

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему «**Покращення експлуатаційних характеристик дизеля застосуванням стартер-генераторної установки в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Автотранспортне підприємство Слободянюк»»**

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-19м спеціальності 274 –
Автомобільний транспорт
Комар Д.П.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Смирнов Є.В.

Рецензент: _____

Вінниця – 2020 року

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів і загальних висновків. Загальний обсяг роботи 109 стор., у тому числі 39 рис., 30 табл., 30 літературних джерел.

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи є вплив на пускові та інші експлуатаційні властивості дизеля типу ISUZU 4HG1 застосування інтегрованої стартер-генераторної установки.

Робота складається з п'ятьох частин :

1. Стан проблеми забезпечення надійного пуску дизеля. Аналіз роботи ТОВ «АТП Слободянюк»;
2. Модель дослідження пускового режиму системи «Дизель – Стартер-генераторна установка»;
3. Технологічний розрахунок виробничо-технічної бази автотранспортного підприємства;
4. Дослідження роботи системи «Дизель – Стартер-генераторна установка»;
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є процеси, що протікають в дизелі і електричній машині СГУ в умовах їх спільної роботи в пусковий період.

Головною метою цієї кваліфікаційної роботи є підвищення експлуатаційних характеристик дизелів типу ISUZU 4HG1 за рахунок застосування інтегрованої стартер-генераторної установки з мікропроцесорним керуванням в умовах ТОВ «АТП Слободянюк».

В роботі було сформовано систему «Дизель – Стартер-генераторна установка» та обґрунтуванні моделі роботи її підсистем в умовах холодного пуску дизеля; проведені аналітичні дослідження показали високу ефективність такої установки, а її застосування на автобусах АТП дозволяє покращити пускові властивості, забезпечення електроенергією потужних споживачів та знизити витрату палива за рахунок режиму мікро- та м'якого гібрида.

ABSTRACT

Master's qualification work consists of an introduction, 5 sections and general conclusions. The total volume of work is 109 pages, including 39 figures, 30 tables, 30 literary sources.

The subject of the master's qualification work is the impact on the starting and other operational properties of the diesel engine type ISUZU 4HG1 application of an integrated starter-generator set.

The work consists of five parts:

1. The state of the problem of ensuring a reliable diesel start. Analysis of the work of "ATP Slobodyanyuk" LLC;
2. Model of research of a starting mode of system "Diesel - Starter-generator powerplant";
3. Technological calculation of the production and technical base of the motor transport enterprise;
4. The study of the system "Diesel - Starter-generator powerplant";
5. Occupational safety and security in emergencies.

The object of study are the processes occurring in the diesel and electric machine SSU in terms of their joint work during the start-up period.

The main purpose of this qualification work is to increase the performance of diesel engines type ISUZU 4HG1 through the use of integrated starter-generator powerplant with microprocessor control in the conditions of "ATP Slobodyanyuk" LLC.

The system "Diesel - Starter-generator powerplant" was formed in the work and substantiation of the model of operation of its subsystems in the conditions of cold start of diesel; Analytical studies have shown the high efficiency of such an installation, and its use on ATP buses can improve the starting properties, provide electricity to powerful consumers and reduce fuel consumption due to the micro- and mild hybrid mode.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АТП – автотранспортне підприємство;
- БДР – безпека дорожнього руху;
- ВІМ – вентиляційно-індукторна машина;
- ВТБ – виробничо-технічна база;
- ЕБК – електронний блок керування;
- Д – діагностування;
- ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
- ККД – коефіцієнт корисної дії;
- КР – капітальний ремонт;
- П.к.в. – поворот колінчастого вала;
- ПМР – прибирально-мийні роботи;
- ПР – поточний ремонт;
- РС – рухомий склад;
- СГУ – стартер-генераторна установка
- СТО (СТОА) – станція технічного обслуговування (автомобілів);
- ТЕП – техніко-економічний показник;
- ТЗ – транспортний засіб;
- ТО – технічне обслуговування;
- ЩО – щоденне обслуговування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОГО ПУСКУ ДИЗЕЛЯ. АНАЛІЗ РОБОТИ ТОВ «АТП СЛОБОДЯНЮК»	6
1.1 Проблеми підвищення експлуатаційних характеристик дизелів.....	6
1.2 Проблема холодного пуску дизеля.....	7
1.3 Аналіз умов успішного пуску дизелів	13
1.4 Стартер-генераторні установки	19
1.5 Аналіз виробничої діяльності ТОВ «АТП Слободянюк»	28
1.5.1 Загальна характеристика підприємства	28
1.5.2 Аналіз складу, структури і стану рухомого АТП	29
1.5.3 Аналіз показників роботи рухомого складу	31
1.6 Аналіз і оцінка стану виробничо-технічної бази	33
1.7 Висновки	34
2 МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВОГО РЕЖИМУ СИСТЕМИ «ДИЗЕЛЬ – СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА».....	36
2.1 Енергетичний аналіз процесу холодного пуску дизеля	36
2.2 Структурна схема дослідження системи «Дизель – Стартер-генераторна установка»	41
2.3 Математична модель робочого процесу дизеля в період холодного пуску .	42
2.3.1 Моделювання процесу газообміну.....	44
2.3.2 Моделювання процесу стиснення	49
2.3.3 Моделювання процесу теплообміну в період пускового режиму дизеля..	51
2.4 Модель стартер-генераторної установки, що працює в складі дизеля.....	52
2.4.1 Вибір методу дослідження СГУ	52
2.4.2 Математична модель вентильно-індукторного машини (ВІМ)	53
2.5 Висновки	59
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА	61

	2
3.1 Розрахунок виробничої програми АТП	61
3.2 Розрахунок обсягів робіт АТП та розподіл їх за видами робіт	63
3.3 Розрахунок чисельності виробничого персоналу	67
3.4 Розрахунок кількості постів	70
3.5 Розрахунок площ виробничо-складських приміщень	71
4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ «ДИЗЕЛЬ – СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА»	74
4.1 Формування системи «Дизель-Стартер-генераторна установка»	74
4.2 Моделювання витратних енергетичних показників пускового режиму ...	83
4.3 Результати математичного дослідження ефективності поєднаної системи «Дизель-СГУ»	88
4.4 Визначення економічної ефективності встановлення стартер- генераторної установки на автобус	92
4.5 Висновки	95
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	97
5.1 Технічні рішення щодо безпеки в зоні ТО і ПР	97
5.1.1 Техніка безпеки	97
5.1.2 Електробезпека	98
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	99
5.2.1 Мікроклімат	99
5.2.2. Склад повітря робочої зони	
5.2.3 Освітлення	101
5.2.4 Шум	102
5.2.5 Вібрації	103
5.3 Пожежна безпека	104
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	106
ВИСНОВКИ	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	110
ДОДАТКИ	113

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні для пуску дизеля і електропостачання комерційного автомобіля застосовуються дві автономні, функціонально незалежні один від одного електричні машини – стартер і генератор. За весь період існування автомобільної техніки дані пристрої не зазнали значних змін. Зокрема, в більшості випадків привід генератора здійснюється за допомогою пасової передачі, ресурс якої і переданий момент (потужність) обмежені. Традиційно застосовується редукторного стартера з використанням зубчастого вінця маховика дизеля призводить до підвищення зношуваності деталей приводу і рівня шуму.

Стартер і генератор є різними за принципом дії електричними машинами. Суперечливі вимоги до організації пуску автомобільного двигуна і генерації електроенергії не дозволяли в умовах раніше існуючих технологій поєднати ці функції в рамках єдиного енергетичного пристрою.

Одним з перспективних рішень даної проблеми є застосування електричної машини, яка дозволить поєднати функції стартера і генератора в єдиному технологічному вузлі, і тим самим підвищити експлуатаційну надійність і ефективність інтегрованої системи пуску дизеля і генерації бортовий електроенергії автомобіля.

Інтегрована стартер-генераторна установка (СГУ) має функціональні можливості сукупного вдосконалення експлуатаційних характеристик дизеля і автомобіля: забезпечує високий пусковий момент і ефективний запуск дизеля, навіть в умовах низьких температур; генерує електричну енергію багаторівневої напруги для бортових споживачів, особливо високої потужності; має здатність зменшувати рівень крутильних коливань вала дизеля. Крім того, об'єднання стартера і генератора в одному конструктивному вузлі дозволяє значно скоротити витрати на виготовлення і складання такої конструкції.

У зв'язку з цим виникає необхідність в дослідженні з пошуку можливості щодо підвищення рівня експлуатаційних якостей дизелів за рахунок застосування СГУ, як засобів, що реалізують цю можливість.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження по темі магістерської роботи належить до основних наукових напрямків кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення експлуатаційних характеристик дизелів типу ISUZU 4HG1 за рахунок застосування інтегрованої стартер-генераторної установки з мікропроцесорним керуванням в умовах ТОВ «АТП Слободянюк».

Задачі магістерської кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз проблеми та умов забезпечення ефективного пуску дизеля в холодних умовах;
- проаналізувати ситуацію з розвитком СГУ в автомобільній промисловості та наукових розробках;
- обґрунтувати положення щодо дослідження пускових характеристик дизеля з використанням високоефективних засобів, створених на основі інтегрованих стартер-генераторних установок з автоматичним управлінням процесами пускового режиму двигуна;
- виконати організаційно-технологічні розрахунки виконання робіт по діагностуванню, ТО і ремонту автомобілів на базі ТОВ «АТП Слободянюк» ;
- розробити ефективну компоновальну схему інтегрованої стартер-генераторної установки;
- на основі обґрунтованої математичної моделі здійснити розрахункове дослідження пускового режиму дизелів типу ISUZU 4HG1 із застосуванням інтегрованої стартер-генераторної установки в умовах низьких температур.

Об'єктом дослідження є процеси, що протікають в дизелі і електричній машині СГУ в умовах їх спільної роботи в пусковий період.

Предметом дослідження є вплив на пускові та інші експлуатаційні властивості дизеля типу ISUZU 4HG1 застосування інтегрованої стартер-генераторної установки.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

– отримали подальший розвиток математичні моделі і методи дослідження пускових характеристик дизеля і засобів для його реалізації на основі застосування інтегрованих СГУ з електронним управлінням процесами пускового режиму;

– удосконалено положення з найбільш доцільного формування енергодинамічних характеристик інтегрованої системи «Дизель-СГУ» для різних температурних умов експлуатації автомобілів.

Практична цінність роботи полягає у аналітичному обґрунтуванні доцільності застосування СГУ на автомобілях, що обумовлює зниження зносу дизеля пропорційно зменшенню часу пускового процесу а також виключенню необхідності спроб повторних запусків дизеля.

Результати виконаної роботи запропоновані для покращання ефективності експлуатації автобусів ТОВ «АТП Слободянюк». Також результати можуть бути цікаві для різних підприємств автомобільного транспорту, що виконують як виробництво, так експлуатацію автомобілів.

Апробація результатів. Основні положення роботи доповідались на X міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (2017) та XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ (2020).

Публікації. За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 2 тез доповідей [16, 17].

1 СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОГО ПУСКУ ДИЗЕЛЯ. АНАЛІЗ РОБОТИ ТОВ «АТП СЛОБОДЯНЮК»

1.1 Проблеми підвищення експлуатаційних характеристик дизелів

Як джерело механічної енергії поршневий двигун внутрішнього згорання отримав панівне застосування в енергетиці і на транспорті. Це пояснюється тією обставиною, що станом на сьогодні на нашій планеті немає більш економічної теплової машини. І основна перевага поршневого ДВЗ збережеться за ним, за оцінками вчених, на найближчу перспективу.

У класі поршневих ДВЗ найбільш економічними є дизелі. Ця властивість забезпечується їм завдяки високим ступеням стиснення (ϵ) робочого тіла, при яких реалізується робочий цикл таких машин. Чим вище ϵ , тим вище ККД двигуна. Однак реалізація вимоги підвищення ϵ пов'язана з певними труднощами, особливо для двигунів із зовнішнім сумішоутворенням. І це пояснюється, перш за все, видом використовуваних палив – для забезпечення функціонування дизелів застосовують важкі сорти палив (так звані дизельні палива). Дизельні палива легко спалахують, і тому дизельний двигун не вимагає спеціальної системи запалювання.

Для дизелів характерна так звана система гетерогенного (неоднорідного) сумішоутворення. Завдяки цій особливості горюча суміш будь-якої якості (в сенсі концентраційного співвідношення компонентів горючої суміші - дизельного палива і окислювача) відносно легко запалюється.

В процесі експлуатації і проектуванні ДВЗ на сьогодні можна виділити ряд напрямків, вдосконалення яких дозволить підвищити експлуатаційні характеристики дизеля:

- проблема якісного складу горючих сумішей та впорскування палива;
- обмеження теплової і механічної надійності;
- проблема підвищення потужності;
- проблема пуску дизеля;

- проблема забезпечення багатопаливності;
- проблема токсичності і шкідливих викидів;
- проблема підвищення ресурсу;

До важливих проблем двигунобудування відноситься проблема пуску. Особливо проблема пуску дизелів при низьких температурах навколишнього середовища. В таких умовах пуску свіжий заряд в циліндрі дизеля не вдається стисненням розігріти до рівня температур, достатніх для забезпечення самозаймання палива (для забезпечення надійного самозаймання необхідно, щоб в кінці стиснення температура досягла величини порядку 340 ... 350°C). Тому на практиці існують різні системи забезпечення надійного пуску дизеля автомобіля.

1.2 Проблема холодного пуску дизеля

На відміну від навантажувального режиму протікання робочого процесу дизеля в пусковий період характеризується низкою особливостей. У період пуску внаслідок низької швидкості потоку повітря у впускному тракті і запізненні закриття впускного клапана відбувається зворотний викид частини заряду. Частка втраченого заряду умовно оцінюють коефіцієнтом втраченого обсягу ψ :

$$\psi = \Delta V_h / V_h,$$

де ΔV_h - обсяг циліндра, який витісняється поршнем при ході від нижньої мертвої точки (НМТ) до моменту закриття впускного клапана.

За рахунок втрати частини заряду знижується реальна ступінь стиснення, погіршуються пускові якості дизеля.

Внаслідок малої швидкості поршня такт стиснення в період пуску двигуна характеризується істотними витоками заряду через нещільності циліндра, в основному через поршневі кільця, величина яких оцінюють коефіцієнтом збереження заряду

$$\xi = m_c / m_a,$$

де m_c , m_a - маса робочого тіла в циліндрі при положенні поршня у ВМТ і в момент закриття впускного клапана відповідно.

При низькій температурі пускова частота прокручування вала двигуна знижується, що призводить до зменшення коефіцієнта збереження заряду ξ .

Збільшена при холодному пуску тривалість процесу стиснення призводить до збільшення втрат теплоти, оцінюваним середнім показником політропи стиснення n_1 . Для частот обертання вала двигуна $80 \dots 100 \text{ хв}^{-1}$ $n_1 = 1,325 \dots 1,33$. У загальному вигляді наближена оцінка n_1 може бути проведена за емпіричною залежністю:

$$n_1 = 1,24 \cdot n^{0,015}.$$

Іншою особливістю робочого процесу дизеля при його холодному пуску є те, що показники тиску і температури в кінці такту стиснення істотно знижуються. Ці показники для пускового режиму можна оцінити за формулами [14]:

$$p_c = p_a \cdot \epsilon_r^{n_1} [\xi \cdot (1 - \psi) + \psi] n_1;$$

$$T_c = T_a \cdot \epsilon_r^{(n_1-1)} [\xi \cdot (1 - \psi) + \psi] (n_1-1),$$

де p_a і T_a - тиск і температура в момент завершення такту стиснення.

У період холодного пуску дизеля зростає інтенсивність відводу теплоти від робочого тіла в холодні стінки деталей, що утворюють обсяг камери згоряння, що призводить до погіршення запалення палива. Досвід експлуатації показує, що займання дизельного палива з цетановим числом $45 \dots 50$ забезпечується в умовах пуску холодного дизеля з температурою кінця стиснення $350 \dots 360 \text{ }^\circ\text{C}$. Побудувавши залежність $t_c = f(n)$, можна визначити частоту прокручування вала двигуна, необхідну для створення умов займистості палива в камері згоряння дизеля (рис.1.1).

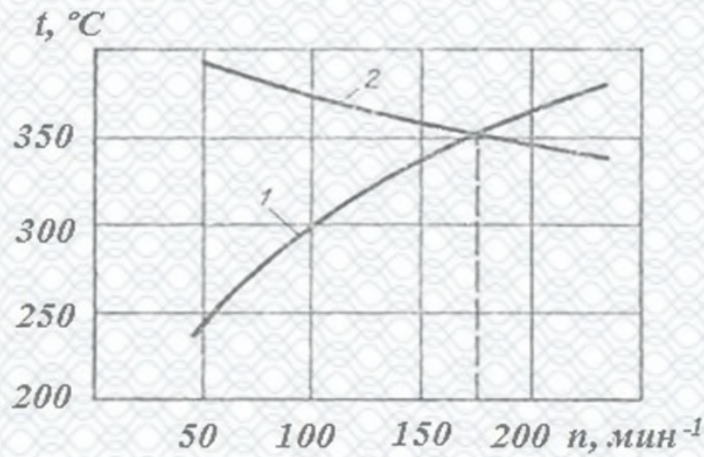


Рисунок 1.1 – Визначення пускової частоти обертання валу дизеля за умови забезпечення температури займання палива: 1 - залежність температури робочого тіла в кінці такту стиснення від частоти прокручування валу дизеля; 2 - температура робочого тіла в кінці такту стиснення в камері згоряння, що забезпечує займання палива при пуску холодного дизеля

Для пуску двигуна частота обертання валу повинна бути доведена пусковим пристроєм до деякого рівня, при якому забезпечується задовільний перебіг процесів сумішоутворення, стиснення і займання (поява стабільних спалахів в циліндрах). Це є необхідною умовою для організації успішного пуску дизеля. Прийнятий стандартний показник, що характеризує цей фактор, – «Мінімальна пускова частота обертання» – відповідає найменшій кутовій швидкості обертання колінчастого валу, при якій відбувається надійний пуск двигуна. Цей показник успішного пуску дизеля залежить від температури, при якій проводиться пуск дизеля, його конструкції, вязкостних властивостей моторної оливи, способу пуску і т.п.

При температурі $0\ ^\circ\text{C}$ мінімальне пускове число обертів для дизелів вантажних автомобілів становить $100\dots 200\ \text{хв}^{-1}$. Для ряду сучасних дизелів дане число може бути і більше. При наднизьких температурах зазначені пускові частоти обертання можуть бути реалізовані лише за рахунок пускового прогрівання дизеля або при використанні пристроїв, що полегшують його пуск.

Іншим, не менш важливим показником ефективного пуску дизеля є момент опору прокручуванню вала дизеля M_c . При заданій температурі навколишнього повітря може бути визначений за такими співвідношеннями

– для 4-циліндрових двигунів: $M_c = 0,875 \cdot V_h (0,24 + 3,3 \cdot 10^{-4} n_n) v^{0,37}$, Н·м;

– для 6-циліндрових двигунів: $M_c = 8,58 \cdot V_h (0,1 + 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot n_n) v^{0,41}$, Н·м;

– для двигунів з числом циліндрів 8 і більше:

$$M_c = 8,58 \cdot V_h (0,11 + 2,2 \cdot 10^{-3} n_n) v^{0,39}, \text{ Н·м,}$$

де V_h - робочий об'єм всіх циліндрів двигуна (його літраж), л,

n_n - пускова частота обертання колінчастого вала, хв⁻¹,

v - в'язкість моторної оливи, сСт.

Величина M_c багато в чому визначається в'язкісно-температурними характеристиками моторної оливи.

Пусковий пристрій повинен мати таку потужність, щоб, подолавши опір прокручування колінчастого вала, забезпечити його обертання на пусковій частоті. Зауважимо, що опір тертю при пуску холодного двигуна значно вище, ніж при його роботі під навантаженням.

Потужність пускового пристрою N_n оцінюється з урахуванням мінімальної пускової частоти обертання вала і моменту опору його прокручуванню по залежності:

$$N_n = \frac{M_c \cdot n_n}{9550 \cdot \eta_m} \text{ кВт,} \quad (1.1)$$

де η_m - механічний ККД механізму передачі системи пуску. Для систем з електричними стартерами $\eta_m = 0,85$.

Пускові якості дизелів оцінюються за такими параметрами:

- мінімальна температура пуску;
- тривалість пуску;

– час до прийому навантаження.

Мінімальна температура пуску відповідає мінімальній температурі середовища, при якій можливий успішний пуск непрогрітого дизеля.

Тривалість пуску – це час прокручування колінчастого вала до моменту відключення пускового пристрою і початку роботи двигуна на режимі холостого ходу.

Час підготовки двигуна до прийому навантаження складається з часу, витраченого на пуск, прогрів двигуна на холостому ходу. З міркувань надійності роботи дизеля його доцільно навантажувати при температурі охолоджуючої рідини і оливи не нижче 40...45 °С.

Труднощі з пуском дизеля виникають в основному при низьких температурах навколишнього повітря, що обумовлює необхідність застосування спеціальних заходів.

Вивчення проблеми пускового зносу дизелів викладено в ряді робіт [11,14]. Відзначається, що при тривалому пуску, багаторазових спробах успішного запуску холодного дизеля в умовах «оливого голодування» відбувається його інтенсивний знос, який є важливим фактором, що визначає експлуатаційну надійність і ресурс роботи силового агрегату. Знос деталей дизеля в пусковий період в умовах низьких температур складає більше 50% від загального зносу за період експлуатації, а кожен пуск двигуна еквівалентний багатьом годинам роботи під навантаженням [11,14].

При цьому в міру зносу дизеля проблема його пуску посилюється. На динаміку пускового зносу дизеля найбільш істотно впливає температура. Експлуатація автомобілів при низьких температурах через підвищене зношування дизеля сприяє зростанню часу його запуску-прогріву.

Зі сказаного випливає що, проблема зменшення пускового зношування дизеля і підвищення експлуатаційних можливостей транспортного засобу безпосередньо пов'язана з вибором способів і високоефективних засобів, що забезпечують його надійний короткочасний запуск і відсутність невдалих спроб пуску.

На зношуваність деталей двигуна великий вплив робить характер протікання процесів всередині циліндрів [11,14]. У період холодного пуску на динаміку зносу справляють домінуючий вплив динамічні параметри робочого процесу: максимальний тиск згоряння p_z і швидкість зміни тиску d_p/d_ϕ , які, в свою чергу, багато в чому визначаються тривалістю затримки запалення τ_i . Більш жорстка робота двигуна при холодному пуску (при збільшеній тривалості затримки займання) супроводжується інтенсивним зношуванням деталей циліндропоршневої групи і руйнуванням підшипників колінчастого вала.

В умовах холодної камери згоряння внаслідок низької швидкості нагрівання поданого палива і його поганого випаровування значення τ_i зростає. За більш тривалий період затримки займання відбувається накопичення палива, що надходить в камеру згоряння, яке запалюється і згорає з високими швидкостями.

Максимальна швидкість наростання тиску d_p/d_ϕ помітно зростає зі збільшенням як τ_i , так і фактора динамічності циклу, що виражається відношенням кількості палива $g_u(\tau_i)$, поданого в циліндр за час τ_i , до повної циклової подачі g_u . При великих затримках займання і високих значеннях фактора динамічності циклу, що є характерним для режиму пуску холодного дизеля, навантаження на його деталі зростають, обумовлюючи підвищений їх знос.

Таким чином, режим холодного пуску тракторного дизеля відрізняється від робочих режимів роботи вельми різким зростанням максимального тиску згоряння p_z і динамікою його розвитку d_p/d_ϕ в циліндрі двигуна. Так, наприклад, для дизеля Д-240, максимальний тиск згоряння p_z в період пуску приблизно в 1,5 рази вище, ніж при роботі на номінальному режимі. Період затримки займання τ_i збільшується в 4 рази, а швидкість наростання тиску d_p/d_ϕ зростає в кілька разів (табл. 1.1). Жорстка і високо динамічна робота дизеля під час пуску є одним з основних факторів інтенсивного зношування цього двигуна при його пуску. Зауважимо, що застосування пускових (легкозаймистих) рідин посилює проблему, – динамічні параметри процесу згоряння дизеля ще більш збільшуються. Зі зниженням температури пуску жорсткість роботи дизеля ще більш зростає.

Таблиця 1.1 – Динамічні параметри процесу згоряння дизеля Д-240:

Режим роботи	$p_z, \text{МПа}$	$(dp/d\varphi)_{\text{max}}, \text{МПа} / ^\circ \text{п.к.в.}$
При пуску при 0 °С	8,5...9,0	0,8...1,0
При пуску при -10 °С	9,5...10,2	0,95...1,2
На робочих режимах	7,0...7,5	0,2...0,3

Отже, одним із завдань вирішення проблеми холодного пуску є скорочення тривалості цього процесу і виключення багаторазового повторення спроб пуску дизеля. Підвищення енергетичної ефективності пускової системи є одним з рішень цієї проблемної задачі.

1.3 Аналіз умов успішного пуску дизелів

Пуск дизелів автомобілів здійснюють електростартером. Енергоємність системи пуску повинна забезпечувати умови надійного і швидкого пуску дизеля при температурі -15...20 °С при наявності допоміжних пристроїв [2]. Однак, для сучасних дизелів, що мають, як правило, високий рівень форсування, встановлюють більш жорсткі вимоги до пускових систем. Зокрема, за європейськими нормативами ефективний пуск автомобільного дизеля повинен бути реалізований при температурі -27 °С без застосування додаткових засобів передпускової підготовки двигуна.

Процес пуску дизеля можна представити у вигляді трьох послідовних етапів.

1. Провертання колінчастого вала дизеля пусковим пристроєм, на цій стадії надлишковий момент $M_{cm} - M_{opr}$, який зумовлює збільшення кінетичної енергії рухомих мас двигуна, дорівнює:

$$M_{cm} - M_{opr} = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.2)$$

де M_{cm} - крутний момент, створюваний стартерним пристроєм;

M_{opr} - момент опору провертанню вала дизеля;

J - загальний полярний момент інерції всіх рухомих деталей дизеля;

ω - швидкість обертання валу дизеля;

t - час.

Тривалість цієї пускової стадії визначається показниками енергії і крутного моменту пускової системи, а також моментом опору прокручування вала дизеля.

2. Прокручування вала дизеля за допомогою стартерного пристрою, але з урахуванням індикаторної роботи, що витрачається на подолання моментів в процесах тактів стиснення-розширення:

$$M_{cm} + \sum M_{iu} = M_{opr} + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.3)$$

де $\sum M_{iu}$ - сума моментів в процесах стиснення-розширення.

Завершення цієї стадії відповідає моменту відключення стартерного пристрою.

3. Поява стійкого займання паливної суміші в циліндрі, при якому:

$$\sum M_{iu} = M_{opr} + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.4)$$

і дизель переходить на роботу в режимі холостого ходу, тобто $\sum M_{iu} > M_{opr}$.

У формуванні умов, необхідних для стійкого займання палива, найбільш важлива роль відводиться першій стадії пуску, при якій забезпечується необхідна пускова частота обертання вала дизеля. Успішний пуск дизеля залежить від його конструктивних особливостей (наприклад, ступеня стиснення) і технічного стану. Крім того, ефективність пускового процесу визначається також енергетичними можливостями пускової системи і застосуванням допоміжних засобів для полегшення пуску.

Труднощі, що виникають при холодному пуску дизеля, додатково обумовлені низкою факторів:

1. В умовах низької температури в'язкість моторної оливи підвищується, що призводить до зростання моменту опору прокручування вала дизеля і зниження частота обертання стартерного пристрою.

2. Холодне повітря, що надходить в циліндри дизеля, сприяє підвищенню інтенсивності тепловіддачі в стінки камери згоряння, і як наслідок, знижується температура в кінці такту стиснення і випаровуваність палива, знижуючи можливість стійкого займання палива.

Ці труднощі найбільш сильно проявляються в складних кліматичних умовах, коли необхідно забезпечити надійний пуск двигунів при температурах навколишнього повітря, наприклад до мінус 20...30°C, а в окремих випадках – при більш низьких температурах. У цих умовах одним з основних факторів, від якого залежить успішний пуск дизеля, є ефективність (енергоємність) пускової системи.

Додаткові проблеми холодного запуску дизелів виникають при застосуванні пускових систем з використанням електричного стартера, потужність і пускова частота обертання якого залежать від характеристики (в основному, вольтамперної) акумуляторних батарей (рис. 1.2).

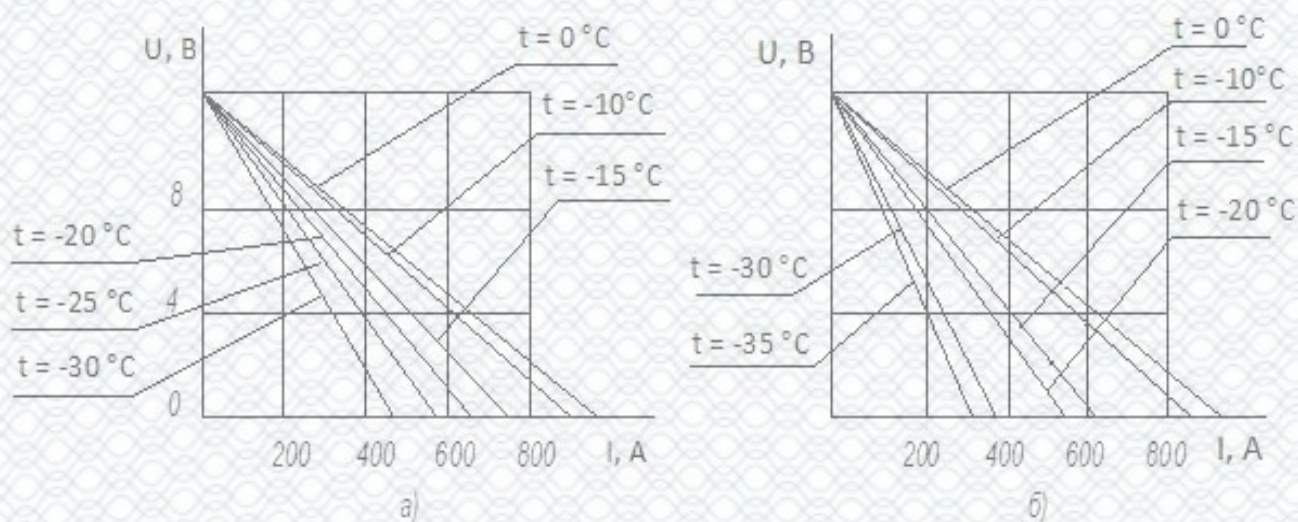


Рисунок 1.2 – Характеристики акумуляторних батарей при різних температурах:

а) 6СТ78; б) 6СТ68

З даних рис. 1.2 випливає, що при зменшенні температури від 0 до мінус 35°C струм короткого замикання, який характеризує працездатність акумуляторних батарей в стартерному режимі падає більш ніж в 2 рази.

Ефективний пуск дизеля в значній мірі залежить від кінематичної в'язкості моторної оливи. Дослідженнями, проведеними в роботі [20], встановлено, що найбільш успішний пуск дизеля можна здійснити при використанні моторних оливок, що мають кінематичну в'язкість в межах 4000...8000 сСт. Вибір марки оливи в такому широкому діапазоні в'язкості здійснюється з урахуванням енергетичних можливостей пускових систем.

Обґрунтований вибір енергетичних показників стартерної системи дизеля проводиться з урахуванням величини середнього тиску тертя P_T , при якій можливо забезпечити необхідну пускову частоту обертання валу дизеля. Необхідна для успішного пуску дизеля значення пускової частоти обертання валу дизеля визначає термодинамічні умови в камері згоряння, при яких реалізується стійке займання горючої суміші [11,29].

Для зниження необхідної пускової частоти обертання валу дизеля застосовують допоміжні засоби для полегшення його пуску, наприклад, електрофакельний пристрій (ЕФП), який підігріває повітря у впускному тракту дизеля. Завдяки його використанню гранична температура успішного пуску дизеля відповідає мінус 19 °С. При більш низьких температурах навколишнього середовища, умови успішного пуску визначаються не температурним станом свіжого заряду в циліндрі двигуна, а труднощами прокручування колінчастого вала пусковим засобом. У цих умовах ЕФП виявляється малоефективним.

Іноді для цієї ж мети використовують легко займисті рідини. Однак, труднощі контролювання інтенсивністю процесу самозаймання суміші в цих умовах, а також високі навантаження, що виникають при вибуховому характері запалення накладають очевидні обмеження на перспективне використання даного способу полегшення пуску.

Для більш ефективного пуску дизеля в умовах низьких температур необхідний прогрів всіх основних систем двигуна (паливоподаючої, охолоджуючої

і ін.), а в деяких умовах і прогрів самого двигуна з використанням спеціальних джерел теплової енергії.

Узагальнений аналіз чинників, які обумовлюють труднощі холодного пуску дизеля і засобів його полегшення в систематизованому вигляді представлений на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Систематизація факторів, що обумовлюють труднощі холодного пуску дизеля і засобів його полегшення

Аналіз показує, що всі відомі засоби для полегшення запуску дизелів в умовах низьких температур складні в обслуговуванні і мало рентабельні; їх

використання в ряді випадків пов'язане зі значними не виробничими витратами часу на організацію процесу пуску.

Очевидно, що кращими є системи пуску, в яких не використовуються допоміжні пристрої для полегшення пуску, що виключає додаткові витрати на їх виробництво, технологічне обслуговування та ремонт. Зрозуміло, що навіть за відсутності допоміжних пристроїв, подібні системи пуску повинні мати підвищену енергетичну ефективність, здатність долати високий опір прокручування вала, забезпечуючи необхідну швидкість обертання вала дизеля.

Підсумовуючи сказане вище, слід зазначити, що проблема ефективного пуску дизеля набуває найбільшої актуальності для умов його експлуатації при низьких і наднизьких температурах [11,19]. У цих умовах істотно зростає опір прокручування вала двигуна, знижуються енергетичні показники пускової системи внаслідок зменшення ємності акумуляторних батарей, погіршуються випаровування і займання палива в камері згоряння, що призводить до необхідності в підвищенні пускової частоти обертання вала двигуна.

Цього можна досягнути застосуванням більш потужних пускових засобів, а також застосування паралельно акумуляторним батареям конденсаторів надвисокої енергоємності. Дана ідея була використана в дослідженні [20] при розробці високоефективної пускової системи тракторного дизеля, базовою основою якої була потужна стартер-генераторна установка (СГУ). Використання в складі цієї системи конденсаторів надвисокої енергоємності дозволяє додатково збільшити пускову частоту обертання вала дизеля, знизити струмові навантаження на батареї.

Крім того, для підвищення стійкості процесу пуску - розгону необхідно, щоб пускова система була здатна до поточного регулювання інтенсивністю розгону шляхом раціонального варіювання споживаної потужності.

1.4 Стартер-генераторні установки

Пускова і електрогенеруюча системи сучасного автомобільного дизеля засновані на двох незалежних пристроях – синхронному генератору і стартеру на основі двигуна постійного струму. За весь минулий період існування конструкцій двигунів дані пристрої не зазнали значних змін.

Однак в світовому автомобілебудуванні намітилася тенденція до підвищення потужності бортових споживачів та впровадженню гібридних синергічних приводів. Відповідно зростає число електроприводів в складі автомобілів, з'являються тягові електродвигуни, що призводить до того, що вже сьогодні потрібні бортові джерела генерування електроенергії з потужністю понад 6 кВт. При цьому, підвищення ефективності та надійності, зниження вагогабаритних показників і вартості пускових систем дизеля – це питання, які як і раніше залишаються актуальними для свого рішення і для сьогодення часу.

Для вирішення цих проблемних питань для автомобільних дизелів потрібна розробка і дослідження комбінованих бортових систем з підвищеними енергетичними можливостями, що дозволяють формувати високі крутний момент в режимах пуску дизеля, а в генераторних режимах виробляти електроенергію підвищеної напруги в широкому діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна. У стартерному режимі головним завданням подібної системи є прискорена динаміка розгону вала дизеля до рівня його успішного запуску. Крім того з'являється тяговий режим, який «допомагає» крутити колінчастий вал двигуна.

Зі сказаного вище випливає, що на сьогодні нарізла необхідність створення нових перспективних електромеханічних систем для дизелів на основі інтегрування операцій пуску і генерування. Відомо, що стартер і генератор є різними за принципом дії електричними машинами. Суперечливі вимоги до організації пуску двигуна і генерації електроенергії не дозволяли в умовах раніше існуючих технологій поєднати ці функції в рамках єдиного енергетичного пристрою.

Одним з розвитком технологій створення подібного енергетичного пристрою стало можливим створення електромашинних комплексів, що дозволяють поєднати характеристики стартера і генератора в одній електричній машині, і тим самим підвищити експлуатаційну надійність і ефективність інтегрованої системи пуску дизеля і генерації бортової електроенергії. Тому у ситуації, що склалася найбільш пріоритетним і перспективним варіантом можуть стати суміщені електромеханічні перетворювачі – стартер-генераторні установки (СГУ), які замінюють традиційний стартер і генератор однією безконтактною електричною машиною.

У цього рішення є такі переваги, як економія підкапотного простору, висока надійність, підвищена потужність в режимі генератора (від 4 до 25 кВт), поліпшена екологічність транспортного засобу. На відміну від СГУ традиційний стартер після пуску ДВЗ не використовується, і тому більшу частину часу експлуатації автомобіля виступає в якості додаткового вантажу. Крім того, поєднання електричної машини з ДВЗ дозволяє знизити робочий об'єм останнього при збереженні вихідних характеристик силового агрегату в цілому.

На сьогодні бортова мережа автомобіля, розрахована на 12(14) В або 24(28) В не може забезпечити підвищені потужності постійно зростаючої кількості споживачів на борту. Тому оптимальний рівень напруги бортової мережі зростає зі збільшенням навантаження. Однак жити підвищеною напругою від генераторної установки пропонується виключно потужні споживачі транспортного засобу (СГУ в тяговому режимі, електричний компресор кондиціонера, електрична система обігріву і різні електродвигуни). Тим самим пропонується 2-рівнева архітектура бортової мережі автомобіля. Живлення приладів стандартною напругою в даній мережі буде здійснюватися за допомогою перетворювача постійної напруги (DC-DC converter).

Стартер-генераторні установки по типу конструкції підрозділяються на СГУ з пасовим приводом і інтегровані СГУ.

СГУ з пасовим приводом розташовується на місці традиційного генератора і з'єднується з колінчастим валом ДВЗ за допомогою пасової передачі. Основними

елементами такого типу є безконтактна електрична машина, пасова передача, система, що керує натягом приводного привідного паса, інвертор-випрямляч (AC/DC), понижуючий перетворювач постійної напруги для живлення низьковольтних ланцюгів (DC/DC). Така система є найбільш дешевим і простим з точки зору проектування варіантом, тому що не вимагає істотних змін в конструкції силового агрегату. Однак ресурс і максимально можливий крутний момент обмежені недосконалістю системи пасового приводу, тому даний тип електромеханічного перетворювача має менше перспектив для застосування в порівнянні з інтегрованою СГУ.

Інтегрована стартер-генераторна установка є найбільш раціональним типом виконання, так як ротор електричної машини в даному випадку розташовується на колінчастому валу між ДВЗ і коробкою передач (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Компонування інтегрованої стартер-генераторної установки

У такого типу конструкції є ряд істотних переваг в порівнянні з традиційним і пасовим типом: висока надійність, так як відсутні швидко зношувані деталі; інтегрована СГУ дозволяє здійснити більш швидкий і менш пуск [3,7,8,16]; високий пусковий момент (200-400 Нм); пускові частоти обертання інтегрованої

СГУ досягають частоти холостого ходу ДВЗ (800-1000 хв⁻¹); потужність електричної машини, застосовуваної в інтегрованій СГУ, обмежується тільки необхідними характеристиками, а не конструктивними особливостями; можливість реалізації всіх функцій «м'якого» гібрида.

У стартерному режимі СГУ дозволяє відмовитися від традиційно вживаного редуктора, що є маховиком ДВЗ, завдяки чому запуск двигуна відбувається набагато швидше і з меншим рівнем шуму. Це також дозволяє реалізувати систему «стоп-старт», що заощаджує паливо під час зупинки автомобіля, яка заглушає ДВЗ, якщо машина простоє довше певного проміжку часу і пускає двигун з початком руху. Також можливий режим спільної роботи ДВЗ і СГУ, при якому СГУ буде допомагати ДВС при розгоні, істотно підвищуючи динаміку розгону і крутний момент двигуна.

У генераторному режимі роботи в залежності від типу електричної машини і її розмірів потужність, що виробляється може досягати 20 кВт (при частоті обертання 4000 об./хв) і більше. Навіть при оборотах, близьких до режиму холостого ходу (1000 об./хв), енергія що виробляється становить 3-5 кВт. Вироблення таких потужностей відкриває абсолютно нові можливості, наприклад, можливість електрифікації та оснащення мікропроцесорної системою управління таких вузлів, як рульове управління, гальмівна система, водяна помпа, механізм газорозподілу, компресор кондиціонера. Всі ці механізми в даний час споживають від 20 до 26 кВт механічної потужності. Застосування електричних приводів з оптимізованою системою управління дозволяє забезпечити зменшення споживаної потужності на 6-10 кВт, т. к. електрична енергія споживається тільки в разі потреби [14].

До теперішнього часу великий досвід по розробці інтегрованих пристроїв для пуску двигуна і генерації бортової електроенергії накопичений в технологіях вітчизняного і зарубіжного автомобілебудування. Всі ці пристрої мають певні відмінності в своїх характеристиках, і відрізняються великою різноманітністю компонувальних рішень.

Розглядалися варіанти компоувальних рішень СГУ, в яких в якості електричної машини був використаний колекторний електродвигун постійного струму, який традиційно застосовують в існуючих пускових системах автомобільних транспортних засобів. Однак даний тип електродвигуна має ряд обмежень по експлуатаційній надійності: підвищений знос колектора і щіток, знижена міцність кріплення обмоток якоря на високошвидкісних режимах роботи, порушення його балансування, складність в організації охолодження обертових обмоток і ін.

Результати досліджень СГУ з колекторними електродвигунами та проблемні питання щодо їх застосування знайшли відображення в ряді відомих робіт [7,8,14].

У складі ряду варіантів автомобільних СГУ використовуються асинхронні трифазні електродвигуни. Як приклад на рис. 1.5 показаний подібний тип СГУ фірми Bosch, в якому використовується дворівнева система напруг: на 42 В і 14 В.



Рисунок 1.5 – Асинхронний стартер-генератор фірми Bosch: а - статор; б – ротор

Рівень напруги 42 В виробляється СГУ в генераторному режимі, а 14 В забезпечується перетворювачем. Це типовий асинхронний трифазний електродвигун з короткозамкненим ротором, електронний блок якого переводить його роботу з тяговго в генераторний режим і забезпечує стабільність напруги в цьому режимі.

Пропонувалися варіанти СГУ, в складі яких електродвигун і генератор розміщені в одному корпусі. Установка може одночасно працювати в стартерному

і генераторному режимом, що забезпечує можливість її використання для інтенсифікації розгону автомобіля, коли крутний момент ДВЗ доповнюється моментом від електродвигуна. Однак, подібна комбінована енергетична машина має складну конструкцію і технологічно складна у виробництві.

В роботі [24] запропонований варіант СГУ, в якій електромотор і генератор з автономними обмотками збудження розміщені по різні боки загального якоря. Черговістю їх роботи управляє спеціальне комутуючі пристрій.

В роботі [3] запропонована СГУ, схема якої включає в себе електростартер з трифазної обмоткою і ротор з постійними магнітами. Послідовна робота СГУ в стартерному і генераторному режимах забезпечується за рахунок додаткового застосування двох колекторів.

В роботі [5] запропонована комбінована електромашина, в якій функції стартера виконує електродвигун, а функції генератора – однофазний синхронний генератор.

Фірма Siemens приступила до розробки автомобільних СГУ потужністю до 8 кВт. В її електросилової схемі використаний частотно-керований асинхронний електричний двигун [12], регулювання режимами роботи якого проводиться за рахунок відповідного орієнтування вектора магнітного поля.

Відомі [1] спроби використання в складі СГУ електричних двигунів з трифазною обмоткою статора і короткозамкненим ротором з живленням від статичного перетворювача частоти. Однак внаслідок того, що напруга живлення відрізняється від синусоїдальної, енергетичні показники і ККД такої електромашини знижуються.

У складі СГУ невеликої потужності можуть застосовуватися частотно-керовані синхронні двигуни з постійними магнітами [11]. У цих двигунах застосовують високоерцитивні магніти, які виготовляються з використанням рідкісноземельних матеріалів. Двигуни мають малу масу і габаритні розміри. Однак, вони низько технологічні, високо трудомісткі у виготовленні і дорогі.

Визначальним елементом СГУ є тип застосовуваної електричної машини. Розробки СГУ провідними фірмами будуються на базах наступних електричних машин (щодо зменшення кількості розробок):

- Асинхронна машина з короткозамкненим ротором;
- Синхронна машина з електромагнітним збудженням;
- Вентильна машина з постійними магнітами;
- Безконтактна машина;
- Синхронна машина з постійними магнітами;
- Вентильна індукторного машина з самозбудженням.

Асинхронна машина з короткозамкненим ротором – електрична машина, що найбільш часто зустрічається СГУ. Її переваги полягають в простоті її конструкції, високій надійності і малій вартості. Однак її конструктивні недоліки проявляються у вигляді втрат в роторі, що призводить до зниження ККД машини.

Синхронна машина з електромагнітним збудженням. Не дивлячись на високий ККД, вона має ковзаючі контакти на роторі, що призводить до зниження надійності СГУ.

Вентильна машина з постійними магнітами, через відсутність обмотки збудження, створює складність регулювання напруги на виході генератора СГУ.

Безконтактна машина має ряд переваг перед іншими конструкціями і, поряд з високим ККД, має ту ж складність регулювання напруги на виході генератора СГУ.

Синхронна машина з постійними магнітами аналогічно безконтактній машині має високий ККД і основний недолік в складності регулювання напруги.

Вентильна індукторного машина з самозбудженням зустрічається вкрай рідко. В переліку недоліків вона має підвищені вібрацію і шум.

Управління СГУ є досить складним процесом, і зазвичай здійснюється від сигнального процесора, спеціалізованого на управлінні електродвигунами, такі процесори випускаються основними провідними електронними фірмами (Texas Instrument, Analog Devices, Motorola, Siemens). Важливим елементом схеми є

підсилювачі потужності (драйвери), що слугують для узгодження по потужності і напрузі сигнали між системою управління і силовими ключами.

Основними функціями системи управління з СГУ в залежності від алгоритму системи управління можуть бути:

- забезпечення швидкого запуску двигуна (стартерного режиму);
- забезпечення тягового режиму СГУ в режимі «докруткі» ДВЗ;
- реалізація генераторного режиму при рекуперативному гальмуванні і в режимі примусової рекуперації;
- реалізація режиму «стоп-старт»;
- підтримання оптимального рівня заряду тягової акумуляторної батареї;
- оптимізація роботи ДВЗ в складі гібридної силової установки з СГУ;
- підтримання оптимального рівня температури всіх компонентів системи;
- забезпечення позитивного енергобалансу в усій установці (в режимі зима, ніч, всі споживачі включені і т.д.) і для споживачів силового електроприводу.

З наведеного вище аналізу ряду досвідчених або запропонованих в патентній літературі конструктивних варіантів СГУ можна зробити висновок, що в більшості випадків всі ці варіанти малорентабельні і далекі від досконалості. Тому доцільним є пошук такого варіанту СГУ, який би більшою мірою відповідав умовам експлуатації автомобільної техніки, забезпечуючи при цьому високу експлуатаційну надійність, менші технологічні витрати у виробництві, високу ефективність, можливість функціонування в умовах низьких температур і запиленості середовища.

Всім цим перерахованим вимогам найбільшою мірою задовольняє варіант використання вентильного електромеханічного перетворювача енергії з автоматичним (мікропроцесорним) регулюванням.

Його перевага проявляються в наступному:

- більш надійна конструкція електричної машини, ротор якої не має обмотки і магнітів;
- менші технологічні витрати виробництва;

- більш висока ефективність, яка зберігається в широкому діапазоні зміни навантажувального і швидкісного режимів;
- низька чутливість до неполадок в схемі управління;
- підвищена живучість, збереження працездатності в разі пошкодження однієї з фаз електричної машини;
- здатність ефективно функціонувати в умовах низьких і наднизьких температур і високої запиленості середовища.

Вентильний перетворювач на основі вентильної індукторної машини (ВІМ) є на сьогоднішній день одним з найбільш затребуваних типів перетворювачів енергії, який поєднує в собі функції індукторної машини, напівпровідникового перетворювача частоти і мікропроцесорної системи управління. Їх широкому розвитку в даний час сприяє поява потужних транзисторів типу IGBT, які дозволяють створювати регульовані приводи для різного виду промислових установок з найкращими споживчими властивостями.

Одним з напрямків розвитку ВІМ стає інтегрована установка, що поєднує в собі характеристики пускового електродвигуна і генератора. Використання ВІМ в якості інтегрованої СГУ в складі автомобілів і тракторів є найкращим варіантом. ВІМ, завдяки своїй конструктивній простоті і надійності, найкращим чином пристосована до умов роботи в середовищі з високою запиленістю, як при низьких, так і високих температурах.

На жаль, незважаючи на очевидні переваги інтегрованих електромеханічних установок на основі ВІМ, що реалізують функції як стартера, так і генератора, вони до теперішнього часу ще не знайшли масового застосування в дизелях вантажних автомобілів, автобусів та тракторної техніки. Проте, завдяки перерахованим перевагам застосування подібних СГУ в дизелях комерційної техніки є найбільш перспективним, так як саме в умовах цього застосування особливого значення набувають такі показники як експлуатаційна надійність і ефективність.

1.5 Аналіз виробничої діяльності ТОВ «АТП Слободянюк»

1.5.1 Загальна характеристика підприємства

Автотранспортне підприємство ТОВ «АТП Слободянюк» було засновано її власником Слободянюком Олександром Андрійовичем 26 грудня 2000 року. Воно розташоване в м. Вінниця по вул. Салтикова-Щедрина, 112.

Основною діяльністю ТОВ «АТП Слободянюк» є виконання міських, приміських та міжміських автобусних перевезень у м. Вінниці та Вінницькій області, перевезення на замовлення. Крім того АТП надає іншим дрібним пасажирським перевізникам послуги з планування, диспетчеризації та передрейсового контролю технічного стану транспортних засобів і медичного контролю водіїв.

Крім основного виду діяльності ТОВ «АТП Слободянюк» надає послуги з ТО і ремонту автомобілів; займається продажем автомобільної техніки, запасних частин і приналежностей до автомобільної техніки.

З 2006 року ТОВ «АТП Слободянюк» є офіційним дилером "ІСУЗУ-АТАМАН УКРАЇНА" та здійснює продаж, ТО, ремонт та гарантійне обслуговування автобусів "АТАМАН" (раніше «Богдан») та вантажівок "ISUZU". З 2009 року АТП розвинуло мережу з продажу запчастин до автомобілів "ISUZU" та займає лідерські позиції на території України.

Для виконання перевезення пасажирів на Міських, міжміських та приміських маршрутах переважно використовують автобуси малого класу марки Ataman (Богдан). Крім того використовуються автобуси Mercedes Sprinter/

Підприємство обслуговує наступні маршрути перевезення пасажирів в межах Вінницької області:

1. Вінниця – Бар;
2. Вінниця – Турбів;
3. Вінниця – Теплик
4. Вінниця – Чечельник;

5. Вінниця – Прилука;
6. Вінниця – Лисіївка;
7. Вінниця – Голубіївка.

Також АТП здійснює пасажирські перевезення в м. Вінниця в режимі маршрутного таксі.

Організаційна структура «АТП Слободянюк» налічує в собі службу експлуатації, службу управління, технічну службу та бухгалтерський відділ (рис. 1.6).

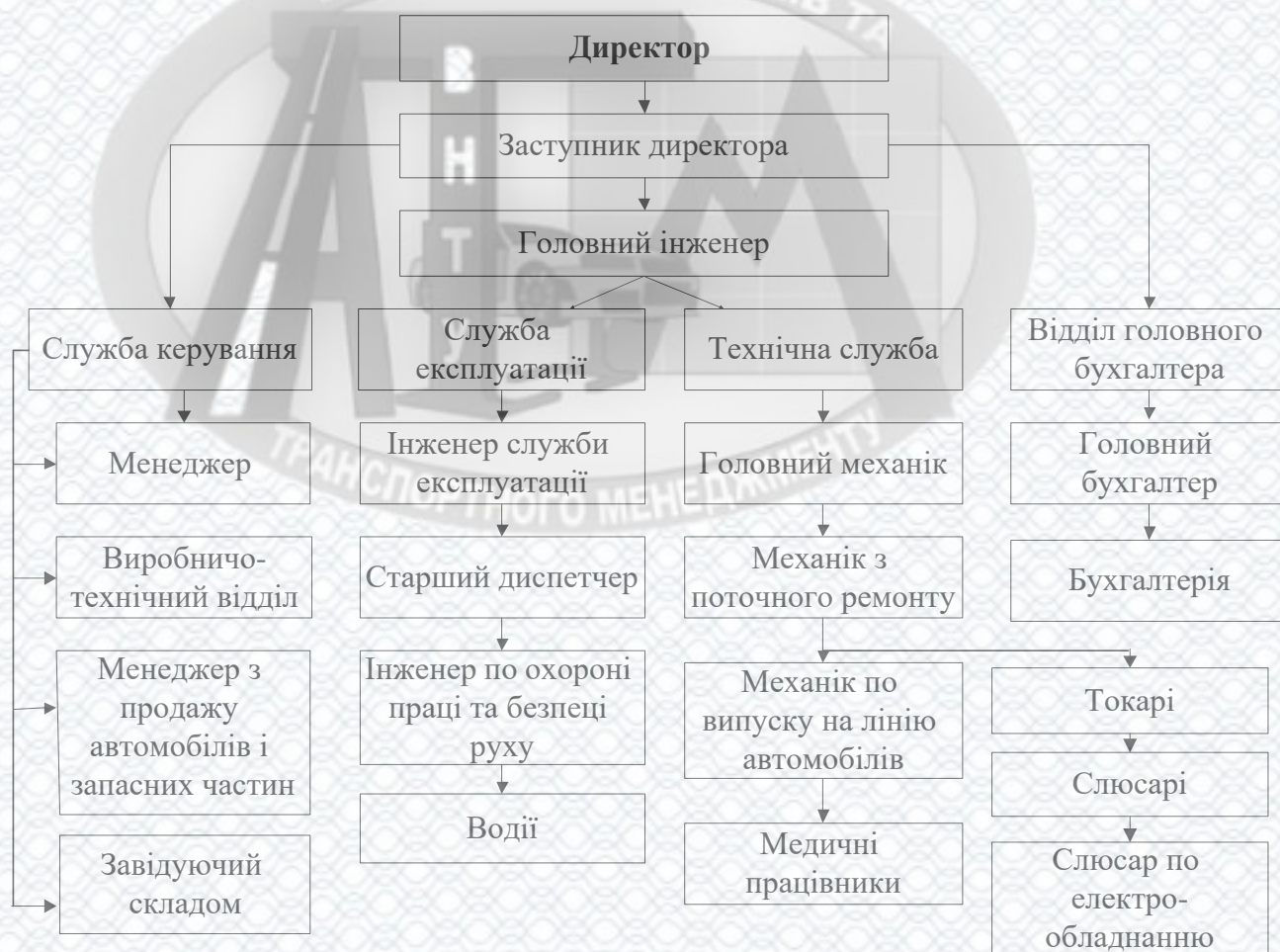


Рисунок 1.6 – Організаційна структура управління ТОВ «АТП Слободянюк»

1.5.2 Аналіз складу, структури і стану рухомого АТП

Основним рухомим складом АТП є автобуси, структура парку яких наведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Склад парку автотранспортних засобів за марками

Найменування марок автотранспортних засобів	Рік		
	2017	2018	2019
Всього, одиниць	33	34	35
в тому числі:			
Богдан А-092	18	18	18
Богдан А145	5	5	5
Атаман/Богдан А-093	6	7	8
Мерседес Спринтер	4	4	4

Проаналізувавши рухомий склад підприємства, видно, що автомобілі складають 2 технологічно сумісні групи: Богдан А-092, Атаман/Богдан А-093 та Богдан А145 – 31 одиниця, Mercedes Sprinter – 4 одиниці.

Склад парку автобусів за їх пробігом наведений в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Склад парку автобусів за пробігом з початку їх використання

Марки автобусів	Кількість транспортних машин з пробігом за початком роботи в тис. км, од.						
	до 50	Від 50 до 100	Від 100 до 150	Від 150 до 200	Від 200 до 250	Від 250 до 300	Більше 300
Всього:	-	1	5	11	8	4	6
Богдан А-092	-	-	-	4	8	4	2
Богдан А145	-	-	2	3	-	-	-
Атаман А-092	-	1	3	4	-	-	-
Мерседес Спринтер	-	-	-	-	-	-	4

Як бачимо з таблиці 1.3 кількість автобусів з пробігом до 100 тис. км складає 6%, від 100 до 200 тис.км – 46%, від 200 до 300 тис. км – 34% та понад 300 тис. км. – 17%. Звідси можна зробити висновок, що більша частина рухомого складу знаходиться в оптимальному терміні експлуатації і має бути достатньо ефективним. Однак слід зауважити, що в найближчому майбутньому вже певна кількість автобусів вже потребуватиме оновлення.

1.5.3 Аналіз показників роботи рухомого складу

Результати роботи автобусів за останні три роки наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати роботи автотранспорту за останній період часу

Показники	2017	2018	2019
Середньооблікова кількість автобусів, од	33	34	35
Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	12,05	12,41	12,78
Автомобіледні в роботі, тис.	8,19	8,81	8,81
Час в наряді, тис. год.	86,00	84,85	81,98
Пробіг з пасажирами, тис. км	1258,7	1294,9	1333,71
Загальний пробіг, тис. км	1482,50	1471,45	1533,77
Обсяг перевезень, тис. пас	715,21	731,39	784,79
Пасажирообіг, тис. пас.км	704483,33	720423,73	773018,32

Далі, беручи за основу відомості, які містяться в таблиці 1.3, визначаються основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу підприємства за попередній період. За період приймається календарний рік.

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначається за формулою:

$$\alpha_{\epsilon}^i = \frac{AD^i_{роб}}{AD^i_{зосп}}, \quad (1.5)$$

де $AD^i_{роб}$ - автомобіледні в роботі за i -тий період, тис.;

$AD^i_{зосп}$ - автомобіледні перебування в господарстві за i -тий період, тис.

$$\alpha_{\epsilon}^{17} = \frac{8,19}{12,05} = 0,68; \alpha_{\epsilon}^{18} = \frac{8,81}{12,41} = 0,71; \alpha_{\epsilon}^{19} = \frac{8,81}{12,78} = 0,69.$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу:

$$l_{co}^i = \frac{L_{заг}^i}{AD_{роб}^i}, \quad (1.6)$$

де $L_{заг}^i$ – загальний пробіг рухомого складу за i -тий період, тис. км;

$$l_{co}^{17} = \frac{1482,5}{8,19} \approx 181 \text{ км}; \quad l_{co}^{18} = \frac{1471,45}{8,81} \approx 167 \text{ км}; \quad l_{co}^{19} = \frac{1533,77}{8,81} \approx 174 \text{ км}.$$

Для розгляду динаміки зміни обсягів транспортних послуг можна скористатись формулами структурних змін.

Індекси зміни основних параметрів визначаються за формулою:

$$I_{A_i} = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.7)$$

де A_i, A'_i - відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Для обсягів перевезень:

$$I_{A_i}^{17-18} = \frac{731,39}{715,21} = 1,02; \quad I_{A_i}^{18-19} = \frac{784,79}{731,39} = 1,07.$$

Для пасажиробігу:

$$I_{A_i}^{17-18} = \frac{720423,7}{704483,3} = 1,02; \quad I_{A_i}^{18-19} = \frac{773018,3}{720423,7} = 1,07.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можемо прийти до таких висновків:

- кількість автомобілів на підприємстві збільшилась до 35 одиниць;
- показники роботи автобусів в 2018 та 2019 роках в порівнянні з попереднім роком зросли приблизно на 2% та 7% відповідно;
- коефіцієнт використання автобусів за даний період складає 0,68 – 0,71.

1.6 Аналіз і оцінка стану виробничо-технічної бази

Територія підприємство займає цільну ділянку неправильної форми, розташоване за адресою м. Вінниця по вул. Салтикова-Щедріна, 112. Основні показники генплану наступні:

- загальна площа території – 0,96 га.
- капітальна забудова – 0,0819 га
- тимчасова забудова – 0,0095 га,
- споруди – 0,0142 га
- проїзди, проходи, стоянки та ін. майданчики – 0,4724 га,
- зелені насадження – 0,3843 га.

Виробничо-технічна база підприємства має такі складові:

- ремонтна майстерня, в якій знаходяться зони та ділянки, які виконують операції з ТО і ПР автобусів (576 м²);
- 4 тупикових оглядових канами;
- агрегатний цех;
- слюсарний цех;
- площадки для відкритого зберігання автобусів (1012 м²);
- адміністративні та побутові приміщення (96 м²);
- допоміжні приміщення (357 м²);
- склад (570 м²).

Схематичні планувальні рішення АТП наведено в додатку Б.

На оглядових канавах проводяться роботи по ТО-1, ТО-2, ПР автобусів, які працюють на АТП, а також відбувається обслуговування автобусів і автомобілів як окрема послуга.

Роботи з ТО та ПР виконуються на універсальних постах, обладнаних оглядовими канавами, обладнанням (візок для зняття спарених коліс) та інструментом. Пости розташовані під кутом 90° до вісі проїзду. Обладнання, яке використовується для ТО і ПР автобусів експлуатується певний термін і має значне зношування. Більшість робіт на підприємстві виконується фактично вручну, тобто

без наявного технологічного обладнання, часткову роботу по ремонту та обслуговуванню автобусів виконують самі водії автобусів.

Контрольно - технічний пункт має:

- приміщення для механіка технічного стану транспортних засобів;
- навіс і оглядову канаву для огляду транспортних засобів.

Для забезпечення підприємства водою використовується місцева комунікаційна мережа з технічною та питною водою. Електропостачання від стандартної мережі 400/230 В.

Аналіз основного технологічного обладнання зон та ділянок показує погану забезпеченість АТП та низькі показники механізації робіт. Наявне обладнання має значний знос. Прибирально-мийні роботи виконуються на відкритому майданчику. Для миття автобусів застосовується ручна мийка.

Зберігання автобусів на відкритому майданчику без підігріву. Автобуси розташовуються під кутом 90° до осі проїзду, із незалежним виїздом.

Основне покриття земельної ділянки – асфальтобетон, рельєф місцевості – рівнинний.

Аналіз стану ВТБ показує, що:

- площі зон і ділянок цілком задовольняють потреби підприємства;
- зони і ділянки АТП недостатньо укомплектовані технологічним обладнанням та спеціалізованим устаткуванням. Забезпеченість ручним інструментом на задовільному рівні;
- частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, воно підлягає оновленню або модернізації.

1.7 Висновки

1. Перебіг робочого процесу дизеля під час пуску істотно відрізняється від навантажувального режиму. Пусковий режим дизеля в умовах низьких температур характеризується різким зростанням максимального тиску згоряння p_z і динамікою

його розвитку $dp/d\varphi$ в циліндрах двигуна. Підвищений знос дизеля є однією з найважливіших проблем, пов'язаної з процесом його холодного пуску. І, як наслідок, – зношений дизель погано запускається. У період пуску-прогріву, збільшується число відмов двигунів, зокрема, внаслідок підвищеної інтенсивності зношування основних деталей циліндро-поршневої групи і підшипників, зростають простой автомобілів.

2. Завдання підвищення експлуатаційної надійності і ресурсних характеристик дизеля обумовлює необхідність скорочення тривалості пускового процесу і виключення багаторазового повторення спроб пуску двигуна.

3. В сучасному автомобілебудуванні намітилася тенденція до збільшення числа і потужності споживачів електроенергії, що призводить до того, що вже сьогодні потрібні джерела генерування електроенергії з потужністю понад 6 кВт.

4. Підвищення енергетичної ефективності пускової системи та здатності генерувати електроенергію підвищеної напруги в широкій області зміни швидкісного режиму дизеля можливе за рахунок використання стартер-генераторних установок інтегрованого типу. В роботі проаналізовано сучасний стан розвитку стартер-генераторів та визначено перспективні напрямки їх розвитку.

5. Виконавши аналіз показників роботи та структури і стану ВТБ ТОВ «АТП Слободянюк», можна зробити висновок, що темпи розвитку наявної ВТБ відстають від темпів розвитку рухомого складу. Це вимагає проведення удосконалення наявної ВТБ як для підвищення експлуатаційної надійності власних автобусів і забезпечення можливостей надання автосервісних послуг, так і для отримання можливостей обслуговування перспективних автомобільних конструкцій.

2 МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВОГО РЕЖИМУ СИСТЕМИ «ДИЗЕЛЬ – СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА»

2.1 Енергетичний аналіз процесу холодного пуску дизеля

Протягом пускового періоду дизеля на подолання сил опору прокручування колінчастого вала витрачається робота, яка включає в себе:

1) роботу (L_T) на подолання всіх сил тертя в рухомих елементах конструкції дизеля, з урахуванням втрат, зумовлених витоками через кільця і охолодженням робочого тіла (РТ); традиційно значення L_T оцінюють за величиною середнього тиску тертя p_m ;

2) роботу (L_k), затрачену на первинне подолання компресії в циліндрах дизеля протягом одного першого оберту колінчастого вала дизеля;

3) роботу (L_j), необхідну для забезпечення прискорення всіх рухомих мас до рівня пускової частоти обертання, при якій реалізується ефективний запуск дизеля.

Отже, сумарна робота, необхідна для успішного пуску дизеля, знайдеться як:

$$L_{np} = L_T + L_k + L_j. \quad (2.1)$$

Роботу тертя визначають з використанням емпіричної залежності, яка описує зміну моменту тертя як функції кута повороту колінчастого вала:

$$M_T(\varphi) = 10^{-3} \frac{V_h i}{4\pi} p_T(\varphi), \quad (2.2)$$

де V_h - робочий об'єм циліндра (м^3);

i - кількість циліндрів;

p_T - середній тиск тертя прокручування вала двигуна (Па);

φ - кутове положення колінчастого вала ($^\circ$ п.к.в.).

Тоді значення L_T при повороті вала на кут $d\varphi$ знайдеться як:

$$L_T(\varphi) = M_T(\varphi)d\varphi. \quad (2.3)$$

За весь пусковий період робота тертя може бути знайдена інтегруванням:

$$L_T(\varphi) = \int_{\varphi=0}^{\varphi} M_T(\varphi)d\varphi, \quad (2.4)$$

де φ - поточне значення кута провертання вала; $\varphi = 2\pi N$;

N - число обертів вала за розрахунковий період.

Середній тиск тертя $p_T(\varphi)$ для діапазону зміни кутової частоти обертання вала $\omega = (5...20) \text{ c}^{-1}$ визначають по залежності [14]:

$$p_T(\varphi) = 0,2 + 1,31 \left(\frac{n}{100} \right)^{1/4} \nu^{1/3} = 0,2 + 1,31 \left(\frac{3\omega}{10\pi} \right)^{1/4} \nu^{1/3}, \quad (2.5)$$

де ν - кінематична в'язкість використовуваної моторної оливи, визначають за довідковими даними.

Відомо, що при $\omega = 0$ (тертя спокою) для визначення p_T використовують залежність [29]:

$$p_T(\varphi=0) = 0,2 + 1,31 \left(\frac{3\omega}{10\pi} \right)^{1/4} \nu_{10^\circ}^{1/3}, \quad (2.6)$$

де ν_{10° - в'язкість моторної оливи при температурі 10°C .

Якщо припустити, що величина p_T в інтервалі $\omega = (0...5) \text{ c}^{-1}$ змінюється пропорційно кутовій швидкості вала ω , його можна оцінити як:

$$p_T(\varphi) = 0,2 + 1,31 \left(\frac{3\omega}{10\pi} \right)^{1/4} \nu_{10^\circ}^{1/3} + 0,022 \frac{30\omega}{\pi} (\nu^{1/3} - \nu_{10^\circ}^{1/3}). \quad (2.7)$$

З урахуванням цієї залежності для інтервалу $\omega = (0...5) \text{ c}^{-1}$ формула (2.2) набуде вигляду:

$$M_T(\varphi) = 10^{-3} \frac{V_h i}{4\pi} \left[0,2 + 1,31 \left(\frac{3\omega}{10\pi} \right)^{1/4} \nu_{10^\circ}^{1/3} + 0,022 \frac{30\omega}{\pi} (\nu^{1/3} - \nu_{10^\circ}^{1/3}) \right], \quad (2.8)$$

а для швидкостей $\omega > 5 \text{ c}^{-1}$:

$$M_T(\varphi) = 10^{-3} \frac{V_h i}{4\pi} \left[0,2 + 1,31 \left(\frac{3\omega}{10\pi} \right)^{1/4} \nu^{1/3} \right]. \quad (2.9)$$

Момент, що витрачається на забезпечення прискорення обертання валу дизеля $d\omega/d\tau$, знаходиться за залежністю:

$$M_j(\varphi) = I_m \frac{d\omega}{d\tau}, \quad (2.10)$$

де I_m - полярний момент інерції всіх рухомих мас деталей, приведений до осі вала дизеля.

Тоді середній тиск процесу подолання сил інерції визначиться як:

$$p_j = \frac{4\pi M_j}{10^{-3} V_h i}. \quad (2.11)$$

Враховуючи те, що

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \frac{d\omega}{d\varphi} \frac{d\varphi}{d\tau} = \omega \frac{d\omega}{d\varphi},$$

робота, що витрачається на протязі всього періоду пускового розгону вала дизеля, знаходиться як:

$$L_j(\varphi) = I_m \int_{\omega=0}^{\omega} \omega \frac{d\omega}{d\varphi}. \quad (2.12)$$

В кінцевому вигляді до моменту досягнення пускової швидкості вала ($\omega = \omega_n$) маємо:

$$L_j(\varphi = \varphi_n) = \frac{I_m \omega_n^2}{2}. \quad (2.13)$$

Робота L_k , що витрачається на примусове здійснення насосних ходів в умовах холодного пуску дизеля в першому наближенні може бути визначена з використанням відомої емпіричної залежності [20]:

$$L_k = 403 V_h i. \quad (2.14)$$

Дана залежність отримана з припущення, що потужність витрачається тільки на подолання короткочасних витрат при такті стиснення на провертання вала дизеля від 0 до 180°. При цьому середньостатистичне значення моменту прокручування M_k прийнято рівним приблизно 403 Н · м на 1 л робочого об'єму одного циліндра.

Тоді середній тиск p_k знаходиться за такою залежністю:

$$p_k = \frac{4\pi M_k}{10^{-3} V_h i}. \quad (2.15)$$

Зрозуміло, що дана залежність має певні обмеження в своєму застосуванні. Прийняте в залежності значення M_k може бути визнано правомірним в тому випадку, якщо воно визначено на основі експериментального дослідження

пускового процесу одного конкретного дизеля. При цьому не враховуються додаткові витрати, пов'язані з організацією процесів газообміну, які для різних типів дизелів можуть істотно відрізнятися. З урахуванням конструктивної різноманітності впускних і випускних трактів дизелів, характер процесів, що протікають в них, може істотно відрізнятися. В умовах низьких частот обертання валу в період пуску дизеля і відсутності стійкого згоряння ці відмінності можуть проявитися в значно більшому вимірі.

Це означає, що найбільш достовірні енергетичні показники, що характеризують витрати на подолання зусиль, що виникають в режимі пускового прокручування вала дизеля, можуть бути детально встановлені на основі математичного моделювання робочих процесів дизеля з урахуванням відсутності стійкого горіння палива.

У загальному вигляді, за результатами проведеного аналізу можна констатувати, що для реалізації ефективного запуску дизеля стартерний пристрій повинен створювати сумарний крутний момент на його валу, що дорівнює:

$$M_{np}(\varphi) = M_T(\varphi) + M_k(\varphi) + M_j(\varphi). \quad (2.16)$$

Цей момент відповідає середньому тиску процесу прокручування вала:

$$p_{np} = \frac{4\pi M_{np}}{10^{-3} V_h i}. \quad (2.17)$$

Слід зауважити, що істотним фактором, що визначає умови успішного пуску дизеля при низьких температурах, є кінематична в'язкість моторної оливи, значення якої в подібних умовах може перевищувати на кілька порядків значення цього показника при робочих температурах дизеля. Тому для отримання достовірних результатів при проведенні дослідження слід орієнтуватися на використання уточнених варіантів в'язкісно-температурних характеристик,

встановлених в умовах низьких і наднизьких температур для використовуваної оливи.

2.2 Структурна схема дослідження системи «Дизель – Стартер-генераторна установка»

Головне завдання роботи зводиться до пошуку ефективної СГУ з енергетичними якостями, що забезпечують ефективний пуск дизеля при низьких і наднизьких температурах без використання спеціальних додаткових засобів для полегшення пускового режиму. Загальна структура дослідження системи «Дизель-СГУ» будувалася з урахуванням комплексного підходу до вивчення цього завдання, що обумовлювала необхідність в проведенні індивідуального розгляду питань, що відображають характер протікання робочих процесів в дизелі і електричній машині при їх функціональній взаємодії.

Вивчення цих питань проведено на основі спільного і скоординованого математичного моделювання. З урахуванням цільової спрямованості магістерського дослідження, процедура моделювання будувалася з урахуванням особливостей функціонування системи «Дизель-СГУ» в умовах низьких температур (до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), при цьому забезпечувала можливість прогнозувати необхідний вибір показників СГУ, що забезпечують високу ефективність пускового режиму дизеля.

При проведенні дослідження для вирішення цих завдань використовувався розрахунково-аналітичний комплекс, що включає в себе два функціонально взаємопов'язаних розрахункових модуля:

- 1) модуль розрахунку робочого процесу електричної машини СГУ.
- 2) модуль розрахунку робочого процесу дизеля, що працює в режимі холодного пуску.

Пусковий процес, що відбувається при малих частотах обертання валу дизеля і відсутності стійкого згоряння, має ряд відмінних рис: зростає зворотний викид з

циліндра частини заряду; збільшуються витoki робочого тіла через поршневі кільця і ін.

Це зумовило необхідність в обґрунтуванні індивідуальної математичної моделі робочого процесу дизеля з урахуванням особливостей його пускового режиму. Дана модель, з урахуванням зазначених особливостей досліджуваного процесу, сформована у вигляді підмоделей:

- 1) процесів газообміну;
- 2) процесу «холодного» стиснення-розширення.

2.3 Математична модель робочого процесу дизеля в період холодного пуску

Раніше зазначалося, що однією зі складових енергетичних витрат СГУ в пусковий період дизеля є енергія, що витрачається на реалізацію процесів стиснення-розширення. Ці витрати зростають внаслідок охолодження робочого тіла (РТ) і його витоків через нещільності поршневих кілець. Іншою складовою пускового режиму є енергія, що витрачається на здійснення процесу газообміну. Визначити адекватний рівень цих енергетичних витрат можна на основі вивчення картини протікання внутріциліндрових процесів, пов'язаних з ними.

Показники, що характеризують термодинамічний стан РТ в період холодного пуску дизеля, мають ряд характерних властивостей, обумовлених особливостями протікання «холодних» процесів газообміну і стиснення-розширення в умовах відсутності стійкого згоряння. Найбільш поширеним в дослідницькій практиці інструментарієм для вивчення цих процесів є математичне моделювання.

Його головне призначення – досліджувати особливості термодинамічного стану РТ, спрогнозувати адекватне уявлення про характер протікання зазначених вище процесів і коректної оцінки за рівнем енергетичних витрат на їх організацію. Відмінні особливості перебігу цих процесів обумовлені тим, що на відміну від навантажувальних режимів роботи дизеля, при режимі холодного пуску в умовах

малої швидкості обертання валу і відсутності стійкого горіння палива виявляється істотне порушення в структурі організації газообміну.

На відміну від навантажувального режиму, в період холодного пуску дизеля внаслідок низької пускової частоти обертання валу дизеля тривалість досліджуваних процесів зростає в 50...100 разів. У цих умовах істотно збільшуються витоки РТ через нещільності поршневих кілець. Зростає частка теплоти, що відводиться в холодні стінки камери згоряння від РТ, що зумовлює зростання втрат на газообмін і інтенсивне охолодження паливно-повітряної суміші, що знижує можливість її самозаймання.

Тому адекватність розрахунків дослідження визначається коректність опису процесів газообміну і «холодного» стиснення-розширення.

Моделювання цих процесів, організоване на використання класичної методології [6,18,25,30], засноване на таких принципах [30]:

- стан РТ приймається як відкрита термодинамічна система;
- ця система обмінюється масою і енергією з іншими системами двигуна.

При цих умовах з урахуванням відсутності згоряння була сформована модель у вигляді автономних підмоделей процесів газообміну і стиснення-розширення:

Кожна з підмоделей заснована на класичних рівняннях:

- рівняння матеріального балансу:

$$\frac{dm}{d\varphi} = \frac{dm_{en}}{d\varphi} - \frac{dm_{sun}}{d\varphi}; \quad (2.18)$$

- рівняння збереження енергії:

$$\frac{d(m,u)}{d\varphi} = h_{en} \frac{dm_{ex}}{d\varphi} - h_{sun} \frac{dm_{sun}}{d\varphi} + p \frac{dV}{d\varphi} + \frac{dQ_w}{d\varphi}; \quad (2.19)$$

- рівняння стану ідеального газу:

$$\frac{dP}{d\varphi} = \frac{mR}{V} \frac{dT}{d\varphi} + \frac{mT}{V} \frac{dR}{d\varphi} + \frac{RT}{V} \frac{dm}{d\varphi} - \frac{P}{V} \frac{dV}{d\varphi}, \quad (2.20)$$

де m , m_{en} , $m_{вип}$, загальна маса РТ і його маси, що підводяться і відводяться через впускні і випускні тракти;

u - внутрішня енергія РТ;

Q_w - теплота, якою обмінюється РТ зі стінками камери згоряння;

h_{en} , $h_{вип}$ - питомі ентальпії потоків РТ на вході і виході циліндра;

R , T , p , V - газова стала, температура, тиск, об'єм РТ.

2.3.1 Моделювання процесу газообміну

У період холодного пуску процеси газообміну супроводжуються підвищеним обміном РТ між робочим простором дизеля і порожнинами впускного і випускного тракту. З урахуванням цього, при моделюванні було додатково передбачено:

1) закидання в циліндр частини РТ з випускного тракту в момент відкриття випускного органу;

2) відтік РТ з циліндра у впускний канал наротязі часу запізнювання закриття впускного органу;

3) повернення частини РТ в циліндр з впускного каналу в період перекриття клапанів.

Таким чином, досягалася можливість відстежувати поточну зміну маси РТ в циліндрі дизеля.

Розрахунковий процес газообміну запускається з моменту відкриття випускного органу і закінчується моментом закриття впускного. В якості вихідних даних приймалися середні значення тиску і температури в проточних трактах газообміну.

Середні значення тиску в циліндрі в період випуску та наповнення:

$$\begin{aligned} p_{ср.вип} &= p_m + \Delta p_{вип.кл} = p_0 + \Delta p_{г.ли} + \Delta p_{вип.кл}; \\ p_{ср.вп} &= p_s - \Delta p_{вп.кл} = p_0 - \Delta p_{н.ф} - \Delta p_{вп.кл}, \end{aligned} \quad (2.21)$$

де $\Delta p_{вп.кл}$ і $\Delta p_{вип.кл}$ - гідравлічні втрати тиску у впускних і випускних органах;

$\Delta p_{г.ш.}$, $\Delta p_{п.ф.}$ - втрати тиску в глушнику шуму і повітряному фільтрі.

Температура РТ в циліндрі t_u у розглянутий період газообміну:

$$t_u = t_0 + \Delta t_{г.п} - \Delta t_{вип}, \quad (2.22)$$

де $\Delta t_{г.п}$ - зростання температури РТ, викликане гідравлічним опором впускного тракту;

$\Delta t_{вип}$ - зниження температури РТ, викликане випаровуванням палива, що надійшло в циліндр.

Температура РТ у впускному тракті за умови відсутності підігріву приймалася рівною температурі навколишнього повітря.

Як зазначалося раніше, процеси газообміну традиційно описують системою канонічних рівнянь: диференціальне рівняння матеріального і енергетичного балансу і рівняння стану РТ.

При цьому для опису процесів газообміну приймається гіпотеза про миттєве перемішуванні складових РТ. Відповідно до цієї гіпотези суміш повітря і парів палива має однорідний склад по всьому об'єму циліндра. При цьому паливно-повітряна суміш розглядається у вигляді однорідної термодинамічної системи, в якій тиск і температура розподілені рівномірно за обсягом робочого простору циліндра.

Для опису викиду частини РТ з порожнини циліндра у впускний тракт приймається гіпотеза про пошарове витіснення, згідно з якою ця частина РТ, що надійшла у впускний канал, має термодинамічні параметри (температуру, ентальпію), відповідні параметрам в циліндрі. Після зворотного закиду РТ в циліндр його параметри приймають значення, що відповідають параметрам РТ впускного тракту.

Поточна зміна маси РТ в циліндрі розраховується з урахуванням інтенсивностей витрати РТ через впускний і випускний органи, густини РТ і напрямку його перебігу.

Для опису течії газоподібного РТ в клапанних щілинах використано рівняння Бернуллі для одновимірного ізоентропної течії газу:

$$\begin{aligned}\frac{dm_{en}}{d\varphi} &= \frac{1}{6\pi} (\mu f)_{en} \Psi \sqrt{p_{en} \rho_{en}}; \\ \frac{dm_{eun}}{d\varphi} &= \frac{1}{6\pi} (\mu f)_{eun} \Psi \sqrt{p_{eun} \rho_{eun}},\end{aligned}\quad (2.23)$$

де p_{en} і p_{eun} - тиску РТ у вхідних і вихідних зонах проточного тракту;

Ψ - функція закінчення;

$(\mu f)_{вп}$, $(\mu f)_{вип}$ - ефективні площі прохідні перетинів впускного і випускного клапанів.

З урахуванням рекомендацій в роботі [19] коефіцієнти витрати $\mu_{en} \approx \mu_{eun}$ можуть бути прийняті рівними 0,65.

Значення μf розраховуються для ділянок підйому і посадки клапанів [19]:

$$\begin{aligned}(\mu f)_в &= \frac{(\mu f)_{\max}}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{\varphi - \varphi_{н.в}}{\varphi_{н.в}} \pi \right) \right]; \\ (\mu f)_з &= \frac{(\mu f)_{\max}}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{\varphi - \varphi_{н.з}}{\varphi_{н.з}} \pi \right) \right],\end{aligned}\quad (2.24)$$

де $\varphi_{н.в}$, $\varphi_{н.з}$ - кути повороту колінчастого вала дизеля, що відповідають моментам відкриття і закриття клапана;

$\varphi_{н.в}$, $\varphi_{н.з}$ - кути повороту колінчастого вала дизеля, відповідні часу відкритого і закритого станів клапана.

$(\mu f)_{\max}$ - площа прохідного перетину клапана при максимальному його підйомі.

Функцію витікання Ψ визначають як:

$$\Psi = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{en}}{p_{eun}} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_{en}}{p_{eun}} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]},\quad (2.25)$$

де k – показник адиабати: $k = 1 + \frac{8,314}{\mu C_v}$;

μC_v - середня мольна ізохорна теплоємність РТ.

Згідно з рекомендаціями в роботі [18] поточний напрямок течії РТ визначиться на основі порівняння його ентальпії у вхідному і вихідному перетинах проточного тракту. Вказується, що течія завжди направлена в сторону меншої ентальпії: $h_{ex} - h_{вих} > 0$.

З цієї умови випливає, що якщо при наповненні циліндра ентальпія РТ у вхідному перетині тракту перевищує її значення в циліндрі, то здійснюється наповнення циліндра свіжим зарядом.

За умови $h_{ex} - h_{вих} < 0$ течія інвертується, тобто спостерігається викид заряду з циліндра у впускний тракт.

У період пускового режиму при відсутності стійкого згоряння і продуктів згоряння загальну масу РТ формують маси повітря і парів палива з урахуванням їх поточних співвідношень:

$$m = m_a + m_f; r_a = \frac{m_a}{m}; r_f = \frac{m_f}{m}. \quad (2.26)$$

По ходу розрахункового процесу (по куту повороту вала дизеля) в залежності від поточних значень відносного вмісту повітря і палива в складі РТ обчислюються: ентальпія, питомі ізобарна і ізохорна теплоємності [13,25]:

$$h(T) = r_a h_a(T) + r_f h_f(T), \quad (2.27)$$

$$c_p(T) = r_a c_{p,a}(T) + r_f c_{p,f}(T), \quad (2.28)$$

$$c_v(T) = r_a c_{v,a}(T) + r_f c_{v,f}(T). \quad (2.29)$$

Фундаментальні рівняння матеріального балансу (2.18) для повітря і палива в розгорнутому вигляді записуються як:

$$\frac{dm_a}{d\varphi} = \frac{1}{\omega} (G_{a.in} - G_{a.out}); \quad (2.30)$$

$$\frac{dm_f}{d\varphi} = \frac{1}{\omega} (G_{f.in} - G_{f.out}); \quad (2.31)$$

де $G_{a.in} = r_a G_{ex}$, $G_{f.in} = r_f G_{ex}$ – поточні парціальні витрати повітря і палива, що надходять в циліндр;

$G_{a.out} = r_a G_{вих}$; $G_{f.out} = r_f G_{вих}$ – значення тих же параметрів повітря і палива, які покидають циліндр;

G_{ex} і $G_{вих}$ – секундні витрати РТ на впуску і виході циліндра.

Таким чином, поточна зміна маси РТ в циліндрі дизеля для кожного розрахункового періоду визначається як різниця витрат РТ через впускні і випускні органи газообміну.

З урахуванням того, що в період холодного пуску в відсутності згоряння зміна газової постійної $dR/d\varphi = 0$ і швидкості тепловиділення $dQ/d\varphi = 0$, рівняння енергетичного балансу для процесів продувки і наповнення циліндра записуються в наступному вигляді:

$$m \frac{du}{d\varphi} + u \frac{dm}{d\varphi} = h_{en} \frac{dm_{ex}}{d\varphi} - h_{вун} \frac{dm_{вун}}{d\varphi} + p \frac{dV}{d\varphi}; \quad (2.32)$$

а рівняння стану РТ як:

$$\frac{1}{p} \frac{dP}{d\varphi} - \frac{\mu_m}{\mu_a m} \frac{dm_a}{d\varphi} - \frac{\mu_m}{\mu_f m} \frac{dm_f}{d\varphi} - \frac{1}{T} \frac{dT}{d\varphi} + \frac{1}{V} \frac{dV}{d\varphi} = 0. \quad (2.33)$$

Зауважимо, що пускова доза циклової подачі палива приблизно в 2 рази перевищує цей показник для номінального режиму. У період пускового процесу холодного двигуна підігрів паливоповітряної суміші в циліндрі практично відсутній. Тому при визначенні температури РТ враховувалися тільки її зміни, викликані гідравлічним опором впускних каналів і випаровуванням палива.

В якості вихідних даних для моделювання процесу продування використовуються параметри РТ, які відповідають моменту відкриття впускного органу, а для процесу впуску – параметри РТ, які відповідають моменту закриття впускного органу.

2.3.2 Моделювання процесу стиснення

Завдання моделювання процесу «холодного» стиснення зводиться до оцінки витрат енергії, необхідної для подолання опору обертанню, що виникає в ході організації такту стиснення-розширення дизеля. У цей період через малу швидкість обертання валу і істотного зростання часу організації цього такту збільшуються витоків свіжого заряду через нещільності поршневих кілець, що знижує реальну масу РТ, що надійшла в циліндр за період процесу газообміну, на величину m_{yt} . Внаслідок цього, канонічне рівняння масового балансу (2.18) в остаточному вигляді запишеться як:

$$m(\varphi) - m_{yt}(\varphi) = m_a(\varphi) + m_f(\varphi), \quad (2.34)$$

де $m_{ym}(\varphi)$ - поточна величина втрати РТ внаслідок витоків його частини. Її можна оцінити як:

$$\frac{dm_{ym}}{d\varphi} = (\mu f)_{нещ} \sqrt{\frac{2k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k}-1}} p \rho, \quad (2.35)$$

де $(\mu f)_{нещ}$ – площа еквівалентного перерізу для витоків через компресійні кільця поршня.

За відсутності розвиненого процесу згоряння в циліндрі, а, отже, незмінності складу РТ в його робочому об'ємі величина газової постійної R не змінюється протягом усього періоду такту стиснення-розширення, тобто

$$\frac{mT}{V} \frac{dR}{d\varphi} = 0.$$

Тоді вихідні рівняння балансу енергії (2.19) і стану (2.20) перепишуть в остаточному вигляді:

$$\frac{d(m,u)}{d\varphi} = p \frac{dV}{d\varphi} + \frac{dQ_w}{d\varphi} + c_p T \frac{dm_{ym}}{d\varphi}; \quad (2.36)$$

$$\frac{dP}{d\varphi} = \frac{mR}{V} \frac{dT}{d\varphi} + \frac{RT}{V} \frac{dm}{d\varphi} - \frac{P}{V} \frac{dV}{d\varphi}. \quad (2.37)$$

Робоче тіло, яке бере участь в організації холодного пуску дизеля, містить два компоненти - повітря і паливо, тому рівняння ізобарної теплоємності РТ $c_p(T)$, яка залежить тільки від теплового стану заряду, в рівнянні (2.36) запишеться у вигляді:

$$c_p(T) = r_a c_{p,a}(T) + r_f c_{p,f}(T). \quad (2.38)$$

Так само визначиться і ізохорна теплоємність РТ $c_v(T)$.

При інтегруванні рівнянь (2.36) і (2.37) в якості початкових умов були прийняті значення тиску і температури, які відповідають моменту закриття впускного органу.

Отримана система диференціальних рівнянь, що описують термодинамічний стан РТ на такті стиснення-розширення, є математично замкнутою, що є необхідною умовою для її прямого рішення, наприклад, методом чисельного інтегрування. При цьому необхідно уточнити вид і характер функції теплообміну $dQ_w/d\varphi$ в рівнянні (2.36), яка описує інтенсивність відводу теплоти від РТ до стінок камери згорання дизеля.

2.3.3 Моделювання процесу теплообміну в період пускового режиму дизеля

Процедура даного моделювання на відміну від навантажувальних режимів дизеля має ряд характерних властивостей. В умовах непрогрітого дизеля поточні параметри термодинамічної стану РТ змінюються найбільш інтенсивно в основному за час періоду такту стиснення. Вони визначаються головним чином характером і динамікою відведення теплоти $dQ_w/d\varphi$ від РТ до холодних стінок деталей, що утворюють камеру згоряння дизеля.

Так як час запуску дизеля складає не більше декількох секунд, то можна припустити, що температура цих деталей практично зберігається незмінною за період пуску. Тоді розглянута функція теплообміну $dQ_w/d\varphi$ може бути в загальному вигляді представлена рівнянням Ньютона-Ріхмана:

$$\frac{dQ_w}{d\varphi} = \frac{\alpha_w}{6n} \sum_i F_{wi} (T - T_{wi}), \quad (2.39)$$

де T_{wi} - температура поверхонь деталей камери згоряння, яка в розрахунку приймалася рівною температурі атмосферного повітря;

T - поточна температура РТ;

F_{wi} - загальна площа теплообмінних поверхонь деталей камери згоряння; для циліндра дизеля враховувалося, що його теплообмінна поверхня протягом такту стиснення-розширення змінюється за законом:

$$F_{wi} = \pi Ds(\varphi) = \pi D \left[R(1 - \cos \varphi) + R \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi) \right];$$

α_w - коефіцієнт тепловіддачі від РТ до стінок камери згоряння визначається по добре апробованій в дослідницькій практиці формулою Г. Вошні [19]:

$$\alpha_{wk} = 819,5 D^{-0,2} p^{0,8} T^{-0,53} w^{0,8}, \quad (2.40)$$

де w - швидкість РТ у розглянутий період: $w(\varphi) = 2,28 c_m$;

p - поточний тиск в камері згоряння дизеля в цей же період;

D - діаметр циліндра дизеля;

s - поточне переміщення поршня;

c_m - середня швидкість поршня; $c_m = S\omega/\pi$;

S - хід поршня;

ω - кутова швидкість обертання колінчастого вала дизеля.

2.4 Модель стартер-генераторної установки, що працює в складі дизеля

2.4.1 Вибір методу дослідження СГУ

Дослідження електричних машин за допомогою моделювання є оптимальним варіантом з точки зору витрат часу. При моделюванні проводять заміну окремих елементів моделлю, яка здатна відтворювати характеристики реальної системи. У процесах, що відбуваються при моделюванні легко перевірити відповідність результатами теоретичного розрахунку.

Розрізняють дві методики моделювання: фізична і математична. При фізичному моделюванні проводять заміну оригіналу моделлю тієї ж фізичної природи. Особливо в складних пристроях фізичне моделювання з успіхом може замінити експериментальну установку при збереженні основних параметрів.

Процеси, що відбуваються в матеріальному світі можна приводити до рівнянь, описуваних в різних областях фізики. Наприклад, коливання різних тіл: пружин маятників, яких електричні коливання описуються подібними за формами рівняннями. На моделях вивчають явища, що відбуваються в оригіналі. Математичним моделюванням називають таку модель, яка відмінна за своєю фізичною природою, але може бути описана однаковими формулами.

Математичне моделювання поділяється на два напрямки: побудовані по прямій аналогії на основі відомих систем рівнянь і визначені на обчислювальних машинах.

Електричні моделі для інтегрування диференціальних рівнянь відносяться до моделей прямої аналогії. Використання обчислювальних машин при

математичному моделюванні відрізняється від моделей прямої аналогії відсутністю фізичних аналогій отриманих, після виконання окремих математичних розрахунків.

На всіх етапах розвиток теорії електричних машин пов'язаний з розвитком математичного моделювання. Вплив розрахункових параметрів машини на процес електричних перетворень енергії також визначаються при математичному моделюванні. При цьому спрощується задача синтезу різних систем, параметрів отримання технологічних можливостей.

Моделювання відображає процеси, що відбуваються в машині, з різним ступенем точності фізичних процесів. Повна тотожність оригіналу і математичної моделі не досягаються. Допущення, точність характеристик машини визначаються засобами обчислювальних машин.

2.4.2 Математична модель вентильно-індукторного машини (ВІМ)

При визначенні параметрів СГУ комп'ютерна модель ВІМ потрібна для виконання розрахункових досліджень, а також узгодженні режимів стартера і генератора.

Для дослідження параметрів СГУ скористуємось моделлю ВІМ, яка наведена в [3,4,5]. Зазначена модель використовується при розрахунках трифазних ВІМ з насиченням магнітопроводів. Модель призначена для розрахунку електромагнітних процесів 3-фазної ВІМ з урахуванням насичення магнітопроводу.

Схема заміщення магнітної системи

В результаті проведених робіт з дослідження визначено, що вентильно-індукторна машина може функціонувати як стартер-генератор ДВЗ.

Якщо розробка СГУ заснована на базі вентильно-індукторній машині, то вона має ряд конструктивних особливостей, так як ротор машини має великий діаметр, що викликано його інтеграцією з диском зчеплення. Ширина активної частини ротора і статора відносно невелика.

Процеси, що виникають в індукторній машині складні і нелінійні, і не розглядаються у вигляді аналітичних виразів і залежностей, тому даний клас машин відноситься до машин зі складним проектуванням. Конструкції статора і ротора повинні бути зубчастими, так як буде неможливим перетворення енергії на основі реактивного моменту.

Вебер-амперні характеристики для інтегрованих нелінійних машин наведені на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Вебер-амперні характеристики інтегрованих нелінійних елементів

Схема заміщення електромагнітної системи трифазного індукторної машини наведено на рис. 2.2.

Схема заміщення побудована для періодично повторюваного фрагмента - сектора електричного магнітопроводу, що містить 3-фазні полюси.

Позначення, наведені на схемі:

$U_{1,k}$ - напруга ділянки статора сусідніх полюсів;

$U_{2,k}$ - напруга ділянки ротора;

$U_{\delta z,k}$ - напруга для полюса двигуна щодо статора;

F_k - магніторушійна сила котушки;

$\Phi_{2,k}$ - електромагнітні потоки ділянок ротора

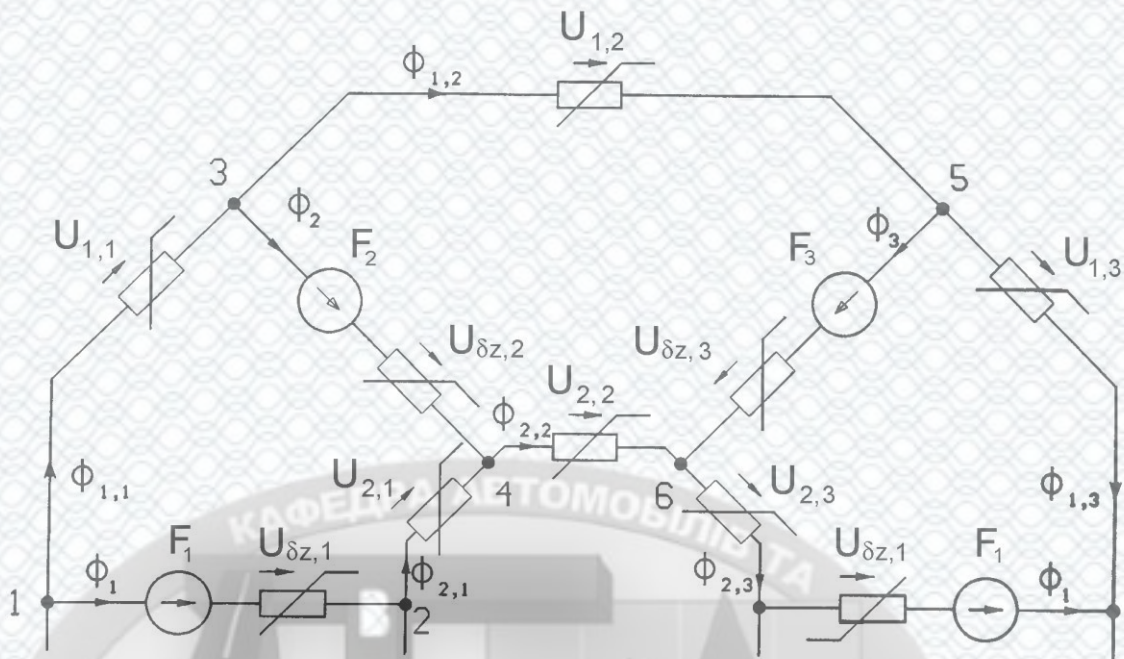


Рисунок 2.2 – Схема заміщення магнітної системи трифазної ВІМ

Параметри схеми заміщення.

Характеристики нелінійних елементів визначаються з розрахунків магнітного поля вентиляльно-індукторного машини. За даними виразами будується залежність, що дозволяє визначити фазні струми вентиляльно-індукторного машини по потокозчепленню обмотки і положенню зубців.

Перехідні характеристики для використовуваного варіанту наведені на рис. 2.10. Величина електромагнітного напруги зубця $U_{\delta z,k}$ визначається через значення магніторухійної сили котушки.

При комп'ютерному моделювань застосовується серія перехідних характеристик електромагнітних процесів для визначення струмів і моментів, а також значення потокозчеплення Φ від кута ротора а для значення напруги $U_{\delta z,k}$ (рис. 2.3.)

Для використання характеристик в координатах U_{1k} застосовується інтерполяція по формулі Лагранжа [1].

Зміною характеристик намагнічування стали $B = f(H)$ отримують вебер-амперні характеристики нелінійних елементів через перетини і довжини силових ліній (рис. 2.4).

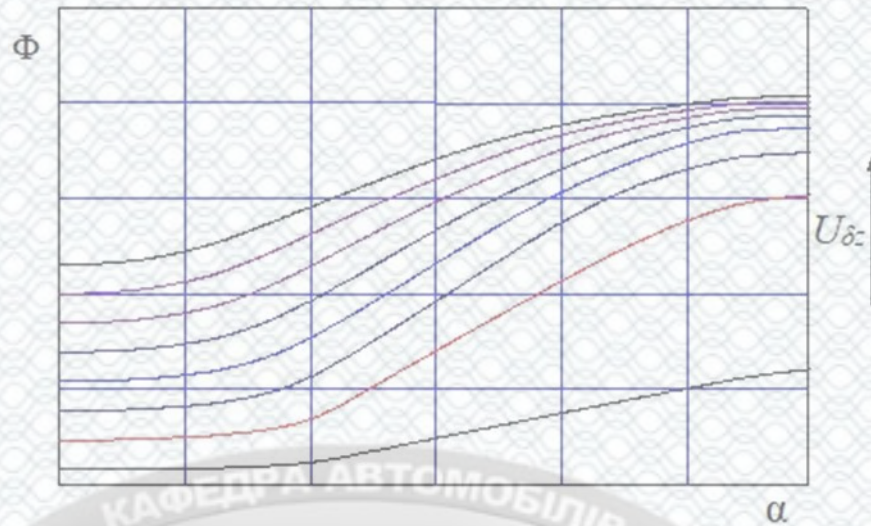


Рисунок 2.3 – Сімейство перехідних характеристик

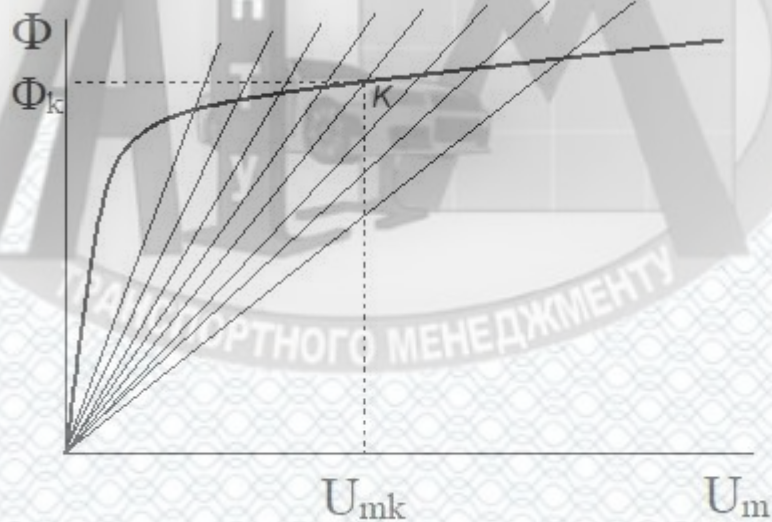


Рисунок 2.4 – Статичні провідності

Розрахунок електромагнітного моменту.

Електромагнітний момент M_k обчислюються по збільшенню магнітної енергії установки при незначній кутовій зміні. Визначення моменту здійснюється за формулою Вудсона при допущенні наявності певного повітряного зазору і застосуванням перехідних характеристик.

Обмеження моменту, що розвивається вентильно-індукторною машиною під час пуску проводиться збільшенням числа витків обмотки

$$M_k = - \left. \frac{dW_k}{d\alpha} \right|_{\Phi_k = \text{const}, k=1, m'}$$

де M_k - момент, створований вентильно-індукторною машиною полюсами з котушками k -тої фази;

W_k – енергія котушок, створювана магнітним полем при повітряному зазорі Φ_k .

При чисельному розрахунку момент визначається за рисунком 2.5 та наступною формулою:

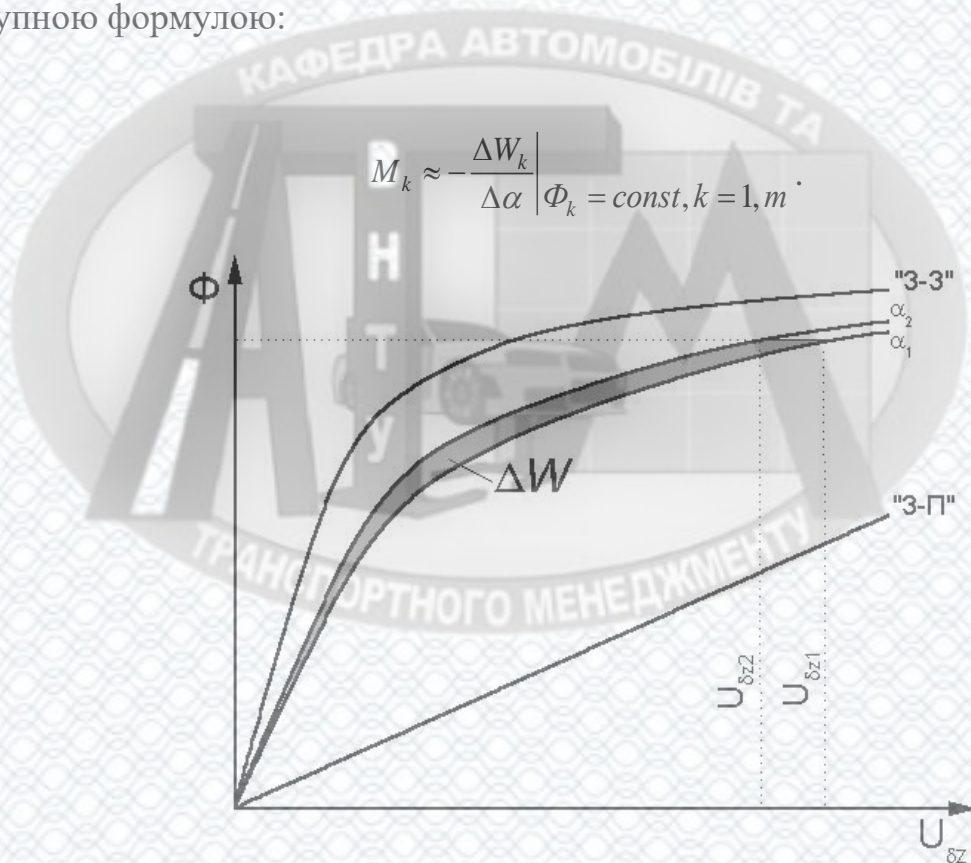


Рисунок 2.5 – Інтерпретація розрахунку електромагнітного моменту

Для диференціювання застосовується різницева схема [3]:

$$M_k \approx - \frac{Z_r}{10\Delta\alpha} \left(-2W_{k(-2)} - W_{k(-1)} + W_{k(+1)} + 2W_{k(+2)} \right), \quad (2.41)$$

де $\Delta\alpha$ - електричний радіан;

$W_{k(-2)} \dots W_{k(+2)}$ – магнітна енергія k -тої фази, обумовлена полем повітряного зазору, при кутовому переміщенні ротора енергія магнітного поля, що визначається повітряним зазором при невеликих переміщеннях ротора.

Згідно енергетичних діаграм можна визначити середні значення моментів, які пропорційні площі графіка:

$$W_{k(+n)} = \frac{N_p}{m} \int_0^{\Phi_k} U_{\delta z, k} d\Phi. \quad (2.42)$$

При $n=4$ можна наближено визначити $W_{k(+n)}$ використовуючи формулу Ньютона-Коутса [1].

Диференціальні рівняння ВІМ.

Процеси в трифазних вентильно-індукторних машинах можна визначити, використовуючи систему диференціальних рівнянь. В основі розрахункової моделі лежить система диференціальних рівнянь, що описують електромеханічні процеси в трифазній ВІМ:

$$\begin{cases} \frac{d\Psi_k}{dt} = u_k - r_k i_k; \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{Z_2}{j} (M - M_n); \\ \frac{d\alpha}{dt} = \omega, \end{cases} \quad (2.43)$$

де k – номер фази, $k = 1, 3$;

Ψ_k, u_k, i_k – потокозчеплення, напруга і струм k -ої фазної обмотки;

ω – кутова швидкість обертання валу ротора;

J - інерційний момент системи;

Z_2 – кількість зубців ротора;

α – кут положення ротора.

дизеля, яка описує всі робочі процеси, що відбуваються в період холодного пуску. Модель описує процеси газообміну, стиснення та теплообміну в пусковий період.

3. Для опису процесу роботи статор-генераторної установки при пуску дизеля в роботі обґрунтована модель роботи вентиляно-індукторної машини, яка описує електромагнітні процеси, що мають місце при пусковому режимі роботи.



3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Технологічний розрахунок виробничо-технічної бази ТОВ «АТП Слободянюк» виконується за методикою, викладеною у [10, 21, 23].

Для полегшення розрахунків розробимо розрахункову електронну таблицю в Microsoft Excel.

3.1 Розрахунок виробничої програми АТП

Розглянемо умови ТО і ПР рухомого складу. Весь парк рухомого складу складають автобуси, об'єднані в такі технологічно сумісні групи:

- Богдан А-092, Атаман А-093 в кількості 24 автобуси;
- Богдан А145 в кількості 5 автобусів;
- Мерседес Спринтер в кількості 4 автобуси.

Відповідно до даних розділу 1 приймаємо:

- середньодобовий пробіг – 174 км;
- категорія умов експлуатації – III;
- кількість робочих днів АТП на рік – 365.

Відповідно до рекомендацій [10, 21, 23] приймаємо режим роботи виробничих підрозділів, наведений в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Режим роботи виробничих підрозділів

Найменування видів робіт по ТО і ПР рухомого складу	Режим виробництва		
	число днів роботи на рік	число змін роботи на добу	період виконання (зміни)
1	2	3	4
Роботи ЩО	305	1	III
Діагностика Д-І і Д-ІІ	255	1	I

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Роботи ТО-1	255	1	II
Роботи ТО-2	255	1	I
Постові роботи ПР	255	2	I
Дільничні роботи ПР	255	1	I

Вихідні дані та розрахунок виробничої програми АТП наведено в табл. 3.2 – 3.3.

Таблиця 3.2 – Визначення періодичності ТО і пробігу до КР автобусів

Показник	Позначення	Богдан А-092	Богдан А145	Мерседес Спринтер
1	2	3	4	5
Спискова кількість автомобілів	$A_{СП}$	24	5	4
Нормативний пробіг до КР, км	L_K^H	400000	500000	400000
Коефіцієнт K_1 корект. пробігу до КР	K_1	0,8	0,8	0,8
Коефіцієнт K_2 корект. пробігу до КР	K_2	1,00	1,0	1,0
Коефіцієнт K_3 корект. пробігу до КР	K_3	1,1	1,1	1,1
Нормативний пробіг автобуса до ТО-1, км	$L_{ТО-1}^H$	5000	5000	5000
Нормативний пробіг автобуса до ТО-2, км	$L_{ТО-2}^H$	20000	20000	20000
Коефіцієнт K_1 корект. періодичності ТО-1 і ТО-2	K_1	0,8	0,8	0,8
Коефіцієнт K_3 корект. періодичності ТО-1 і ТО-2	K_3	1,0	1,0	1,0
Пробіг рухомого складу до КР, км	L_K	352000	440000	352000
Пробіг рухомого складу до ТО-1, км	$L_{ТО-1}$	4000	4000	4000
Пробіг рухомого складу до ТО-2, км	$L_{ТО-2}$	16000	16000	16000
Середньодобовий пробіг, км	$l_{сд}$	174	174	174
Корегований пробіг рухомого складу до ТО-1 по середньодобовому, км	$L_{ТО-1}$	4000	4000	4000
Корегований пробіг рухомого складу до ТО-2 по середньодобовому, км	$L_{ТО-2}$	16000	16000	16000
Корегований пробіг рухомого складу до КР, км	L_K	352000	448000	352000

Таблиця 3.3 – Розрахунок річної та добової програми АТП

Показник	Позначення	Богдан А-092	Богдан А145	Мерседес Спринтер
1	2	3	4	5
Розрахунок загального річного пробігу				
Тривалість простою автобусів в КР, днів	α_K	18	18	18
Тривалість простою автобусів в ТО і ПР, днів/1000км	$\alpha_{ТОПР}$	0,25	0,3	0,25
Коефіцієнт K_2 коректування тривалості простою в ТО і ПР	K_2	1,0	1,0	1,0
Річний пробіг автобусів, км	L_p	1448349,76	299804,26	241391,63
Річна програма АТП				
Річна кількість КР	N_K	4,11	0,67	0,69
Річна кількість ТО-2	$N_{ТО-2}$	86,41	18,07	14,40
Річна кількість ТО-1	$N_{ТО-1}$	271,57	56,21	45,26
Річна кількість ЩОд	$N_{ЩОд}$	8323,85	1723,01	1387,31
Річна кількість СО	$N_{СО}$	48	10	8
Річна кількість Д-1	$N_{Д-1}$	385,13	79,90	64,19
Річна кількість Д-2	$N_{Д-2}$	103,69	21,68	17,28
Добова програма АТП				
Добова кількість ТО-1	$N_{ТО-1}^{\circ}$	1,06	0,22	0,18
Разом		1,46		
Добова кількість ТО-2	$N_{ТО-2}^{\circ}$	0,34	0,07	0,06
Разом		0,47		
Добова кількість ЩОд	$N_{ЩОд}^{\circ}$	22,81	4,72	3,80
Разом		31,33		

3.2 Розрахунок обсягів робіт АТП та розподіл їх за видами робіт

Нормативна трудомісткість ТО-1, ТО-2 і ПР вибирається з [23] і коригуються для умов даного АТП визначається за формулами:

Так як кількість автобусів на підприємстві менше 50 приймаємо проведення мийних робіт ручним методом, при цьому нормативи трудомісткості, наведені в

[23], слід приймати з коефіцієнтом 1,3...1,5. Трудомісткість щоденного обслуговування $t_{\text{ЩОт}}$ приймається як половина від $t_{\text{ЩОд}}$.

Результати коригування трудомісткостей робіт наведено в табл. 3.4, а результати розрахунку річного обсягу робіт в табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Корегування нормативів трудомісткостей

Показник	Позначення	Богдан А-092	Богдан А145	Мерседес Спринтер
1	2	3	4	5
Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.-год	$t_{\text{ЩО}}^H$	0,45	0,6	0,45
Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.-год	$t_{\text{ТО-1}}^H$	6,0	7,5	6,0
Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.-год	$t_{\text{ТО-2}}^H$	24,0	30,0	24,0
Нормативна трудомісткість ПР, люд.-год/1000км	$t_{\text{ПР}}^H$	3,0	3,3	3,0
Коефіцієнт K_1 коректування питомої трудомісткості ПР	K_1	1,2	1,2	1,2
Коефіцієнт K_2 коректування трудомісткості ЩО, ТО-1, ТО-2 і ПР	K_2	1,0	1,0	1,0
Коефіцієнт K_3 коректування питомої трудомісткості ПР	K_3	0,9	0,9	0,9
Коефіцієнт K_4 коректування трудомісткості ТО-1, ТО-2 і ПР	K_4	1,55	1,55	1,55
Коефіцієнт K_5 коректування питомої трудомісткості ПР	K_5	1,0	1,0	1,0
Коригована трудомісткість ЩОд, люд.-год	$t_{\text{ЩОд}}$	0,45	0,60	0,45
Коригована трудомісткість ЩОт, люд.-год	$t_{\text{ЩОт}}$	0,23	0,30	0,23
Коригована трудомісткість ТО-1, люд.-год	$t_{\text{ТО-1}}$	9,30	11,63	9,30
Коригована трудомісткість ТО-2, люд.-год	$t_{\text{ТО-2}}$	37,20	46,50	37,20
Коригована трудомісткість ПР, люд.-год/1000км	$t_{\text{ПР}}$	5,02	5,52	5,02

Таблиця 3.5 - Розрахунок річного обсягу робіт по ТО і ПР

Показник	Позначення	Богдан А-092	Богдан А145	Мерседес Спринтер	Разом
1	2	3	4	5	6
Коефіцієнт, що враховує виконання ЩОт при ПР, пов'язаним із заміною агрегатів	$K_{ПР}$	1,6	1,6	1,6	
Частка трудомісткості ТО-2, що припадає на одне СО	m_1	0,2	0,2	0,2	
Річний обсяг робіт ЩОд, люд.-год.	$T_{ЩОд}$	3745,73	1033,81	624,29	5403,83
Річний обсяг робіт ЩОт, люд.-год.	$T_{ЩОт}$	128,87	35,66	21,48	186,00
Річний обсяг робіт ТО-1, люд.-год.	T_1	2525,56	653,48	420,93	3599,97
Річний обсяг робіт ТО-2, люд.-год.	T_2	3571,47	933,19	595,24	5099,90
Річний обсяг робіт ПР, люд.-год.	$T_{ПР}$	7273,61	1656,18	1212,27	10142,06
Сумарний річний обсяг робіт по АТП, люд.-год.	T_e	17245,24	4312,31	2874,21	24431,76

Обсяг робіт з ТО і ПР розподіляється за видами робіт за технологічними і організаційними ознаками. ТО і ПР рухомого складу виконуються на постах і виробничих дільницях. До постових відносять роботи з ТО і ПР, які виконуються безпосередньо на автомобілі. Роботи по перевірці та ремонту вузлів, механізмів і агрегатів, знятих з автомобіля, виконуються на дільницях.

Розподіл обсягу робіт з ТО і ПР виконується за рекомендаціями [23], а результати розрахунку по групам рухомого складу наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розподіл трудомісткості робіт за видами робіт, люд.-год.

Види робіт ТО і ПР	%	Богдан А-092	Богдан А145	Мерседес Спринтер	Разом
1	2	3	4	5	6
ЩОд					
Мийні	10	374,57	103,38	62,43	540,38

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
Прибиральні	20	749,15	206,76	124,86	1080,77
Заправні	11	412,03	113,72	68,67	594,42
Контрольно-діагностичні	12	449,49	124,06	74,91	648,46
Ремонтні (усунення дрібних несправностей)	47	1760,49	485,89	293,42	2539,80
Разом:	100	3745,73	1033,81	624,29	5403,83
ЩОт					
Прибиральні	55	70,88	19,61	11,81	102,30
Мийні (включаючи сушку-обтирання)	45	57,99	16,04	9,67	83,70
Разом:	100	128,87	35,66	21,48	186,00
ТО-1					
Діагностика загальна (Д-1)	8	202,04	52,28	33,67	288,00
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	92	2323,52	601,20	387,25	3311,97
Всього:	100	2525,56	653,48	420,93	3599,97
ТО-2					
Діагностика поглиблена (Д-2)	7	250,00	65,32	41,67	356,99
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	93	3321,47	867,86	553,58	4742,91
Всього:	100	3571,47	933,19	595,24	5099,90
ПР, постові роботи					
Діагностика загальна (Д-1)	1	72,74	16,56	12,12	101,42
Діагностика поглиблена (Д-2)	1	72,74	16,56	12,12	101,42
Регулювальні і розбірно-складальні роботи	27	1963,88	447,17	327,31	2738,36
Зварювальні роботи	5	363,68	82,81	60,61	507,10
Бляхарські роботи	2	145,47	33,12	24,25	202,84
Фарбувальні роботи	8	581,89	132,49	96,98	811,36
Разом:	44	3200,39	728,72	533,40	4462,51
ПР, Дільничні роботи					
Агрегатні роботи	17	1236,51	281,55	206,09	1724,15
Слюсарно-механічні роботи	8	581,89	132,49	96,98	811,36

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
Електротехнічні роботи	7	509,15	115,93	84,86	709,94
Акумуляторні роботи	2	145,47	33,12	24,25	202,84
Ремонт приладів системи живлення	3	218,21	49,69	36,37	304,26
Шиномонтажні роботи	2	145,47	33,12	24,25	202,84
Роботи вулканізації	1	72,74	16,56	12,12	101,42
Ковальсько-ресорні роботи	3	218,21	49,69	36,37	304,26
Мідницькі роботи	2	145,47	33,12	24,25	202,84
Зварювальні роботи	2	145,47	33,12	24,25	202,84
Бляхарські роботи	2	145,47	33,12	24,25	202,84
Арматурні роботи	3	218,21	49,69	36,37	304,26
Оббивні роботи	3	218,21	49,69	36,37	304,26
Разом:	55	4000,49	910,90	666,75	5578,13
Всього:	100	7273,61	1656,18	1212,27	10142,06

3.3 Розрахунок чисельності виробничого персоналу

Облікова чисельність виробничих робітників по ТО і ПР визначається відношенням річного обсягу робіт до ефективного річного фонду часу працюючих, явочна чисельність – те ж, відношенням до номінального річного фонду часу працюючих [10, 21, 23].

Режим роботи і фонди робочого часу за спеціальностями наведено в таблиці 3.7, а результати розрахунків необхідної кількості ремонтних робітників за видами робіт ТО і ПР наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.7 – Режим роботи і фонди робочого часу ремонтних робітників [23]

Найменування професій працюючих	Тривалість		Річний фонд часу робітників, год.	
	робочого тижня, год.	основної відпустки, дні	номінальний	ефективний
Маляр	36	24	1830	1610
Всі інші професії, включаючи водіїв автомобілів і автобусів	41	24	2070	1820

Таблиця 3.8 - Розподіл робітників робіт з ТО і ПР за видами робіт

Види робіт ТО і ПР	Трудо- місткість по видам робіт, люд.-год.	Розрахункова чисельність робітників	
		штатна	явочна
1	2	3	4
ЩОд			
Мийні	540,38	0,297	0,261
Прибиральні (включаючи сушку-обтирання)	1080,77	0,594	0,522
Заправні	594,42	0,327	0,287
Контрольно-діагностичні	648,46	0,356	0,313
Ремонтні (усунення дрібних несправностей)	2539,80	1,395	1,227
Разом:	5403,83	2,969	2,611
ЩОт			
Прибиральні	102,30	0,056	0,049
Мийні (включаючи сушку-обтирання)	83,70	0,046	0,040
Разом:	186,00	0,102	0,090
ТО-1			
Діагностика загальна (Д-1)	288,00	0,158	0,139
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	3311,97	1,820	1,600
Всього:	3599,97	1,978	1,739
ТО-2			
Діагностика поглиблена (Д-2)	356,99	0,196	0,172
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	4742,91	2,606	2,291
Всього:	5099,90	2,802	2,464
ПР			
Постові роботи			
Діагностика загальна (Д-1)	101,42	0,056	0,049
Діагностика поглиблена (Д-2)	101,42	0,056	0,049
Регулювальні і розбірно-складальні роботи	2738,36	1,505	1,323
Зварювальні роботи	507,10	0,279	0,245
Бляхарські роботи	202,84	0,111	0,098
Фарбувальні роботи	811,36	0,504	0,443
Разом:	4462,51	2,452	2,156
Дільничні роботи			
Агрегатні роботи	1724,15	0,947	0,833
Слюсарно-механічні роботи	811,36	0,446	0,392
Електротехнічні роботи	709,94	0,390	0,343
Акумуляторні роботи	202,84	0,111	0,098
Ремонт приладів системи живлення	304,26	0,167	0,147
Шиномонтажні роботи	202,84	0,111	0,098
Роботи вулканізації (ремонт камер)	101,42	0,056	0,049

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4
Ковальсько-ресорні роботи	304,26	0,167	0,147
Мідницькі роботи	202,84	0,111	0,098
Зварювальні роботи	202,84	0,111	0,098
Бляхарські роботи	202,84	0,111	0,098
Арматурні роботи	304,26	0,167	0,147
Оббивні роботи	304,26	0,167	0,147
Разом:	5578,13	3,065	2,695
Всього:	10142,06	5,573	4,900

За результатами розрахунків в табл. 3.7-3.8 видно, що частина робіт мають трудомісткість менше 2000 люд.-год., тобто менше 1 робітника. Тому виконаємо об'єднання робітників споріднених спеціальностей та розподілимо їх за місцем виконання. Результати об'єднання споріднених робіт та уточнена виробнича структура наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Розподіл трудомісткості та робітників за виробничими зонами і дільницями

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Чисельність робітників	
		штатна	явочна
Зона прибирально-мийних робіт	1807,15	1	1
Контрольно-технічні роботи та усунення дрібних несправностей, заправні роботи	3782,68	2	2
Зона ТО і ПР з шиномонтажними роботами	11945,33	7	6
Арматурно кузовна дільниця	2231,25	1	1
Фарбувальна дільниця	811,36	1	1
Агрегатно-механічна дільниця	2535,51	1	1
Дільниця ремонту приладів систем живлення та електротехнічна	1217,05	1	1
Разом	24330,33	14	13

Виконання допоміжних робіт планується наявним виробничим персоналом.

3.4 Розрахунок кількості постів

Розрахунки виробничих постів за видами виконуємо за методикою [10, 21, 23]. Нормативні значення та вихідні параметрів для розрахунку наведено в табл. 3.10, результати розрахунків наведено в таблиці 3.11. Тривалість зміни приймаємо 8 годин, кількість змін на добу наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.10 - Вихідні дані для розрахунку кількості робочих постів

Типи робочих постів	Коефіцієнт резервування постів для компенсації нерівномірного завантаж.	Чисельність робітників, які одночасно працюють на посту	Коефіцієнт використання робочого часу поста
Шоденне обслуговування:			
прибиральні	1,8	2	0,98
мийні	1,8	1	0,9
заправочні	1,8	1	0,9
контрольно-діагностичні	1,8	1,5	0,98
ремонтні	1,8	1,5	0,98
Технічне обслуговування ТО-1 та ТО-2			
діагностичні	1,4	2	0,9
кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1,4	2	0,98
Поточний ремонт:			
діагностичні	1,4	2	0,9
регулювальні і розбирально-складальні	1,4	1,5	0,98
зварювальні-бляхарські	1,4	1,5	0,98
фарбувальні	1,8	2	0,98

Таблиця 3.11 – Розрахунок кількості постів

Типи робочих постів	Кількість постів	
	розрахункова	прийнята
ЩО		
прибиральні	0,37	1
мийні	0,43	
заправочні	0,41	
контрольно-діагностичні	0,27	2
ремонтні	1,07	
ТО-1		
діагностичні	0,11	2 (II зміна)
кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1,55	
ТО-2		
діагностичні	0,14	2 (I зміна)
кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	1,66	
Поточний ремонт		
діагностичні	0,08	1
регулювальні і розбирально-складальні	0,64	
зварювально-бляхарські	0,33	1
фарбувальні	0,37	1

Враховуючи результати розрахунків приймаємо 1 пост прибирально-мийних робіт, 2 пост контрольно-діагностичних, ремонтних і заправний пост, 1 пост ПР. Для забезпечення робіт ТО приймаємо загалом 2 поста, адже ТО-1 планується в II зміну, а ТО-2 – в I зміну. Також передбачаємо по одному посту для зварювально-бляхарських робіт та малярних робіт. Ці пости будуть розміщені в приміщеннях відповідних ділянок.

3.5 Розрахунок площ виробничо-складських приміщень

Площа виробничих приміщень, де роботи виконуються на постах, визначається за формулою:

$$F_3 = f_a X_3 K_{щ},$$

де f_a – площа, яку займає автомобіль в плані (по габаритним розмірам), м²;

X_3 – число постів та автомобіле-місць очікування;

$K_{щ}$ – коефіцієнт щільності розстановки постів.

Площі ділянок розраховують по сумарній площі горизонтальної проекції обладнання, яке розташоване на даній ділянці і коефіцієнту щільності його розташування. Однак площі можна визначити наближено за рекомендаціями [10, 21].

Результати визначення площ зон та ділянок наведено в табл. 3.12- 3.13

Таблиця 3.12 – Розрахунок площ приміщень, обладнаних постами

Вид приміщення	Кількість постів	Коефіцієнт щільності	Площа од. РС, м ²	Площа приміщення, м ²
Зона ТО і ПР	3	5	24,5	367,5
Арматурно-кузовна ділянка	1	6	24,5	147
Фарбувальна ділянка	1	6	24,5	147

Таблиця 3.13 – Розрахунок площ ділянок

Вид приміщення	Чисельність робітників	Площа приміщення, м ²
Агрегатно-механічна ділянка	1	36
Ділянка ремонту приладів систем живлення та електротехнічна	1	27

Площі складських приміщень АТП визначаються за методикою [10,21], Розрахунок площ складських приміщень наведено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Розрахунок площ складських приміщень

Вид приміщення	Питома корегована площа приміщень на 10 од.РС, м ²			Площа приміщення, м ²
	Богдан А-092	Богдан А145	Мерседес Спринтер	
Зап. частин, деталей, експ. матеріалів	5,854464	7,805952	5,854464	20,30
Двигунів, агрегатів і вузлів	3,99168	5,32224	3,99168	13,84
Масильних матеріалів	2,395008	3,193344	2,395008	8,30
Фарбувальних матеріалів	0,798336	1,064448	0,798336	2,77
Інструменту	0,199584	0,266112	0,199584	0,69
Кисню, азоту і ацетилену	0,266112	0,354816	0,266112	0,92
Металу, металобрухту	0,399168	0,532224	0,399168	1,38
Автомобільних шин	3,459456	4,612608	3,459456	11,99
Автомобілів і агрегатів(списаних)	9,31392	12,41856	9,31392	32,29
Проміжного зберігання зап.частин і мат.	1,197504	1,596672	1,197504	4,15
Дегазованих балонів	0,33264	0,44352	0,33264	1,15

Фактичні площі АТП для виробничо-складських приміщень відповідають розрахунковим, тому доцільно застосувати існуючі виробничо-складські приміщення.

Висновок

Технологічний розрахунок ВТБ ТОВ «АТП Слободянюк» показав, що існуючі приміщення зон і діляниць підприємства, кількість постів відповідають потребам, що не вимагає додаткових дій по вдосконаленню структури ВТБ.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ «ДИЗЕЛЬ – СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА»

4.1 Формування системи «Дизель-Стартер-генераторна установка»

Стартер-генераторна установка повинна забезпечувати надійний пуск дизеля, в тому числі і при низьких температурах, без використання будь-яких допоміжних засобів передпусковий підготовки, а також генерування електричної енергії дворівневого напруги для потреб бортової мережі автомобіля. При цьому для підвищення стійкості процесу пуску-розгону бажано, щоб пускова система була здатна поточного регулювання інтенсивністю розгону шляхом раціонального варіювання споживаної потужності, а також застосуванням паралельно акумуляторним батареям конденсаторів надвисокої енергоемності.

Об'єкт моделювання являє собою сукупність дизеля типу ISUZU 4HG1, електричної машини і електронного блоку управління, інтегровану в єдину функціональну систему «ДИЗЕЛЬ-СТУ».

Двигун ISUZU 4HG1 - це чотирициліндровий, рядний, чотиритактний дизель, рідинного охолодження, з газотурбінним наддувом. Даний двигун широко застосовується на автобусах малого класу марки Богдан.

Основні показники дизеля:

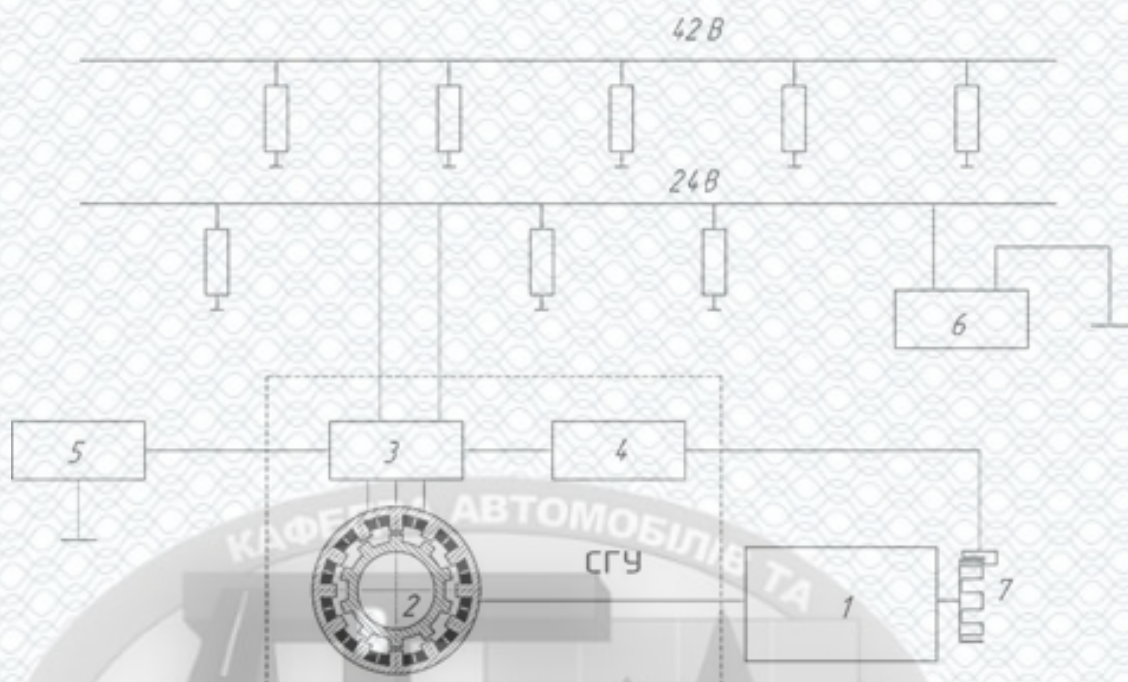
- число циліндрів: 4;
- робочий об'єм: 4,57 л;
- діаметр циліндра: 115 мм;
- хід поршня; 110 мм;
- ступінь стиснення: 19.
- питома експлуатаційний витрата палива: 220 г/(кВт.год);
- потужність: 83 кВт;
- номінальна частота обертання 2800 хв⁻¹;
- максимальний крутний момент: 325 Н · м;

- частота обертання при максимальному моменті, що крутить 1400 хв^{-1} .

В ході попереднього дослідження, за його результатами було встановлено, що найкращим варіантом електричної машини, яка поєднувала в собі функції мотора і генератора, для розроблюваної СГУ є безконтактна вентильно-індукторного машина (ВІМ). Її ротор може бути вбудований в конструкцію штатного маховика і додатково виконувати функцію електромагнітного демпфування крутильних коливань вала, а статор може бути розміщений на картері маховика дизеля. Подібне розміщення ВІМ позбавляє конструкцію від проміжних передач, знижує шум і втрати на тертя, підвищує експлуатаційну надійність пускової системи. Маючи високі енергетичні показники, вентильно-індукторного машина досить надійна в складних умовах експлуатації автомобілів і проста у виробництві.

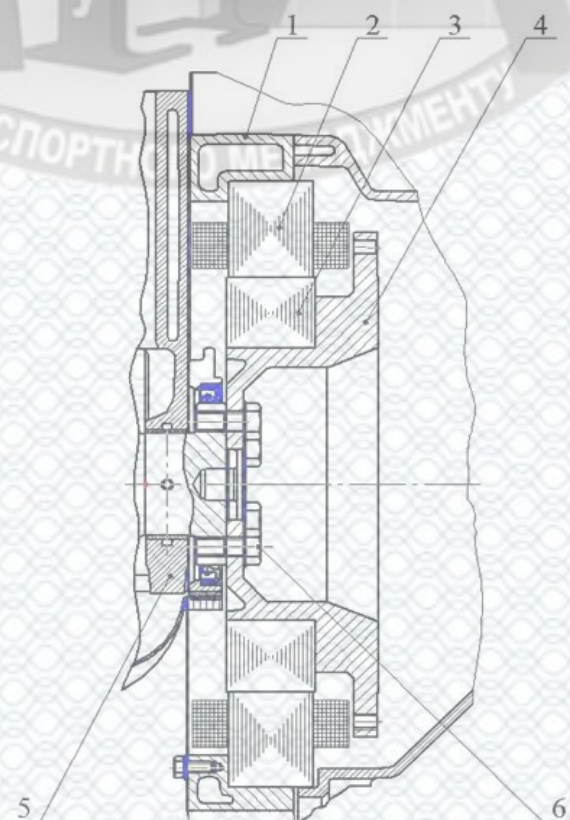
При такому виборі електромашини функціональна схема дослідної інтегрованої системи з СГУ буде являти собою електромеханічний силовий комплекс (рис.4.1), до складу якого входять ВІМ - 2, силовий перетворювач енергії 3, блок управління 4. Вентильно-індукторного машина виконує функції стартер-генератора, а силовий перетворювач напруги забезпечує його роботу в режимах стартера і генератора, і підтримує напруга в бортовій мережі на двох рівнях: 24(28)В і 42В. У режимі стартера живлення забезпечує акумуляторна батарея 6, а також енергоємний конденсатор 5.

На рис. 4.2 показана компоновальна схема вентильно-індукторного машини СГУ в єдиній структурі картера маховика. Статор 2 ВІМ розміщений в проставці охолодження 1, яка кріпиться до корпусу двигуна. Ротор 3 ВІМ встановлюється на маховику дизеля 4, формуючи тим самим конструкцію так званого «Електричного маховика», який одночасно виконує не тільки функції пускової розкрутки вала двигуна, а й махової маси. Прийнята компоновка дозволяє передавати потужність в обох напрямках і реалізувати функції гасіння крутильних коливань колінчастого вала, що сприяє зниженню шум і вібрації дизеля і кінематично пов'язаних з ним елементів трансмісії.



1 - дизель; 2 - вентиляно-індукторного машина; 3 - силовий перетворювач; 4 - блок управління; 5 - енергоємний конденсатор; 6 - акумуляторна батарея; 7 - датчик кутового положення ротора СГУ

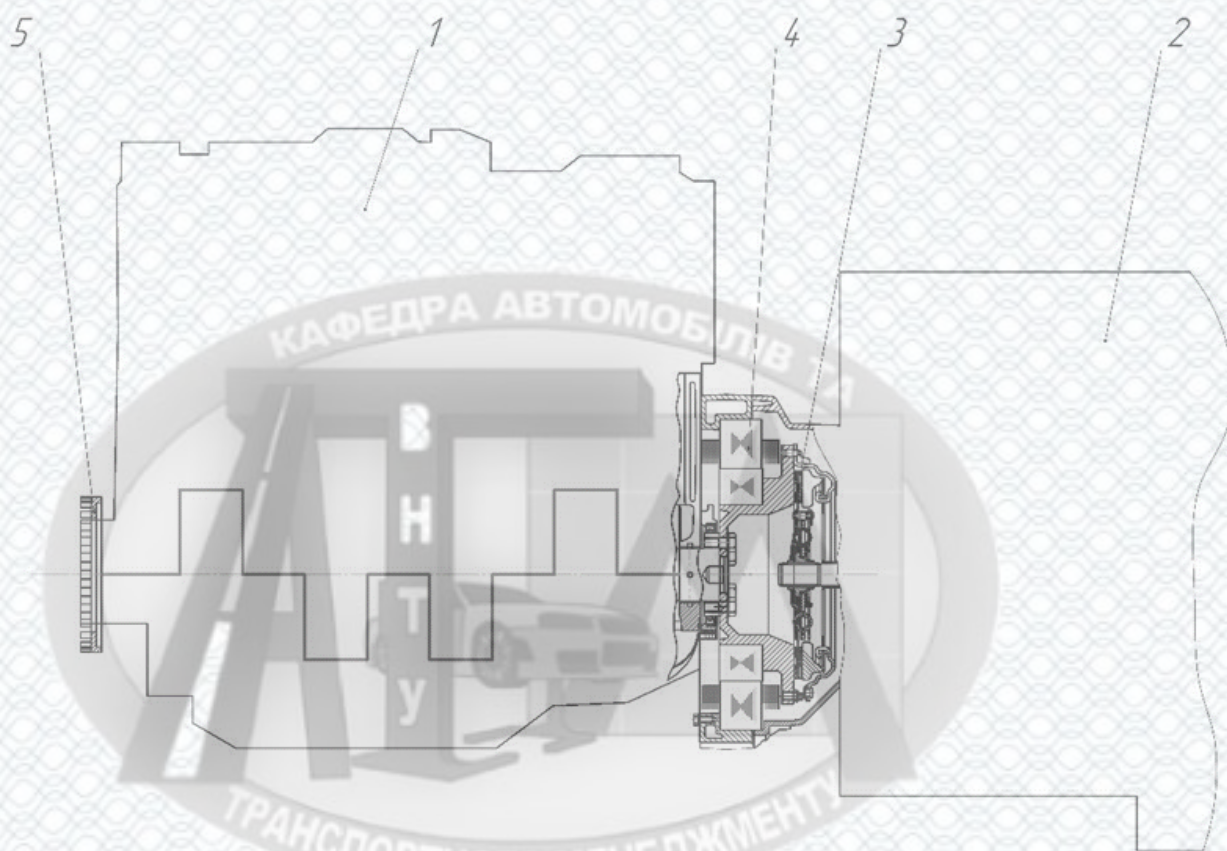
Рисунок 4.1 – Функціональна схема системи з СГУ



1 - проставка охолодження; 2 - статор; 3 - ротор ВІМ; 4 - маховик; 5-блок циліндрів; 6- болт кріплення маховика з ротором ВІМ.

Рисунок 4.2 – Схема установки ВІМ СГУ в корпусі маховика

Розміщення вентиляно-індукторної машини СГУ в складі силового агрегату трактора показано на схемі рис. 4.3.



1-дизель; 2 - коробка передач; 3 - зчеплення; 4 – вентиляно-індукторна машина СГУ; 5 - датчик положення ротора ВІМ

Рисунок 4.3 – Схема розміщення вентиляно-індукторної машини СГУ в складі силового агрегату

При прийняті рішення по розміщенню вентиляно-індукторної машини вісь її ротора збігається з віссю обертання колінчастого вала дизеля, що позбавляє конструкцію від застосування механічних передач (зубчастого редуктора). Статор ВІМ з трифазної обмоткою вбудований в корпус дизеля, а її ротор – в конструкцію маховика і не має власного корпусу і підшипникових вузлів.

Однак, зона розміщення стартер-генератора в складі силового агрегату характеризується умовами підвищеної температури в періоди роботи дизеля на високих навантажувальних режимах, а також запиленістю, в тому числі й

абразивними продуктами зносу дисків зчеплення. Ці умови для більшості традиційних електричних машин не припустимі за технічними вимогами. З цієї причини від застосування електричної машини з колектором відмовилися. Для цієї мети більше підходять вентильні машини з постійними магнітами, але у них висока вартість.

Ця обставина додатково і зумовила доцільність вибору як електричної машини для системи з СГУ безконтактної вентильно-індукторної машини, зубчастий ротор якої не має обмотки, яка часто виходить з ладу, що додатково обумовлює мінімальні індукційні втрати [3,4,5]. Використання ВІМ в складі інтегрованої системи з СГУ для дизелів вантажних автомобілів і автобусів є найкращим варіантом. У порівнянні з традиційними стартерними пристроями ВІМ має більш просту конструкцію, що підвищує її експлуатаційну надійність і технологічність при виробництві. ВІМ добре адаптована до умов роботи автомобілів, як при низьких, так і високих температурах навколишнього середовища.

Таким чином, зазначені властивості ВІМ, дозволили розмістити її в найбільш зручній зоні силового агрегату автомобіля – безпосередньо інтегрувавши ВІМ в існуючу конструкцію маховика дизеля, що не потребуватиме внесення змін до базової конструкції двигуна і трансмісії автомобіля. Це дозволяє в свою чергу значно скоротити витрати на виготовлення і складання такої конструкції, що є перевагою з точки зору виробничих витрат.

Для забезпечення необхідного теплового режиму вентильної електричної машини застосований теплообмінний модуль у вигляді спеціальної проставки, виготовленої з алюмінієвого сплаву з високою теплопровідністю. Внутрішня теплообмінна порожнину проставки підключена до контуру системи рідинного охолодження дизеля.

Завдяки раціональному вибору конфігурації і числа зубців активної зони вентильної електричної машини вдалося знизити рівень амплітуди фазного струму, що, в свою чергу, дозволило зменшити масогабаритні характеристики і струмові навантаження на блок управління. Важливою особливістю обраного варіанту

електричної машини СГУ є те, що вона в період запуску дизеля має низькі втрати в обмотках статора. Схема виконання активної зони вентильно-індукторного машини представлена на рис. 4.4.

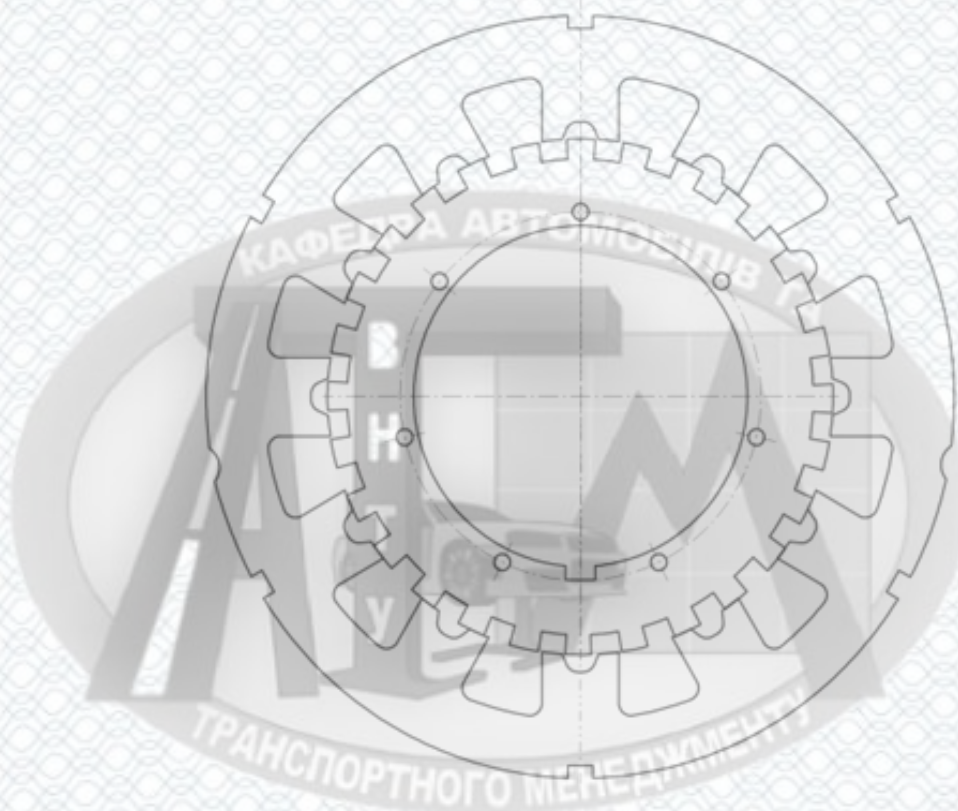


Рисунок 4.4 – Схема виконання активної зони ВІМ

Загальний вигляд індукторної електричної машини СГУ, розроблений в [24] показаний на рис.4.5, її основні розрахункові параметри наведені в табл. 4.1.

У стартерному режимі ВІМ працює з використанням енергії акумуляторної батареї. При роботі ВІМ в генераторному режимі, силовий перетворювач забезпечує перетворення напруги в бортові напруги 28В і 42В. Електронна система забезпечує управління роботою СГУ в період стартерного режиму дизеля, виявлення поточних аварійних режимів роботи і самодіагностування системи.



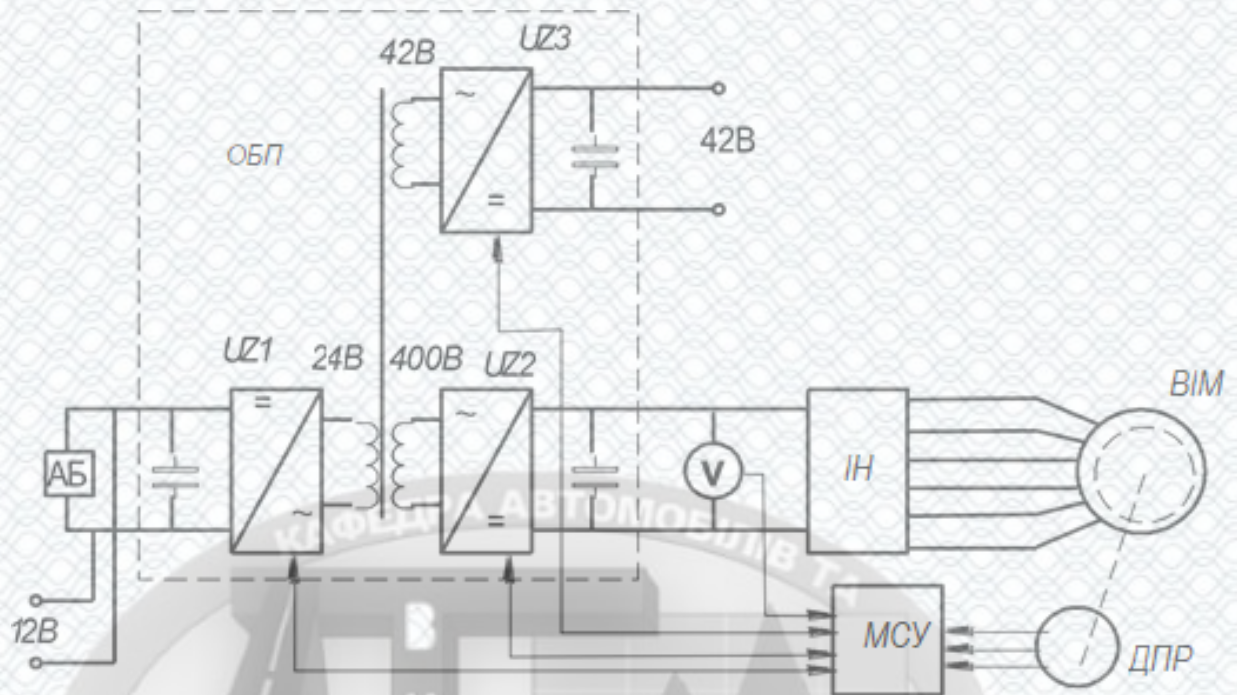
Рисунок 4.5 – Загальний вигляд електричної машини СГУ

Таблиця 4.1 – Основні параметри електричної машини СГУ

Найменування, розмірність	Значення
Напруга живлення, В	24В
Генеруєма напруга, В	42В та 28В (через силовий перетворювач)
Зовнішній діаметр статора, мм	300
Внутрішній діаметр статора, мм	205
Внутрішній діаметр ротора, мм	135
Пусковий момент не менше, Н·м	100
Максимальна потужність в режимі генератора, кВт	6,5

У складі силового перетворювача СГУ в якості вхідного перетворювача напруги застосовується оборотний багатоканальний перетворювач (ОБП) з високочастотним трифазним трансформатором. В період роботи СГУ в пусковому режимі вхідна ланка перетворювача комутується з акумуляторною батареєю. В період роботи в генераторному режимі вихідні канали перетворювача комутуються з бортовою мережею з напругою 24В і 42В.

Структурна схема багатоканального перетворювача струму представлена на рис. 4.6.



АБ – акумуляторна батарея, ОБП – оборотний багатоканальний перетворювач; ИН – індуктор напруги; МСУ – мікропроцесорна система управління; ДПР – давач положення ротора; ВІМ – вентильно-індукторна машина

Рисунок 4.6 – Структурна схема багатоканального перетворювача струму

Для високовольтного каналу багатоканального перетворювача використовується мостова схема, яка виконує функції перетворення напруги 400В. Далі цей рівень напруги перетворюється на напругу 28В (для мережі 24В) і 42В.

У конструкціях індуктора напруги (ИН) застосована напівмостова силова схема на основі повністю керованих напівпровідникових приладів – високоефективних силових транзисторів. Управління ИН здійснюється на основі інформації, отриманої від давача положення ротора ВІМ. При цьому повертаючий момент індукторної електричної машини формується за допомогою задання великої струмової установки амплітудного значення фазового струму, кута подачі переднього фронтального імпульсу напруги та тривалості імпульсу напруги. Управління ИН ведеться з контролем температур радіатора. При підвищенні температури радіатора, максимальна установка струму знижується, що забезпечує захист напівпровідникових приладів. Принципова відмінність даного ИН від

традиційного інвертора заключається в наявності на вході інвертора енергоємного конденсатора.

Схема інвертора напруги, приведена на рис. 4.7, дозволяє найбільш повно використовувати можливості індустриальної електричної машини, що забезпечує високу надійність роботи.

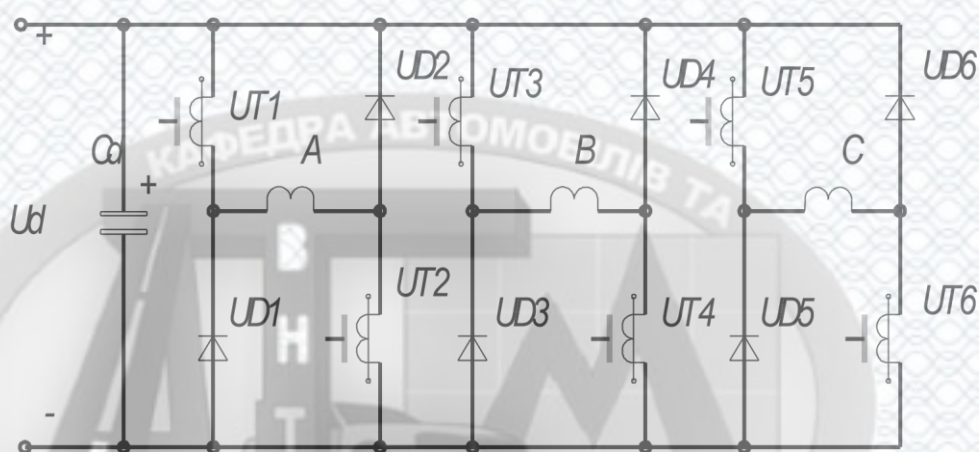


Рисунок 4.7 – Принципова схема інвертора напруги

Порядок функціонування СГУ.

У момент надходження сигналу на включення в керуючий блок індуктора напруги, під дією додатної напруги, струм в обмотці починає наростати, і при досягненні заданої величини струму виробляється сигнал на замикання одного з каналів. Таким чином, здійснюється підтримка фазного струму вентильно-інверторної електричної машини на заданому рівні методом імпульсного регулювання.

Управління здійснюється за сигналом датчика положення ротора вентильно-індукторної машини СГУ і температурного датчика, розміщеного в порожнині радіатора системи рідинного охолодження дизеля. У міру зростання температури охолоджуючої рідини, максимальний рівень струму знижується до значення, що забезпечує нормальну роботу напівпровідникових приладів.

Генераторний режим реалізується в вентильно-індукторній машині СГУ без будь-яких перемикачів в силовій схемі інвертора. Перехід до цього режиму в період роботи СГУ на режимі двигуна проводиться за рахунок реалізації часової затримки

керуючих імпульсів. В процесі роботи при значному нагріванні радіатора системи охолодження дизеля відбувається зменшення генерованої потужності вентиляно-індукторної машини.

4.2 Моделювання витратних енергетичних показників пускового режиму

Вивчення показників енергії, що витрачається на здійснення успішного пуску дизеля типу ISUZU 4HG1, проводилося на основі математичного моделювання його робочого процесу.

Процедура моделювання робочого процесу дизеля, що працює в режимі холодного пуску, зводилася до вирішення встановлених раніше систем диференційних рівнянь, що описують процеси газообміну і стиснення-розширення. Реалізація процедури вирішення таких рівнянь з використанням ПЕОМ здійснена на основі робочої програми.

Вихідні дані, необхідні для розрахунку показників робочого процесу дизеля типу ISUZU 4HG1 (об'єкта дослідження) при його роботі в режимі холодного пуску, наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку показників робочого процесу дизеля, що працює в режимі холодного пуску:

Показник	Одиниця виміру	Позначення	Числове значення
1	2	3	4
Тиск навколишнього середовища	<i>МПа</i>	p_o	0,1013
Температура навколишнього середовища	<i>К</i>	T_o	243
Діаметр циліндра	<i>м</i>	D	0,115
Число циліндрів		i	4
Хід поршня	<i>м</i>	S	0,110
Ступень стиснення	-	ε	19

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
Відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна	-	λ	0,272
Опір повітряного фільтра	Pa	Δp_ϕ	$7 \cdot 10^3$
Опір системи впуску	Pa	$\Delta p_{вип}$	$2,1 \cdot 10^3$
Фази газорозподілу (відкриття/закриття): впуск випуск	16 ° до в.м.т. /46 ° після н.м.т. 56°до н.м.т. /18° після в.м.т.		
Температура стінок деталей камери згоряння для холодного дизеля: - циліндра - поршня - головки циліндра	K	T_{wi}	243 243 243
Площі теплообмінних поверхонь: - поршня - головки циліндра	m^2	F_{wi}	$2,34 \cdot 10^{-2}$ $2,7 \cdot 10^{-2}$

Для оцінки впливу в'язкісних властивостей моторної оливи на енергетичні витрати пускового режиму дизеля здійснено порівняльне розрахункове дослідження для моторних оливок, що мають різні в'язкісно-температурні характеристики. Їх властивості приведені в табл. 4.3 і на рис. 4.8.

Таблиця 4.3 – В'язкі властивості використаних моторних оливок

Марка оливи	Кинематична в'язкість моторних оливок, m^2/s , при температурах, °C					
	100	50	0	- 10	-20	-30
SAE-5W 30	11,5	-	-	1400	2100	5800
АС _{ЗП} -6	6,0	22,8	200	390	800	2100

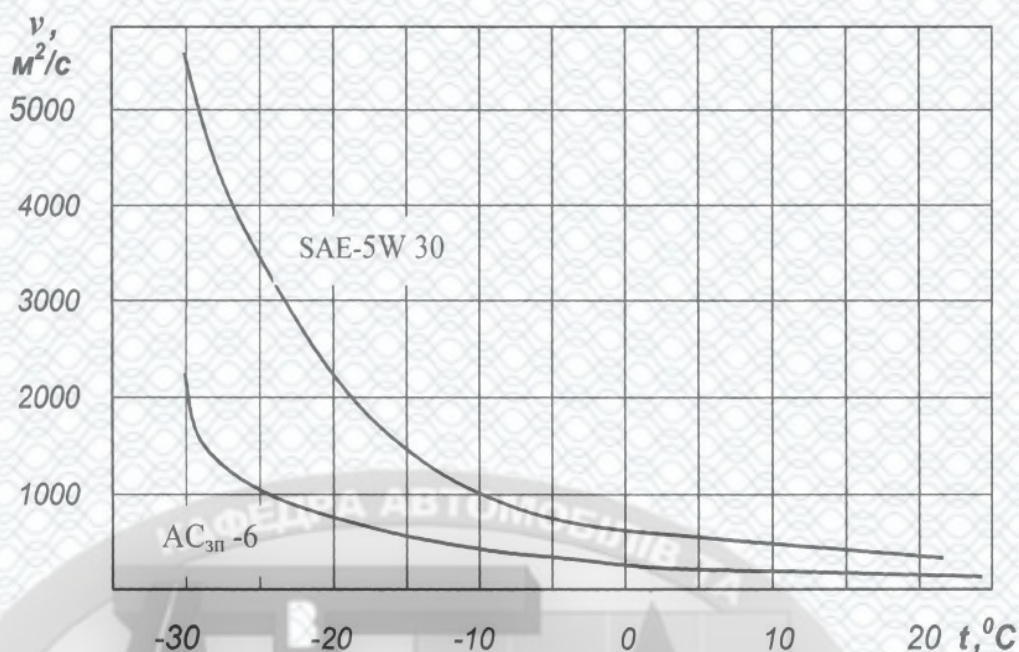


Рисунок 4.8 – В'язкісно-температурні характеристики моторних олив

Послідовність проведення математичного дослідження для виявлення енергетичних витрат, пов'язаних з подоланням опорів обертанню вала дизеля при його роботі в складі системи «двигун-пусковий пристрій», приведена на схемі рис. 4.9.

На рис. 4.10, 4.11 і 4.12 наведені розрахункові значення середнього тиску витрат p_{np} , споживаної потужності N_{np} і моменту опору прокручуванню M_{np} в період холодного пуску дизеля з використанням моторної оливи марки SAE-5W 30.

Результати порівняльного розрахункового дослідження по виявленню впливу кінематичної в'язкості використовуваної моторної оливи показали, що застосування оливи зі зниженою в'язкістю сприяє зниженню потужнісних витрат на організацію пускового режиму. Так, при заміні стандартного масла марки SAE-5W 30 на оливу типу АСзп - 6 з більш низькими показниками в'язкості (рис. 4.6) витрати пускової потужності знижуються в середньому на 25%, завдяки зменшенню моменту на прокручування колінчасто вала дизеля. Зауважимо, що марка зазначеної оливи зі зниженою кінематичною в'язкістю була обрана умовно для демонстрації правомірності заявленої ідеї, і не відображає можливість реального застосування даної оливи для досліджуваного типу дизеля.

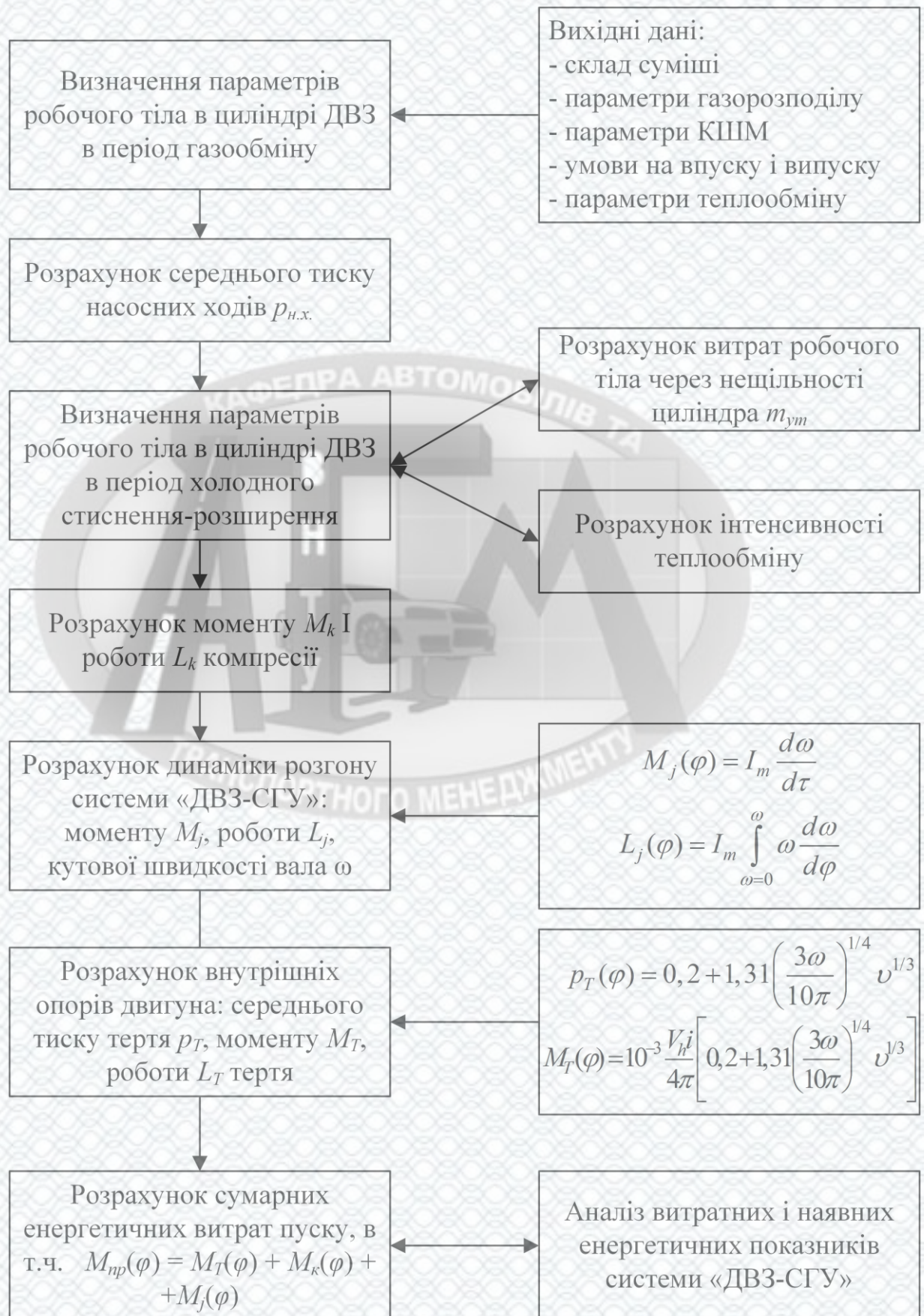


Рисунок 4.9 – Алгоритм проведення математичного дослідження по вивченню витратних енергетичних показників системи «Дизель - СГУ».

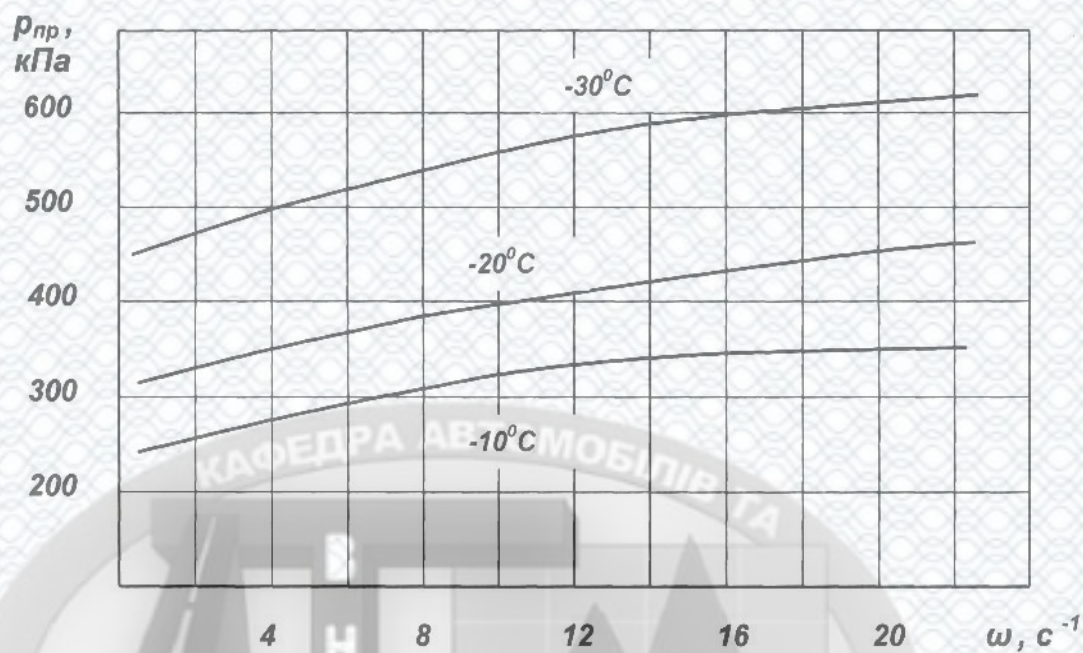


Рисунок 4.10 – Зміна розрахункового значення $p_{пр}$ в міру зростання кутової швидкості вала дизеля і зниження пускової температури

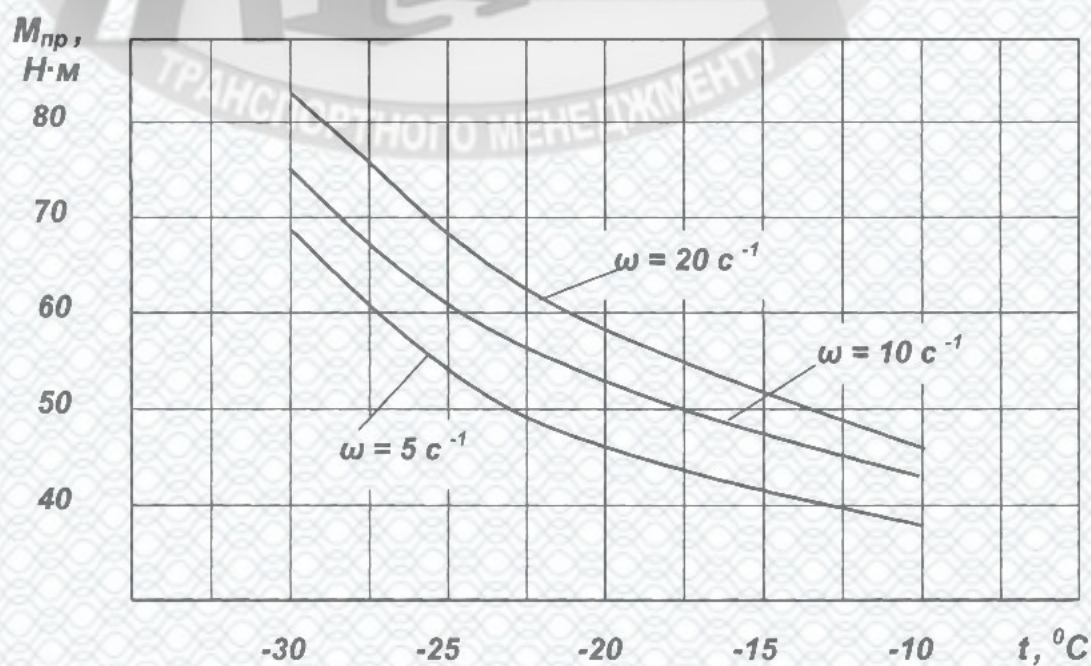


Рисунок 4.11 – Зміна величини $M_{пр}$ від температури і кутової швидкості пускового прокручування вала дизеля

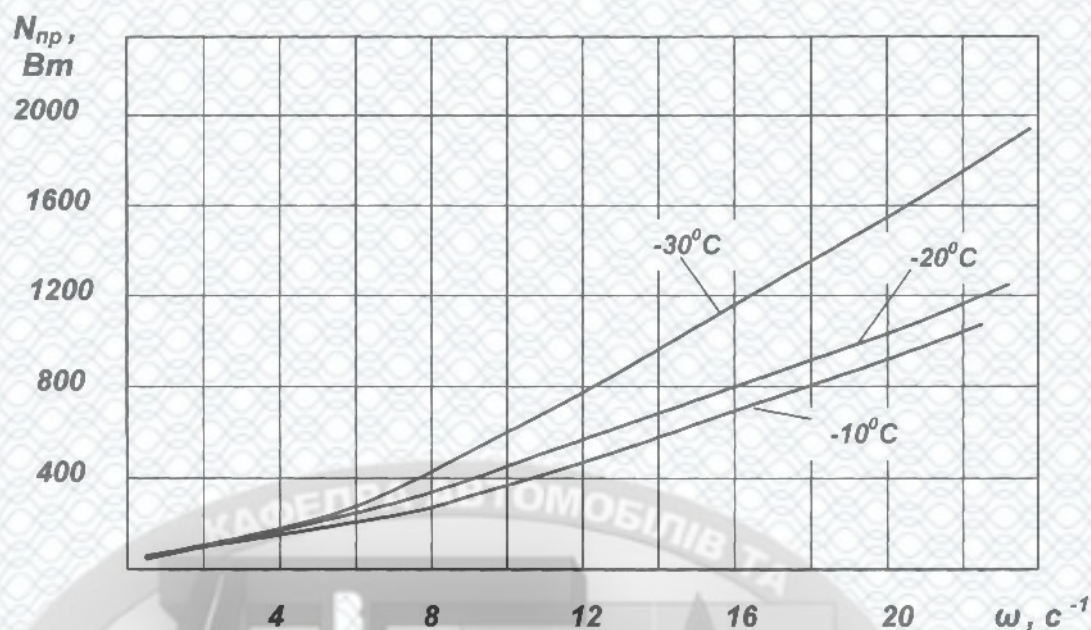


Рисунок 4.12 – Залежність витрат потужності $N_{пр}$ на прокручування колінчастого вала від його кутової швидкості при різному тепловому стані дизеля

4.3 Результати математичного дослідження ефективності поєднаної системи «Дизель-СГУ»

Розглянуті в 2 розділі моделі робочих процесів дизеля і СГУ послужили методичною основою для розробки методики скоординованого моделювання інтегрованої системи «Дизель-СГУ» з пошуку параметрів системи, при яких забезпечується необхідна ефективність пускового процесу в умовах низьких температур (до -30°C). Результати математичного дослідження наведені на рис. 4.13 ... 4.16.

На рис. 4.13 наведені показники енергетичного балансу системи «Дизель – СГУ» при температурі -30°C :

$N_{пр}$ – потужність на подолання прокручування вала системи;

$N_{сгу}$ – Ефективна потужність, що розвивається СГУ.

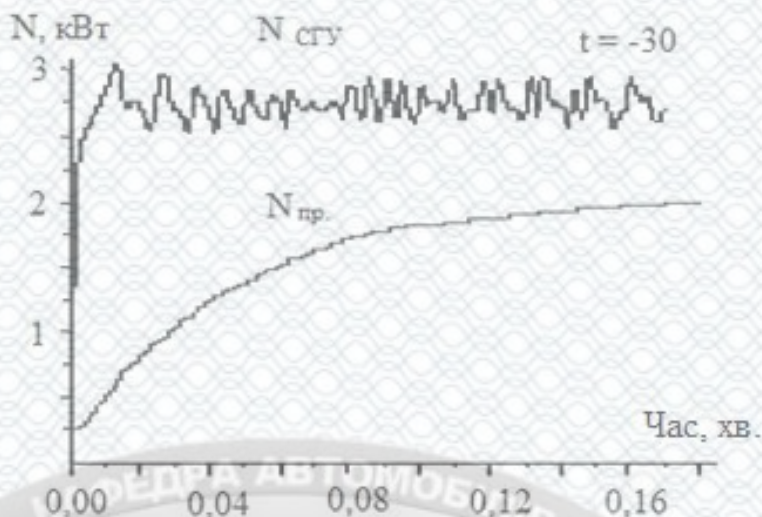


Рисунок 4.13 – Порівняльний аналіз витратних ($N_{пр}$) і наявних ($N_{сгу}$) потужностей системи «ДИЗЕЛЬ -СГУ» при температурі $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

На рис. 4.12 – 4.14 наведені показники динаміки розгону системи «Дизель – СГУ» при температурах $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. З наведених даних випливає, що ефективний момент, створюваний СГУ, при всіх досліджених рівнях температури значно перевищує момент, необхідний для провертання вала дизеля.

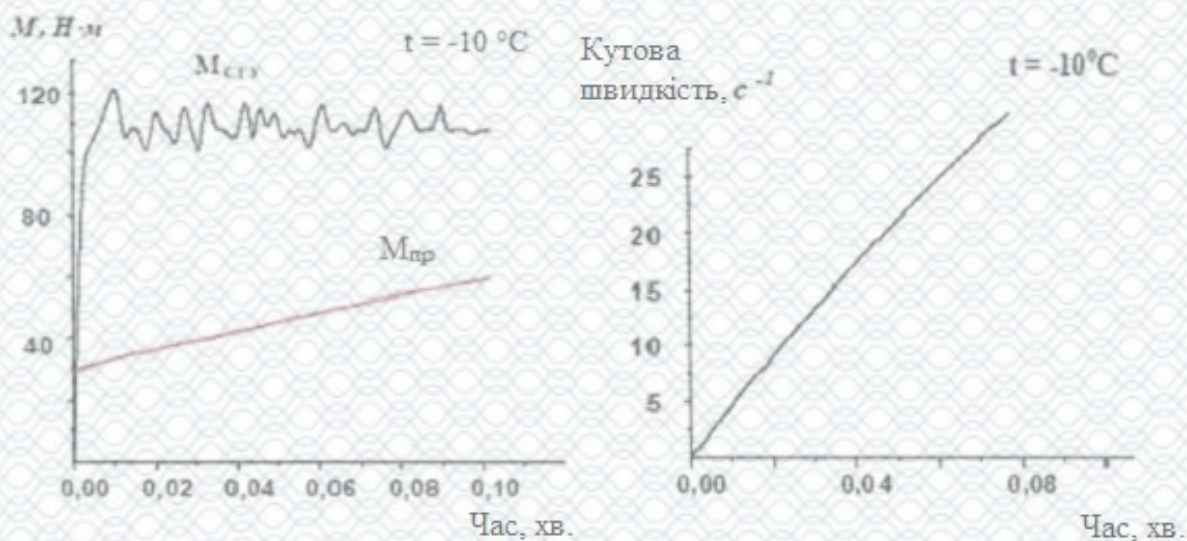


Рисунок 4.14 – Динамічні показники системи «Дизель-СГУ» при температурі $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

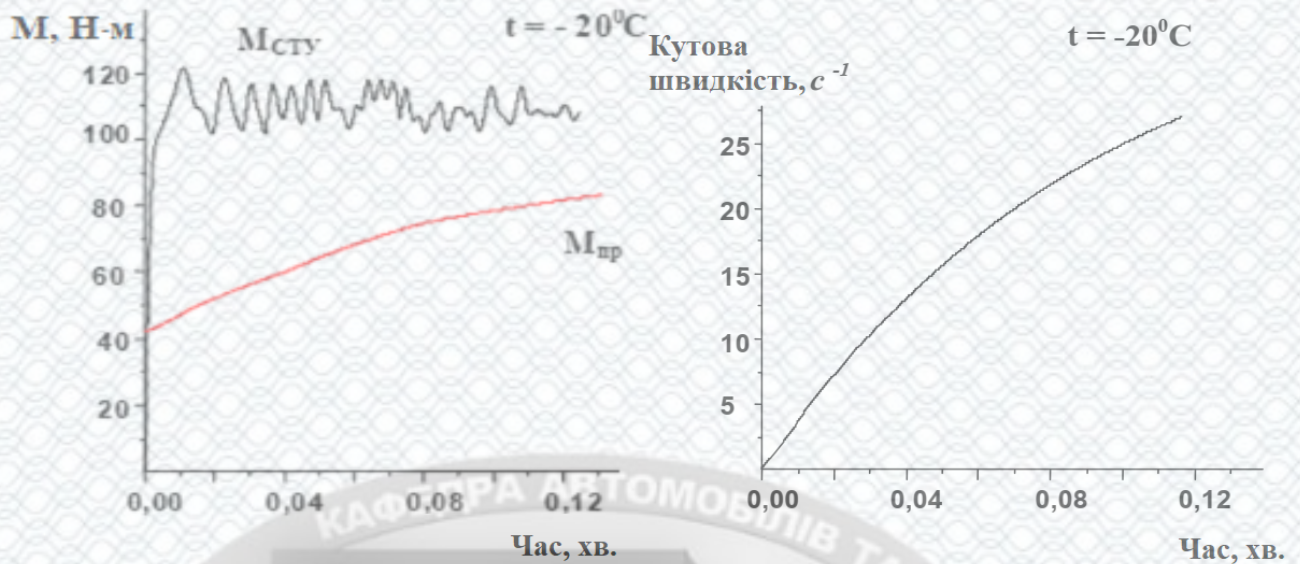


Рисунок 4.15 – Динамічні показники системи «Дизель-СГУ» при температурі -20°C

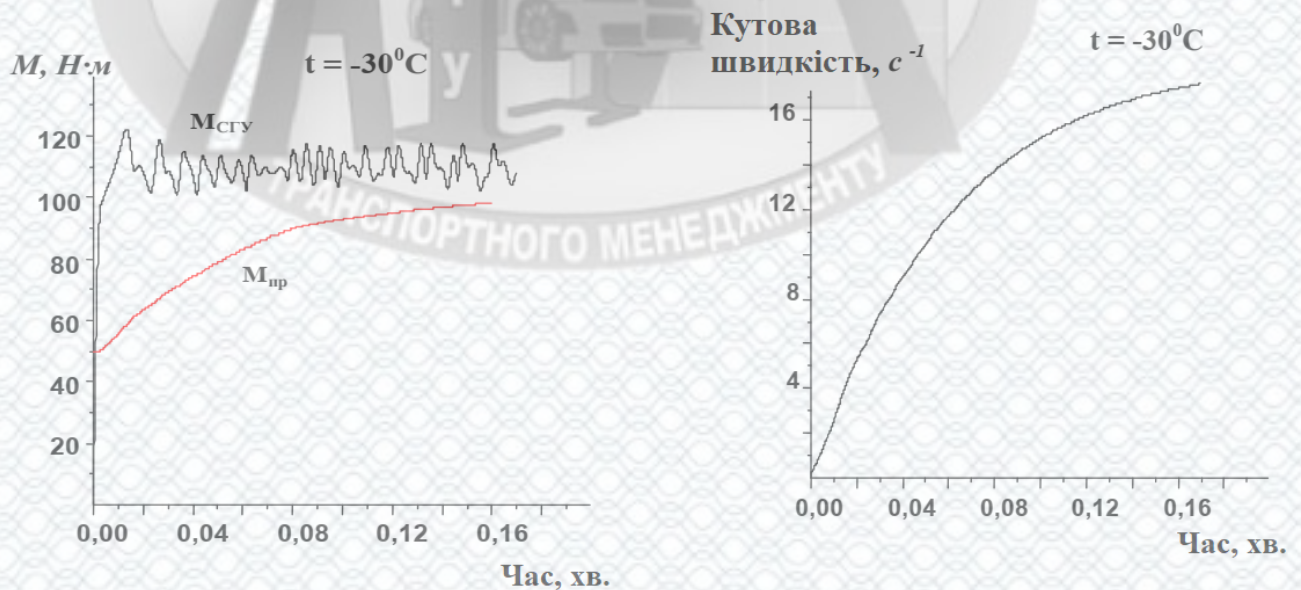


Рисунок 4.16 – Динамічні показники системи «Дизель-СГУ» при температурі -30°C

За результатами моделювання встановлено, що розроблена СГУ зберігає високу частоту обертання в режимі запуску дизеля типу ISUZU 4HG1 в широкому діапазоні зміни температури. Залежність частоти обертання СГУ в пусковому режимі від температури показана на рис. 4.17.

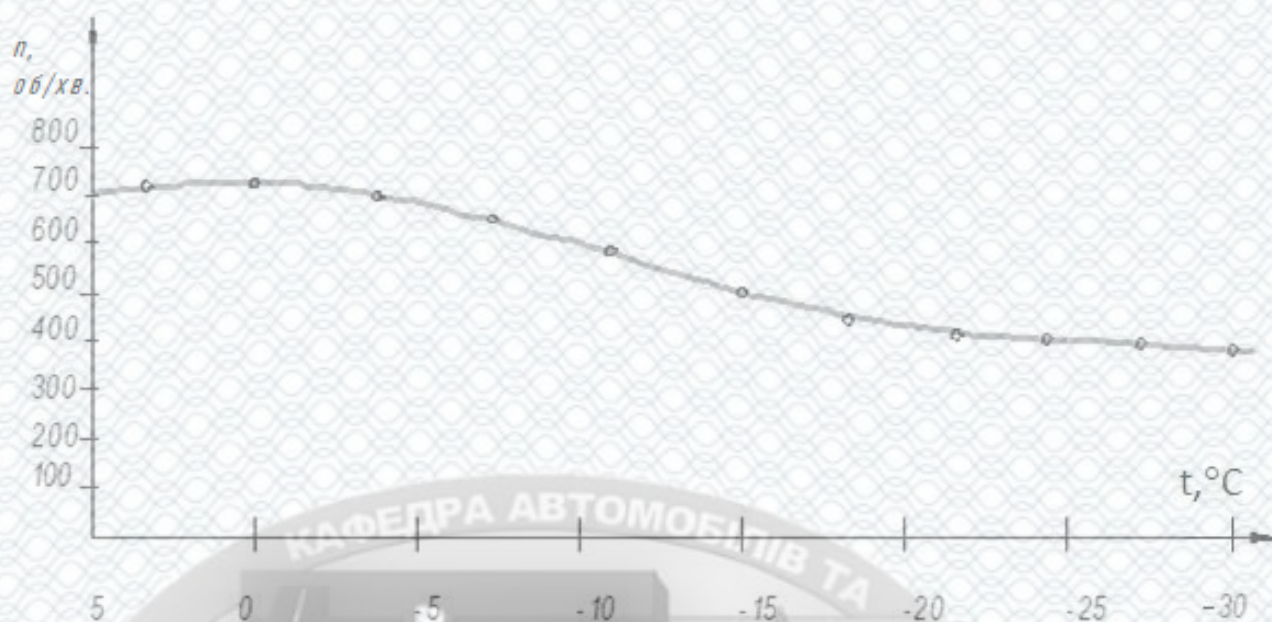


Рисунок 4.17 – Залежність швидкісного режиму СГУ в період пуску дизеля від температури

При цьому час, що витрачається на успішний запуск дизеля, в міру зниження температури зростає, хоча і не перевищує допустимі значення в 10 с при температурі -30°C (рис. 4.18).

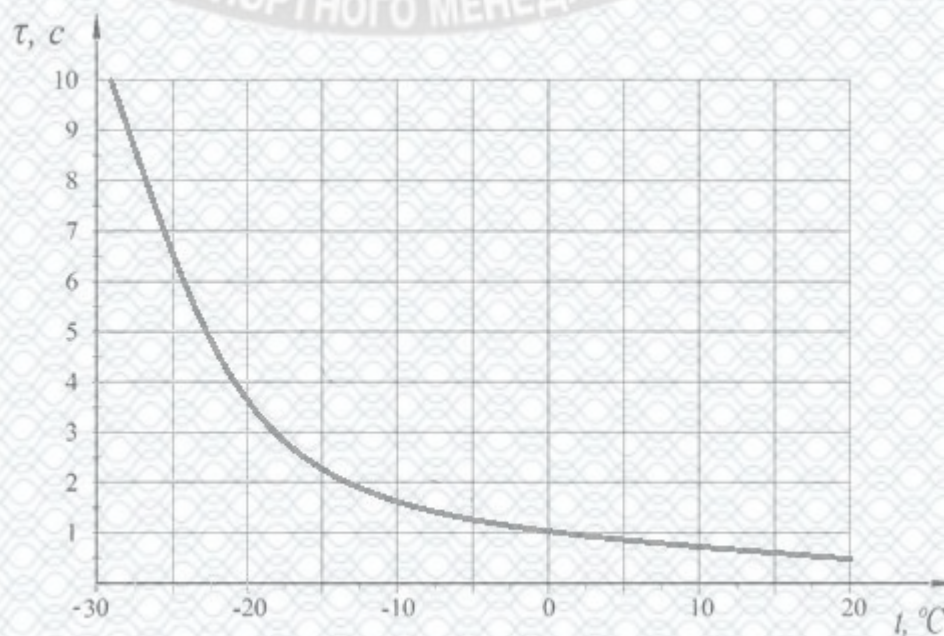


Рисунок 4.18 – Залежність часу запуску дизеля від температури

Таким чином, параметри холодного пуску тракторного типу ISUZU 4HG1, оснащеного СГУ, відповідають найвищим нормативним вимогам міжнародного рівня. Стійкий запуск здійснюється з однієї спроби менш, ніж за 10 с, при температурах в межах $-20 \dots 30^{\circ}\text{C}$.

Таким чином результати моделювання показують, що успішний пуск досліджуваного дизеля може бути здійснений в умовах, коли значення різниці ефективного моменту вентильно-індукторної машини СГУ і моменту, що витрачається на прокручування вала дизеля, буде величиною додатною. Було встановлено, що величина цієї різниці обернено пропорційна тривалості пускового процесу. Зрозуміло, що при даній постійній частоті обертання вала будь-якої системи величину моменту однозначно визначає її потужність.

За результатами досліджень було встановлено, що енергетичні можливості СГУ навіть при температурі -30°C перевершують потрібну пускову потужність для провертання вала дизеля, при якій здійснюється його стійкий пуск. Це дає підставу припустити, що висока ефективність пускового режиму дизеля ISUZU 4HG1 може забезпечуватися навіть при температурах трохи нижче -30°C .

4.4 Визначення економічної ефективності встановлення стартер-генераторної установки на автобус

Впровадження стартер-генераторної установки на автобус в умовах експлуатації, окрім того, що дозволяє покращити пускові властивості дизеля, крім того це дозволяє знизити витрату палива за рахунок використання системи «Старт-стоп», крім того можлива економія палива і за рахунок певної рекуперації енергії на гальмуванні. За різними оцінками, установка стартер-генераторної установки на автобус може знизити витрату палива на 15-25%.

Крім того, конструкція стартер-генераторної установки є більш надійною, в порівнянні із звичайними стартером та генератором автомобіля, що також дозволить знизити простої автобуса в ремонті по причині відмов

електрообладнання.

Розрахуємо витрату палива для автобуса Богдан А-092 без та з стартер-генераторною установкою. Витрата палива для автобуса визначається за залежністю

$$Q_h = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot 1 + 0,01 K_\Sigma, \quad (4.1)$$

де H_s – базова лінійна норма витрати палива, л/100км;

S – пробіг автомобіля, км;

K_Σ – сумарний коригуючий коефіцієнт, %.

Середній річний пробіг одного автобуса можна визначити за формулою

$$S = \frac{D_{роб}}{\frac{1}{l_{cd}} + \frac{\alpha_K}{L_K} + \frac{\alpha_{ТОПР} \cdot K_2}{1000}}, \quad (4.2)$$

де $D_{роб}$ – тривалість роботи рухомого складу протягом року, днів;

l_{cd} – середньодобовий пробіг автомобілів, км;

L_K – пробіг до капітального ремонту (ресурс), км;

α_K – тривалість простою в КР, днів;

$\alpha_{ТОПР}$ – тривалість простою автомобілів в ТО і ПР, днів/1000км.

Враховуючи значення, отримані в ході розрахунків в 3 розділі магістерської роботи, річний пробіг автобуса складе

$$S = \frac{365}{\frac{1}{174} + \frac{18}{352000} + \frac{0,25 \cdot 1}{1000}} = 60348(\text{км}).$$

Тоді, відповідно до Положення про нормування витрат палива [22] річна витрата палива одним автобусом складе

$$Q_h = 0,01 \cdot 18,6 \cdot 60348 \cdot 1 + 0,01 \cdot 20 = 13470(\text{л}).$$

Відповідно до оцінок експертів приймаємо скорочення витрати палива на 15%. Тоді економія палива від впровадження стартер-генераторної установки складе

$$\Delta Q_h = 0,15 Q_h = 0,15 \cdot 13470 = 2020 \text{ (л)}.$$

Витрати на паливо, а також економія витрат складуть:

$$B_{\text{п}} = C_{\text{л}} \cdot Q_h, \quad (4.3)$$

де $C_{\text{л}}$ - ціна одного літра палива, грн.

Таким чином

$$\Delta B_n = 21 \cdot 2020 = 42420 \text{ (грн)}.$$

Відповідно до оцінок фахівців витрати на удосконалення конструкції автобуса шляхом встановлення СГУ складуть:

- вартість виготовлення ВІМ – 60000 грн;
- вартість силового багатоканального перетворювача напруги з мікропроцесорним блоком управління – 30000 грн;
- витрати на встановлення СГУ – 15000 грн.

Таким чином загальні витрати складуть 105000 грн.

Крім того встановлення стартер-генераторної установки на автобус змінить її балансову вартість, що перекладеться на амортизаційні відрахування. Амортизаційні відрахування на СГУ становлять 15 відсотків від її загальної вартості:

$$B_{\text{AM}} = 105000 \cdot 0,15 = 15750 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності впровадження стартер-генераторної установки на автобус АТП:

$$T_{OK} = \frac{B_{СГУ} + B_{AM}}{\Delta B_n}, \quad (4.3)$$

де $B_{СГУ}$ – загальні витрати на встановлення СГУ, грн.

Тоді термін окупності становитиме:

$$T_{OK} = \frac{105000 + 15750}{42420} = 2,85 \text{ роки.}$$

Отже, з вище виконаних розрахунків видно, що встановлення стартер-генераторної установки на автобус виправдане. Крім того це додатково дозволить в майбутньому встановити потужне електричне обладнання на автобус (кондиціонер, модернізація електроприводів тощо) що з однієї сторони поприщить комфорт перевезень, а з іншої сторони – дозволить оптимізувати енергетичний баланс (а отже і витрату палива) автобусом.

4.5 Висновки

1. Запропонована пускова система з СГУ, оснащена мікропроцесорним управлінням. Вона має додаткову здатність поточного регулювання інтенсивності розгону шляхом раціонального варіювання споживаної потужності, підвищуючи ефективність і стійкість процесу пуску-розгону. Завдяки зазначеним властивостям СГУ пускові якості двигуна значно перевершують можливості сучасних систем пуску дизелів комерційних автомобілів, при застосуванні яких успішний запуск практично неможливий без застосування додаткових засобів тривалої передпускової підготовки.

2. За результатами дослідження можна стверджувати, що енергетичні та динамічні можливості запропонованого варіанту СГУ в змозі забезпечити високу

інтенсивність розгону системи в цілому. У цих умовах реалізується можливість ефективного низькотемпературного (до -30°C) пуску дизеля без використання його попереднього традиційного прогрівання і спеціальних засобів, що полегшують запуск.

3. Запровадження стартер-генераторної установки на автобус дозволить скоротити річні витрати на паливо на 42420 грн. При цьому термін окупності впровадження СГУ складе 2,85 роки.



5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Зона ТО і ПР автомобілів розміщена в головному виробничому корпусі. При виконанні робіт в зоні виникають небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини та механізми, рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання та матеріалів;
- гострі кромки, заусениці та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність або нестача природного освітлення;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- фактори, що виникають внаслідок подразнюючого впливу на людину паливно-мастильних матеріалів, охолоджуючих рідин, хімічних миючих засобів для деталей автомобілів тощо;
- нервово-психічні перевантаження (так як спеціалізація широка і від робітника вимагається установка та зняття деталей з автомобіля, виконання і контроль необхідних діагностичних операцій, що веде до розумових перевантажень);

5.1 Технічні рішення щодо безпеки в зоні ТО і ПР

5.1.1 Техніка безпеки

Зона ТО і ПР розміщена в виробничому корпусі, розмір 12x18м, площа 216м². Висота приміщення – 5 м.

В зоні ТО і ПР технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Слюсарами-авторемонтниками працюють особи віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Колеса знімають за допомогою спеціального підйомно-транспортного обладнання.

Автомобілі заїжджають власним ходом, гальмуються, включається найнижча передача і під колеса встановлюють не менше 2-ох опорів, які попереджують кочення автомобіля.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 380/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

Зняття та встановлення клапанних пружин та гальмівних пружин проводиться тільки з застосуванням спец. пристосувань та інструменту.

Пружини підвіски знімають тільки після їх розвантаження за допомогою спеціального зтягувача.

Витоки автомобільних мастил своєчасно прибирають тирсою.

Важкі акумулятори транспортують за допомогою пристосувань.

Роботи на двигуні проводяться, коли температура його поверхні менше 45°C.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

5.1.2 Електробезпека

Безпека праці забезпечується виготовленням обладнання у відповідності вимогами ГОСТ 12.2.009-80; СТ СЗВ 538-87; СТ СЗВ 539-77. Вимоги до електрообладнання:

- обладнання повинно бути обов'язково занулено, що зменшить небезпеку ураження електричним струмом працюючих. Занулення - це передбачене

електричне з'єднання із нульовим захисним провідником металевих не струмонесучих частин, які можуть знаходитися під напругою. У відповідності із ПУЕ занулення застосовується і являє собою ефективну міру захисту при живленні електрообладнання від трифазних чотирьох провідних мереж із заземленою нейтраллю.

- приміщення, відносяться (класифікуються по небезпеці ураження струмом) до приміщень із особливою небезпекою, так як одночасно мають в наявності наступні умови підвищеної небезпеки: наявність струмопровідного пилю, наявність струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції і обладнання;

- в електричних схемах обладнання повинно бути передбачено блокуючі пристосування на випадок падіння чи збільшення напруги у електричній мережі.

Для запобігання враженню робітників електричним струмом при роботі вжито наступних заходів:

- у відповідності з ГОСТ 12.10.30-81 забезпечено недоступність струмоведучих частин електрообладнання; зовнішні проводи на верстаті розміщено у металевих трубах, для виключення випадкового пошкодження ізоляції на них всю електроавтоматику розміщено у електрошафі чи у спеціальних нішах. Дверці оснащено відповідними надписами і знаками за ГОСТ 12.4.026-76;

- для захисту від струмів короткого замикання застосовано вимикальні автомати і плавкі запобіжники.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Згідно санітарним нормам $V=15$ м³/люд, $S=4,5$ м²/люд. Реальні показники площі і об'єму знаходяться в межах допустимих значень.

5.2.1 Мікроклімат

Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на усю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційно для робочих місць.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 проводяться роботи категорії Пб -середньої важкості, пов'язані із постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги. Робоче місце постійне, так як оператор знаходиться на ньому 50(%) свого робочого часу. Витрати енергії становлять 150-200 (ккал/рік). Внаслідок відсутності на ділянці джерел теплового випромінювання вони не нормуються. Основні показники мікроклімату для різних періодів року наведені в табл. 5,1.

Таблиця 5.1 - Діючі та допустимі значення параметрів мікроклімату в зоні ТО і ПР

Період року	Категорія робіт	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидк. повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима на робочому місці		Оптимальна	Допустима на постійних і непостійних місцях	Оптимальна	Допустима на постійних і непостійних місцях
			Постійних	Непостійних				
Холодний	Пб середньоважка	17-19	15-21	16-23	40-60	75	0,2	0,4
Теплий	Пб середньоважка	20-22	16-27	15-29	40-60	70 при 25 °С	0,3	0,2-0,5

Фактичні параметри мікроклімату відповідають встановленим вимогам.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

В процесі виконання робіт на виробничих постах є необхідність виконання робіт із працюючим двигуном, що може призводити до викидів картерних газів, поганому відведенню відпрацьованих газів, випаровування витоків різних технічних рідин. В процесі виконання робіт застосовуються різні миючі засоби для деталей автомобіля. ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони повинні відповідати ГОСТ 12.1.005-88 та наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - ГДК шкідливих речовин в повітрі зони

Назва речовин	ГДК мг/м ³	Діючі значення ГДК мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Азота диоксид	2	0,2	П	3
Акролеїн	0,2	0,09	П	2
Бензопірен	15·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	А	1
Вуглицю оксид	20	14	П	4
Масло мінеральне	5	2	А	4
Кислота сірчана	1	0,08	А	2
Пил з гальмівних колодок	4	1,5	А	3
Мінеральний пил	2	1,2	А	4

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполучанням. Також на постах організовані вентиляційні відсмоктувачі відпрацьованих газів при роботах із працюючим двигуном. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі, що наведені в табл. 5.2.

5.2.3 Освітлення

В приміщенні зони є природне та штучне освітлення. Нормування природного і штучного освітлення проводиться згідно ДБН-В.2.5-28-2006.

Нормативне значення природнього освітлення:

$$e^{IV} = e_H^{IV} \cdot m \cdot C_K, \quad (5.1)$$

де $e_H^{IV} = 1,5$ – коефіцієнт природнього освітлення для приміщень розташованих в IV-му поясі світлового клімату;

$m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$C_K = 0,75$ – коефіцієнт сонячності клімату;

$$e^{IV} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,01.$$

Згідно плану приміщення, в ньому забезпечується $e = 1.4\% > 1.01\%$, отже вибрані розміри світлових проїомів забезпечують вимоги нормативів по природньому освітленню приміщення.

Штучне освітлення - загальне і місцеве, здійснюється газорозрядними лампами і лампами накали. Загальне освітлення здійснюється світильниками з газорозрядними лампами. В якості місцевого освітлення використовуються світильники з лампами накали. Нормативне значення штучного освітлення $E = 200$ лк (для загального освітлення). Встановлені в приміщенні світильники забезпечують даний рівень.

5.2.4 Шум

Походження механічних шумів пов'язано із слідуєми ми факторами :

- інерційні вимушуючи сили, які виникають завдяки роботи двигунів автомобілів, а також приводів технологічного обладнання;
- ударні навантаження при виконанні деяких видів ремонтних робіт.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 приведені у табл. 5,3, ці дані відповідають виду трудової діяльності, що пов'язана з виконанням усіх видів робіт на постах виробничої зони.

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку в дБА на робочих місцях

Рівні звукового тиску, дБ у активних смугах з середньгеометричною частотою, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Заходи по зниженню та захисту від шуму - використовувати звукоізолюючі кожухи, які закривали б найбільш шумні механізми обладнання.

5.2.5 Вібрація

Причиною виникнення вібрацій є неврівноважені силові впливи при роботі обладнання. Вибір категорії вібрацій наведено в табл. 5.4.

Санітарні норми одно числових показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни вісім годин згідно нормам по ДСН 3.3.6.039-99 наведені у табл. 5.5.

Санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора (локальна вібрація) наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.4 – Категорія вібрацій за ГОСТ 12.1.012-90

Категорія вібрацій по санітарним нормам і критерії оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
3 тип "а"- межа зниження продуктивності праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання	Підйомники

Таблиця 5.5 – Санітарні норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації	Направлення дії	Нормативні, скоректовані по частоті і еквівалентні значення			
			віброприскорення		віброшвидкості	
			м/с ²	ДБ	м/с·10 ²	ДБ
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ , Y ₀ , X ₀ ,	0,1	100	0,2	92

Таблиця 5.6 – Санітарні норми показників вібраційного навантаження

Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц	Нормативне значення		Нормативне значення	
	віброприскорення		віброшвидкості	
	м/с ²	ДБ	м/с	ДБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	141	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85	159	1,4	109

Віброізоляція зменшує рівні вібрацій, що передаються від джерела на тіло робітника. Вона здійснюється введенням поміж джерелом вібрацій і працюючим проміжного пружного зв'язку. Наприклад, фундамент машин, споруджений на пружних прокладках, або встановлюються на віброізолюючих опорах. Таким чином допустимі рівні вібронавантаження відповідають вимогам.

5.3 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до I ступені - приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючи матеріалів.

Пожежі на виробничих підприємствах являють собою велику небезпеку для працюючих і можуть спричинити велику матеріальну шкоду. Можливими причинами виникнення пожеж в можуть бути: порушення технологічного режиму, несправність системи опалення і вентиляції, несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження), несправність замиряючої арматури, самозапалення матеріалів, схильних до горіння. У відповідності з ОНТП 24-86 усі виробництва поділяються на декілька категорій по пожежній вибуховій і вибуховопожежної безпеки. Дільниця відноситься до категорії Д - виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 5.7).

Таблиця 5.7 – Визначення категорії приміщення

Категорія приміщення	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	1	не обмежується

Межі вогнестійкості наведені в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Мінімальні межі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косовури, балки, марші поверхових клітин	Ненесучі конструкції перекриття	Елементи покриття
Несучі та поверхових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)				
2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1 /0	1 /0	0,5/0

При проектуванні виробничих приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з СНиП 2.01.02.-85: висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 (м); висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2(м), а в місцях нерегулярного приходу людей - не менше 1,8 (м).

Кількість евакуаційних виходів не повинна складати менше двох з кожного поверху. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись окремо. Кількість людей на 1(м) евакуаційного виходу (дверей) для приміщень I ступені вогнестійкості категорії Д - 260 чоловік. Відповідно до таблиці 5.9 визначаємо відстань по коридорам до виходу і розміщення виходів.

Таблиця 5.9 – Відстань до виходу

Розміщення виходів	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості	Відстань по коридорам до виходу, м
Між двома зовнішніми	Д	1	Більше/120

Пожежні вимоги в зоні відповідають вимогам.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Забруднення транспортних засобів і техніки радіоактивними речовинами може відбуватися під час випадання радіоактивного пилу, речовин з радіоактивної хмари або при подоланні зараженої місцевості.

При однакових рівнях радіації на місцевості ступінь забруднення машин може бути різною в залежності від їх виду, стану та умов забруднення. Це пояснюється тим, що з гладеньких, похилих поверхонь радіоактивний пил легко обсипається або змивається опадами, а на поверхнях складної конфігурації концентрується.

Вважається, що при випаданні радіоактивного пилу, речовин в суху погоду транспортні засоби та техніка забруднюються з щільністю, яка становить 10% від щільності забруднення місцевості. Якщо транспортні засоби та техніка забруднені за рахунок процесів вторинного пилоутворення, можна вважати, що ступінь їх забруднення приблизно в 100 разів менше від ступеня забруднення місцевості.

Залежно від наявності засобів дезактивації, ступеня забруднення і часу використовується той чи інший способи дезактивації.

Один з найбільш доступних способів дезактивації – це змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском. Виконується він за допомогою спеціальних машин і приладів або машин і приладів, які використовуються в народному господарстві. При змиванні радіоактивного пилу всю поверхню забрудненого об'єкта послідовно зверху до низу обмивають сильним струменем води. Струмінь направляють під кутом 30-60 до поверхні, яка обробляється, на відстані 3-4 м з тим, щоб вода стікала на землю, а не розбризкувати в різні боки. Особливо щільно промивають пази і щілини. Ступінь забруднення об'єкту в результаті такої обробки може бути знижена у 10-20 разів.

Іншим способом дезактивації є змивання радіоактивних речовин водою або миючими розчинами з одночасною протиранням підручними засобами, змоченими в дезактивуючих розчинах, водою або розчинниками. Для досягнення повноти

дезактивації забруднені поверхні обробляють 2-3 рази. Після кожної обробки поверхня протирається насухо.

Взимку обробку забруднених об'єктів можна проводити 2-3-разової протиранням їх поверхні снігом. Особливу увагу приділяють обробці важкодоступних місць. Для дезактивації сухих незамаєних поверхонь користуються методом пиловідсмоктування. Відсмоктування пилу здійснюється при одночасній протиранні зверху до низу поверхні, що обробляється щітками. Особливо щільно обробляються пази і щілини, а також деталі та вузли, яких стосується особовий склад при використанні техніки.

Часткова дезактивація транспортних засобів і техніки здійснюється при необхідності після виходу із забрудненого району. Для проведення часткової дезактивації в першу чергу використовуються підручні засоби: віники, щітки і т. ін. Можна також використовувати дезактивуючі комплекти і спеціальні розчини, якщо вони є в наявності.

Часткова дезактивація проводиться обслуговуючим персоналом транспортних засобів і техніки. За допомогою спеціальних засобів і матеріалів обробляються ті місця й вузли машин, до яких торкалися у процесі управління. Дезактивацію автомобіля починають з обробки кузову. Спочатку його очищають у внутрішній частині - салон; потім, ззовні обмітають віником або щіткою. Перед кабіни, моторну частину, переднє скло, щітки і підніжки обмітають і протирають. Потім обробляють внутрішні поверхні кабіни, прилади і важелі управління.

Висновки: Таким чином виробничі приміщення ТОВ «АТП Слободянюк» відповідають всім вимогам охорони праці. Розроблені заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях дозволяють захистити людей у випадку надзвичайної ситуації.

ВИСНОВКИ

Під час виконання даної магістерської кваліфікаційної роботи було вирішено науково-практичне завдання по покращенню експлуатаційних властивостей дизеля шляхом застосування інтегрованої стартер-генераторної установки.

1. На основі аналіз проблеми холодного пуску дизеля та умов його успішного запуску встановлено, що підвищення експлуатаційної надійності і ресурсних характеристик дизеля обумовлює необхідність скорочення тривалості пускового процесу і виключення багаторазового повторення спроб пуску двигуна.

2. Підвищення енергетичної ефективності пускової системи та здатності генерувати електроенергію підвищеної напруги в широкій області зміни швидкісного режиму дизеля можливе за рахунок використання стартер-генераторних установок інтегрованого типу.

3. Аналіз показників роботи, структури і стану рухомого складу, структури і стану ВТБ ТОВ «АТП Слободянюк», показав що темпи розвитку наявної ВТБ відстають від темпів розвитку рухомого складу. Велика завантаженість обладнання і ремонтних робітників потребує удосконалення технологічного забезпечення ТО і ремонту автобусів.

4. Обґрунтовано математичні моделі розрахунку енергетичних і динамічних показників пускового режиму на базі скоординованого моделювання робочих процесів дизеля і вентильно-індукторної машини СГУ, орієнтована на пошук рішень по організації ефективного низькотемпературного пуску дизеля.

5. В третьому розділі розрахована ВТБ ТОВ «АТП Слободянюк». Було визначено виробничу програму, обсяги робіт, чисельність виробничого персоналу та кількість постів. На основі розрахунків встановлено що наявні приміщення ВТБ цілком відповідають розрахункам.

6. На основі математичної моделі здійснено розрахункове дослідження, за результатами якого виявлено найбільш доцільні енергетичні і динамічні характеристики пускової системи для дизеля ISUZU 4HG1 з урахуванням низькотемпературних умов його експлуатації. Розрахунком встановлено, що в

стартерному режимі система з СГУ забезпечує пусковий момент понад $100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ і потужність, необхідну для гарантованого пуску дизеля при температурі -30°C .

7. Обладнання автобусів Богдан А092 стартер-генераторною установкою дозволяє знизити витрату палива автобусів, а термін окупності модернізації складає 2,85 роки.

8. В п'ятому розділі вивчено питанням з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на підприємстві.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алиев А.Я., Алиев С.А., Изберов Р.М. Интегрированный стартер-генератор для энергоэффективных транспортных средств. // Автомобильная промышленность. 2015. № 10. С.14-15.
2. Анисимов А.П. Организация и планирование автотранспортных предприятий. [Учебник]. 2-е изд., перераб. и доп.. М.: Транспорт, 1982. 269с.
3. Анисимов В.М. Электромеханические стартер-генераторные системы автомобильных транспортных средств: Дисс. докт. техн. наук: Самара, 2004. 367 с.
4. Аракелян А.К. Афанасьев А.А. Вентильные электрические машины и регулируемый электропривод. В 2-х кн. Кн.1. М.: Энергоатомиздат, 1997. 509 с.
5. Аракелян А.К. Афанасьев А.А. Вентильные электрические машины и регулируемый электропривод. В 2-х кн. Кн.2. М.: Энергоатомиздат, 1997. 498с.
6. Арустамов Л. Х., Шендеровский И. М., Яхутль Д. Р. Разработка математической модели рабочего цикла ДВС// Автомобильные и тракторные двигатели. Межвузовский сборник научных трудов. Москва: МГТУ- МАМИ, 2001. Вып. 7. С. 25 - 30.
7. Баулина Е.Е., Круташов А.В., Серебряков В.В. Выбор концепции автомобиля с комбинированной энергетической установкой расширенных функциональных возможностей // Известия МГТУ «МАМИ». 2017. №3(33). С. 2-8.
8. Бунаков И.Ю. Совмещенные системы стартер-генераторов (обзор) / Молодежь и наука. Международный аграрный научный журнал. 2013. №2. С. 23-28.
9. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною : НАПБ Б.03.002-2007. Київ : ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007.
10. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.

11. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. /С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; под общей редакцией А.С. Орлина, М.Г. Круглова. 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. 456с.
12. Извеков В.И., Кузнецов В.А. Вентильные электрические двигатели. М: Изд-во МЭИ, 1998. 60 с.
13. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Учебник для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.-720 с.
14. Копылов А.И., Копылова Е.К. Перспективы использования электромеханических накопителей энергии в системе пуска двигателей внутреннего сгорания // 1-я Международная конференция по электромеханике и электротехнологии, МКЭЭ-94, - Суздаль. - 13-16 сентября 1994: Тез. докл., ч.2 – Суздаль, 1994. - 190 с.
15. Кузнецов Е. С. Курников И. П. Производственная база автомобильного транспорта: состояние и перспективы. М. : Транспорт, 1988. 231 с.
16. Кужель В.П., Комар Д.П., Кашканова А.А. Варіанти застосування гібридних силових установок на автомобілях / Матеріали Х міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23–25 жовтня, 2017 р.: Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 116 – 119.
17. Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О., Комар Д. П. Вдосконалення технології діагностування головної передачі автомобіля / Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 11-20 березня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9111/7507>
18. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие. Том VI. Гидродинамика. 4-е изд. М.: Наука, 1988. 736 с.
19. Ленин И.М. Теория автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Машиностроение, 1969. -368 с.

20. Минкин М.Л. Пуск автотракторных дизелей. Машгиз,1998. 232 с.
21. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. [Учебник для вузов]. М. Транспорт, 1985. 231с.
22. НОРМИ витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті / Наказ Міністерства транспорту України, 10.02.1998, № 43
23. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта : ОНТП-01-91 (РД 3107938-0176-91). [Действителен от 1992-01-01]. – М. : Гипроавтотранс, 1991. 184с.
24. Пат. 178259 Российской Федерации, МПК F02N 11/04 Силовой агрегат тракторов тягового класса 1,4 с интегрированным стартер – генератором / Алиев А.Я., Алиев С.А., Алиев М.А. опубл. 28.03.2018, Бюл. №10. 5с.
25. Петриченко Р.М., Батулин С.А. и др. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ/ Под ред. Петриченко Р.М. Л.: Машиностроение, 1990. 328 с.
26. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. К. : Держнаглядохоронпраці, 1997.
27. Предприятия по обслуживанию автомобилей : ВСН 01-89. [Действителен от 1990-01-12]. М. : ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1989. 27 с.
28. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Под ред. Г.В.Крамаренко. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983 – 488с., ил., табл.
29. Хвощев И.С. Исследование пусковых свойств быстроходных дизелей. М., Машиностроение, 1992. 342 с.
30. Шендеровский И.М., Яхутль Д.Р., Апельинский Д.В. Математическое моделирование газодинамических процессов во впускном тракте ДВС в комплексе прикладных программ «SIE– 4S» // Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров: Тез. докл. Междун. научно- техн. конф. ААИ, секция «Секция поршневые и газотурбинные двигатели». 25–26 сентября 2002 г. М., 2002. С. 63– 64.