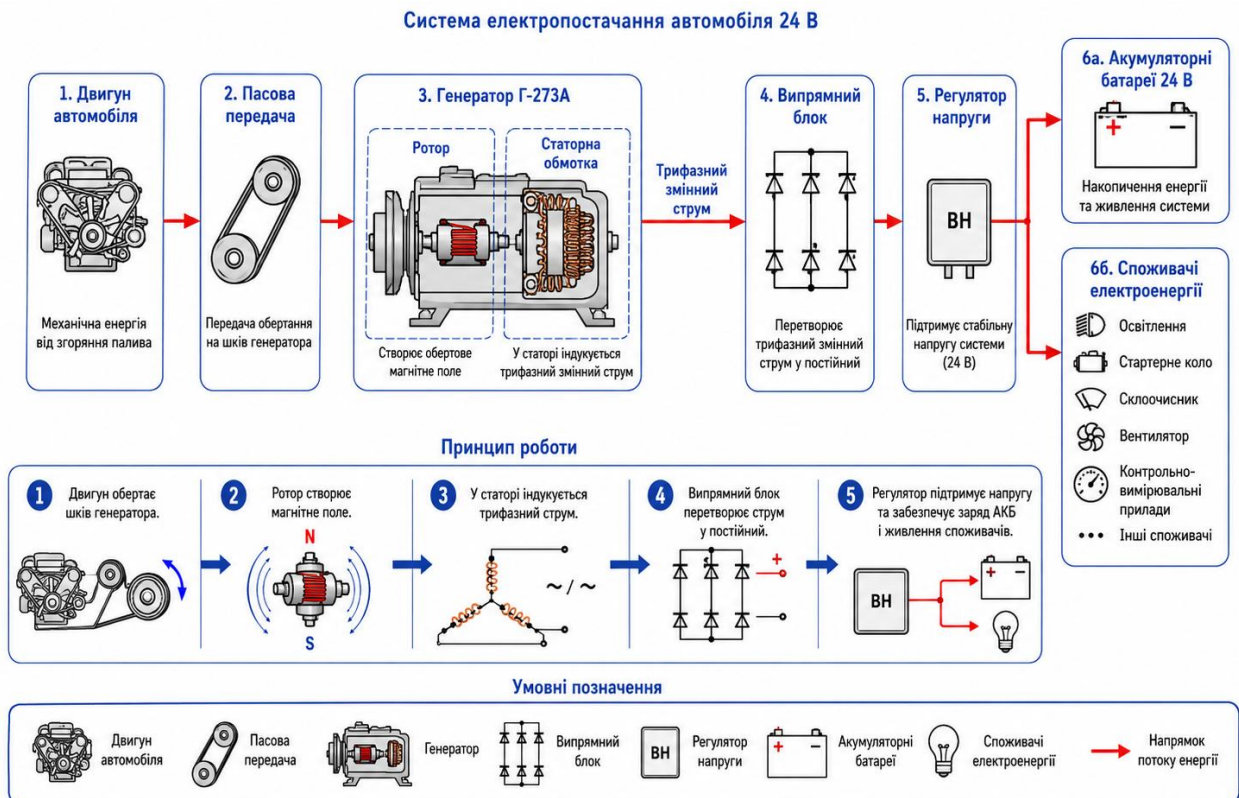


Рисунок 1.1 – Функціональна схема роботи генератора в системі електропостачання автомобіля.

Генератор перетворює механічну енергію, яка передається від колінчастого вала двигуна пасовою передачею, на електричну. Стабільність його роботи безпосередньо впливає на справність систем пуску, освітлення, сигналізації, контрольно-вимірювальних приладів та іншого електрообладнання автомобіля.

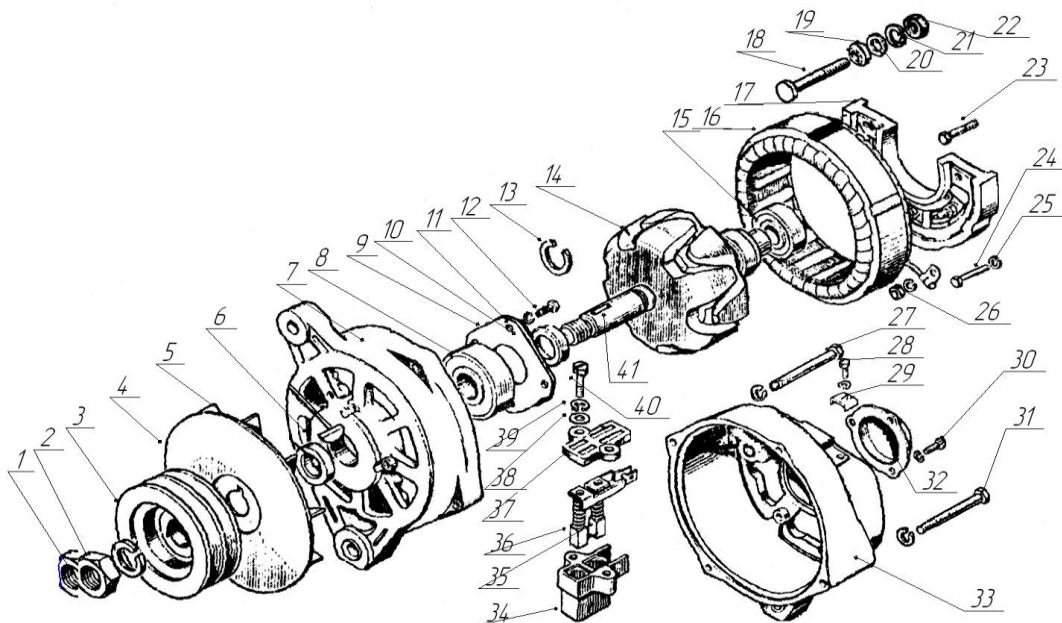
У системі електропостачання генератор працює паралельно з акумуляторними батареями. Після запуску двигуна він бере на себе живлення

електричних споживачів і компенсує енергію, витрачену батареями під час роботи стартера. За недостатньої частоти обертання або зупиненого двигуна споживачі живляться від акумуляторних батарей [1, 2].

Генератор розрахований на роботу за однопровідною схемою, у якій негативні виводи джерел і споживачів з'єднані з корпусом автомобіля. Така побудова електричної мережі зменшує кількість проводів, однак висуває підвищені вимоги до стану з'єднань із масою.

1.2 Загальна будова генератора Г-273А

За принципом дії Г-273А належить до трифазних синхронних генераторів змінного струму з електромагнітним збудженням. Основними його складовими є статор, ротор, передня і задня кришки, підшипникові опори, випрямний блок, щіткотримач, регулятор напруги, вентилятор та приводний шків [1, 2].



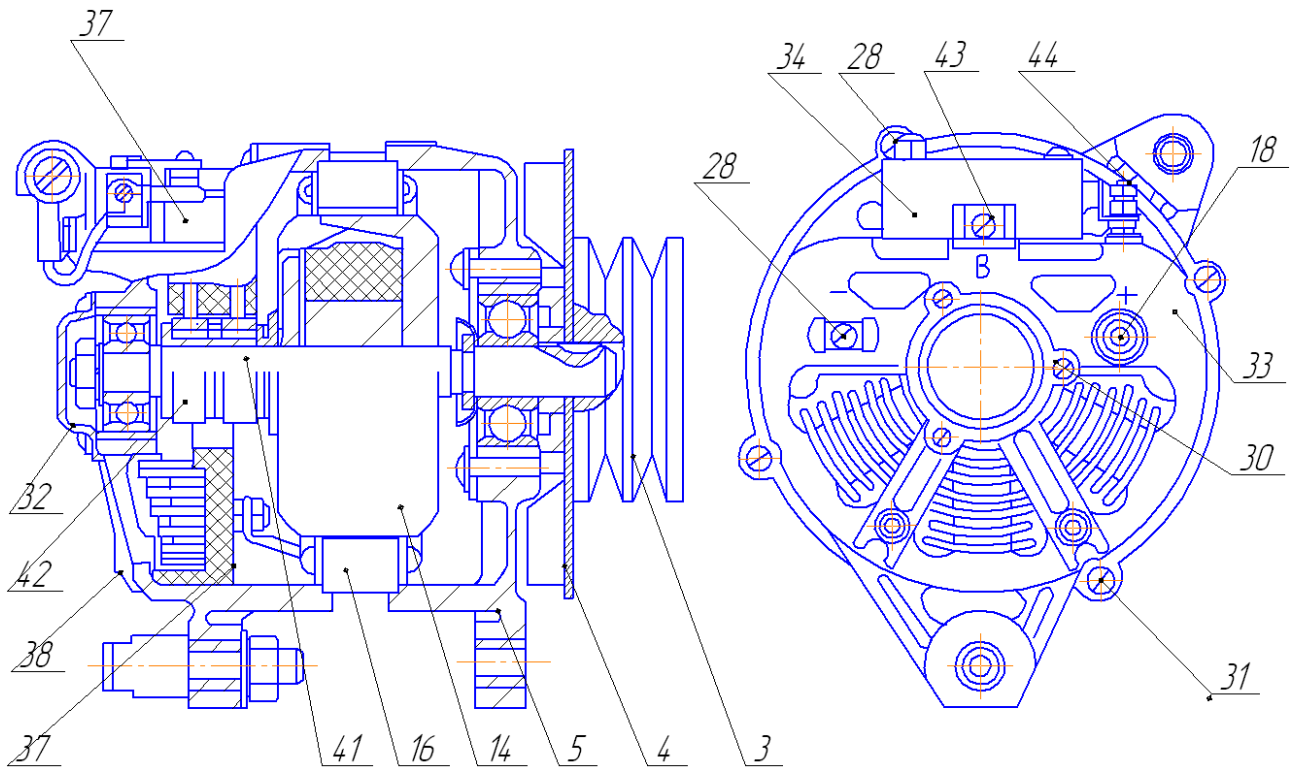


Рисунок 1.2 – Загальна будова генератора Г-273А:

1– гайка; 2 - шайба пружинна 16; 3 - шків; 4 - вентилятор в сборі; 5 - втулка; 6 - шпонка сегментна 4x7,5; 7 - кришка з боку приводу; 8 - шарикопідшипник I80603КС9 ; 9 - утримувач сальника зовнішній; 10 - чашка опорна ; 11 - шайба пружинна 5; 12 - гвинт; 13 - кільце розрізне; 14 - ротор в зборі; 15 - шарикопідшипник; 16 - стартер в зборі ; 17 - блок випрямний ВБ - 1; 18 - болт контактний; 19 - втулка; 20 - шайба; 21 - шайба пружинна 6; 22 - гайка шестигранна; 23 – гвинт з напівкруглою головкою; 24 - гвинт з напівкруглою головкою ; 25 - шайба пружинна; 26 - гайка; 27 - гвинт М5 х 55; 28 - гвинт М5 х 10 ; 29 - скоба; 30 - гвинт М4 х 8 ; 31 - гвинт М5 х 75; 32 - кришка підшипника; 33 - кришка з боку контактних кілець; 34 - щіткотримач в зборі (щітка в зборі, інтегральний пристрій Я120м); 35 – 36 - щітки; 37 - інтегральний пристрій Я120м; 38-шайба; 39 – шайба пружинна; 40- гвинта; 41 – вал ротора; 42 – кільце контактне; 43 – гвинт контактний; 44 – гайка.

Статор є нерухомою частиною генератора. Він складається з пакета листів електротехнічної сталі, у пазах якого розташовано трифазну обмотку. Фазні обмотки з'єднані за схемою «зірка». У процесі обертання ротора в обмотках статора індукується змінна електрорушійна сила [1, 2].

Ротор утворює обертове магнітне поле. На його валу розташовані полюсні наконечники, обмотка збудження та контактні кільця. Струм до обмотки збудження надходить через щітки, які притискаються до контактних кілець пружинами щіткотримача.

Кришки генератора утворюють його корпус і слугують опорами для підшипників ротора. Передня кришка сприймає основне радіальне навантаження від натягу приводного паса. У задній кришці розміщено випрямний блок, щіткотримач і регулятор напруги [1–3].

Випрямний блок перетворює трифазний змінний струм статора на постійний. Його основними елементами є силові напівпровідникові діоди, об'єднані у трифазну мостову схему. Порушення роботи навіть одного діода зменшує потужність генератора та спричиняє підвищення пульсацій вихідної напруги.

Регулятор напруги автоматично змінює струм обмотки збудження залежно від частоти обертання ротора, навантаження і напруги бортової мережі. У досліджуваному виконанні застосовано інтегральний регулятор Я120М, який встановлено разом зі щіткотримачем.

1.3 Принцип дії генератора

Після ввімкнення електричного кола струм від акумуляторних батарей через регулятор напруги та щітковий вузол надходить до обмотки збудження ротора. Навколо ротора утворюється магнітне поле.

Під час роботи двигуна шків приводить ротор в обертання. Магнітний потік перетинає провідники фазних обмоток статора, унаслідок чого в них виникає змінна електрорушійна сила. Через просторове зміщення фазних обмоток утворюються три змінні напруги, зміщені одна відносно одної.

Одержаний трифазний струм надходить до випрямного блока. Силові діоди пропускають струм лише в одному напрямку, унаслідок чого на виході генератора формується постійна напруга. Вона використовується для живлення електрообладнання та заряджання акумуляторних батарей [1–3].

За збільшення частоти обертання ротора напруга генератора має тенденцію до підвищення. Регулятор обмежує струм збудження і запобігає перевищенню допустимого значення напруги. За зменшення частоти обертання або збільшення навантаження регулятор підвищує середнє значення струму в обмотці збудження.

Рисунок 1.3 – Схема перетворення енергії в генераторі Г-273А

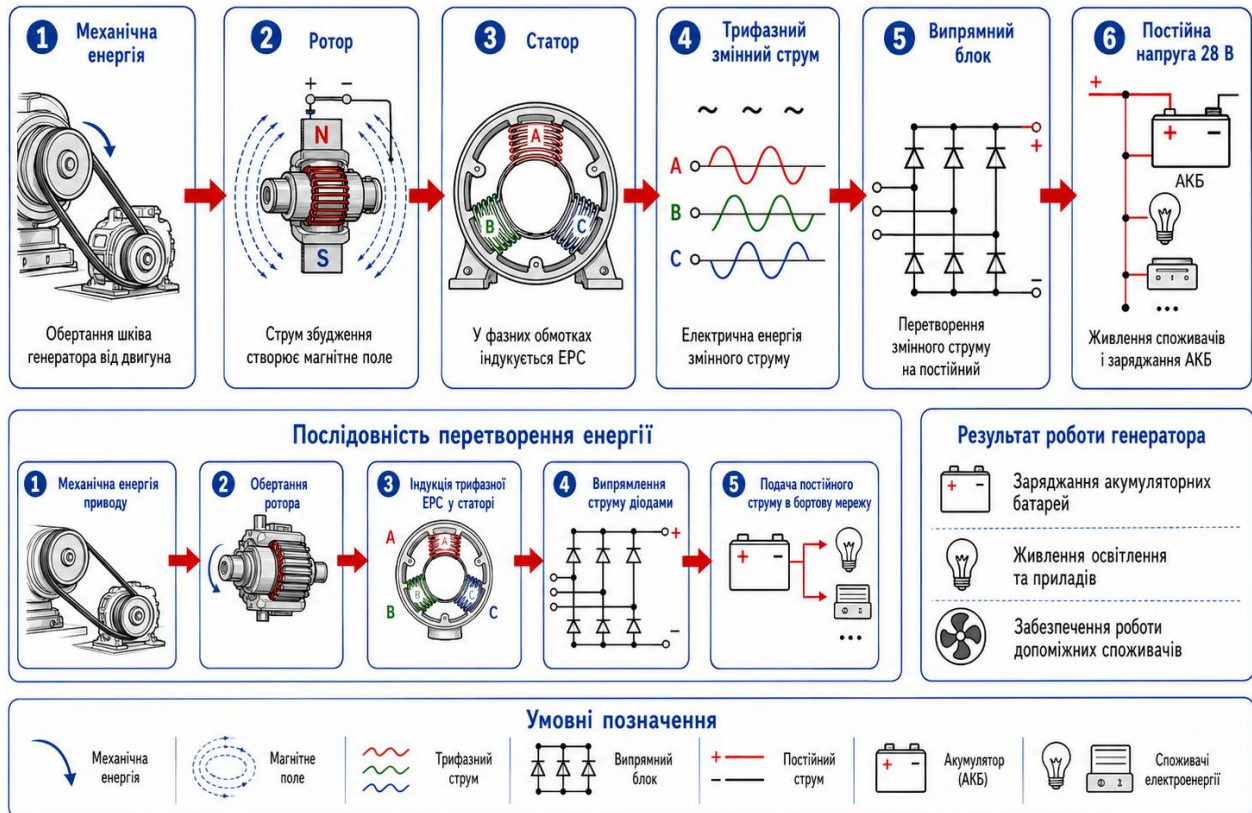


Рисунок 1.3 – Схема перетворення енергії в генераторі Г-273А.

Установлений на генераторі перемикач сезонного регулювання дає змогу коригувати рівень напруги відповідно до температурних умов експлуатації. У холодний період зарядна напруга підвищується, що компенсує зниження здатності акумуляторних батарей сприймати заряд за низької температури [1–3].

1.4 Умови роботи та чинники зміни технічного стану

Генератор працює в умовах постійної зміни частоти обертання, струмового навантаження та температури. Додатковий негативний вплив створюють вібрації двигуна, пил, волога, мастильні забруднення і перепади температур.

Механічне навантаження насамперед сприймають підшипники, вал ротора, шків і кріпильні елементи. Надмірний натяг приводного паса збільшує

радіальні сили, що діють на передній підшипник та шийку вала. Недостатній натяг спричиняє проковзування паса, зниження частоти обертання ротора і нестабільне зарядження акумуляторних батарей.

Пил і продукти зношування щіток осідають на внутрішніх поверхнях генератора. Накопичення забруднень погіршує відведення теплоти та може зменшувати опір ізоляції. Потрапляння мастила на контактні кільця призводить до нестабільного контакту щіток і підвищеного іскріння.

Теплове навантаження найбільше впливає на обмотки статора, ротора, випрямний блок і регулятор напруги. Перегрів прискорює старіння ізоляційних матеріалів, послаблює паяні з'єднання та зменшує ресурс напівпровідникових елементів.

До основних чинників, що визначають довговічність генератора, належать: стан і натяг приводного паса; справність акумуляторних батарей; величина електричного навантаження; якість контактних і масових з'єднань; температура агрегату; герметичність і чистота корпусу; стан підшипникових опор; періодичність технічного обслуговування [1–3].

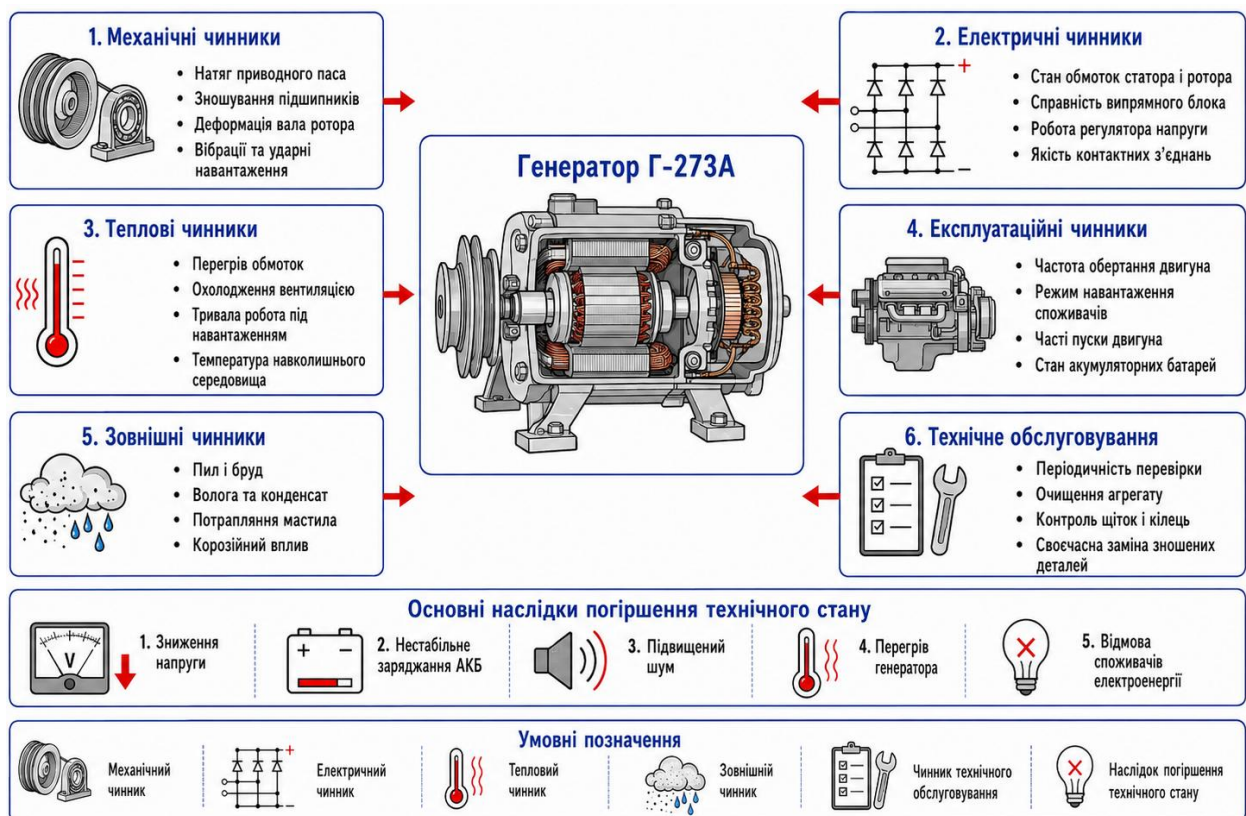


Рисунок 1.4 – Чинники, що впливають на технічний стан генератора Г-273А.

1.5 Характерні несправності генератора та їх ознаки

Несправності генератора поділяють на механічні та електричні. До механічних належать зношування підшипників, шийок вала, шпонкового паза, канавки шківів, ослаблення кріплень і пошкодження корпусних деталей. Електричні несправності охоплюють обриви та замикання обмоток, пошкодження діодів, регулятора напруги, щіток, контактних кілець і вивідних з'єднань [1–3].

Характерні ознаки та можливі причини порушення роботи генератора наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні несправності генератора Г-273А.

Зовнішня ознака	Імовірна причина	Наслідок
Відсутність заряд-жання акумуляторних батарей	Обрив кола збудження, несправність регулятора, пошкодження діодів або фазної обмотки	Робота споживачів лише від акумуляторних батарей
Занижена вихідна напруга	Проковзування паса, зношування щіток, забруднення контактних кілець, несправність випрямного блока	Недостатнє заряджання батарей
Завищена напруга	Вихід із ладу регулятора або порушення його з'єднання з масою	Перезаряджання батарей і пошкодження споживачів
Нестабільна напруга	Порушення контакту щіток, ослаблення клем, дефект регулятора	Мерехтіння освітлення, нестійка робота електрообладнання
Підвищений шум	Зношування підшипників, деформація вала, ослаблення шківів	Зростання вібрацій і ризик руйнування опор
Перегрів генератора	Перевантаження, міжвиткове замикання, несправність	Руйнування ізоляції обмоток

	діодів, забруднення вентиляційних каналів	
Іскріння в щітковому вузлі	Забруднення або зношування контактних кілець, недостатній тиск пружин	Прискорене зношування щіток і кілець
Сторонній запах або сліди обгорання	Коротке замикання чи перегрів обмоток	Втрата працездатності генератора

Міжвиткове замикання статора або ротора супроводжується локальним перегріванням обмотки та зниженням вихідної потужності. Замикання обмотки на корпус створює небезпеку пошкодження інших елементів електричної системи.

Зношування щіток зменшує силу їх притискання до контактних кілець. У результаті збільшується перехідний опір, виникає іскріння та переривання струму збудження. Нерівномірне спрацювання контактних кілець додатково погіршує електричний контакт [1–3].

Пошкодження одного або декількох діодів призводить до зменшення струму генератора та збільшення пульсацій напруги. Пробій діода може спричинити розряджання акумуляторних батарей через обмотки генератора після зупинки двигуна.

1.6 Аналіз ремонтпридатності генератора

Конструкція генератора Г-273А забезпечує можливість його розбирання на окремі складальні одиниці. Щіткотримач із регулятором напруги, випрямний блок, статор, ротор, підшипники, шків і кришки можуть бути демонтовані та перевірені окремо.

До деталей, які переважно замінюють без відновлення, належать підшипники, щітки, регулятор напруги, силові діоди, ізоляційні втулки та значно пошкоджені корпусні елементи. Фазні виводи, наконечники, паяні з'єднання обмотки з контактними кільцями та окремі різьбові поверхні можуть бути відновлені [1–3].

Найскладнішими є операції демонтажу деталей, установлених із натягом. До них належать спресовування шківів, випресовування вала ротора з підшипника та видалення підшипника з посадкового гнізда кришки. Виконання цих робіт ударами може спричинити деформацію вала, пошкодження кришки або посадкової поверхні. Тому для розбирання доцільно застосовувати спеціальні знімачі та гідравлічні пристосування.

Ремонтпридатність генератора підвищується завдяки: розбірній конструкції корпусу; доступності щіткового і випрямного вузлів; можливості окремої перевірки статора та ротора; застосуванню змінних підшипників; уніфікованим різьбовим і клемним з'єднанням; можливості стендового контролю після складання.

Водночас подальше використання генератора є недоцільним за значного пошкодження осердя статора, обгорання обмоток, критичного зношування шийок вала, руйнування кронштейнів кришок або поєднання декількох дорогих дефектів [1–3].

Рішення про ремонт приймають після комплексної дефектації. При цьому враховують технічну можливість відновлення деталей, вартість запасних частин, трудомісткість робіт і очікуваний ресурс агрегату після ремонту.

1.7 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Проведений аналіз конструкції та принципу роботи генератора Г-273А показав, що його технічний стан безпосередньо впливає на надійність системи електропостачання автомобіля, заряджання акумуляторних батарей і працездатність бортових споживачів. Порухи роботи генератора переважно пов'язані зі зношуванням підшипників, щіток і контактних кілець, пошкодженням обмоток статора та ротора, несправністю випрямного блока, регулятора напруги й контактних з'єднань.

Для достовірного визначення причин несправності необхідно застосовувати комплексне діагностування, яке передбачає перевірку генератора безпосередньо на автомобілі, стендове випробування під навантаженням і

поелементний контроль після розбирання. Такий підхід дає змогу встановити фактичний технічний стан агрегату, обґрунтувати обсяг ремонтних робіт і запобігти необґрунтованій заміні придатних деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

Проаналізувати призначення, конструкцію, принцип дії та умови експлуатації генератора Г-273А.

Визначити характерні механічні й електричні несправності агрегату, їх зовнішні ознаки та причини виникнення.

Розробити послідовність діагностування генератора на автомобілі, на спеціалізованому стенді та після його розбирання.

Скласти технологічні карти розбирання, очищення, дефектації, комплектування, складання і заключного випробування генератора.

Обґрунтувати методи контролю статора, ротора, випрямного блока, регулятора напруги, щіткового вузла, підшипників і корпусних деталей.

Визначити нормативну трудомісткість основних і додаткових операцій ремонту генератора.

Виконати техніко-економічний розрахунок і оцінити доцільність ремонту генератора порівняно з придбанням нового агрегату.

Розробити конструкцію спеціалізованого гідравлічного стенда для спресовування шківів, випресовування вала ротора та демонтажу підшипника з кришки генератора.

Розрахувати необхідне зусилля випресовування, основні параметри силового гідроциліндра, гідравлічного бака та навантажених елементів стенда.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення технологічного процесу діагностування генератора Г-273А

Діагностування генератора Г-273А виконують для визначення його фактичного технічного стану, встановлення причини порушення роботи та обґрунтування обсягу подальшого ремонту [3, 6, 10]. Генератор є трифазною синхронною електричною машиною з електромагнітним збудженням, вбудованим випрямним блоком і регулятором напруги. Його номінальна напруга становить 28 В, тому перевірку проводять із застосуванням обладнання, призначеного для електроагрегатів системи електропостачання напругою 24 В.

Технологічний процес розпочинають із зовнішнього очищення генератора від пилу, мастильних забруднень і продуктів корозії. Під час огляду перевіряють цілісність передньої та задньої кришок, стан кріпильних лап, шківа, вентилятора, електричних виводів і контактних з'єднань. Ротор прокручують вручну. Його обертання повинно бути рівномірним, без заклинювання, стороннього шуму та значного радіального або осьового люфту.

Перед демонтажем генератора доцільно перевірити його безпосередньо на автомобілі. Контролюють натяг і стан приводних пасів, надійність з'єднання силового проводу, кола збудження та контакту генератора з масою автомобіля. Цифровим мультиметром вимірюють напругу на акумуляторних батареях до запуску двигуна, на холостому ході та після ввімкнення основних споживачів електроенергії. Нестабільність або недостатнє значення напруги свідчить про несправність генератора, регулятора напруги чи зовнішнього електричного кола.

Після демонтажу генератор установлюють на стенд MS004 COM, який забезпечує перевірку 24-вольтових генераторів під регульованим навантаженням. Агрегат закріплюють у затискному пристрої, з'єднують із приводом стенда та підключають відповідно до електричної схеми. Спочатку перевірку виконують без навантаження, поступово збільшуючи частоту обертання ротора. Після збудження генератора контролюють вихідну напругу, а потім плавно створюють струмове навантаження. За частоти обертання ротора

близько 2100 хв^{-1} і сили струму 20 А напруга справного генератора повинна становити приблизно 28 В.

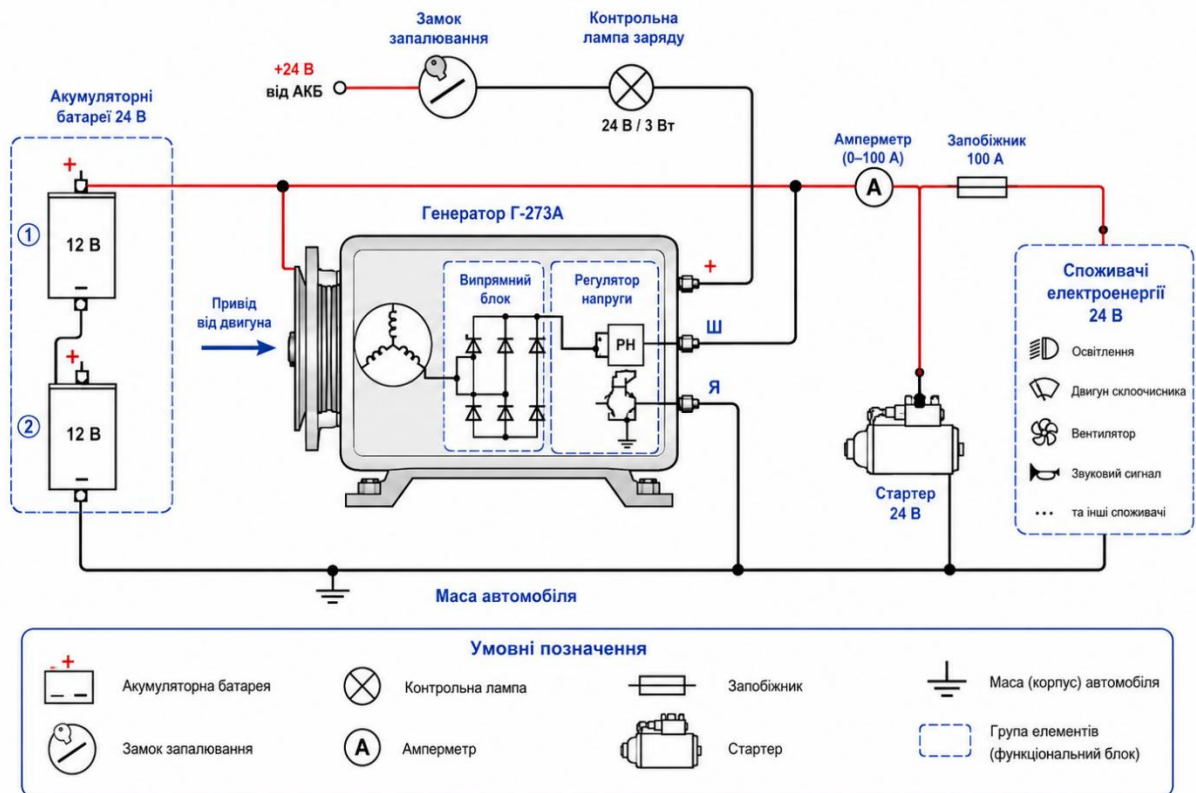


Рисунок 2.1 – Схема включення генератора Г-273А в систему електропостачання автомобіля.

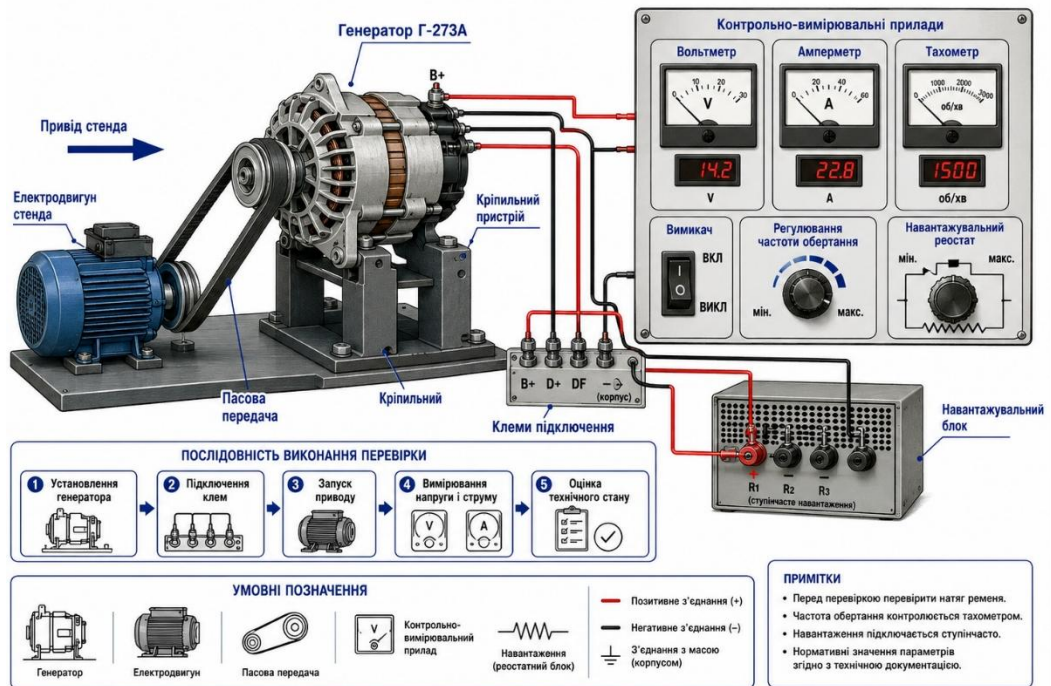


Рисунок 2.2 – Перевірка генератора на діагностичному стенді.

Таблиця 2.1 – Послідовність технологічних операцій діагностування.

№ опер.	Назва операції	Зміст виконуваних робіт	Обладнання та прилади
1	Підготовча	Очищення генератора, перевірка комплектності та маркування	Мийна установка, щітка, обтиральний матеріал
2	Оглядова	Контроль корпусу, шківів, вентилятора, кріплень і виводів	Верстак, переносна лампа
3	Контрольно-вимірвальна	Вимірювання напруги та перевірка зовнішніх електричних кіл на автомобілі	Цифровий мультиметр, струмові кліщі
4	Стендова	Перевірка напруги, частоти обертання та струму під навантаженням	Стенд MS004 COM
5	Електротехнічна	Перевірка обмоток ротора і статора, випрямного блока та регулятора напруги	Мультиметр, мегомметр, тестер регуляторів
6	Заключна	Аналіз результатів, встановлення несправностей і визначення способу ремонту	Карта діагностування

Якщо під час стендової перевірки параметри не відповідають установленим значенням, генератор розбирають і діагностують поелементно. Обмотку збудження ротора перевіряють на обрив і замикання на вал, а контактні кільця оглядають на наявність зношування, підгоряння та нерівномірного вироблення. У статорі контролюють цілісність фазних обмоток, однаковість їхнього опору та відсутність замикання на осердя.

Діоди випрямного блока перевіряють у прямому й зворотному напрямках. Справний діод проводить струм лише в одному напрямку. Регулятор напруги оцінюють за стабільністю вихідної напруги, одночасно перевіряючи довжину щіток, свободу їх переміщення та стан контактних поверхонь. Підшипники підлягають заміні за наявності шуму, заїдання або підвищеного люфту.

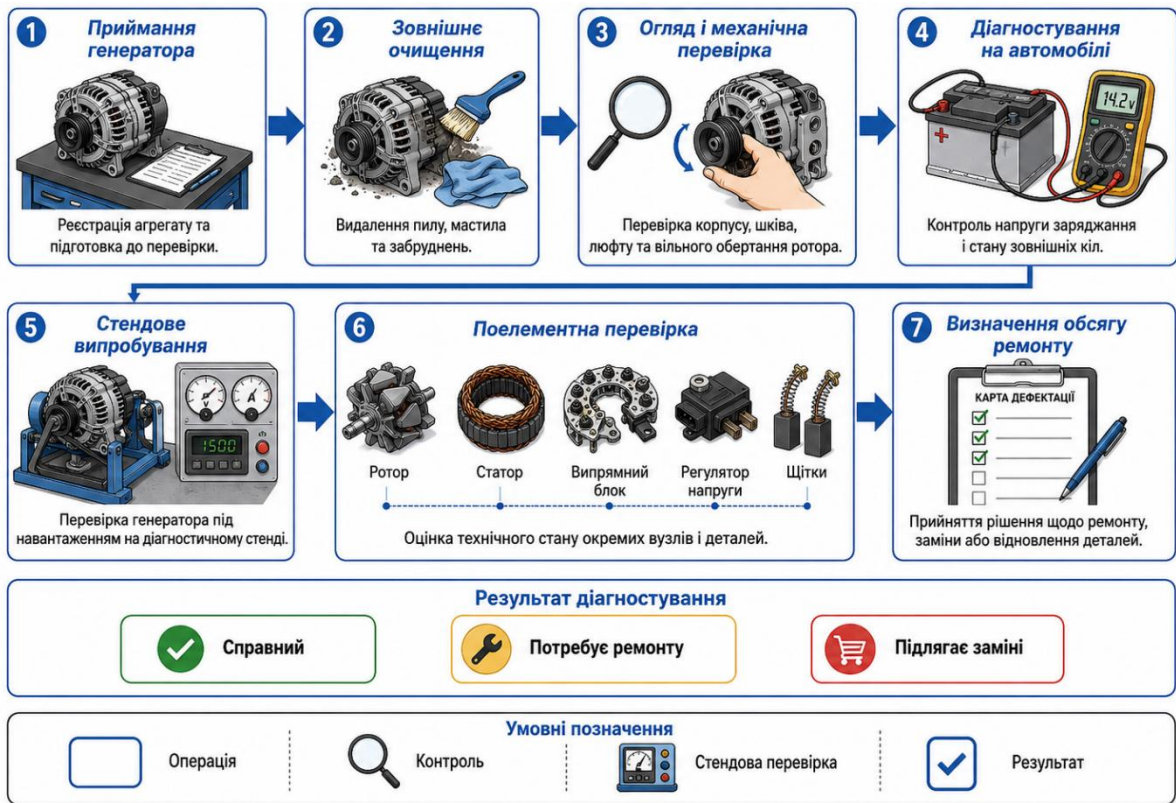


Рисунок 2.3 – Послідовність діагностування генератора Г-273А.

За результатами діагностування складають карту дефектів, у якій зазначають виявлені несправності, допустимість подальшого використання деталей та необхідні ремонтні операції [4, 6, 10]. Така послідовність дає змогу уникнути необґрунтованого розбирання справних вузлів і скоротити тривалість ремонту генератора.

2.2 Складання технологічних карт поточного ремонту генератора

Під час розроблення технологічних карт ураховують зручність установлення, демонтажу та переміщення генератора. У картах наводять перелік робіт відповідно до встановленої технологічної послідовності. Залежно від призначення операції технологічного процесу поділяють на розбиральні, дефектаційні, складальні та випробувальні [4, 6, 8].

Таблиця 2.2 – Технологічна карта розбирання генератора Г-273А.

Технологічна карта на ремонт генератора Г-273а		
Загальна трудомісткість -135 люд/хв.		
Розбирання. Трудомісткість 36,0 люд/хв.		
№	Перелік операцій	Інструмент та обладнання
1	Закріпити генератор у лещатах, установивши його вал у вертикальному положенні.	Лещата слюсарні
2	Відкрутити гвинти 40, якими щіткотримач закріплений разом із регулятором напруги, після чого демонтувати вузол у зборі	Викрутка слюсарно-монтажна 6,5 мм
3	Відкрутити гайку фазного виводу, демонтувати шайбу та клему. Потім вивернути гвинти 30 кріплення кришки 32 кулькового підшипника 15 і стяжні гвинти 27 та 31, якими закріплена кришка 33 генератора.	Ключ гайковий 10 мм Викрутка слюсарно-монтажна 6,5 мм
4	Відкрутити гвинт із плоскою шайбою, що з'єднує фазну обмотку, після чого зняти кришку 33 з боку контактних кілець разом зі статором 16 і випрямним блоком 17.	Викрутка слюсарно-монтажна 6,5 мм, Молоток мідний ПІМ, Знімач
5	Відкрутити гайку 22 контактного болта 18, після чого зняти пружинну шайбу 21, плоску шайбу 20 та ізоляційну втулку 19.	Ключ гайковий 10 мм
6	Викрутити гвинти 23 і 24 кріплення випрямного блока 17 разом із шайбами 25, після чого вийняти випрямний блок 17 із кришки 33	Викрутка слюсарно-монтажна 6,5 мм; Ключ гайковий 10 мм.
7	Відкрутити та зняти гайки 26, якими закріплені клеми обмоток статора 16, після чого демонтувати статор.	Ключ гайковий 10 мм
8	Розтиснути лещата, повернути генератор так, щоб його вал займав горизонтальне положен-	Верстак слюсарний Лещата слюсарні

	ня, після чого надійно затиснути агрегат за шків.	
9	Відкрутити гайку 1 разом із пружинною шайбою 2, утримуючи ротор від прокручування, спресувати шків 3, після чого зняти вентилятор 4, дистанційну втулку 5 та вибити сегментну шпонку 6.	Молоток мідний ПІМ 1468 X 17 - 370, Зубило слюсарне 4 мм; Головка змінна 24 мм, Ключ з приєднувальним квадратом, Знімач
10	Спресувати ротор 14 у зборі, після чого зняти опорну чашку 10 та розрізне кільце 13.	Молоток мідний ПІМ 1468 X17 - 370, Викрутка слюсарно-монтажна 4 мм Знімач Прес Р-338
11	Відкрутити гвинти 12 разом із пружинними шайбами 11, після чого демонтувати зовнішній утримувач сальника 9.	Викрутка слюсарно-монтажна 6,5 мм;
12	Спресувати задній підшипник 15 із вала ротора 14.	Знімач, Облямовування, молоток мідний ПІМ 1468 X 17 - 370
13	Запресувати підшипник 8 у посадкове гніздо передньої кришки 7.	Облямовування, молоток мідний ПІМ 1468 X 17 - 370, знімач
14	Відкрутити гайку «а», якою закріплений резистор R, вийняти гвинт «б» разом із пружинною та плоскою шайбами, після чого демонтувати резистор R.	Ключ гайковий 8 мм
15	Викрутити гвинт «в» перемикача «зима–літо», після чого зняти пружину.	Ключ гайковий 8 мм.
16	Усі деталі генератора ретельно промити, після чого просушити та продути стисненим повітрям.	Ванна для миття 10л.

Таблиця 2.3 – Технологічна карта дефектації генератора Г-273А.

Трудомісткість 24,0 люд-хв					
№	Найменування дефекту	Визначення дефекту і вимірювальний засіб	Розміри, мм		Висновок
			Номін.	Допус.	
Щіткотримач в зборі					
1	Сколи щіткотримача у гніздах щіток і посадкових місцях клем.	Огляд			Бракувати
2	Тріщини або руйнування захисного кожуха.	Огляд			Бракувати
3	Зменшення зусилля притискних пружин.	Спеціальне пристосування	Тиск пружини при стисненні до 17,5 мм		Бракувати
			0,22 ± 0,03кгс	Не менше 0,18 кгс	
4	Втрата працездатності інтегрального регулятора напруги.	Перевірка на стенді регулюємої напруги	Напруга повинна підтримувати 28 В при струмі 20 А і 2100-3500 хв-1		Бракувати
5	Обрив виводів резисторів	Огляд			Бракувати
6	Пошкодження або обрив наконечників виводів.				Бракувати
7	Граничне зношування щіток за висотою.	Штангенциркуль ШЦП-125-0,10.	17±0,5	Не менше 7 мм	Бракувати

Шків					
1	Тріщини, що проходять через отвір.	Огляд			Бракувати
2	Зношування посадкового отвору під вал ротора.	Пробка 17,02мм	$\varnothing 17 \frac{+0,015}{-0,012}$	не більш $\varnothing 17,02$	Бракувати
3	Сколи та пошкодження крайок шківа.	Штангенциркуль			Бракувати
4	Зношування канавки шківа під приводний пас.	Контрольні ролики $\varnothing 14$ мм, штангенциркуль	Діаметр $86,5 \pm 0,5$	після роликів більше 83,5	Бракувати при розмірі менше $\varnothing 83,5$
5	Зношування шпонкового паза шківа.	Калібр 4,1мм			
Статор в зборі					
1	Міжвиткове замикання обмотки.	Перевірка на відсутність короткого замикання витків в обмотці. Прилад для виявлення виткових замикань (Е-202)		Розбіжність свідчень випробовуваного і контрольного статорів не більш 2-х ділень шкали приладу	Бракувати
2	Пошкодження ізоляції обмотки та міжкотушкових з'єднань без виникнення короткого замикання.	Огляд		Ізоляція не повинна мати слідів пошкоджень	Бракувати

3	Обрив електричного кола фази.	Перевірка опору між фазами. Омметр Ц4354, або контрольна лампа на 14...30 В	Опір фази при 20°C середнє значення 0,35 Ом, 0,34...0,36 ом	Бракувати
4	Замикання обмотки на корпус.	Омметр Ц4354 або контрольна лампа		Бракувати
5	Обрив фазного виводу.	Огляд		Ремонтувати
6	Обрив нульового виводу.	Огляд		Ремонтувати заміною виводу
7	Обрив контактної наконечника.	Огляд		Ремонтувати вивід
Ротор в зборі				
1	Міжвиткове замикання або термічне пошкодження обмотки.	Огляд. Прилад Е-202, омметр Ц4354	Опір котушки при 20°C 3,7± 0,20 м 3,7±0,20м	Бракувати
2	Замикання обмотки на корпус ротора.	Перевірка опору між кільцем і масою. Омметр або контрольна лампа	Опір не менше 10 кОм протягом 1 хв, контрольна лампа не повинна горіти	Бракувати
3	Відпаювання кінців обмотки збудження від контактних кілець або внутрішній обрив її кола.	Огляд Омметр Ц4354		Ремонтувати паянням і просоченням лаком МЛ-92

4	Зношування шийки вала під підшипник із боку контактних кілець.	Мікрометр МК25 скоба 14,98 мм	$\begin{matrix} \text{Ø}15 \\ +0,014 \\ -0,002 \end{matrix}$	не менше Ø14,98	Бракувати
5	Зношування шийки вала під підшипник із боку приводу.	Мікрометр МК25 Ø17+0,06; скоба	Ø 17±0,06	не менше 16,98 мм	Бракувати
6	Зношування шпонкового паза за шириною.	Шаблон 4,02 мм	$4 \begin{matrix} -0,10 \\ -0,055 \end{matrix}$	4,02	Ремонтувати фрезеруванням канавки у іншому місці
7	Деформація вала ротора.	Призма, на стійці	Біття зовнішнього діаметру ротора щодо шийок валу	$\begin{matrix} 0,08 \\ 0,1 \end{matrix}$	Ремонтувати рихтуванням
8	Пошкодження або зношування різьби на валу.	Огляд		Зрів не більш 3-х ниток	Бракувати
9	Зношування робочої поверхні контактних кілець.	Скоба 29,4 мм	31,0-0,34	Не менше 29,4 мм	Бракувати
Кришка з боку контактних кілець в зборі					
1	Руйнування кронштейна кріплення генератора.	Огляд			Бракувати

Таблиця 2.4 – Технологічна карта складання генератора Г-273А.

Загальна трудомісткість: 57,0 люд·хв.

№	Зміст технологічної операції	Обладнання та інструмент
1	Установити пружину на регулювальний гвинт «в» перемикача «зима–літо» та вкрутити його в корпус.	Гайковий ключ 6 мм
2	Установити резистор R, вставити гвинт «б» із плоскою та пружинною шайбами, після чого закріпити з'єднання гайкою «а».	Гайковий ключ 10 мм
3	Розмістити в корпусі щіткотримача інтегральний регулятор напруги Я120М, з'єднувальні клеми та щіткотримач у зборі зі щітками. Вкрутити кріпильні гвинти 40.	Викрутка 4 мм
4	Запресувати підшипник 8 у посадкове гніздо передньої кришки 7.	Молоток, оправка
5	Напресувати задній підшипник 15 на вал 35 ротора 14.	Молоток, трубчаста оправка
6	Установити зовнішній утримувач сальника 9 у передню кришку 7 та закріпити його гвинтами 12 із пружинними шайбами 11.	Викрутка 6,5 мм
7	Установити на вал 35 ротора 14 розрізне кільце 13 та опорну чашку 10, після чого запресувати ротор 14 у зборі в передню кришку 7.	Молоток, викрутка 4 мм
8	Запресувати сегментну шпонку 6 у паз вала 35 ротора 14. Послідовно встановити втулку 5, вентилятор 4, шків 3, плоску та пружинну шайби, після чого затягнути гайку 1.	Змінна головка 24 мм, ключ із приєднувальним квадратом, молоток
9	Розмістити клеми обмоток статора на різьбових виводах випрямного блока 17 та закріпити їх гайками 26 із плоскими й пружинними шайбами.	Гайковий ключ 10 мм

10	Установити кришку 32 заднього підшипника 15 та закріпити її гвинтами 30.	Викрутка 6,5 мм
11	Установити випрямний блок 17 у кришку 33 та зафіксувати його гвинтами 24 із пружинними шайбами 25.	Викрутка 6,5 мм
12	Установити ізоляційну втулку 19, плоску шайбу 20 та пружинну шайбу 21, після чого закрутити гайку 22 контактного болта 18.	Гайковий ключ 10 мм
13	Установити кришку 33 з боку контактних кілець 36 разом зі статором 16 і випрямним блоком 17. Закрутити гвинт кріплення фазної обмотки до щіткотримача 34.	Викрутка 6,5 мм, мідний молоток
14	Установити клему позитивного виводу та шайбу, після чого затягнути гайку кріплення фазного виводу.	Гайковий ключ 10 мм
15	Закрутити гвинти 40 кріплення щіткотримача разом із пружинними шайбами.	Викрутка 6,5 мм

2.3 Нормування тривалості виконання операцій ремонту генератора

Для визначення нормативної тривалості ремонтних робіт кожен операцію поділяють на окремі технологічні переходи та прийоми.

Норма часу на виконання розбирально-складальної операції або її окремого переходу охоплює основний, допоміжний, додатковий і підготовчо-завершальний час та визначається за формулою [4, 7, 8]:

$$T_n = T_{оп}(1 + k_1 + k_2)$$

де $T_{оп}$ – оперативний час розбирально-складальних операцій (сума оперативного часу окремих слюсарно-складальних прийомів), хв;

k_1 – коефіцієнт, що враховує витрати додаткового часу;

k_2 – коефіцієнт, що враховує витрати підготовчо-завершального часу.

За результатами фотохронометражних досліджень, виконаних у ремонтних майстернях, значення коефіцієнтів становлять [4, 7]: $k_1 = 0,1$; $k_2 = 0,1$.

Отримані результати розрахунків наводять у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Нормування робіт із технічного обслуговування та ремонту генератора Г-273А

№ з/п	Об'єкт виконання робіт	Зміст роботи	Норма часу, люд·год
Розбирання			
1	Генератор	Виконати попередню перевірку на діагностичному стенді	0,08
2	Генератор	Розібрати агрегат на складальні одиниці та окремі деталі	0,21
Разом			0,29
Миття, дефектація та комплектування			
3	Деталі генератора	Очистити, промити та продути стисненим повітрям	0,11
4	Деталі генератора	Виконати дефектацію та розпо-ділити деталі за технічним станом	0,07
5	Деталі генератора	Укомплектувати генератор придатними та відновленими деталями	0,05
Разом			0,23
Ремонт і складання окремих вузлів			
6	Кришка з боку приводу	Випресувати зношений та запресувати новий підшипник	0,10
7	Кришка з боку контактних кілець	Перевірити стан ізоляції щіткотримача	0,12
8	Ротор генератора	Перевірити технічний стан ротора та обмотки збудження	0,09
9	Контактні кільця	Зачистити робочі поверхні контактних кілець	0,15

10	Контактні кільця ротора	Виконати остаточне шліфування та очищення робочих поверхонь	0,09
11	Обмотка збудження ротора	Від'єднати кінці обмотки від контактних кілець	0,08
12	Обмотка збудження ротора	Перевірити відсутність обриву, міжвиткового замикання та замикання на вал	0,07
13	Обмотка збудження ротора	Відновити з'єднання обмотки з контактними кільцями	0,12
Разом			0,82
Загальне складання та випробування			
14	Генератор	Скласти агрегат із підготовлених вузлів і деталей	0,33
15	Генератор	Провести стендове випробування та усунути виявлені несправності	0,30
Разом			0,63
Додаткові операції з відновлення деталей			
16	Контактні кільця ротора	Розпаяти з'єднання кінців обмотки з контактними кільцями	0,15
17	Обмотка ротора	Просочити обмотку електроізоляційним лаком і висушити	0,13
18	Обмотка ротора	Приєднати та припаяти кінці обмотки до контактних кілець	0,42
19	Контактні кільця	Спресувати зношений і напресувати справний блок контактних кілець на вал ротора	0,20
20	Ротор генератора	Випробувати обмотку після виконаного ремонту	0,08
21	Обмотка збудження	Замінити ізоляційну стрічку та просочити обмотку електроізоляційним лаком	0,38

22	Обмотка збудження	Виконати повне перемотування обмотки	0,72
23	Обмотка збудження	Установити та припаяти нові виводи	0,07
24	Обмотка збудження	Провести контрольне випробування після ремонту	0,08
25	Корпусна деталь	Видалити зламаний гвинт і нарізати різьбу ремонтного розміру	0,01
26	Щіткотримач	Відновити заклепкові з'єднання щіткотримача	0,15
27	Щітки	Замінити щітки та припасувати їх до поверхні контактних кілець	0,15
28	Кришка з боку контактних кілець	Виготовити й установити нову ізоляційну прокладку щіткотримача	0,18
29	Кришка з боку приводу	Замінити ущільнювальний елемент	0,08
Разом за додатковими ремонтними операціями			2,80

2.4 Техніко-економічний розрахунок поточного ремонту генератора Г-273А

Метою техніко-економічного розрахунку є визначення собівартості поточного ремонту генератора Г-273А та оцінювання доцільності його відновлення порівняно з придбанням нового агрегату. Розрахунок виконують для одного генератора з урахуванням витрат на оплату праці, запасні частини, ремонтні матеріали, електроенергію, використання обладнання та організацію виробничого процесу [12].

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Загальна трудомісткість ремонту	T_p	135 люд·хв
Тривалість ремонту	t_p	2,25 люд·год

Середня місячна заробітна плата автоелектрика	Z_M	50 000 грн
Місячний фонд робочого часу	Φ_M	168 год
Додаткова заробітна плата	k_d	10 %
Ставка ЄСВ	$k_{ЕСВ}$	22 %
Накладні витрати	k_n	25 %
Витрати на використання обладнання	k_o	12 %
Норма прибутку	$k_{п}$	15 %
Ставка ПДВ	$k_{ПДВ}$	20 %

Тривалість ремонту в годинах становить:

$$t_p = T_p / 60 = 135 / 60 = 2,25 \text{ люд} \cdot \text{год.}$$

До загальної трудомісткості входять: розбирання генератора – 36 хв; дефектація деталей – 24 хв; складання генератора – 57 хв; заключне випробування – 18 хв.

Загальна тривалість:

$$T_p = 36 + 24 + 57 + 18 = 135 \text{ хв.}$$

Розрахунок витрат на оплату праці [12]. Середню годинну тарифну ставку слюсаря з ремонту автомобільного електрообладнання визначають за формулою:

$$C_{\text{год}} = Z_M / \Phi_M,$$

де Z_M – середня місячна заробітна плата, грн;

Φ_M – місячний фонд робочого часу, год.

$$C_{\text{год}} = 50\,000 / 168 = 297,62 \text{ грн/год.}$$

Основна заробітна плата за ремонт одного генератора:

$$Z_{\text{осн}} = t_p \cdot C_{\text{год}};$$

$$Z_{\text{осн}} = 2,25 \cdot 297,62 = 669,64 \text{ грн.}$$

Додаткову заробітну плату визначають у розмірі 10 % від основної:

$$Z_{\text{дод}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_d;$$

$$Z_{\text{дод}} = 669,64 \cdot 0,10 = 66,96 \text{ грн.}$$

Нарахування єдиного соціального внеску:

$$B_{ЕСВ} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) \cdot k_{ЕСВ};$$

$$B_{ЕСВ} = (669,64 + 66,96) \cdot 0,22 = 162,05 \text{ грн.}$$

Загальні витрати підприємства на оплату праці одного виконавця становлять:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} + V_{\text{ЕСВ}};$$

$$Z_{\text{заг}} = 669,64 + 66,96 + 162,05 = 898,65 \text{ грн.}$$

Для розрахунку розглянуто типовий варіант поточного ремонту, за якого ротор, статор, випрямний блок і корпусні деталі придатні до подальшого використання [12].

Таблиця 2.7 – Вартість запасних частин і матеріалів.

Найменування витрат.	Кількість	Варт., грн
Регулятор напруги Я120М	1 шт.	203,00
Передній і задній підшипники	1 комплект	420,00
Щітки, ізоляційні елементи та кріпильні деталі	1 комплект	180,00
Мийні засоби, електроізоляційний лак, мастильні й обтиральні матеріали	–	160,00
Разом		963,00

Витрати на запасні частини та ремонтні матеріали становлять:

$$C_{\text{м}} = 963,00 \text{ грн.}$$

Електроенергію використовують для роботи мийного обладнання, преса, контрольно-вимірювальних приладів і стенда MS004 COM. Розрахункове споживання електроенергії під час ремонту одного генератора становить 1,8 кВт·год. Вартість 1 кВт·год для навчального розрахунку прийнято 8,50 грн [12].

$$V_{\text{ел}} = W \cdot C_{\text{ел}},$$

де W – витрата електроенергії, кВт·год;

$C_{\text{ел}}$ – розрахункова вартість електроенергії, грн/кВт·год.

$$V_{\text{ел}} = 1,8 \cdot 8,50 = 15,30 \text{ грн.}$$

До накладних витрат належать витрати на освітлення, опалення та утримання виробничого приміщення, організацію робочого місця, охорону праці й управління ремонтною ділянкою.

$$V_{\text{н}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{н}};$$

$$V_{\text{н}} = 669,64 \cdot 0,25 = 167,41 \text{ грн.}$$

Витрати, пов'язані з використанням і зношуванням технологічного обладнання, визначають у розмірі 12 % від основної заробітної плати:

$$V_o = Z_{\text{осн}} \cdot k_o;$$

$$V_o = 669,64 \cdot 0,12 = 80,36 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість поточного ремонту одного генератора визначається як сума всіх складових витрат:

$$C_{\text{рем}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} + V_{\text{ССВ}} + C_{\text{м}} + V_{\text{ел}} + V_{\text{н}} + V_o.$$

$$C_{\text{рем}} = 669,64 + 66,96 + 162,05 + 963,00 + 15,30 + 167,41 + 80,36 = 2124,72 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.8 – Структура собівартості.

Стаття витрат	Сума, грн	Частка, %
Основна заробітна плата	669,64	31,52
Додаткова заробітна плата	66,96	3,15
Єдиний соціальний внесок	162,05	7,63
Запасні частини та матеріали	963,00	45,32
Електроенергія	15,30	0,72
Накладні витрати	167,41	7,88
Використання обладнання	80,36	3,78
Виробнича собівартість	2124,72	100,00

Найбільшу частку собівартості формують запасні частини й матеріали – 45,32 %, а також основна заробітна плата виконавця – 31,52% [12]. Розрахунковий прибуток підприємства визначають у розмірі 15 % від виробничої собівартості:

$$\Pi = C_{\text{рем}} \cdot k_{\Pi};$$

$$\Pi = 2124,72 \cdot 0,15 = 318,71 \text{ грн.}$$

Ціна ремонту без ПДВ:

$$\text{Ц}_6 = C_{\text{рем}} + \Pi;$$

$$\text{Ц}_6 = 2124,72 + 318,71 = 2443,43 \text{ грн.}$$

Сума ПДВ:

$$\text{ПДВ} = \text{Ц}_6 \cdot 0,20;$$

$$\text{ПДВ} = 2443,43 \cdot 0,20 = 488,69 \text{ грн.}$$

Відпускна ціна ремонту:

$$\text{Ц}_{\text{рем}} = \text{Ц}_6 + \text{ПДВ};$$

$$\text{Ц}_{\text{рем}} = 2443,43 + 488,69 = 2932,12 \text{ грн.}$$

Розрахункова вартість поточного ремонту генератора Г-273А з урахуванням прибутку та ПДВ становить приблизно 2932 грн.

Економічний ефект від ремонту визначають як різницю між ціною нового генератора та вартістю відновлення наявного агрегату:

$$E_{\text{од}} = C_{\text{нов}} - C_{\text{рем.}}$$

За вартості нового генератора 3390 грн:

$$E_{\text{од1}} = 3390 - 2932,12 = 457,88 \text{ грн.}$$

Відносне зниження витрат:

$$K_{\text{с1}} = 457,88 / 3390 \cdot 100 = 13,51 \text{ \%}.$$

За вартості нового генератора 5000 грн:

$$E_{\text{од2}} = 5000 - 2932,12 = 2067,88 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{с2}} = 2067,88 / 5000 \cdot 100 = 41,36 \text{ \%}.$$

Таким чином, поточний ремонт дає змогу зменшити витрати на відновлення працездатності системи електропостачання автомобіля на 458–2068 грн для одного агрегату. Відносна економія залежно від виробника та ціни нового генератора становить 13,5–41,4 %.

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_{\text{р}} = E_{\text{од}} \cdot N_{\text{р}},$$

де $N_{\text{р}}$ – річна кількість відремонтованих генераторів.

Наприклад, за річної програми 100 генераторів економія становитиме від 45,79 до 206,79 тис. грн.

Економічна доцільність ремонту залежить насамперед від технічного стану ротора, статора та випрямного блока. За порівняння з новим генератором вартістю 3390 грн максимально допустимі витрати на запасні частини становлять близько 1135 грн [12]. Якщо під час дефектації встановлено необхідність заміни діодного моста вартістю 850 грн, розрахункова ціна ремонту зростає до:

$$C_{\text{рем.б}} = 2932,12 + 850 \cdot 1,15 \cdot 1,20 = 4105,12 \text{ грн.}$$

За таких умов ремонт буде дорожчим за придбання нового генератора нижнього цінового сегмента, але залишатиметься дешевшим за новий агрегат вартістю 5000 грн. Тому остаточне рішення щодо відновлення генератора необхідно приймати після дефектації основних електричних і механічних вузлів.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розроблення загальної конструкції стенда, принципу та механізму його дії

Проектування стенда розпочинають із уточнення схеми встановлення агрегату. На підставі способу базування, точності опорних поверхонь і вимог технологічного процесу визначають конструкцію, розміри, кількість та взаємне розташування установчих елементів [13–15].

Пристосування монтують на основі 1, виконаній у вигляді рамної конструкції зі сталевого кутника. Висота основи забезпечує зручний доступ працівника до робочих органів стенда.

У середині рами розміщено насосну станцію – гідроагрегат Г1Б, до складу якого входять бак для робочої рідини, електродвигун із гідравлічним насосом, манометр, з'єднувальні штуцери та трубопроводи. На передній частині основи встановлено золотниковий розподільник, призначений для керування гідроциліндрами.

На робочому столі стенда розташовано три окремі пристосування для виконання операцій розбирання генератора:

знімач для спресовування шківів з вала ротора;

пристосування для випресовування вала ротора з підшипника кришки генератора;

пристосування для розбирання кришки з боку приводу.

Далі розглянуто конструктивне компонування, принцип дії та порядок роботи кожного пристосування.

Знімач для спресовування шківів з вала ротора генератора. Знімач призначений для демонтажу шківів з вала ротора генератора. Його конструкція, наведена на рисунку 3.1, містить нерухому основу 1, до нижньої частини якої прикріплено гідроциліндр 2. Опорний фланець 3 гідроциліндра оснащений трьома провушинами 5, розташованими під кутом 120° . У них закріплено осі 7, навколо яких повертаються затискні важелі 8 [13–15].

Зовнішні поверхні головок важелів під дією пружин 6 контактують із

фігурними пазами поворотного диска 9, встановленого в розточці основи. Обертання диска здійснюється рукояткою 4. Для запобігання його осьовому зміщенню застосовано дві накладки 10. Робоча рідина до гідроциліндра надходить від спільної насосної станції.

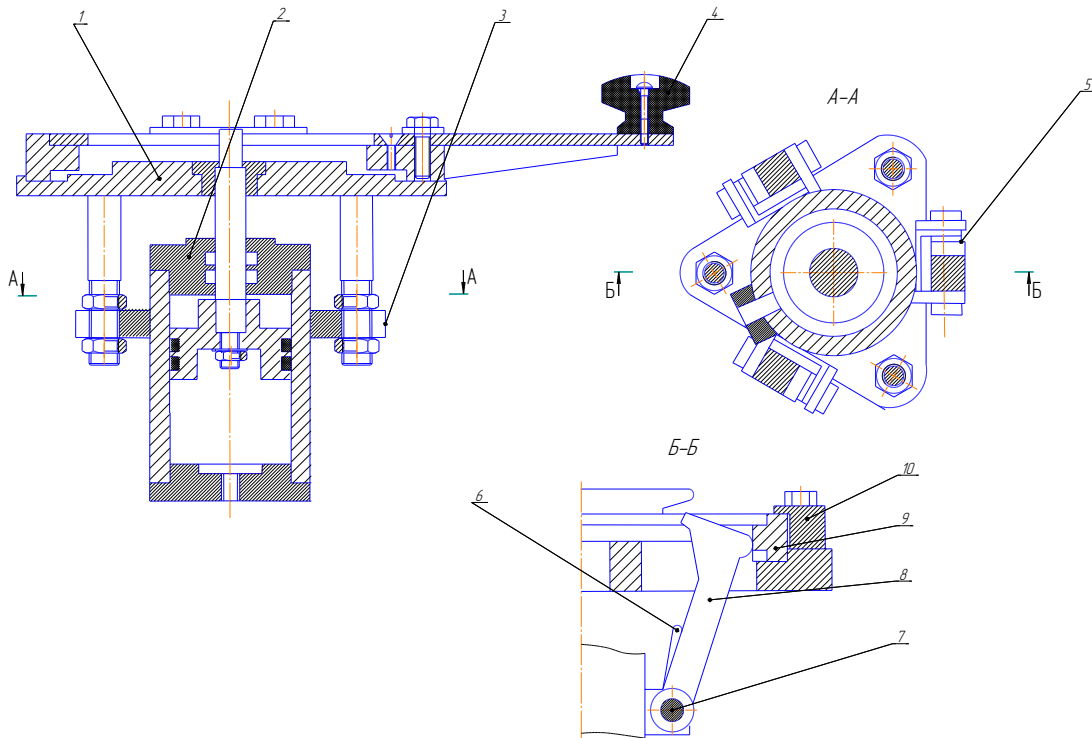


Рисунок 3.1 – Знімач для спресовування шківів із валів роторів генераторів.

Для спресовування шківів рукоятку 4 повертають проти годинникової стрілки. При цьому затискні важелі 8 звільняються та під дією пружин 6 розходяться. Ротор встановлюють шківом донизу по центру пристосування, після чого рукоятку повертають за годинниковою стрілкою та зводять важелі, забезпечуючи надійне захоплення шківів. Після подавання тиску до гідроциліндра 2 вал випресовується зі шківів. Потім важелі розводять і демонтовану деталь виймають із пристосування.

Пристосування для випресовування вала ротора з підшипника кришки генератора. Пристосування призначене для випресовування вала ротора з підшипника кришки генератора з боку приводу [13–15].

Конструкція пристосування, наведена на рисунку 3.2, складається з основи 1, верхньої плити 2 із двома консолями та гідроциліндра 3, встановленого під основою. Подача робочої рідини до гідроциліндра здійснюється від спільної насосної станції.

Ротор разом із кришкою встановлюють у пристосування так, щоб кришка

розміщувалася між основою та консолями верхньої плити, а вісь вала збігалася з віссю штока гідроциліндра. Після ввімкнення гідроциліндра шток переміщується вгору та випресовує вал із підшипника кришки. Після завершення операції шток повертають у нижнє положення, а кришку знімають із пристосування.

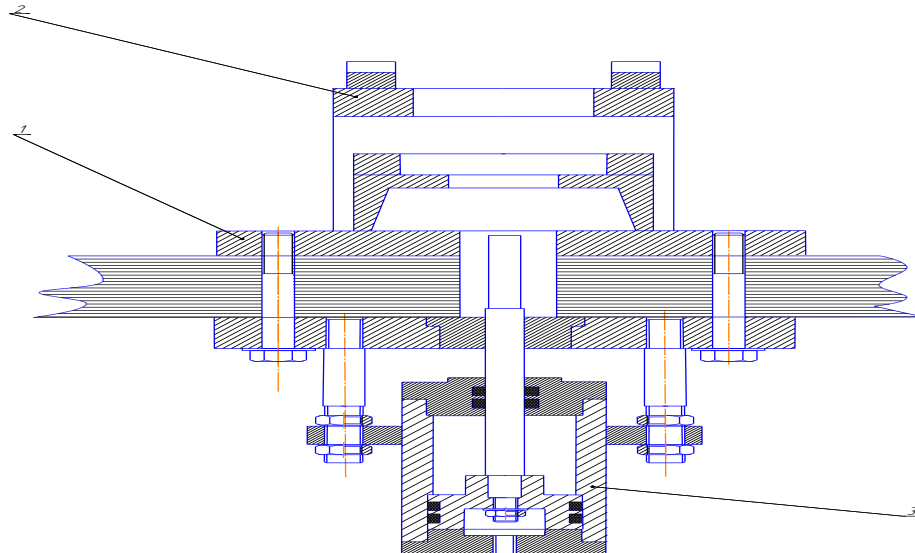


Рисунок 3.2 – Пристосування для випресовування вала ротора з підшипника кришки генератора.

Пристосування для розбирання кришки генератора з боку приводу. Пристосування, конструкцію якого наведено на рисунку 3.3, складається з опорної плити 1 та закріпленої на ній підставки 6. Для надійного встановлення кришки й запобігання її повороту під час розбирання підставку оснащено фіксувальними штифтами 4.

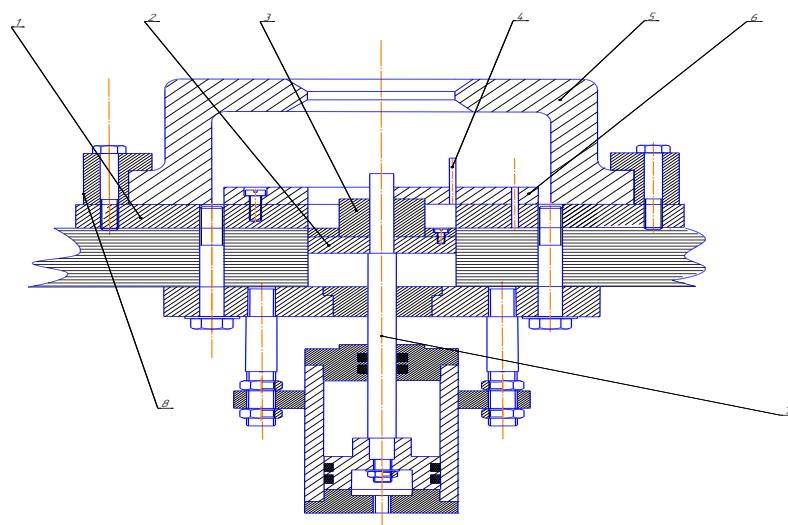


Рисунок 3.3 – Пристосування для розбирання кришки генератора з боку приводу.

По краях плити розміщено напрямні, у яких переміщується планка 5, що виконує функцію упора для кришки. Під плитою встановлено гідроциліндр із зусиллям на штоку 1500 кгс і ходом 42 мм. Його шток 7 проходить крізь центральний отвір підставки. Залежно від характеру операції на шток встановлюють упорну шайбу 2 разом із втулкою 3 або лише упорну шайбу [13–15].

Робоча рідина до гідроциліндра надходить від насосної станції, спільної для всіх пристосувань поста.

За допомогою пристосування виконують дві операції:

відкручування гвинтів кріплення утримувача сальника;

випресовування підшипника з посадкового гнізда кришки.

Пристосування застосовують у випадках, коли ручне виконання цих операцій ускладнене через прокручування гвинтів або щільну посадку підшипника. Для відкручування гвинтів планку 5 відводять у заднє положення, кришку встановлюють на підставку 6 та фіксують штифтами 4. Потім планку переміщують уперед і після ввімкнення гідроциліндра притискають до неї кришку, після чого викручують кріпильні гвинти.

Для випресовування підшипника на шток гідроциліндра встановлюють упорну втулку 3, кришку переводять у переднє положення та вмикають гідроциліндр. Під час руху штока вгору підшипник виходить із посадкового гнізда.

Після завершення операції шток повертають у нижнє положення, планку відводять назад, а кришку знімають із пристосування.

3.2 Розрахунок конструктивних елементів стенда

Оскільки зусилля, що виникають у рознімних з'єднаннях генератора, відповідно до характеру їх посадок є приблизно однаковими, подальший розрахунок виконують для найбільш навантаженого гідроциліндра.

3.2.1 Розрахунок зусилля випресовування підшипника зі спряжених елементів генератора

Необхідне зусилля для випресовування підшипника зі спряжених конструктивних елементів генератора визначають за формулою [13, 14]:

$$P_b = f \cdot \pi \cdot d \cdot p \cdot L;$$

де d – діаметр сполучення, м ($d=55$ мм.);

L – довжина сполучення деталей м. $L=0,01$

f – коефіцієнт тертя при випресовуванні ($f = 0,06..0,18$);

p – тиск Па;

$$p = \frac{N_{\max}}{d(C_1/E_1 + C_2/E_2)};$$

де N_{\max} – натяг в сполученні, м;

E_1, E_2 – модуль пружності матеріалу валу та отвору, Па;

C_1, C_2 – коефіцієнти;

Для деталі з отвором:

$$C_2 = \frac{((d_2^2 + d^2))}{d_2^2 - d^2} + \mu_2;$$

Для суцільного вала:

$$C_3 = 1 - \mu;$$

де μ_1, μ_2 – коефіцієнти Пуассона матеріалів валу і отвору [13, 14].

$$\mu_1 = 0,23...0,27; \quad \mu_2 = 0,24...0,28;$$

$$c_2 = \frac{0,116^2 + 0,120^2}{0,116^2 - 0,120^2} + 0,26 = 16,92;$$

$$c_1 = 1 - 0,25 = 0,75;$$

Тиск у спряженні:

$$P = 0.0002 / 0.120 \cdot (0,75 / 1,5 \cdot 10^{11} + 16,92 / 2 \cdot 10^{11}) = 560 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

$$E_1 = (0,8...1,5) \cdot 10^{11} \text{ Па}; \quad E_2 = (2,0...2,1) \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

Розрахункове зусилля, необхідне для випресовування підшипника зі спряжених елементів генератора:

$$P_b = 0,17 \cdot 3,14 \cdot 0,420 \cdot 560 \cdot 10^4 \cdot 0,022 = 2,8 \cdot 10^4;$$

Зусилля, що створюється пристосуванням під час розбирання, повинно відповідати умові:

$$P_{\phi} = (1,5 \dots 2,0) \cdot P_{\text{раст}};$$

$$P_{\phi} = 2 \cdot 2,8 \cdot 10^4 = 5,6 \cdot 10^4 \text{ А} = 56 \text{ кА};$$

Приймаємо $P_{\phi} = 27 \text{ кН}$ для здійснення подальших розрахунків.

3.2.2 Розрахунок силового гідроциліндра

Розрахунковий діаметр поршня гідроциліндра визначають за формулою [13, 14]:

$$D_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot P_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{МЕХ}}}};$$

де P - зусилля на штокуциліндра, Н;

$\eta_{\text{МЕХ}}$ - механічний ККД гідравлічного циліндра $\eta_{\text{МЕХ}} = 0,85 \dots 0,97$;

P_{Γ} - тиск в гідросистемі, Па приймаємо $p_1 = 10 \text{ МПа}$.

Тоді:

$$D_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 56000}{3,14 \cdot 10^7 \cdot 0,85}} = 0,08 = 80 \text{ мм};$$

Діаметр штока гідроциліндра визначають за формулою:

$$d_m = k \cdot D_n;$$

$$k = \frac{d_m}{D_n}; (0,3 \dots 0,7)$$

Тоді:

$$d_{\text{ш}} = 0,4 \cdot 0,083 = 0,032 \text{ м};$$

Розрахункові значення D_n ; $d_{\text{ш}}$ хід поршня L , округляються до найближчої величини. При цьому повинна дотримуватися умова: $\frac{N}{D_n} < 15$;

Приймаємо $D_n = 80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}$; $d_{\text{ш}} = 32 \text{ мм} = 0,032 \text{ м}$; $L = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$.

$$\frac{N}{D_n} = 0,025 / 0,08 = 0,31 < 15;$$

Мінімально допустиму товщину стінки гідроциліндра визначають за формулою:

$$t_u > \frac{D_n}{2} \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_r \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_r \cdot (1 + 2\mu)}} - 1m;$$

Де $[\sigma_p]$ - напруга, котра допускається при розтягування, Па (для сталі $[\sigma_p]$ = $1800 \cdot 10^5$ Па;

μ - коефіцієнт Пуассона. $\mu = 0,25$

$$t_u > \frac{0.006}{2} \sqrt{\frac{1800 \cdot 10^5 + 10^6 \cdot (1 - 2 \cdot 0.25)}{1800 \cdot 10^5 - 10^6 \cdot (1 + 2 \cdot 0.25)}} - 1 = 0.0002 \text{ м};$$

Товщину дна гідроциліндра визначають за формулою:

$$t_d > 0.405 \cdot D_o \cdot \sqrt{\frac{D_A}{[\sigma_d]}}; \quad (3.9)$$

$$t_d > 0.405 \cdot 0,08 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{180 \cdot 10^6}} = 0,0022 \text{ м};$$

Знаючи значення P_r , D_{II} , d_m , L а також характер кріплення та роботи циліндра, приймаємо гідроциліндр Ц-75Б [13, 14].

3.2.3 Розрахунок параметрів гідравлічного бака

Необхідний робочий об'єм гідробака визначають за формулою:

$$V_o = 3 \cdot Q_n \text{ л};$$

де Q_n - фактична подача робочої рідини, л/хв $Q_n = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с} = 12 \text{ л/хв.};$

$$V_o = 3 \cdot 12 = 36 \text{ л};$$

Приймаємо $V_o = 40 \text{ л}$, при цьому орієнтовна загальна площа поверхні бака:

$$F_o \approx 0.065 \cdot \sqrt[3]{V_o^2} \cdot i^2;$$

$$F_o \approx 0.065 \cdot \sqrt[3]{40^2} = 0,76 \text{ м}^2;$$

Площу поверхні гідравлічного бака, необхідну для відведення теплоти та охолодження робочої рідини, визначають за формулою:

$$F_p = \frac{1,4 \cdot P_n \cdot Q_n \cdot K_c \cdot K_{\text{ц}} \cdot (1 - \eta_{\text{п}})}{K \cdot \eta_{\text{п}} \cdot (T - T_0)}, M^2;$$

де P_n – тиск насоса, кг/см² $P_n=10,4$ МПа=104 кг/см²;

Q_n – подача насоса, л/хв $Q_n=12$ л/хв;

K_c – коефіцієнт використання часу зміни, $K_c=0,75$;

$K_{\text{ц}}$ – коефіцієнт використання розрахункової потужності за робочий цикл.

$K_{\text{ц}}=0,4,0,5$;

η_U – об'ємний ККД гідравлічної системи $\eta_U = 0,8,0,9$;

K – коефіцієнт передачі тепла, $K=18,40$ ккал/м²год · град.;

$\eta_{\text{п}}$ – загальний ККД насоса; $\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{он}} \cdot \eta_{\text{мех}} = 0,8 \cdot 0,86 = 0,69$;

T – температура робочої рідини, $T=60 - 70^\circ\text{C}$;

T_0 – температура навколишнього повітря, $T_0=18^\circ\text{C}$;

$$F_{mp} = \frac{1,4 \cdot 104 \cdot 12 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,8)}{29 \cdot 0,69 \cdot (65 - 18)} = 0,14 \text{ м}^2;$$

При $F_0 > F_p$, умова виконуються. Так як, згідно розрахунків, $F_0 = 0,74 \text{ м}^2$; а $F_p=0,14 \text{ м}^2$ то забезпечуються необхідні умови.

3.2.4 Розрахунок упорів, на які спирається кришка під час випресовування підшипника

Загальну довжину поздовжньої планки упора визначають з урахуванням габаритних розмірів і конструктивного виконання пристосування. Упор закріплюють на центральній плиті, підсиленій кутниками рами стенда [13, 14].

Реакції в опорах визначають за такими залежностями:

$$R_b \cdot 1 - P/2 \cdot l_2 - P/2 \cdot l_1 = 0;$$

$$P/2 \cdot (l - l_1) + p/4 \cdot (l - l_2) + P/2 \cdot (l - l_3) - R_a \cdot 1 = 0;$$

$$R_b = \frac{P/2 \cdot l_3 + p/4 \cdot l_2 + p/2 \cdot l_1}{l} =$$

$$\frac{28,05 \cdot 507 + 14,025 \cdot 300 + 28,05 \cdot 93}{600} = 35,06 \text{ кН};$$

$$R_a = \frac{P/2 \cdot (l - l_1) + p/4 \cdot (l - l_2) + p/2 \cdot (l - l_3)}{l} =$$

$$\frac{28.05 \cdot (600 - 93) + 14.025 \cdot (600 - 300) + 28.05 \cdot (600 - 507)}{600} = 35.06 \text{кН};$$

Згинальні моменти визначають у найбільш небезпечних перерізах конструкції.

Момент згину в перерізі 1–1 обчислюють за формулою:

$$M_{уз1} = \frac{l_1 \cdot (l - l_1)}{l} \cdot (P/2 + P/4 + P/2) =$$

$$\frac{93 \cdot (600 - 93)}{600} \cdot (28.05 + 14.025 + 28.05) = 5510.8 \text{кНмм};$$

Момент згину в перерізі 2–2 визначають за формулою:

$$M_{уз2} = \frac{l_2 \cdot (l - l_2)}{l} \cdot (p/2 + p/4 + p/2) =$$

$$= \frac{300 \cdot (600 - 300)}{600} \cdot (28.05 + 14.025 + 28.05) = 10518.8 \text{кНмм};$$

Момент згину в перерізі 3–3 визначають за формулою:

$$M_{уз3} = \frac{L_3 \cdot (l - l_3)}{l} \cdot (p/2 + p/4 + p/2) =$$

$$= \frac{507 \cdot (600 - 507)}{600} \cdot (28.05 + 14.025 + 28.05) = 5510.8 \text{кНмм};$$

Товщину поздовжнього упора визначають за умовою забезпечення його міцності.

$$\sigma_{уз} = \frac{M_{виг}}{W} < [\sigma_{уз}];$$

де $M_{виг}$ – момент вигину в небезпечному перетині;

$[\sigma_{уз}]$ – допустима напруга при вигині для сталі 40Х.

W – момент опору рівний:

$$W = \frac{b \cdot a^3}{6};$$

де a – ширина пластини упора, мм (приймаємо a=70 мм.)

b – товщина пластини упора, мм;

Тоді:

$$W < \frac{M_{уз}}{[\sigma_{уз}]}; \text{ або: } \frac{b \cdot a^3}{6} < 6 \cdot M_{уз};$$

Звідси:

$$b = \frac{6 \cdot M_{из}}{[\sigma_{из}] \cdot a^3};$$

Розрахунок виконують для найбільш навантаженого перерізу 2–2:

$$b = \frac{6 \cdot 10518,8}{1,9 \cdot 10^9 \cdot 0,07^3} = 0,0968 м = 96,8 мм;$$

Приймаємо ширину упора $b = 100$ мм = 0,1 м. Товщину пластини в перерізах 1–1 і 3–3 визначають з урахуванням того, що згинальні моменти в цих перерізах однакові, тому розрахункове значення товщини буде тотожним:

$$b = \frac{6 \cdot 5510,8}{1,9 \cdot 10^9 \cdot 0,07^3} = 0,0507 м = 51 мм;$$

Приймаємо ширину пластини $b = 55$ мм = 0,055 м. Для виготовлення упора застосовуємо сталеву смугу 100×7 мм зі сталі 40Х-Б-І.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників під час ремонту генератора Г-273А

Ремонт генератора Г-273А охоплює діагностування на автомобілі та спеціалізованому стенді, демонтаж, розбирання, очищення деталей, дефектацію, заміну несправних елементів, складання і заключне випробування. Під час виконання цих робіт працівник контактує з механічним, електричним, гідравлічним і контрольно-вимірювальним обладнанням, тому технологічний процес має бути організований з урахуванням вимог охорони праці.

До основних механічних небезпек належать захоплення одягу або рук обертовими частинами стенда, пасовою передачею чи шківом генератора, травмування під час падіння агрегату, порізи гострими крайками деталей, а також затискання пальців у процесі встановлення генератора в лещата або пристосування. Під час спресовування шківа, випресовування вала ротора та демонтажу підшипників існує небезпека раптового зміщення деталей або їх викидання із робочої зони [18, 19].

Застосування гідравлічного стенда супроводжується дією значних сил. Пошкодження рукавів, ущільнень або трубопроводів може спричинити витік робочої рідини під тиском. Неправильне базування кришки, ротора чи шківа створює несиметричне навантаження, унаслідок чого можливе руйнування деталі або елементів пристосування. Особливо небезпечним є перебування рук між штоком гідроциліндра, упором і деталлю під час робочого ходу.

Електрична небезпека виникає під час роботи з діагностичним стендом, електроприводом насосної станції, переносним електроінструментом і зарядженою акумуляторною батареєю. Незважаючи на низьку напругу автомобільної мережі, коротке замикання клем акумуляторних батарей металевим інструментом може спричинити значне нагрівання провідника, опіки та займання ізоляції. Небезпеку ураження електричним струмом створюють насамперед пошкоджена ізоляція мережевого обладнання, відсутність захисного заземлення та експлуатація електроприладів у вологому середовищі.

Під час очищення деталей можливий контакт шкіри й органів дихання з мийними засобами, мастильними матеріалами, пилом і продуктами зношування щіток. Продування стисненим повітрям здатне спричинити потрапляння дрібних частинок в очі. Під час паяння виводів, просочування обмоток електроізоляційним лаком і сушіння виділяються пари технологічних матеріалів, концентрацію яких необхідно знижувати місцевою або загальнообмінною вентиляцією [18, 19].

Окремими несприятливими чинниками є шум діагностичного стенда, вібрація, недостатнє освітлення робочої зони, незручне положення тіла та повторювані рухи. Їх тривалий вплив знижує уважність працівника і збільшує ймовірність помилкових дій.

Таблиця 4.1 – Небезпечні чинники під час ремонту генератора та способи їх обмеження.

Виробничий чинник	Можливі наслідки	Основні запобіжні заходи
Обертання шківів і приводу стенда	Захоплення одягу, травмування рук	Захисні огороження, заборона регулювання під час обертання
Робота гідроциліндрів	Затискання рук, викидання деталі	Надійне базування, контроль тиску, застосування упорів
Демонтаж деталей із натягом	Розліт уламків, пошкодження деталей	Використання справних знімачів та захисних окулярів
Електричне обладнання	Ураження струмом, коротке замикання	Заземлення, справна ізоляція, захисне вимкнення
Мийні рідини й лак	Подразнення шкіри та органів дихання	Вентиляція, рукавички, закрита тара
Стиснене повітря	Потрапляння частинок в очі	Окуляри, спрямування струменя від працівника
Нагріті деталі та паяння	Термічні опіки	Термостійкі рукавички, підставки для нагрітих деталей
Забруднена або слизька підлога	Падіння працівника	Своєчасне прибирання розлитих рідин

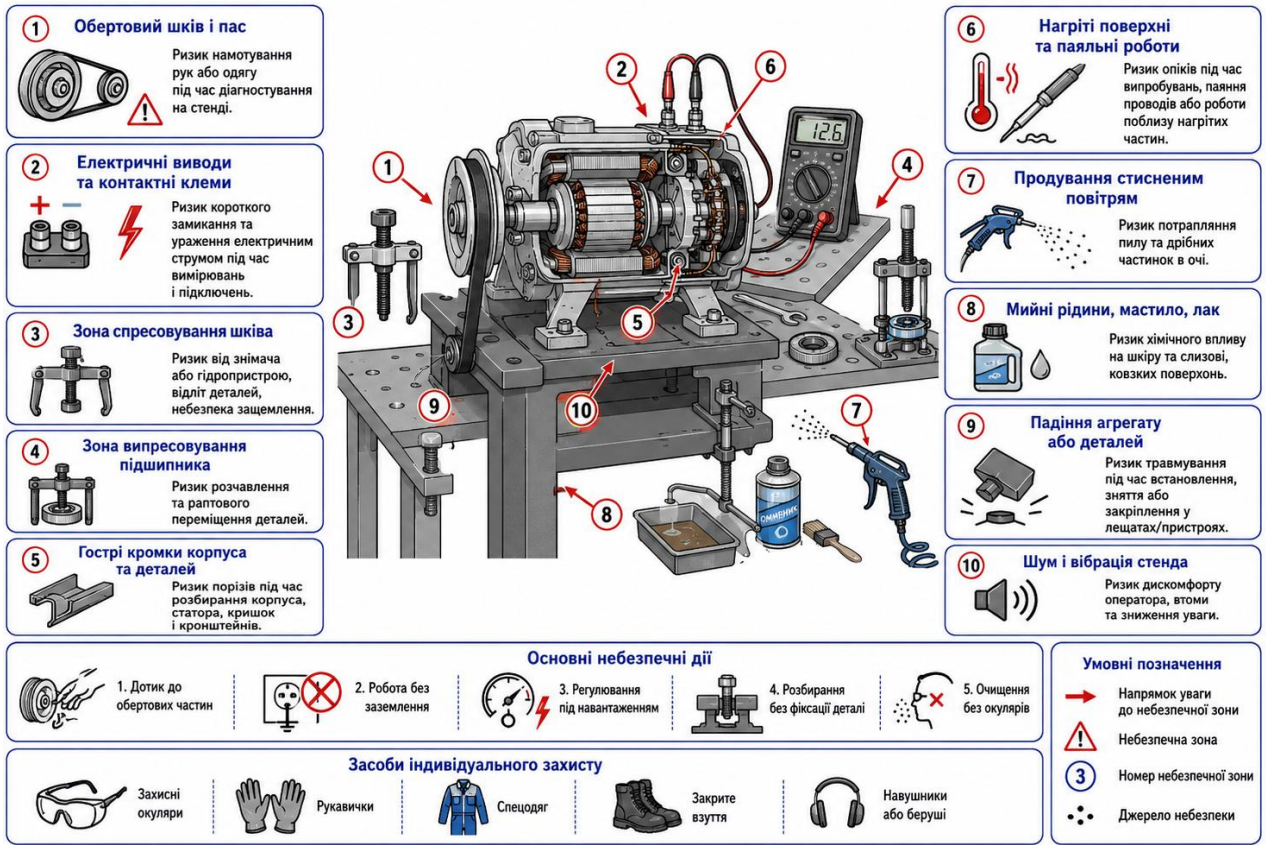


Рисунок 4.1 – Основні небезпечні зони під час діагностування та розбирання генератора Г-273А.

4.2 Організація безпечного виконання технологічних операцій ремонту генератора

До ремонту генератора допускають працівника, який пройшов навчання, інструктаж з охорони праці та ознайомлений із конструкцією діагностичного й гідравлічного обладнання. Перед початком роботи перевіряють стан робочого місця, освітлення, вентиляції, заземлення обладнання, справність інструменту, огорожень, манометра, гідравлічних трубопроводів і затискних пристроїв.

Робоче місце слюсаря повинно бути чистим, сухим і вільним від сторонніх предметів. Інструмент розміщують у межах зручної досяжності, а демонтовані деталі складають у спеціальну тару. Проходи до обладнання, електричного щита і засобів пожежогасіння не захаращують. Пролиту робочу рідину, мастило або мийний засіб негайно прибирають [16, 18].

Перед демонтажем генератора з автомобіля від'єднують акумуляторні батареї, починаючи з проводу, з'єданого з масою. Після цього від'єднують

силовий провід і коло збудження, послаблюють натяг приводного паса та демонтують кріплення генератора. Агрегат необхідно підтримувати, щоб не допустити його падіння після відкручування останнього кріпильного елемента.

До встановлення генератора на діагностичний стенд перевіряють стан шківів, вала, кріпильних лап і підшипників. Генератор міцно фіксують у затискному пристрої, а пас установлюють без перекосів. Електричне підключення здійснюють відповідно до схеми стенда за вимкненого живлення. Перед запуском закривають огороження приводу та переконуються, що в зоні обертання немає інструменту або сторонніх предметів.

Під час стендового випробування заборонено торкатися шківів, паса, вентилятора та електричних контактів. Частоту обертання і навантаження змінюють плавно. У разі появи сильного шуму, вібрації, запаху перегрітої ізоляції, іскріння або нестабільних показів приладів випробування негайно припиняють.

Під час розбирання генератор закріплюють у лещатах через м'які накладки, які запобігають пошкодженню корпусу. Гайкові ключі та викрутки повинні відповідати розмірам кріпильних елементів. Застосування надмірних подовжувачів, випадкових предметів і ударів сталевим молотком по валу ротора не допускається [16, 18].

Спресовування шківів та підшипників виконують спеціальними знімачами або на гідравлічному стенді. Перед подаванням тиску деталь установлюють співвісно зі штоком і надійно фіксують. Працівник повинен перебувати збоку від напрямку можливого переміщення деталі. Регулювання упорів, зміна положення деталі або встановлення оправки допускаються лише після зупинки насоса і скидання тиску в системі.

До початку роботи гідравлічного стенда оглядають рукави, трубопроводи, різьбові з'єднання та ущільнення. Пошук місця витoku рукою забороняється. У разі розгерметизації насос вимикають, тиск скидають, а пошкоджений елемент замінюють. Перевищення встановленого робочого тиску не допускається.

Деталі генератора очищають у призначеній для цього ванні. Мийні матеріали зберігають у закритій промаркованій тарі. Під час продування стисненим повітрям застосовують захисні окуляри, а струмінь спрямовують від

обличчя та інших працівників. Використовувати стиснене повітря для очищення одягу або шкіри заборонено.

Дефектацію здійснюють на добре освітленому робочому місці. Перед електричними вимірюваннями перевіряють справність щупів, проводів і приладів. Під час паяння забезпечують відведення парів флюсу та припою, а нагрітий паяльник установлюють на спеціальну підставку. Електроізоляційний лак застосовують за працюючої вентиляції, уникаючи його контакту зі шкірою.

Під час складання підшипники напресовують через оправку, яка передає зусилля на відповідне кільце. Це запобігає пошкодженню тіл кочення і посадкових поверхонь. Після складання перевіряють вільне обертання ротора, відсутність осьового люфту, правильність з'єднань та надійність затягування кріплень [16, 18].

Працівник використовує справний спеціальний одяг, закрите взуття, захисні окуляри та рукавички. Під час роботи з обертовим обладнанням одяг повинен бути застебнутий, а довге волосся прибрано під головний убір. Рукавички не застосовують безпосередньо біля відкритих обертових деталей, оскільки матеріал може бути захоплений приводом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано комплексне завдання щодо розроблення технологічного процесу ремонту генератора Г-273А, який охоплює визначення його технічного стану, розбирання, дефектацію складових частин, виконання ремонтних операцій, складання та заключне стендове випробування.

У загально-технічному розділі проаналізовано призначення, конструкцію та принцип дії генератора Г-273А як основного джерела електричної енергії автомобільної системи напругою 24 В. Встановлено, що справність агрегату визначає стабільність живлення бортових споживачів і повноту заряджання акумуляторних батарей. Розглянуто функції ротора, статора, випрямного блока, регулятора напруги, щіткового вузла, контактних кілець і підшипникових опор.

Досліджено умови експлуатації генератора та чинники, які спричиняють погіршення його технічного стану. До основних причин відмов віднесено зношування підшипників, щіток, контактних кілець і посадкових поверхонь, пошкодження обмоток статора та ротора, несправності регулятора напруги й силових діодів, порушення контактних з'єднань, перегрівання, забруднення та вплив вологи. Визначено характерні ознаки цих несправностей і встановлено їхній вплив на роботу автомобільної системи електропостачання.

Розроблено послідовність комплексного діагностування генератора, яка передбачає його зовнішній огляд, перевірку безпосередньо на автомобілі, стендове випробування та поелементний контроль після розбирання. Для стендової перевірки застосовано стенд MS004 COM. Контрольними параметрами справного агрегату визначено вихідну напругу близько 28 В за сили струму 20 А і частоти обертання ротора приблизно 2100 хв⁻¹. Запропонована послідовність дає змогу локалізувати несправність і запобігти необґрунтованому розбиранню працездатних вузлів.

Складено технологічні карти розбирання, дефектації та складання генератора Г-273А із зазначенням послідовності переходів, необхідного інструменту, обладнання та засобів контролю. Процес розбирання охоплює 16 технологічних переходів, а складання – 15 переходів. Для деталей щіткотримача, шківів, статора, ротора та корпусних елементів встановлено допустимі

параметри, способи вимірювання і рішення щодо подальшого використання, відновлення або вибракування.

Визначено нормативну трудомісткість технологічного процесу ремонту. Загальні витрати часу становлять 135 люд·хв, або 2,25 люд·год, з яких 36 хв припадає на розбирання, 24 хв – на дефектацію, 57 хв – на складання та 18 хв – на заключне випробування. Нормування операцій забезпечує можливість планування завантаження ремонтної дільниці, чисельності виконавців і тривалості перебування агрегату в ремонті.

За результатами техніко-економічного розрахунку виробнича собівартість поточного ремонту одного генератора визначена в розмірі 2124,72 грн, а розрахункова відпускна ціна з урахуванням прибутку та податку на додану вартість становить 2932,12 грн. Порівняно з придбанням нового агрегату ремонт забезпечує економію від 457,88 до 2067,88 грн, або 13,51–41,36 %. За річної програми ремонту 100 генераторів очікуваний економічний ефект може становити від 45,79 до 206,79 тис. грн.

Установлено, що економічна доцільність ремонту залежить від технічного стану статора, ротора, випрямного блока та корпусних деталей. За необхідності заміни значної кількості дороговартісних елементів ціна відновлення може наблизитися до вартості нового агрегату або перевищити її. Тому рішення про ремонт необхідно приймати після завершення дефектації з урахуванням вартості запасних частин, залишкового ресурсу деталей і прогнозованої надійності генератора.

У конструкторському розділі розроблено спеціалізований гідравлічний стенд для механізації найбільш складних операцій розбирання генератора. На стенді передбачено три окремі пристосування: знімач для спресовування шківів з вала ротора, пристосування для випресовування вала з підшипника кришки та пристосування для демонтажу підшипника і розбирання кришки з боку приводу. Застосування гідравлічного приводу забезпечує плавне прикладання зусилля та зменшує ризик пошкодження вала, кришок і посадкових поверхонь.

За результатами конструктивних розрахунків визначено параметри силових і опорних елементів стенда. Для гідроциліндра прийнято діаметр поршня 80 мм, діаметр штока 32 мм і хід 25 мм, що стало підставою для вибору

гідроциліндра Ц-75Б. Об'єм гідравлічного бака прийнято 40 л. Розрахована площа його поверхні 0,74 м² перевищує необхідне значення 0,14 м², тому забезпечується належне відведення теплоти від робочої рідини. Для виготовлення навантаженого упора обґрунтовано застосування сталеві смуги перерізом 100×7 мм зі сталі 40Х-Б-І.

У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці встановлено основні небезпечні й шкідливі чинники, які виникають під час діагностування, розбирання, очищення, складання та випробування генератора. До них належать обертові елементи стенда, електрична напруга, значні зусилля гідравлічних пристроїв, гострі краї деталей, нагріті поверхні, мийні рідини, стиснене повітря, шум і вібрація. Запропоновано застосування захисних огорожень, надійного заземлення, контролю тиску в гідросистемі, вентиляції, справних затискних пристроїв, засобів індивідуального захисту та первинних засобів пожежогасіння.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі. Частина 2. Електрообладнання: навчальний посібник. Київ: Вища освіта, 2001. 243 с. ISBN 966-95995-4-7.
2. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Каравела, 2006. 296 с. ISBN 966-96331-1-7.
3. Кузьмінський Р. Д., Шарибура А. О. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів. Львів, 2017. 376 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: навчальний посібник / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук, М. Г. Левкович, В. З. Гудь, М. Я. Сташків, М. Д. Сіправська. Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1: Теоретичні основи. Технологія: підручник. Київ: Вища школа, 1994. 342 с.
6. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
7. Кукурудзяк Ю. Ю., Біліченко В. В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 198 с.
8. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 324 с.
9. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / уклад.: М. Г. Левкович, А. Б. Гупка, М. Д. Сіправська. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. 136 с.
10. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» денної і заочної форм навчання / П. В. Босюк, М. Г. Левкович, В. О. Тесля. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. 236 с.

11. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ: Міністерство транспорту України, 1998. 16 с.
12. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП: підручник / І. Б. Гевко, О. Л. Ляшук, І. В. Луциків, У. М. Плекан, В. М. Клендій. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 264 с.
13. Коробочка О. М., Скорняков Е. С., Сасов О. О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. 252 с.
14. Кіркач Н. Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. Харків, 1991. 274 с.
15. Кошель С. О., Березін Л. М., Кошель Г. В. Технічна механіка. Розділ «Теорія механізмів і машин». Київ: Центр учбової літератури, 2020. 156 с.
16. Закон України «Про охорону праці». Харків: ФОРТ, 2003. 32 с.
17. НАОП 60.2-3.06-98. Типові норми видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту.
18. Войналович О. В., Марчинишина Є. І., Кофто Д. Г. Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт): навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2020. 695 с.
19. Практикум з охорони праці: навчальний посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
20. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт», спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / О. Л. Ляшук, Ю. І. Пиндус, М. Г. Левкович, А. Б. Гупка, Р. В. Хорошун. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. 61 с.