

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення автомобілів марки MAN шляхом розробки системи
живлення двигуна для роботи за газодизельним циклом**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-21 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Непийвода Єгор Євгенович

Керівник: _____ Бойко Владислав Борисович

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«___» _____ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Непийводі Єгору Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення автомобілів марки MAN шляхом розробки системи живлення двигуна для роботи за газодизельним циклом

керівник роботи Бойко Владислав Борисович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«7» травня 2025 року № 964

2. Строк подання студентом роботи 11.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту Напрацювання науковців кафедри з удосконалення дизельних двигунів для роботи за газодизельним циклом. Дані господарської діяльності агропідприємства, довідкові дані з проспектів та літературних джерел за даною тематикою.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності. 2. Технологічна частина. 3. Конструктивно-технологічні розрахунки. 4. Охорона праці та навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проекту. Висновки. Література.

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

1. Аналіз конструктивних рішень (А1). 2. Об'єкт удосконалення (А1). 3. Конструктивна схема (А1). 4. Складальне креслення (А1). 5. Деталювання (А1). 6. Економічні показники проекту (А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Бойко В.Б., доцент		
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцентка		

7. Дата видачі завдання: 14.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	14.04.25-28.04.25	
2	Технологічний	28.04.25-9.05.25	
3	Конструкційний	9.05.25-23.05.25	
4	Охорона праці	23.06.25- 27.06.25	
5	Економічний	27.05.25-2.06.25	
6	Графічна частина	2.06.25-11.06.25	

Студент

_____ (підпис)

Непийвода Є.Є.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бойко В.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл..	Примітки
				<u>Текстові документи</u>		
A4			52.ДП.038.000.000.ПЗ	Пояснювальна записка	75	
				<u>Графічні матеріали</u>		
A1	1		52.ДП.038.000.000.А	Аналіз конструктивних рішень	1	
A1	2		52.ДП.038.000.000.ТХ	Об'єкт дослідження	1	
A1	3		52.ДП.038.000.000.ТХ	Конструктивна схема	1	
A1	4		52.ДП.038.100.000.СК	Складальне креслення	1	
A1	5		52.ДП.038.100.000	Деталювання	1	
A1	6		52.ДП.038.000.000ПЕ	Економічні показники проекту	1	

Підп. і дата
Взам. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № підп.

52.ДП.038.000.000.ПД					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Непийвода Є.			
Перев.		Бойко В.Б.			
Т. контр.					
Н. контр.		Золотовська			
Затв.		Теслюк Г.В.			
Відомість дипломного проекту			Лім	Лист	Листів
				4	75
			ДДАЕУ AI-3-21		

АНОТАЦІЯ

Непийвода Є.Є. Удосконалення автомобілів марки MAN шляхом розробки системи живлення двигуна для роботи за газодизельним циклом / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню вантажних автомобілів марки MAN шляхом розробки системи живлення двигуна для роботи за газодизельним циклом

Запропоноване удосконалення дозволить знизити витрати на пальне агрогосподарства підчас експлуатації вантажних автомобілів MAN завдяки заміщенню до 75 % дизельного палива метаном.

В першому розділі проаналізовано стан справ господарської діяльності агропідприємства де буде впроваджено запропоноване удосконалення.

В другому розділі проведено обґрунтовано актуальність кваліфікаційної роботи та проведено аналіз систем регулювання потужності газодизеля.

В третьому розділі розроблено конструктивну схему системи живлення газодизеля автомобіля MAN проведено основні конструктивні та технологічні розрахунки запропонованого удосконалення автомобілів MAN.

Розглянуто питання з охорони праці та покращення екологічних показників при експлуатації газодизельних автомобілів MAN.

Виконано економічне обґрунтування запропонованого удосконалення.

Ключові слова: газодизель, метан, система живлення, потужність газодизеля, питома витрата палива, конвертація

ЗМІСТ

ВСТУП	8
Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Структура земельних угідь господарства	10
1.3 Механізація рослинництва	16
1.4. Економічні показники	19
1.5 Висновки	22
Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Актуальність проекту та об'єкт удосконалення	23
2.2 Аналіз систем та механізмів регулювання потужності газодизеля	28
2.3 Висновки	39
Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	40
3.1 Розробка системи живлення газодизеля вантажного автомобіля MAN TGA 33.480	40
3.2 Розрахунок основних показників газодизеля	44
3.3 Розрахунок на міцність елементів кріплення балонів	56
3.4 Висновки	60
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	61
4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві	61
4.2 Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві	62
4.3 Захист навколишнього середовища при експлуатації газодизельних вантажних автомобілів	63
4.4 Заходи з охорони праці при експлуатації газодизельних вантажних автомобілів	64
4.5 Висновки	65

Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	66
5.1 Об'єкт порівняння	66
5.2 Економічні розрахунки ефективності виконаного удосконалення	66
5.3 Висновки	70
Висновки	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	71
ЛІТЕРАТУРА	72
ДОДАТКИ	75

ВСТУП

У сучасних умовах глобального зростання попиту а відповідно і вартості палив нафтового походження транспортні та аграрні підприємства шукають шляхи зменшення такої залежності. Одним із перспективних напрямків є переведення дизельних двигунів вантажних автомобілів та інших мобільних енергетичних засобів, що використовуються в аграрному секторі на газодизельний цикл [1, 2].

Завдяки меншій вартості до 40 % використання стисненого природного газу з частковим заміщенням до 75 % дизельного палива дозволяє суттєво знизити витрати на пальне та знизити залежність від палив нафтового походження. Природний газ метан отримуємо безпосередньо з надр землі шляхом буріння свердловин без використання процесу переробки. Достатньо виконати процес осушення та очистки для відділення вологи та домішок. Спрощення технологічного процесу отримання газів дозволяє знизити їх вартість.

Ще одним способом отримання газоподібних палив являється використання біометанових установок де в якості сировини використовуються відходи аграрного виробництва та гній чи послід, що особливо актуально для господарств в яких окрім рослинництва розвивається і тваринницька галузь.

Ще одним пріоритетом в переході на газоподібне паливо є екологічні аспекти. Так при спалюванні газу утворюється менше оксидів азоту (NOx), сажі та інших шкідливих речовин, що сприяє покращенню якості повітря та зниженню забруднення навколишнього середовища. Використання газодизельного циклу допомагає відповідати суворим екологічним нормам та стандартам, що впроваджуються в багатьох європейських країнах [3].

Газодизельний цикл може сприяти зниженню температури горіння, що позитивно впливає на знос деталей двигуна та продовжує його ресурс. Для забезпечення роботи в режимі газодизеля запропоновано безліч схем систем регулювання потужності газодизеля, але жодна з них не дозволяє забезпечити

підтримання необхідного співвідношення газоповітряної суміші на перехідних режимах.

Тому актуальним є розробка системи регулювання потужності газодизеля на всіх режимах роботи двигуна вантажного автомобіля. Така схема повинна забезпечити автоматичне регулюють співвідношення дизельного палива та газу залежно від режиму роботи двигуна.

Отже переведення дизельних двигунів вантажних автомобілів на газодизельний цикл є перспективним напрямком, який обіцяє економічні та екологічні переваги. Однак для широкого впровадження цієї технології необхідно подолати технічні, економічні та інфраструктурні бар'єри. Комплексний підхід, що включає державну підтримку, розвиток інфраструктури та технічну модернізацію, може сприяти успішному переходу до більш чистих та економічних видів палива в транспортному секторі.

Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Загальні відомості

Аналіз господарської діяльності ТОВ «Аграрне підприємство «Придніпровське» виконано згідно звітної документації господарства [4]. Товариство «Придніпровське» засновано 25 років тому в 2000 році основна садиба товариства розміщується в селі Голубівка Дніпропетровська області. Відстань до обласного центру м. Дніпро становить 60 км. Товариство засновано на базі колективного господарства, що було розформовано в кінці 1999 року. Основна площа ріллі господарства 1429,56 га на 2024 рік складається з наділів 357 пайщиків. Землі товариства знаходяться в лісостеповій зоні на лівому березі річки Самара. Завдяки розташуванню в східній частині області господарство має помірно-континентальний клімат з середнім рівнем опадів близько 500–527 мм, помірно-холодною зимою та теплими з посухами літом. Головним напрямком господарської діяльності товариства є землеробство.

Переважну частину земель займають чорноземи – типові ґрунти для Лісостепу України, які сприяють високим урожаєм сільськогосподарських культур. В рослинництві основними культурами є зернові, які складають близько 84% від загальної площі посівів, олійні культури займають близько 12%, а овочі – 4%. Товариство активно розвиває і вдосконалює технології вирощування сільськогосподарських культур, орієнтуючись на оптимізацію використання земельних ресурсів і забезпечення стабільних урожаїв навіть в умовах змінюваного клімату.

1.2 Структура земельних угідь господарства

Земля є основним виробничим ресурсом у сільському господарстві, зокрема в рослинництві, де вона слугує основною базою для розвитку не тільки аграрної діяльності, але й тваринництва. Структура земельних угідь господарства є ключовим показником, що відображає розподіл земельних

ресурсів за різними категоріями використання, що впливає на ефективність сільськогосподарського виробництва.

Структура земельних угідь включає кілька основних категорій. Сільськогосподарські угіддя складаються з ріллі, багаторічних насаджень, перелогів, сіножатей та пасовищ. Рілля займає більшу частину земель. Вирощування основних сільськогосподарських культур здійснюється по ріллі з попередньою підготовкою ґрунту під посів.

Багаторічні насадження, зокрема садові та ягідні культури, забезпечують стабільний урожай протягом кількох років, що сприяє різноманіттю виробничої діяльності господарства.

Перелоги – це землі, які тимчасово не використовуються в аграрному виробництві, але мають потенціал для відновлення та подальшого використання.

Пасовища та сіножаті забезпечують кормову базу для розвитку тваринництва, що є важливою складовою аграрного виробництва.

До складу структури земельних угідь також входять ліси та інші залісненні площі, які виконують важливі екологічні функції, зокрема збереження біорізноманіття та покращення кліматичних умов, а також можуть бути використані для лісогосподарських потреб.

Забудовані землі, на яких розташовані житлові, промислові та інші об'єкти, складають частину території товариства, але вже не призначені для сільськогосподарської діяльності. Окрім цього, відкриті заболочені частини земель та водні об'єкти також займають певну частину площі і та мають біогенний вплив на формування клімату та біоценоз в навколишньому просторі, ці території являються кормовою базою для птахів та тварин, що являються невідомою складовою для контролю популяції шкідників та комах.

Враховуючи посушливий клімат та тривалі літні спеки в товаристві з метою зниження ризиків в вирощуванні сільськогосподарських культур використовуються системи зрошення з забором води з річки Дніпро та річки Просяна. В таблиці 1.1. наведено загальні дані структури земельних угідь товариства за останні три роки.

Таблиця 1.1 – Земельні ресурси товариства

Види угідь	РОКИ		
	2022	2023	2024
Загальна земельна площа, га	3679,81	4002,1	4172,56
Всього с.-г. угідь, га	2452,22	2794,42	2994,1
Присадибні ділянки, га	314,2	314,16	312,3
Площа лісу, га	504,42	504,2	487,2
Ставки і водоймища, га	9,01	9,15	9,56
Інші угіддя, га	400	380,52	370,1

Аналіз земельних ресурсів товариства на основі даних, наведених у таблиці 1.1, дозволяє оцінити зміни в структурі земельних угідь протягом трьох років.

Загальна земельна площа. У 2022 році загальна площа землі складала 3679,81 га, а до 2024 року вона зросла до 4172,56 га. Це свідчить про збільшення земельних ресурсів товариства на 492,75 га, або приблизно на 13,4%. Таке зростання пов'язано з залученням земель нових пайщиків.

Сільськогосподарські угіддя. Площа сільськогосподарських угідь зросла з 2452,22 га в 2022 році до 2994,1 га в 2024 році, що є збільшенням на 541,88 га, або на 22,1%. Це вказує на розширення площ для вирощування сільськогосподарських культур, що позитивно впливає на виробничі потужності товариства.

Присадибні ділянки. Площа присадибних ділянок залишалася стабільною з 314,2 га у 2022 році до 312,3 га у 2024 році, що означає незначне зменшення на 1,9 га, що пов'язано з незначними змінами в інтенсивності використання цих ділянок.

Ліси. Площа лісів зменшилася з 504,42 га у 2022 році до 487,2 га у 2024 році, що є зниженням на 17,22 га. Зниження площі пов'язано з пожежею що сталася в літку.

Ставки та водоймища. Площа ставків, дещо збільшилась з 9,01 га у 2022 році до 9,56 га у 2024 році.

Інші угіддя. Площа інших угідь зменшилася з 400 га у 2022 році до 370,1 га у 2024 році, що є зниженням на 29,9 га. Що пов'язано з перепрофілюванням земель.

Загалом, можна відзначити тенденцію до збільшення загальної земельної площі та сільськогосподарських угідь, що є позитивним фактором для розвитку товариства.

Ефективність рослинної галузі товариства оцінимо за даними наведеними в таблиці 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Характеристика посівних площ в товаристві

Показники	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Порівняння 2024/ 2022 %
Загальна площа, га	1404,5	1317,1	1429,5	1,8
Озима пшениця, га	481,3	490,4	532,3	9,8
Кукурудза, га	274	289	310	11,6
Ячмінь, га	456	338	360	-26,7
Соняшник, га	149	152	176	15,3
Овочі, га	45	48	51,2	12,1

Аналіз посівних площ у товариства за 2022–2024 роки, представлений у таблиці, дозволяє оцінити зміни в структури посівів та їх динаміку.

Так загальна площа посівів зросла з 1404,5 га в 2022 році до 1429,5 га в 2024 році, що становить приріст на 1,8%. Це свідчить про незначне розширення площ, що використовуються під сільськогосподарські культури, і позитивно впливає на обсяг виробництва. Площа під озимою пшеницею збільшилася з 481,3 га у 2022 році до 532,3 га в 2024 році, що становить приріст на 9,8%. Це свідчить про зростання виробничих потужностей для цієї культури, яка є однією з основних для рослинництва товариства, що пов'язано з підвищенням попиту на пшеницю.

Площа під кукурудзою зросла з 274 га в 2022 році до 310 га в 2024 році, що є збільшенням на 11,6%. Це свідчить про значний розвиток цієї культури, через її високу рентабельність і попит на ринку.

Площа під ячменем значно зменшилася з 456 га в 2022 році до 360 га в 2024 році, що є зниженням на 26,7%. Що пов'язано з зміною стратегії вирощування нижчій його рентабельності у порівнянні з іншими культурами, такими як пшениця та кукурудза.

Соняшник: Площа під соняшником збільшилася з 149 га в 2022 році до 176 га в 2024 році, що є приростом на 15,3%. Що пов'язано з ростом попиту на олійні культури та високу його рентабельність та здатність витримувати посушливі умови.

Площа під овочами зросла з 45 га в 2022 році до 51,2 га в 2024 році, що становить приріст на 12,1%. Що пов'язано з розширенням та диверсифікацією агровиробництва та відповідає тенденціям попиту на овочеву продукцію.

Загалом, можна відзначити збільшення площ під багатьма культурами, зокрема озимою пшеницею, кукурудзою, соняшником і овочами, що свідчить про орієнтацію товариства на розширення виробництва та покращення рентабельності. Зменшення площ під ячменем, є результатом оптимізації структури посівів з урахуванням економічної ефективності культур.

Таблиця 1.3 – Врожайність основних культур

Показники	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Порівняння 2024/ 2022, %
Озима пшениця, т/га	4,3	4,8	5,5	21,8
Кукурудза, т/га	5,7	6,8	7,2	20,8
Ячмінь, т/га	3,4	3,59	3,67	5,6
Соняшник, т/га	1,9	1,7	1,91	0,5
Овочі, т/га	33,5	34,1	34,6	3,2

Аналіз врожайності основних культур дає можливість оцінити зміни в урожайності сільськогосподарських культур у період з 2022 по 2024 роки.

Так врожайність озимої пшениці збільшилася з 4,3 т/га в 2022 році до 5,5 т/га в 2024 році, що становить приріст на 21,8%. Це свідчить про значне покращення умов для вирощування цієї культури, завдяки впровадженню нових технологій та використання більш високопродуктивних сортів пшениці.

Врожайність кукурудзи зросла з 5,7 т/га в 2022 році до 7,2 т/га в 2024 році, що є збільшенням на 20,8%. Це вказує на підвищення ефективності вирощування цієї культури, що пов'язано з покращенням технології вирощування за рахунок зрошення та агрозаходів.

Врожайність ячменю підвищилася з 3,4 т/га в 2022 році до 3,67 т/га в 2024 році, що є приростом на 5,6%.

Соняшник: Врожайність соняшнику залишилася майже на тому ж рівні, з 1,9 т/га в 2022 році до 1,91 т/га в 2024 році, що є незначним приростом на 0,5%. Це свідчить про стабільність врожайності соняшнику, та максимальними його можливостями за даних умов вирощування.

Врожайність овочів зростає з 33,5 т/га в 2022 році до 34,6 т/га в 2024 році, що є приростом на 3,2%.

Загалом, найбільший приріст врожайності спостерігається у таких культурах, як озима пшениця та кукурудза, що свідчить про вдосконалення технологій і збільшення інвестицій у ці напрямки. Менший приріст врожайності у ячменю та соняшнику пов'язаний з специфікою кліматичних умов.

1.3 Механізація рослинництва

Механізація є основою для підвищення ефективності сільськогосподарських виробничих процесів, особливо в рослинництві. Завдяки впровадженню механізованих технологій, продуктивність агропідприємств значно зростає, а виконання основних операцій відбувається значно швидше і ефективніше, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів і зменшити витрати праці.

Завдяки механізації виконання операцій з обробки землі, сівби, догляду за культурами та збирання врожаю відбувається у стислі строки, що відповідає технологічним картам для кожної культури. Це забезпечує високий рівень біологічної врожайності та знижує втрати при збиранні продукції. Комплексна механізація дозволяє значно оптимізувати трудові витрати, зменшити залежність від погодних умов і підвищити точність та якість агротехнічних операцій. У результаті, використання сучасної техніки сприяє збільшенню виробництва продукції рослинництва і покращенню її якості, що є основою для досягнення конкурентоспроможності на ринку.

Основними засобами механізації в господарстві є трактори, комбайни та спеціалізовані сільськогосподарські машини. Трактори виконують основні роботи, такі як оранка, культивування, сівба і транспортування вантажів. Вони забезпечують необхідну потужність для роботи з різними сільськогосподарськими агрегатами, що дає змогу виконувати роботи в оптимальні агротехнічні строки.

Спеціалізовані сільськогосподарські машини, такі як сівалки, плуги, культиватори та обприскувачі, в агрегаті з тракторами виконують конкретні агротехнічні операції, необхідні для забезпечення належного розвитку культур. Їх застосування підвищує ефективність виконання безлічі процесів, значно знижує трудові витрати і підвищує точність агротехнічних заходів.

Вантажні автомобілі відіграють важливу роль у транспортуванні сільськогосподарської продукції, добрив, засобів захисту рослин та інших матеріалів. Вони забезпечують своєчасне та ефективне перевезення вантажів, що є критично важливим для виконання польових робіт і доставки продукції до місць зберігання або реалізації.

Комбайни, у свою чергу, є незамінними при збиранні врожаю. Вони одночасно здійснюють зрізання, обмолочування та очищення зерна, що значно підвищує ефективність процесу збирання в порівнянні з ручною працею. Завдяки використанню комбайнів зменшуються втрати врожаю та підвищується якість зібраного зерна.

Ефективна організація роботи машинно-тракторного парку (МТП) є важливою частиною агропідприємства. Це включає планування використання техніки, регулярне технічне обслуговування та ремонт, навчання персоналу і впровадження систем моніторингу та обліку техніки. Такий підхід дозволяє знизити ризик поломок, забезпечити безперебійне виконання технологічних операцій і підвищити загальну ефективність аграрного виробництва.

Основні засоби механізації рослинництва наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні засоби механізації рослинництва

Назва машини	Зальна кількість, шт.
1	2
Вантажний автомобіль MAN TGX 33	2
Вантажний автомобіль МАЗ-6501-001	2

Продовження табл. 1.4

1	2
Вантажний автомобіль КрАЗ-6130С	2
Комбайн John Deere 9660 STS	2
Комбайн John Deere 9880 STS	2
Трактор ХТЗ-150К	4
Трактор ХТЗ-243 К	4
Трактор John Deere 6340.1	2
Трактор John Deere 8410.1	2
Трактор МТЗ – 80.1	5
Плуг ПЛН-3-35 Деметра	5
Плуг John Deere 3810-8F	4
Плуг ПЛН-5-35 К ОАПК	8
Культиватор КПС-12ПМ	4
Культиватор КПСО-6	8
Борона John Deere 2600	4
Борона БЗСС-1,0	40
Борона БДН-3	5
Борона БІГ-3	6
Сівалка СКН-4,2	4
Сівалка СПЧ-8	4
Сівалка John Deere 1770	4
Оприскувач John Deere R 4030	1
Оприскувач ОПШ-3524	3
Розкидач John Deere DN218	2
Розкидач НРУ-0,5	4
Напівпричеп зерновоз Carsan-50	2
Напівпричеп трал TAD TUR 40-3	1

Важливим аспектом функціонування агропідприємства є належне забезпечення технічних засобів паливно-мастильними матеріалами (ПММ). Пункт видачі паливно-мастильних матеріалів (ПВЗП) на підприємстві знаходиться поруч з машино-тракторним парком, що дозволяє своєчасно заправляти техніку. Обсяг використання дизельного пального в середньому становить близько 80000 кг на рік. Пункт забезпечує ефективне та безпечне зберігання пального, відповідаючи вимогам технічних, безпекових та правових норм, що регламентують зберігання та облік пального.

Усі споруди, включаючи резервуари для зберігання пального, відповідають державним будівельним нормам, зокрема щодо конструкції резервуарів, систем вентиляції та блискавкозахисту. Пункт видачі пального оснащений сучасними засобами пожежогасіння, а також регулярно проводяться інструктажі для персоналу з питань охорони праці та пожежної безпеки. Виконання норм безпеки вимагає постійного навчання персоналу і дотримання інструкцій, оскільки недотримання цих вимог може призвести до адміністративної відповідальності.

Загалом, інтеграція сучасних сільськогосподарських машин, техніки та транспортних засобів в агропідприємство є необхідною умовою для досягнення високих показників продуктивності та ефективності. Надійне функціонування пункту видачі пального та правильне управління механізацією дозволяють забезпечити безперебійне виконання всіх агротехнічних операцій, підвищити економічну ефективність та покращити якість сільськогосподарської продукції.

1.4. Економічні показники

Сільське господарство є основою економіки багатьох країн, адже воно забезпечує продовольчу безпеку, створює робочі місця та є важливим фактором соціального і економічного розвитку регіонів. Оцінити ефективність господарської діяльності товариства можливо проаналізувавши основні його економічні показники а саме рентабельність вирощування основних с.г. культур, затрати праці на вирощуванні продукції, валовий збір продукції, прибуток від реалізації та інші (табл. 1.5).

Таблиця 1.5. Економічні показники господарської діяльності

Показник	Роки			Порівняння 2024/2022 %
	2022	2023	2024	
Рівень рентабельності	36,2	39,5	42,7	17,9
Затрати праці, люд-год.	1,23	1,26	1,21	-1,65
Вартість валової продукції на 1 люд-год.	22,8	26,1	30,1	32
Валовий збір, т:				
озима пшениця	2064	2352	2926	29,5
ячмінь	1550,4	1213,42	1296	-19,6
кукурудза	1561,8	1965,2	2232	30
соняшник	283,1	258,4	336,16	15,8
овочі	1507,5	1636,8	1771,5	14,9
Загальний обсяг продажів, тис. грн/га	25540,3	27805,1	29740,3	16,44
Прибуток, тис. грн/га	3340,9	3350,8	3855	15,4
Собівартість продукції, тис. грн/га	22199,4	24454,3	26284,4	18,4

Аналіз економічних показників згідно таблиці 1.5 дає можливість оцінити ефективність роботи товариства в за останні три роки.

Так рівень рентабельності виробництва продукції рослинництва виріс з 36,2% у 2022 році до 42,7% у 2024 році, що є збільшенням на 17,9%. Підвищення рентабельності відображає успішну стратегію управління витратами та оптимізацію технологічних процесів.

Вартість валової продукції на 1 люд-год зросла з 22,8 тис. грн у 2022 році до 30,1 тис. грн у 2024 році, що становить приріст на 32%. Це свідчить про

підвищення ефективності виробничих процесів та значне зростання вартості продукції при зниженні витрат праці. Збільшення цього показника є важливим фактором для покращення фінансових результатів господарства.

Затрати праці на виробництво валової продукції знизились з 1,23 люд-год у 2022 році до 1,21 люд-год у 2024 році, що є зменшенням на 1,65%. Що стало можливим завдяки впровадженню механізації та автоматизації виробничих процесів.

Протягом періоду 2022–2024 років спостерігається зростання валового збору всіх основних культур. Зокрема, валовий збір озимої пшениці зріс на 29,5%, ячменю – знизився на 19,6%, кукурудзи – зріс на 30%, соняшнику – зріс на 15,8%, а овочів – на 14,9%. Це свідчить про значне збільшення врожайності ключових культур, таких як озима пшениця та кукурудза, що вказує на ефективне управління агротехнічними заходами.

Обсяг продажів на одиницю землі за цей період зріс на 16,44%, від 25 540,3 тис. грн/га у 2022 році до 29 740,3 тис. грн/га у 2024 році. Збільшення обсягу продажів на одиницю площі є результатом зростання врожайності та підвищення рентабельності виробництва, що дозволяє господарству досягти високих фінансових результатів при зменшенні витрат на виробництво.

Прибуток на гектар площі збільшився з 3 340,9 тис. грн/га у 2022 році до 3 855 тис. грн/га у 2024 році, що становить приріст на 15,4%. Це свідчить про успішне управління фінансами та зростання ефективності підприємства. Збільшення прибутку є результатом як зростання врожайності, так і поліпшення умов для реалізації продукції.

Собівартість продукції зросла з 22 199,4 тис. грн/га в 2022 році до 26 284,4 тис. грн/га в 2024 році, що є збільшенням на 18,4%. Це може бути зумовлено підвищенням вартості матеріально-технічних ресурсів, таких як добрива, паливо, сільськогосподарська техніка, а також підвищенням витрат на оплату праці. Однак зростання собівартості не перевищує темпи зростання обсягу продажів і прибутку, що вказує на стабільність фінансової ситуації господарства.

1.5 Висновки

1. ТОВ «Придніпровське» активно розвивається вже понад 25 років, зберігаючи орієнтацію на землеробство як основний напрямок діяльності. Структура земельних угідь товариства постійно змінюється. За останні три роки загальна земельна площа зросла на 13,4%, а площа сільськогосподарських угідь – на 22,1%. Це дозволяє збільшити виробничі потужності та покращити ефективність землекористування.

2. За останні три роки рівень рентабельності виріс на 17,9%, обсяг продажів на одиницю площі збільшився на 16,44%, а прибуток на гектар – на 15,4%. Збільшення валового збору, зростання вартості продукції на 1 люд-год та зниження затрат праці свідчить про ефективне управління та оптимізацію процесів у товаристві.

3. Механізація виробничих процесів відіграє ключову роль у підвищенні ефективності сільськогосподарського виробництва. Використання сучасних сільськогосподарських машин сприяє зниженню витрат праці, покращенню якості виконання агротехнічних операцій та зростанню продуктивності. В цілому механізація основних технологічних процесів знаходиться на задовільному рівні. Основною її проблемою, що впливає на ефективність виробництва продукції являються витрати на енергоносії а головне на дизельне паливо. Тому в якості пілотного проекту пропонується заміщення частини до 75 % дизельного палива метаном з розробкою системи регулювання потужності газодизеля на вантажних автомобілях марки MAN, що задіяні на транспортних перевезеннях товариства.

Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Актуальність проекту та об'єкт удосконалення

Автомобіль MAN TGA 33 (рис. 2.1) [5] є представником важкої техніки і широко використовуваної для транспортування вантажів на великі відстані. В господарстві автомобіль виконує роботи по перевезенню збіжжя а також надає транспортні перевезення за замовленнями. Автомобіль працює в парі з напівпричепом зерновозом або напівпричепом тралом для перевезення сільськогосподарської техніки. Силова установка автомобіля дизельний двигун

Автомобіль MAN TGA 33 оснащується дизельним двигуном MAN D20 з механічною силовою передачею на два задні ведучі мости, колісна формула 6x4. Більш детально основні показники автомобіля наведено в таблиці 2.1

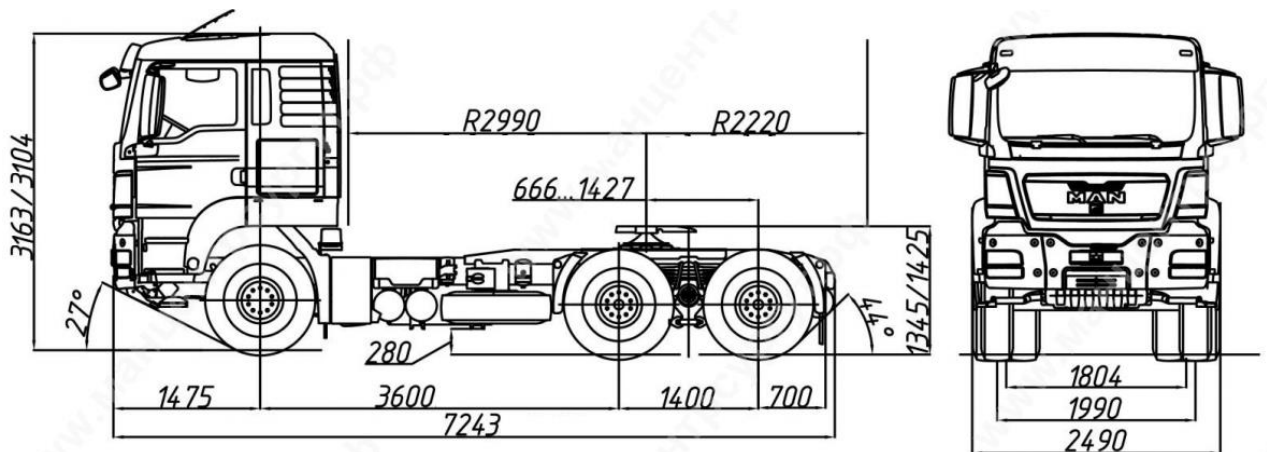


Рис. 2.1. Об'єкт модернізації автомобіль MAN TGA 33.480 [5]

Враховуючи тенденції зниження викидів вуглекислого газу та підвищення ефективності використання паливних ресурсів, модернізація дизельного двигуна MAN D20 (рис. 2.2) автомобіля на газодизельний режим є актуальним напрямом для поліпшення екологічних характеристик і економічної доцільності.

Таблиця 2.1 – Основні показники автомобіля MAN 33.480

Показник	Значення
Вантажопідйомність, кг	20000
Експлуатаційна маса автомобіля, кг	12500
Дизель	MAN D2066, з турбонаддувом
Колеса	295/80 R22,5
Колісна формула	6x4
Підвіска	Пневматична
Механізм керування	Гідравлічний з підсиленням
Гальма	Пневматичні, ABS
Кількість місць в кабіні, шт	3 з пневматичною підвіскою
Максимальна швидкість автомобіля, км/год	90
Об'єм паливного бака, л	500
Кабіна	Підвищеної безпеки і комфортності, кондеціонер, мультимедія
Габарити автомобіля, мм	7243x2490x3104
Тип буксирного пристрою	Платформа (сідло) для напівпричепа, з пневмоприводом та регулюванням по висоті
Коробка передач	12-ти ступінчата
Бортова мережа, В	24
Витрата пального, л/100км	29-31
Радіус розвороту, м	9,4
Екологічний показник	EURO-3

Модернізація автомобіля MAN TGA 33.480 на газодизельний режим передбачає використання двох видів пального: дизельного пального для запуску та роботи на холостому режимі та невисоких навантажень, а також природного газу, що заміщає частину дизельного пального при роботі на середніх і номінальних навантаженнях. Така модернізація дозволяє зменшити витрати на паливо та значно знизити рівень викидів шкідливих газів, зокрема оксидів азоту та вуглецю.

Актуальність газодизельного режиму роботи. Використання природного газу, як більш дешевої альтернативи дизельному паливу, дозволяє знижувати експлуатаційні витрати. Враховуючи низьку температуру горіння природного газу, це може призвести до зниження термічних навантажень на компоненти двигуна, що сприяє збільшенню його ресурсу. Перехід на газовий режим сприяє суттєвому зниженню викидів CO₂, що важливо в умовах посилення екологічних вимог

Для реалізації газодизельного режиму роботи двигуна автомобіля MAN TGA 33.480 необхідно встановити спеціальну систему подачі газу, що включає балони для зберігання природного газу, редуктор для зниження тиску газу, форсунки для подачі газу в камеру згорання та систему управління, що забезпечує правильний розподіл пального між дизелем і газом залежно від умов експлуатації.

Особливу увагу потрібно звернути на налаштування роботи двигуна, щоб забезпечити оптимальне співвідношення між кількістю дизельного пального та природного газу для кожного режиму роботи. Це дозволяє максимізувати ефективність роботи двигуна, зберігаючи при цьому належну потужність та надійність.

Автомобіль MAN TGA 33 оснащується дизельним двигуном, який є основною силовою установкою для цієї моделі. Зазвичай на MAN TGA 33 встановлюють двигуни серії MAN D20 або MAN D26. В нашому випадку автомобілі оснащені 400 сильними дизелями MAN D2066 (рис. 2.2) [6].



Рис. 2.2. Дизель MAN D2066

MAN D2066 має рядне розташування 6 циліндрів, з електронним керуванням подачі пального (Common Rail EURO-3), примусовим нагнітанням повітря та проміжним його охолодженням. Основні показники дизеля MAN D2066 наведено в таблиці 2.2 [6].

Таблиця 2.2 – Основні показники дизеля MAN D2066

Показник	Значення
Потужність дизеля, кВт	325
Максимальний крутний момент, Нм/об	2100/1400
Число циліндрів та розташування, шт	6-рядне
Сумарний робочий об'єм, л	10,6
Система мащення	Комбінована
Тиск системи мащення на номінальному режимі, МПа	0,4-0,5
Діаметр циліндра, мм	120
Хід поршня двигуна, мм	145
Частота обертання КВ ном. режим, хв ⁻¹	1900
Порядок роботи	1-5-3-6-2-4

Продовження табл. 2.2

1	2
Ступінь стиску	18
Сумішоутворення:	Внутрішнє безпосередній вприск
Система подачі палива	Common Rail EURO-3
Форсунки	електромагнітні
Турбокомпресор	Відцентровий з проміжним охолодженням
Система охолодження	Рідинна
Маса суха, кг	850

Об'єктом удосконалення є вантажний автомобіль MAN TGA 33.480 шляхом розробки системи живлення двигуна для роботи за газодизельним циклом. Схема стандартної системи живлення автомобіля наведена на рисунку 2.3.

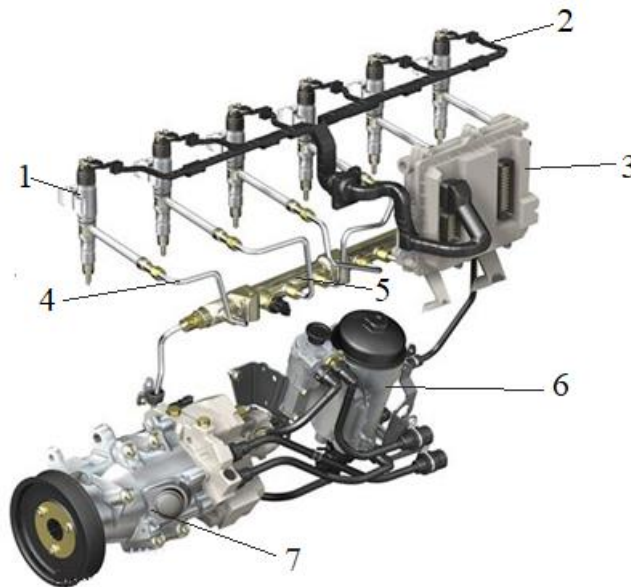


Рис. 2.3. Система живлення двигуна MAN D2066

- 1 – паливні форсунки; 2 – 3 – блок керування подачі палива;
4 – паливопроводи високого тиску; 5 – паливна рампа; 6 – фільтр тонкої
очистки палива; 7 – паливний насос високого тиску

Модернізація MAN TGA 33.480 на газодизельний режим є перспективним напрямом для підвищення економічної та екологічної ефективності важких вантажівок. Заміна частини дизельного пального на природний газ дозволяє знизити витрати на паливо, а також зменшити шкідливі викиди, що відповідає сучасним вимогам екології та сталого розвитку. Для розробки системи живлення газодизеля проведемо інформаційно-патентний аналіз систем та механізмів регулювання потужності газодизелів.

2.2 Аналіз систем та механізмів регулювання потужності газодизеля

Вантажні автомобілі з газодизельними двигунами активно використовуються в різних країнах. Так європейських країнах (Німеччина, Нідерланди, Франція, Італія) уряди стимулюють використання газового пального через податкові пільги та екологічні нормативи [7-9]. В США та Канаді великі логістичні компанії переходять на використання як стиснених природніх газів CNG (Compressed Natural Gas) так і використання скраплених природніх газів LNG (Liquefied Natural Gas) через економічні переваги.

Одним із світових лідерів у виробництві газодизельних двигунів, завдяки державним програмам підтримки являється Китай. В Україні також зростає попит на переобладнання дизельних автомобілів під газодизельні системи через високі ціни на дизельне паливо.

Отриманий досвід від експлуатації газодизелів доводить ефективність переходу на газодизельний цикл роботи двигуна та енергетичних засобів в цілому. Удосконалення бензинових двигунів з примусовим запалюванням не викликає труднощів в проведенні конверсії по переходу на використання газу в якості пального. В дизелів конверсія по переходу на газоподібне паливо відбувається дещо складніше в зв'язку з відсутністю системи примусового запалювання. Вирішується дана проблема шляхом часткової подачі дизеля 20-30 % в якості запальної дози. Дане рішення змушує розробку складних систем регулювання потужності двигуна на різних режимах його роботи в режимі

газодизеля [1, 10-12]. Для дослідження цього питання з метою удосконалення автомобілів MAN розглянемо найбільш актуальні системи та механізми регулювання потужності газодизелів.

Найбільшим виробником газового обладнання являються компанії з Італії (BRC, Landi Renzo, Gas Equipment, Tomasetto, OMVL) друге місце займають виробники з Туреччини (TITAN, Atiker, Güvenç Otomotiv, Landi Renzo Turkey, Akarsan) третє місце займає компанія Bosch (Німеччина). В останні часи розвиває своє виробництво газового обладнання та поширення своєї продукції на європейський ринок і Китай. Ще одним представником розробки газового обладнання являється Польща. Представлена на ринку газового обладнання такими компаніями як STAG, Stako, KME, AG Centrum та ін. Основним елементом системи регулювання потужності газодизеля являється електронний блок регулювання. Успіху в цьому напрямку досягли компанія Bosch з Німеччини та AG Centrum з Польщі. Розроблена система регулювання потужності газодизеля «Zenit» (рис. 2.3) [13] забезпечує ефективну адаптацію з паливними системами керування подачею палива Common Rail, що широко поширені на сучасних дизелях. На сьогодні в Україні питанням переобладнання дизелів на роботу за газодизельним циклом займаються такі компанії, як «Ізотоп Прилад Сервіс», ООО «Ловато Сервіс», VipGaz Center, «Автотранс». Дані компанії проводять установку газового обладнання, дослідження та подальше його обслуговування. А саме компаніями досліджується технологія подачі газу. Встановлено що подача газу після турбокомпресора вирішує питання пов'язані з затримкою надходження суміші на перехідних режимах роботи газодизеля. Також вирішується питання безпечної експлуатації газодизелів шляхом усунування витоків газу через елементи впускного колектора турбокомпресора та інтеркулера. Використання коротких магістралей усуває інерційність системи подачі газу та формування суміші на перехідних режимах роботи двигуна.

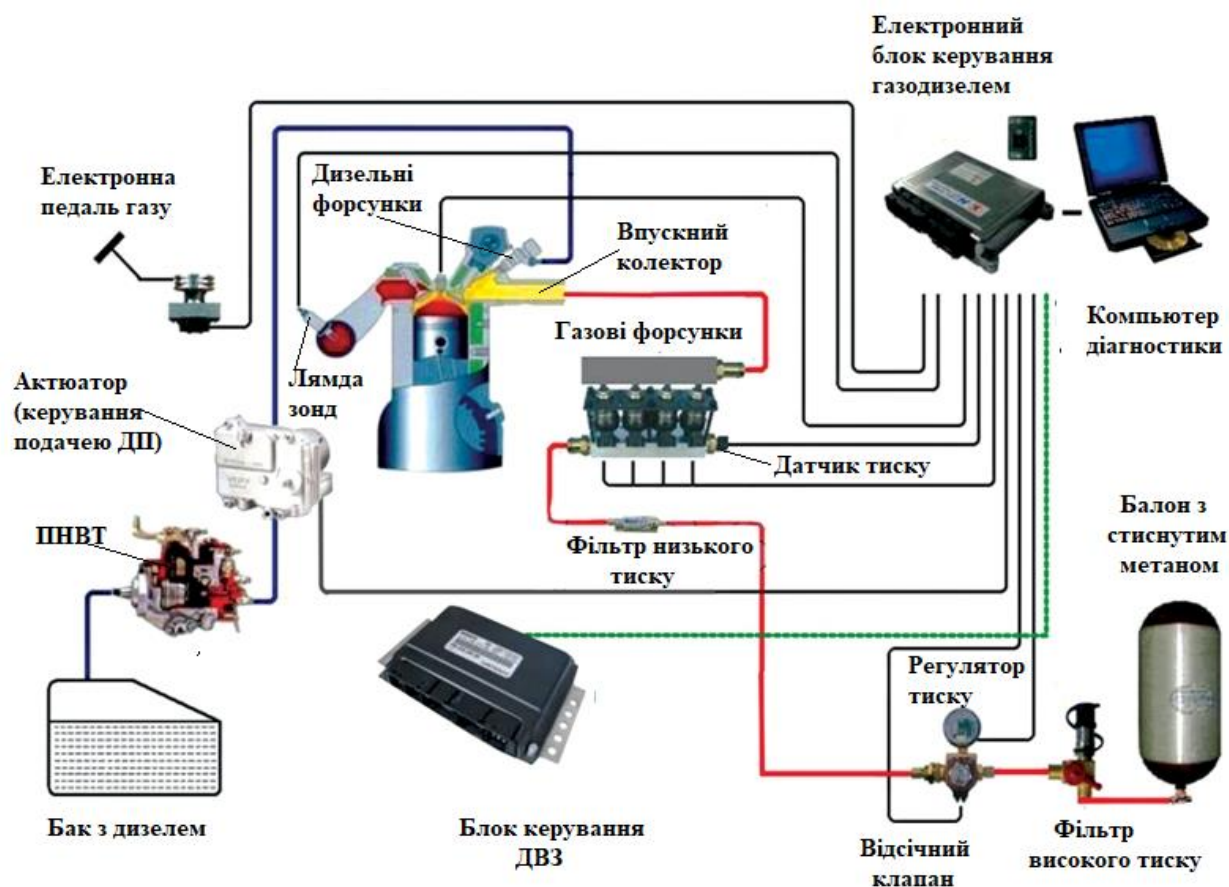


Рис. 2.3. Схема системи регулювання потужності газодизеля [13]

Завдяки постійному контролю таких параметрів, як температура відпрацьованих газів, тиск перед та за турбокомпресором, температура повітря на вході, кількість повітря та положення електронної педалі газу, температури двигуна, частоти обертання колінчастого валу та кількості кисню в відпрацьованих газах електронний блок системи регулювання потужності газодизеля в комбінації з блоком керування ДВЗ формує необхідний склад робочої суміші, що складається із повітря, залишкових відпрацьованих газів, запальної дози дизеля до 30 % та 70 % метану CH_4 . Співвідношення дизеля та метану підбирається з урахуванням режиму роботи газодизеля. Так на режимі холостого ходу та мінімальних навантажень двигун працює без заміщення дизельного палива газом.

Питання дослідження системи регулювання потужності газодизеля присвячені роботи науковців ДДАЕУ [10-11, 14-16], а саме Улексіна В.О., Бабича

О.С., Кухаренка П.М. та ін. Так за результатами їх роботи вирішено проблему, яка виникала в процесі регулювання запальної дози дизеля шляхом фіксації рейки паливного насоса і перемиканні штатного регулятора конвертованого дизеля на керування витратою газу. Такий спосіб регулювання потужності газодизеля призводив до зниження витрати газу на часткових навантаженнях двигуна, що найбільш характерні при його експлуатації, та знижував ефективності експлуатації техніки на газоподібному паливі. Ще однією проблемою являється використання серійних редукторів призначених для експлуатації на двигунах з примусовим запаленням, що працюють тільки на одному паливі газі. Це ускладнює процес керування потужності двигуна та зростає вартість конверсії.

Для вирішення наведених проблем конверсії двигунів науковцями ДДАЕУ запропоновано принцип одночасного керування витратами як дизеля так і газу використовуючи штатний регулятор паливного насоса високого тиску ПНВТ [10] з встановленим на ньому регулятором витрати газу. Запропоноване конструктивне рішення дозволяє більш точно витримувати потрібне співвідношення між дизелем та газом на різних режимах роботи газодизеля в діапазоні від мінімальних до максимальних експлуатаційних навантажень, найбільш характерних для двигунів мобільних енергетичних засобів. В системі відсутні електронні компоненти, що підвищує надійність її роботи та спрощує конструкцію та знижує вартість регулюючої апаратури автотракторного газодизеля. Аналіз роботи системи регулювання запропонованої науковцями ДДАЕУ проведемо на прикладі конверсії тракторів ХТЗ-150К (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Газобалонний трактор ХТЗ-150К на культивуації

Дослідження проводилися [10, 11, 12] на тракторі ХТЗ з використанням конвертованого дизеля СМД-62 при роботі за газодизельним циклом. Для цього розроблено систему регулювання потужності з використанням штатного ПНВТ доповнено дозатором газу (рис. 2.5). Серійну тягу 8 замінено проміжним механізмом встановленим між важелями регулятора 1 і привода дозаторів 34 та 37. До складу проміжного механізму входить важелі 16 та 23, пружна тяга 19, обмежувач переміщення електричного дозатора 30 та тяги 7 і 22. Зв'язок між важелем 25 та якорем 29 здійснюється через планку 26 з пазом "а". Далі зусилля передається від важеля 16 на важіль 18, золотник 15 гідравлічний підсилювача 14 та клапан 10 регулятора подачі газу.

Під час роботи двигуна на дизельному циклі електромагнітний запірний клапан 6 (рис. 2.6) закритий, і масло з системи змащення не подається до гідропідсилювача. Поршень 13 гідропідсилювача під впливом поворотної пружини знаходиться в крайньому правому положенні, а клапан дозатора газу щільно притискається до сідла. Переміщення головного важеля 1 регулятора передається через тягу 7 на двуплечий важіль 16, а далі через пружну тягу на важіль 23. Оскільки попередній натяг пружини 20 перевищує зусилля, що виникають від переміщення дозаторів 32 і 35, а також від тертя в їх приводі, тяга передає зусилля як жорстка ланка.

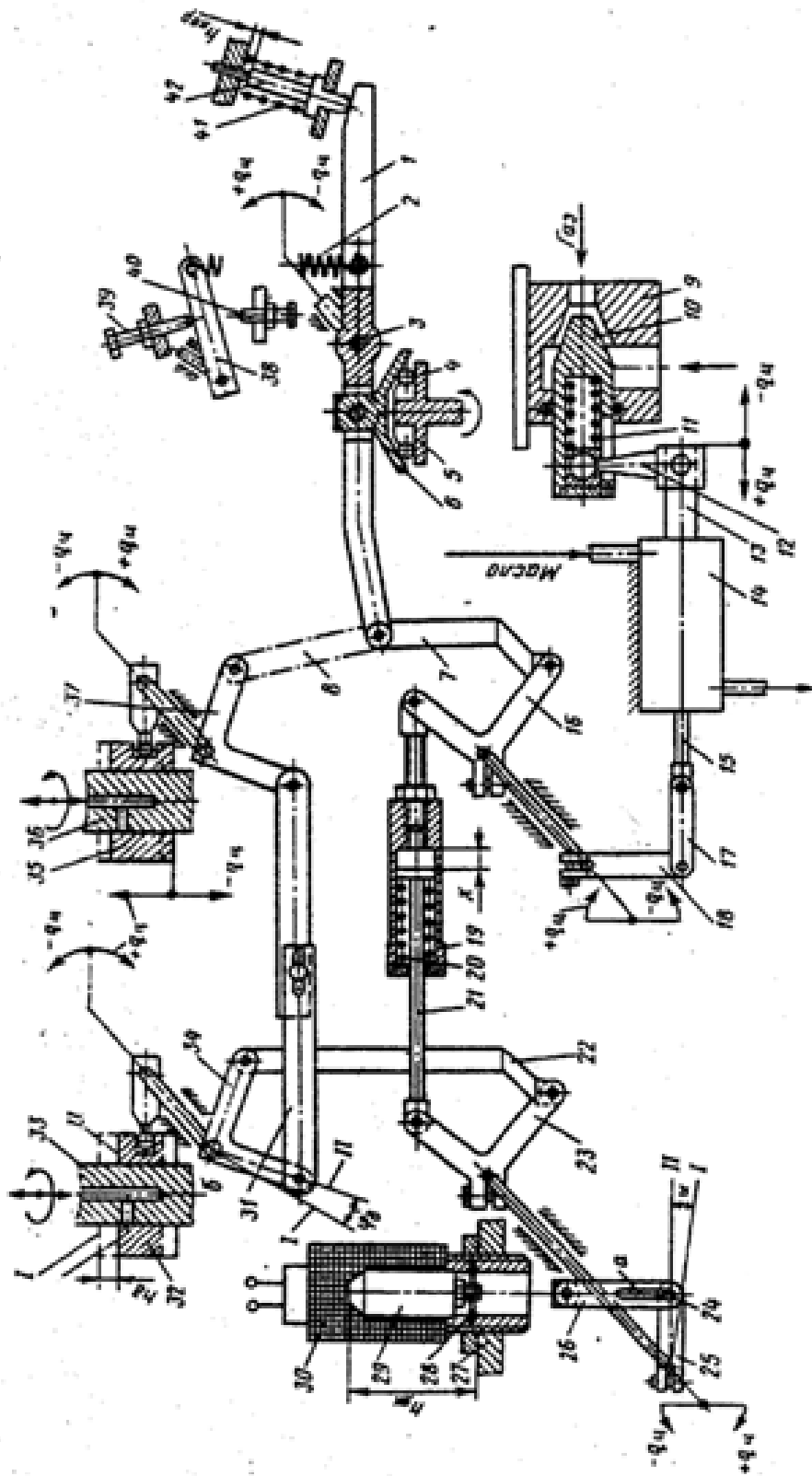


Рис. 2.5. Схема системи регулювання подачі газу з використанням штатного ДНВТ та гідропідсилювача
 1 – головний гармав регулятора; 2 – пружина регулятора; 3 – вісь; 4 – вантаж регулятора; 5 – прямиач вантажів; 6 – муфта регулятора; 7 і 8 тяги; 9, 10 та 11 – корпус, клапан і компенсаційна пружина дозатора газу; 12 – повідець; 13, 14, 15 – поршень, корпус і золотник гідропідсилювача; 16, 23, 34 та 37 – двоплечий важіль; 17 – серезка; 18 – вазаль золотника; 19 і 20 – корпус і пружина пружинної тяги; 21 – шток з поршнем; 22 – тяга; 24 – штифт; 25 – вазаль обмеження; 26 – планка; 27 – плита; 28 – стопорне кільце; 29 і 30 якорі і корпус електромагніту; 31 – регулювальна тяга; 32 і 35 – дозатори; 33 і 36 –плунжери ДНВТ; 38 – вазаль задання пвильсного режаму; 39 і 40 – обмежувальні болти; 41 і 42 – пружина і шток коректора

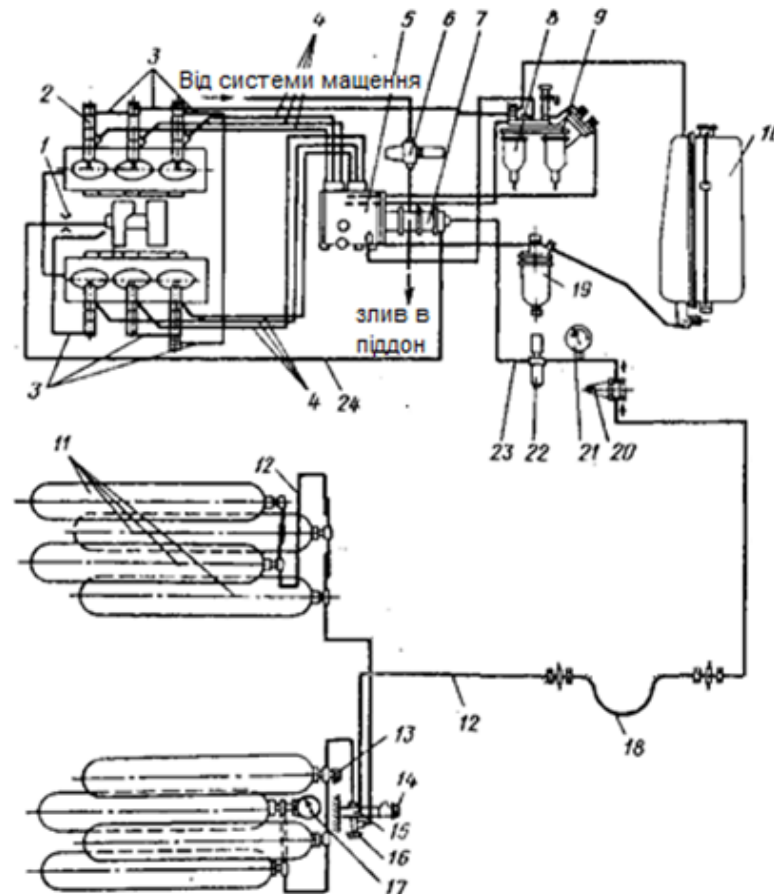
Коли на електромагніт 30 подається струм, його якорь 29 піднімається, і планка, переміщуючи важіль 25, змінює його положення з I на II. В цей час

важелі 34 і 37 дозаторів обертаються проти годинникової стрілки, зменшуючи подачу палива, і дозатори 32 та 35 переміщуються вниз. подача палива зменшується, відповідно до коригування газом. Через значну різницю в жорсткості пружин 20 та 2 пружна тяга «розтягується» на величину x , а проміжний важіль 16 залишається нерухомим. Одночасно масло з системи змащення подається до гідропідсилювача і переміщує поршень, що відповідає положенню золотника 15. Клапан дозатора газу відходить від сідла, пропускаючи необхідну кількість газу в впускний трубопровід двигуна.

При зменшенні навантаження на двигун важіль 1 повертається за годинниковою стрілкою, і важелі 16 та 18 обертаються проти, що призводить до зміщення золотника 15 гідропідсилювача вправо. Поршень гідропідсилювача рухається, зменшуючи прохідний перетин клапана 9, тим самим знижуючи подачу газу. Переміщення важеля 16 також зменшує хід пружної тяги, що не передається на важіль 23, і дозатори 32 і 35 залишаються нерухомими, подаючи сталу кількість дизельного пального.

При подальшому зниженні навантаження хід пружної тяги вибирається повністю, і дозатори починають рухатися в напрямку зменшення подачі палива, одночасно клапан 10 закриває подачу газу, а рух поршня гідропідсилювача супроводжується стисненням компенсаційної пружини 11.

Перемикання між режимами «дизель – газодизель» здійснюється за допомогою тумблера на щитку приладів, який подає живлення на три електромагніти: обмежувач запальної дози палива, клапан включення витрат газу і клапан подачі масла до гідропідсилювача. У цій системі відсутній редуктор низького тиску, і газ подається під тиском 0,6 – 0,7 МПа до клапана, що регулює витрату. Газ також подається до турбокомпресора, що вирішує проблему сумішоутворення. Відсутність швидкодії системи регулювання через гідропідсилювач впливає на коректне дозування газу, особливо при виході на коректурну ділянку характеристики двигуна, що може призвести до надмірного збільшення циклової подачі газу і підвищеного димлення під час перевантажень.



1 – газовий жиклер; 2 – форсунка; 3 – дренажні трубки; 4 – паливо проводи високого тиску; 5 – ПНВТ; 6 – електромагнітний клапан; 7 – дозатор газу з гідропідсилювачем; 8 і 9 – перша і друга ступені паливного фільтра; 10 – паливний бак; 11 – газові балони; 12, 23, 24 – газопроводи; 13, 14 і 16 – вентилі; 15 – хрестовина; 17 і 21 – манометри; 18 гнучкий шланг; 19 – фільтр грубого очищення палива; 20 – газовий редуктор; 22 – фільтр газовий клапан

Рис. 2.6. Схема системи регулювання потужності газодизеля трактора ХТЗ–150К [11]

Крім тракторного напрям також дослідження проводилися з газодизелями встановленими на вантажних автомобілях марки КрАЗ за результатами яких розроблено систему регулювання потужності автомобільного газодизеля (рис. 2.7) [14]. Розроблена система для газобалонний автомобіль КрАЗ з дизелем ЯМЗ-238 [15, 16] забезпечує ефективне регулювання подачі дизеля та стисненого метану як на коректорній так і регуляторній ділянці швидкісної характеристики газодизеля. В даній частині накової роботи було враховано

недоліки розробленої системи тракторних газодизелів, які проявилися в процесі експлуатації техніки. Доопрацьовано систему пониження тиску стисненого газу метану в результаті розроблено конструкцію триступінчастого редуктора, який об'єднує елемент очищення газу (фільтр) розміщений з боку подачі газу до редуктора, першу та другу ступінь пониження тиску та камеру підігріву, датчик-коректор зміни витрати повітря впускному колекторі. Також на редукторі встановлено електроклапан подачі газу.

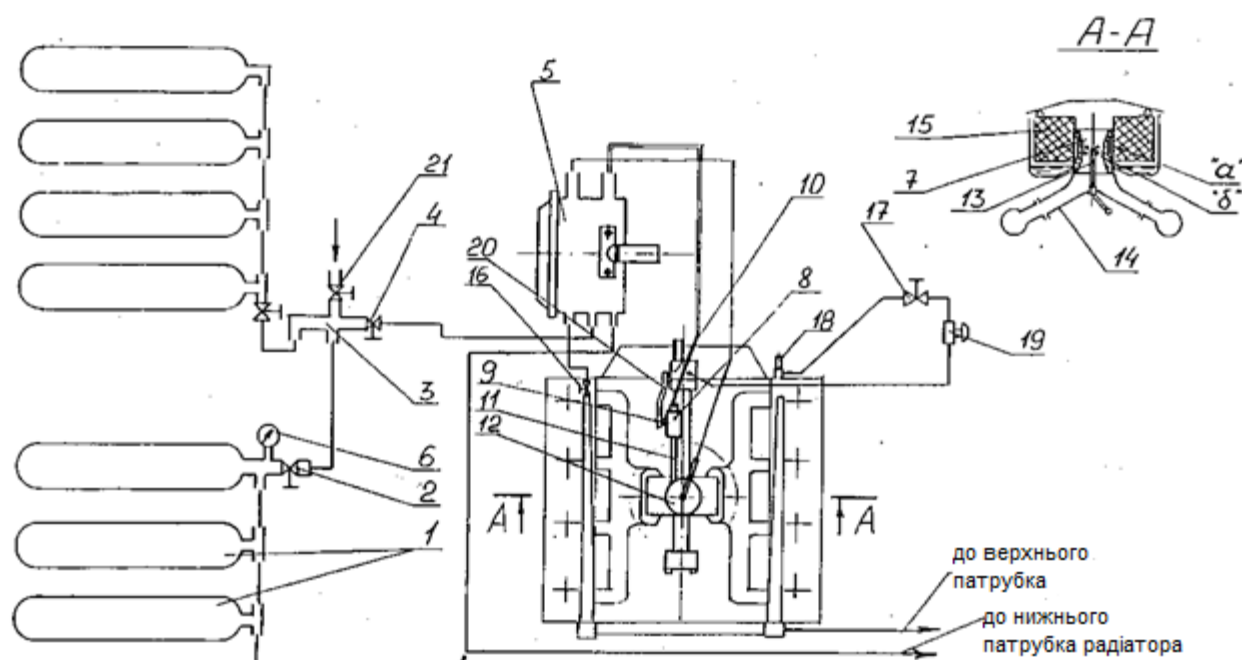


Рис. 2.7. Схема системи регулювання потужності газодизеля ЯМЗ–238

- 1 – газовий балон; 2 – роздавальний вентиль; 3 – роздавально-заправний вузол;
 4 – магістральний вентиль; 5 – газовий редуктор регулятор;
 6 – манометр; 7 – дифузор; 8 – дозатор газу; 9 – тяга приводу дозатора газу;
 10 – регулятор швидкості; 11 – патрубок газоповітряного змішувача;
 12 – газоповітряний змішувач; 13 – сигнальна трубка; 14 – повітро-розподільник; 15 – повітряний фільтр; 16 – кран подачі рідини до обігрівача;
 17 – кран подачі масла гідро-підсилювача; 18, 19 – датчики тиску масла в головній масляній магістралі; 20 – важіль управління дозатором газу;
 21 – заправний вентиль.

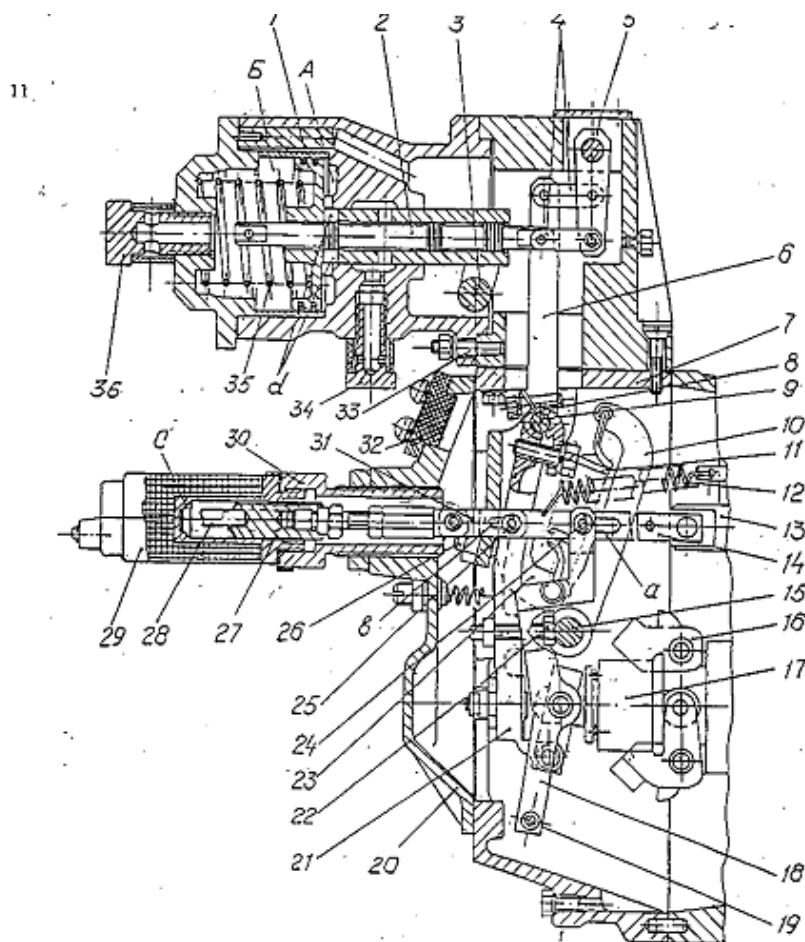
У режимі роботи на дизелі система регулювання потужності газодизельного двигуна (рис. 2.8) функціонує при вимкненій подачі масла в гідропідсилювач

через штуцер 34 і при відсутності струму на електромагніті 29. Відключення масла призводить до закриття дросельної заслінки витрати газу завдяки зусиллю поворотної пружини 35 гідروпідсилювача. В умовах відсутності струму на електромагніті 29 рейка паливного насоса 13 залишається в механічному зв'язку з головним важелем регулятора 21, і положення головного важеля безпосередньо визначає кількість рідкого палива, що подається в двигун.

При переході на режим газодизеля подається напруга на обмотку електромагніту 29, а також подається масло в гідропідсилювач через штуцер 34. В такому випадку електромагніт утримує рейку в положенні, яке відповідає подачі запальної дози рідкого палива, при цьому паз «а» запобігає блокуванню роботи регулятора.

Серводвигун відповідає за відкриття і закриття дроселя, регулюючи подачу газу відповідно до положення золотника 2, який з'єднаний з головним важелем 21 штатного регулятора через елементи 4, 5 і 6. Таким чином, зміна подачі газу при постійній подачі рідкого палива дозволяє формувати регульовальну ділянку характеристики двигуна.

При значному зниженні навантаження та відключенні подачі газу подальше зменшення подачі рідкого палива здійснюється завдяки наявності паза, що розташований у планці приводу рейки електромагніта. При номінальному навантаженні двигуна болт 22 обмежує рух головного важеля регулятора в напрямку збільшення подачі палива. У цьому випадку витрата газу визначається двома факторами: з одного боку – величиною прохідного перерізу дозатора газу, а з іншого – величиною тиску на останній регульованій ступені газового редуктора. Тиск у свою чергу залежить від витрати повітря через дифузор змішувача, що дозволяє забезпечити більш точне співвідношення між повітрям і газом у газоповітряній суміші при зміні частоти обертання вала двигуна, формуючи так звану «коректорну» (точніше – безрегуляторну) ділянку характеристики газодизельного двигуна.



1 – поршень гідропідсилювача; 2 – золотник; 3 – вилка гідропідсилювача; 4 – важіль;
 5 – розмножувальний важіль; 6 – проміжний важіль; 7 – середній корпус регулятора;
 8 – болт клемного затиску; 9 – вісь головного важеля регулятора; 10 – важіль пружини регулятора; 11 – пружина регулятора; 12 – пускова пружина; 13 – рейка паливного насоса; 14 – допрацьована тяга рейки; 15 – вісь важеля пружини регулятора; 16 вантажі;
 17 – муфта регулятора; 18 – важіль тяги рейки; 19 – палець важеля; 20 кришка оглядового люку; 21 – головний важіль регулятора; 22 – болт номінальної подачі палива;
 23 – двоплечий важіль; 24, 25 – з'єднувальні пальці; 26 – гвинт регулювання нахилу регуляторного ділянки; 27 – якір електромагніту; 28 – штовхач мікрвимикача;
 29 – корпус електромагніту установки запальної дози; 30 – регулювальний стакан;
 31 – вилка; 32 – кришка лючка; 33 – шпилька; 34 – штуцер підведення масла до гідропідсилювача; 35 – пружина гідропідсилювача; 36 – штуцер зливу масла з гідропідсилювача; А – порожнина тиску масла; Б – порожнина зливу масла; а – паз вільного ходу; б – паз виключення подачі дизельного палива; с – поверхня упору якоря; d – вікна проходу масла

Рис. 2.8. Штатний регулятор ПНВТ з гідравлічним підсилювачем регулювання подачі газу газодизеля ЯМЗ–238 [16]

2.3 Висновки

1. Проект удосконалення автомобілів марки MAN TGA 33 шляхом переведення їхніх двигунів на газодизельний режим роботи є важливим кроком для підвищення ефективності використання паливних ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

2. Удосконалення передбачає заміну частини дизельного пального на природний газ двигуна автомобіля, що працює на середніх і номінальних навантаженнях, а також оптимізацію системи управління для забезпечення ефективної роботи двигуна при різних режимах.

3. Згідно проведеного аналізу системи регулювання потужності газодизеля встановлено, що процес конверсії дизельних двигунів на газ більш складний ніж в двигунів з примусовим запалюванням. Це пов'язано з розробкою більш складних систем регулювання подачі, як дизеля так метану на різних режимах роботи газодизеля.

Врахувавши напрацювання по даній тематиці і проаналізувавши існуючі схеми регулювання потужності газодизеля в наступному розділі буде розроблено систему регулювання потужності газодизеля адаптовану для роботи з двигунами MAN 2066 вантажних автомобілів MAN TGA 33.480, що експлуатуються в господарстві.

Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Розробка системи живлення газодизеля вантажного автомобіля MAN TGA 33.480

Враховавши результати проведеного аналізу систем регулювання потужності газодизелів в якості прототипу розробки системи живлення двигуна MAN 2066 вантажного автомобіля MAN TGA 33.480 для роботи за газодизельним циклом обираємо варіант наведений в роботі [13] з урахуванням напрацювань науковців кафедри ТСГМ.

Для підтримання ефективної роботи газодизеля додамо до схеми прототипу централізовану подачу газу за допомогою газової форсунки в впускний колектор двигуна та редуктор-регулятор витрати газу. Загальний вигляд системи живлення двигуна MAN 2066 адаптованої для роботи за газодизельним циклом наведено на рисунку 3.1.

На основі проведеного аналізу систем регулювання потужності газодизелів, як прототип обрана система живлення, наведена в джерелі [13], з урахуванням напрацювань науковців кафедри ТСГМ. Для забезпечення стабільної та ефективної роботи двигуна MAN 2066 вантажного автомобіля MAN TGA 33.480 за газодизельним циклом, до схеми додано вузол централізованої подачі газу через газову форсунку (позиція 17), яка встановлена у впускному колекторі (на вході в циліндри).

Система подачі дизельного пального працює традиційно. Пальне з паливного бака 11 проходить через паливний фільтр 12, звідки подається до паливного насоса високого тиску 1. Далі паливо надходить до паливної рампи (14), а потім – до дизельних форсунок (16), які забезпечують подачу дизеля безпосередньо в камеру згоряння двигуна внутрішнього згоряння (15). Надлишковий тиск в паливній рампі підтримується на рівні 1800 bar за допомогою регулятора тиску 7. Робота системи контролюється за допомогою ряду

датчиків: тиску 2, температури охолоджуючої рідини 19, температури та витрати повітря 18, температури відпрацьованих газів 9 а також датчика обертів колінчастого валу 20. Синхронізацію роботи системи з робочим циклом двигуна організовано за допомогою датчика фаз 34 та валу газорозподільного механізму.

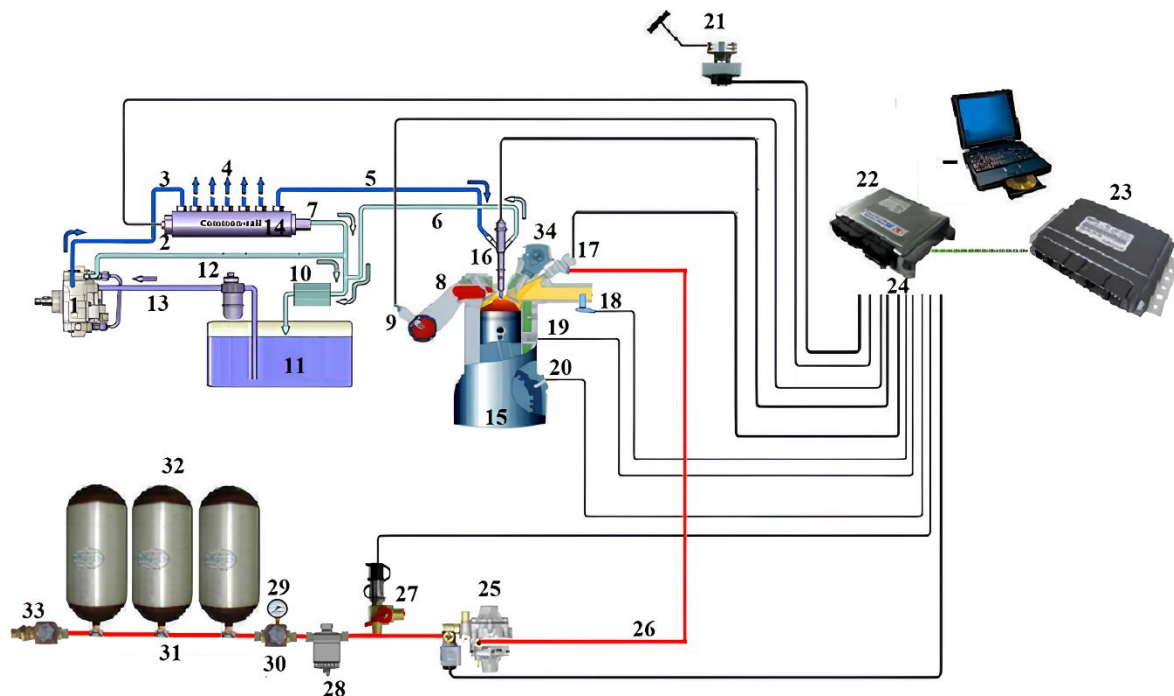


Рис. 3.1 Схема системи живлення удосконаленого газодизельного автомобіля MAN TGA 33.480

1 – паливний насос високого тиску; 2 – датчик тиску; 3, 4, 5, 6, 13 – паливопроводи; 7 – регулятор тиску; 8 – випускний колектор; 9 – датчик температури відпрацьованих газів; 10 – охолоджувач рідини; 11 – паливний бак; 12 – паливний фільтр; 14 – паливна рампа; 15 – двигун внутрішнього згорання; 16 – форсунка подачі дизеля; 17 – газова форсунка; 18 – датчик температури та витрати повітря; 19 – датчик температури охолоджуючої рідини; 20 – датчик частоти обертання колінчастого валу; 21 – електронна педаль (акселератор); 22 – електронний блок керування газодизелем; 23 – електронний блок керування дизелем; 24 – провідна мережа; 25 – редуктор-регулятор подачі газу; 26 – газова магістраль низького тиску; 27 – фільтр високого тиску; 28 – редуктор високого тиску; 29 – манометр; 30 – запірний вентиль; 31 – магістраль високого тиску; 32 – балони; 33 – заправна арматура; 34 – датчик фаз

Подача газу реалізується через високонапірну систему з балонів 32, з'єднаних з заправною арматурою 33, магістраллю високого тиску 31, запірний вентиль 30, манометр 29, редуктор високого тиску 28 та фільтр-клапан 27. Далі газ надходить у редуктор-регулятор подачі газу 25, який додатково знижує тиск до робочого значення і подає газ через магістраль низького тиску 26 до газової форсунки 17. Форсунка вводить газ у впускний колектор, де він змішується з повітрям.

Управління всіма елементами системи здійснюється за допомогою електронного блоку керування газодизелем 22, який координує подачу як дизельного пального, так і газу відповідно до сигналів із сенсорів та електронної педалі акселератора 21. Система також включає штатний блок керування дизелем 23, що взаємодіє через провідну мережу 24 із загальною системою.

Розроблена схема дозволяє працювати двигуну в змішаному режимі – дизельне паливо використовується для ініціації займання, а основна частина енергії забезпечується згоранням природного газу. Такий підхід дозволяє знизити витрати пального, зменшити викиди шкідливих речовин та підвищити загальну ефективність двигуна.

Розглянемо основні алгоритми роботи системи живлення газодизеля.

У газодизельному режимі роботи двигуна MAN 2066 подача палива здійснюється шляхом комбінування дизельного пального і стисненого природного газу. Управління співвідношенням цих компонентів залежить від режиму роботи двигуна, навантаження, обертів колінчастого валу та сигналів від датчиків системи.

На холостому ході або при малому навантаженні основним джерелом енергії залишається дизельне паливо. У цей період подача газу або відсутня, або здійснюється в мінімальних кількостях, оскільки температура в камері згорання недостатня для стабільного займання газової суміші. Це забезпечує надійність запуску та стабільність роботи при мінімальному навантаженні.

Із збільшенням навантаження на двигун електронна система керування 22 поступово змінює співвідношення між дизелем і газом. Газова форсунка 17 починає вводити більшу кількість газу у впускний колектор, у той час як дизель подається через стандартну паливну систему. В цей момент частка дизельного пального зменшується, а газова – зростає. У режимі часткового навантаження, наприклад 50–70%, співвідношення може становити близько 50/50.

За номінального режиму роботи (повне навантаження або близьке до максимального), система досягає оптимального балансу: близько 70% загальної енергії двигуна забезпечується за рахунок газу, а решта 30% – дизельним паливом. Дизель при цьому виконує роль запального пального, гарантуючи надійне займання паливної суміші навіть при високих обертах та під великим навантаженням.

Електронний блок керування координує подачу палива на основі даних з датчиків температури, тиску, масової витрати повітря, робочої фази та частоти обертання колінчастого вала. Завдяки цьому забезпечується точне дозування обох видів палива відповідно до поточних умов роботи двигуна, що сприяє зменшенню витрат пального, зниженню токсичності викидів та підвищенню ККД силової установки.

Стандартні складові газової компоненти розробленої системи живлення газодизеля представлено в таблиці 3.1 [17-19] до них відносяться: балони, редуктори високого та низького тиску, фільтр, манометр, електронний блок керування, газова форсунка, запірні та заправні арматури. Елементи кріплення балонів враховуючи специфіку шасі вантажного автомобіля буде спроектовано в графічній частині з урахуванням проведених розрахунків на міцність. Дизельна компонента залишається незмінною згідно наведеного рисунка 2.3 в попередньому розділі. Так в якості системи живлення використовується система Common Rail CP3 фірми Bosch з радіально-поршневим насосом високого тиску та форсунками з робочим тиском 1600-1800 bar. В якості електронного блока використовується ECU Bosch EDC7, який аналізує покази датчиків та здійснює керування подачею палива.

Таблиця 3.1 – Стандартні компоненти системи живлення газодизеля

№	Елемент	Маркування	Примітка
1	Газовий балон (CNG)	БА-60	8 балонів 20 МПа, об'ємом 60 л, маса 40 кг
2	Заправний штуцер (заправна арматура)	Tomasetto Ref. CN02	Стандарт для заправки CNG
3	Манометр високого тиску	WIKA ECO-1, 0–400 bar	Для моніторингу тиску в балонах
4	Редуктор високого тиску	Tomasetto Achille AT12	Знижує тиск з 200–300 бар до 8–10 бар
5	Фільтр газу високого тиску	FARO FG0001 або Lovato 806000	Фільтрація від механічних домішок
6	Редуктор-регулятор низького тиску	OMVL CPR (4-8 бар) або AEB MB120	Стабілізує подачу в межах 2–3 бар
7	Газова магістраль низького тиску (шланг)	FARO LPG/CNG Class 2 R67/R110	Підходить до газової форсунки
8	Газова форсунка	Valtek Type 30 / Rail IG1 / BRC IN03	Подача газу в колектор
9	Електронний блок управління газом (ECU)	AEB MP48 OBD або Stag 400 DPI	Зчитує параметри, керує подачею

3.2 Розрахунок основних показників газодизеля

Для визначення ефективності проведеного удосконалення за експлуатаційними показниками виконаємо розрахунок для двох варіантів роботи двигуна. В першому випадку робота здійснюється з використанням стандартного дизельного палива а в другому випадку на суміші палив 70 % газу і 30 % дизеля.

Розрахунки виконаємо за загальноприйнятими методиками [20-24] скориставшись даними наведеними в таблиці 2.2 та додатку А.

Розрахунок виконаємо згідно чергування процесів робочого циклу двигуна внутрішнього згорання.

Процес впуску. Розрахунок починаємо з визначення тиску в циліндрі під час процесу впуску в двигуні MAN 2066 з рахуванням, що початкові параметри тиску та температури перед компресором відповідно становитимуть:

$$P_k = P_0 \quad \text{і} \quad T_k = T_0.$$

Тоді після компресора відбудеться приріст показників які визначимо за рівнянням:

$$P_k = \lambda_k \cdot P_0 = 2,2 \cdot 0,1 = 0,22 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

де P_k – тиск після турбокомпресора, МПа;

λ_k - ступінь підвищення тиску турбокомпресора приймаємо згідно додатку А $\lambda_k = 2,5$;

Значення температури свіжого заряду після турбокомпресора визначимо за формулою:

$$T_k = T_0 \cdot \lambda_k^{\frac{n_k-1}{n_k}} = 300 \cdot 2,2^{\frac{1,35-1}{1,35}} = 368 \text{ К} \quad (3.2)$$

де T_k – температури свіжого заряду після турбокомпресора, К;

n_k – значення коефіцієнта політропи компресора приймаємо згідно додатку А $n_k = 1,35$.

Щільність заряду на впуску визначимо за формулою:

$$\rho_k = \frac{P_k \cdot 10^6}{R_B \cdot T_k} = \frac{0,22 \cdot 10^6}{287 \cdot 368} = 2,08 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (3.3)$$

газова стала повітря - $R_v = 287 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{град)}$

Значення тиску залишкових газів в циліндрі визначимо за формулою:

$$P_r = (1,05 \dots 1,1) \cdot P_k = 1,1 \cdot 0,22 = 0,242 \text{ МПа} \quad (3.4)$$

а температуру залишкових газів прийmemo $T_r = 800 \text{ К}$.

Тоді значення тиску по завершенню процесу визначимо за рівнянням:

$$P_a = P_k - \Delta P_a, \text{ МПа.} \quad (3.5)$$

де ΔP_a – значення втрат тиску, МПа;

$$\Delta P_a = (0,03 \dots 0,1) \cdot P_k = 0,22 \cdot 0,1 = 0,022 \text{ МПа} \quad (3.6)$$

Тоді:

$$P_a = 0,22 - 0,022 = 0,198 \text{ МПа}$$

Значення підігріву заряду на впуску для двигуна з наддувом прийmemo $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{К}$.

Розрахуємо коефіцієнт залишкових газів:

$$\gamma_r = \frac{(T_k + \Delta T) \cdot P_r}{T_r \cdot (\varepsilon \cdot P_a - P_r)} = \frac{(368 + 5) \cdot 0,242}{800 \cdot (18 \cdot 0,198 - 0,242)} = 0,034 \quad (3.7)$$

Температура заряду T_a в кінці впуску:

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{368 + 5 + 0,034 \cdot 800}{1 + 0,034} = 387 \text{ К} \quad (3.8)$$

Значення коефіцієнта наповнення знайдемо за формулою:

$$\eta_v = \frac{T_k \cdot (\varepsilon \cdot P_a - P_r)}{(T_k + \Delta T) \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_k} = \frac{368 \cdot (18 \cdot 0,198 - 0,242)}{(368 + 5) \cdot (18 - 1) \cdot 0,22} = 0,88 \quad (3.9)$$

Процесу стиску.

Запишемо рівняння визначення проміжні значень тиску P_x та температури відповідно T_x :

$$P_x = P_a \left(\frac{V_a}{V_x} \right)^{n_1} \text{ МПа,} \quad (3.10)$$

$$T_x = T_a \left(\frac{V_a}{V_x} \right)^{(n_1-1)} \text{ }^\circ\text{К,} \quad (3.11)$$

де V_a і V_x – повний об'єму циліндра та проміжне значення об'єму.

Для вирішення приведених рівнянь знайдемо за формулою Петрова політропу стиску врахувавши значення номінальної частоти обертання колінчастого валу:

$$n_1 = 1,41 - \frac{100}{n} = 1,41 - \frac{100}{1900} = 1,35 \quad (3.12)$$

Наступним етапом визначимо тиск P_c та температуру T_c вкінці процесу за формулами:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,198 \cdot 18^{1,35} = 9,8 \text{ МПа,} \quad (3.13)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{(n_1-1)} = 387 \cdot 18^{(1,35-1)} = 1064,5 \text{ К} \quad (3.14)$$

Процес горіння. На першому етапі розрахунку визначимо теоретично необхідну кількість повітря для спалювання пального (1 кг дизеля):

Розрахунок для режиму дизеля:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8C}{3} + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8 \cdot 0,857}{3} + 8 \cdot 0,133 - 0,01 \right) = 14,51 \text{ кг} \quad (3.15)$$

або

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{0,857}{12} + \frac{0,133}{4} - \frac{0,01}{32} \right) = 0,496 \text{ кмоль/кг} \quad (3.16)$$

C, H, O – вміст вуглецю, водню і кисню в пальному.

Знайдемо молярну масу повітря:

$$m_g = \frac{l_0}{L_0} = \frac{14,51}{0,496} = 29,21 \text{ кг/кмоль}, \quad (3.17)$$

Молярну масу свіжого заряду (повітря) приймаємо $m_g = 29,21 \text{ кг/кмоль}$.

Розрахунок для режиму газодизеля:

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 м^3 метану:

$$L^z_0 = 4,76 \{ 0,5(CO + H_2) + \sum [(n + 0,25m) C_n H_m - O_2] \} \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (3.18)$$

де C_n – кількість вуглецю відповідно для метану $n=2$

H_m - кількість водню $m=6$.

$$L^z_0 = 4,76 [(1+0,25 \cdot 4) \cdot 0,94 + (2+0,25 \cdot 6) \cdot 0,02 + (3+0,25 \cdot 8) \cdot 0,01] = 9,52 \text{ м}^3.$$

Врахуємо тепло від спалювання дизеля в якості запальної дози 30%:

$$g = G_p \cdot Q_{н(д)} / (V_r \cdot Q_u + G_p \cdot Q_{н(г)}) \quad (3.19)$$

де g – частка теплоти запальної дози %,

$Q_{н(д)}$ – нижня теплота згорання дизеля, МДж/кг;

Q_u – нижня теплота згорання газу, МДж/м³.

V_r – витрати газу, м³/год;

G_p – годинна витрата дизеля MAN 2066 відповідно $G_p = 50 \text{ кг/год}$.

Об'ємна витрата газу визначається за рівнянням:

$$V_e = (V_h \cdot i \cdot n \cdot 30 / 1000) / (1 + \alpha \cdot L_0), \quad (3.20)$$

$$V_e = (1,76 \cdot 6 \cdot 1900 \cdot 30 / 1000) / (1 + 1,6 \cdot 9,52) = 37,08 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

де V_h – робочий об'єм одного циліндра, згідно додатку А, $V_h = 1,76$ л;

α – коефіцієнт надлишку повітря, згідно додатку А, $\alpha = 1,6$

n – частота обертання кв, $n = 1900$ хв⁻¹;

i – число циліндрів, згідно додатку А $i = 6$.

$$(1,83 \cdot 8 \cdot 2100 \cdot 30 / 1000) / (1 + 1,6 \cdot 9,52) =$$

$$\text{Тоді } g = 50 \cdot 42,5 / (37,08 \cdot 33,8 + 50 \cdot 42,5) = 0,62$$

Визначимо необхідну кількість повітря для спалювання газу 70 % та дизеля 30% :

$$L^p_0 = L_0 + g \cdot L_0 = 9,52 + 0,62 \cdot 0,496 = 9,83 \text{ кмоль.} \quad (3.21)$$

Розрахунок об'єму свіжого повітря:

$$M_1 = 1 + \alpha \cdot L^p_0 + 1/M_T = 1 + 1,6 \cdot 9,83 + 1/190 = 16,72 \text{ кмоль.} \quad (3.22)$$

Зміна об'єму при згоранні 1 кмоль метану з часткою дизеля:

$$\Delta M = M_2 - M_1 = g \cdot (H/4 - 32) - 0,5 \cdot (CO + H_2) + \sum [(1 + 0,25m) C_n H_m] \quad (3.23)$$

$$M_2 = 17,42 \text{ кмоль}$$

Коефіцієнт молекулярної зміни:

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{17,42}{16,72} = 1,042 \quad (3.24)$$

Дійсний коефіцієнт, що враховує молекулярну зміну:

$$\beta = \frac{(\beta_0 + \gamma_r)}{(1 + \gamma_r)} = \frac{(1,042 + 0,034)}{(1 + 0,034)} = 1,04 \quad (3.25)$$

Розрахуємо нижню теплоту згорання робочої суміші газодизеля за рівнянням :

$$Q_H^{np} = (22,4 \cdot Q_H + gQ_u) / (1 + \alpha \cdot L_0^r), \quad (3.26)$$

$$Q_H^{np} = (22,4 \cdot 42,5 + 0,62 \cdot 33,8) / (1 + 1,6 \cdot 9,83) = 58,16 \text{ МДж/кмоль},$$

Рівняння процесу горіння має вигляд:

$$\beta \cdot MC_{pz} \cdot T_z = \frac{\zeta \cdot Q_H^{sp}}{(1 + \alpha \cdot L_0^2) \cdot (1 + \gamma_r)} + (MC_{vc} + 8.314 \cdot \lambda) \cdot T_c \quad (3.27)$$

де Q_H – нижня теплота згорання газодизельного палива кДж/кг;

$\lambda = P_z/P_c$ – коеф. підвищення тиску при згоранні суміші, 1,8;

MC_{pz} – молярна теплоємність, кДж/(кмоль·град);

MC_{vc} – молярна теплоємність вкінці стиску;

T_z – температура вкінці згорання, К;

P_z – тиск в кінці згорання, МПа;

ζ – для газодизеля коеф. ефективності використання тепла $\zeta=0,8$.

Молярна теплоємність MC_{pz} визначається з рівняння горіння:

$$MC_{vc} = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot T_c = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot 1064,47 = 22,01 \quad (3.28)$$

$$A = 8,314 + (20,2 + 0,92 / \alpha) = 8,314 + (20,2 + 0,92 / 1,6) = 29,08$$

$$B = (15,5 + 13,8 / \alpha) \cdot 10^{-4} = (15,5 + 13,8 / 1,6) \cdot 10^{-4} = 24,1 \cdot 10^{-4}$$

$$MC_{pz} = 8,314 + (20,2 + 0,92 / \alpha) + (15,5 + 13,8 / \alpha) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \quad (3.29)$$

Розрахунок температури в кінці горіння T_z здійснюємо провівши математичне перетворення:

$$a \cdot T_z^2 + b \cdot T_z + c = 0: \quad (3.30)$$

$$T_z = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a \quad (3.31)$$

$$c = \left(\frac{\zeta \cdot Q_n^{ep}}{(1 + \alpha \cdot L_0^c) \cdot (1 + \gamma_r)} + (MC_{vc} + 8,314 \cdot \lambda) \cdot T_c \right) / \beta \quad (3.32)$$

$$T_z = (-30,08 + \sqrt{30,08^2 - 4 \cdot 0,00251 \cdot 75006}) / 2 \cdot 0,00251 = 2109,05 K$$

Визначимо тиск в кінці горіння:

$$P_z = \lambda \cdot P_c = 1,6 \cdot 9,8 = 15,6 \text{ МПа.} \quad (3.33)$$

Процес розширення. Розрахунки процесу відповідають циклу Отто, отже ступінь попереднього розширення як і в циклі Отто дорівнює $\rho = 1$.

Ступінь залишкового розширення дорівнюватиме ступеню стиску двигуна:

$$\delta = \varepsilon = 18 \quad (3.34)$$

Проміжні значення тиску P_x і температури T_x в циліндрі визначимо за рівняннями:

$$P_x = P_z \left(\frac{V_x}{V_c} \right)^{n_2}, \text{ МПа} \quad (3.35)$$

$$T_x = T_z \left(\frac{V_x}{V_c} \right)^{(n_2-1)}, \text{ К} \quad (3.36)$$

де n_2 – показник політропи розширення;

V_x – проміжне значення об'єму циліндра виражене в мм положення поршня відносно верхньої мертвої точки.

$$n_2 = 1,22 + 130/n = 1,22 + 130/1900 = 1,288 \quad (3.37)$$

Визначимо тиск та температуру в кінці процесу розширення:

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{15,6}{18^{1,288}} = 0,377 \text{ МПа}, \quad (3.38)$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{(n_2-1)}} = \frac{2109,05}{18^{0,288}} = 916,3 \text{ К} \quad (3.39)$$

Процес випуску.

Згідно з проведеними дослідженнями встановлено що тиск відпрацьованих газів на випуску залишається сталим.

Розрахункову температуру відпрацьованих газів визначимо за рівнянням:

$$T_r^1 = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{916,13}{\sqrt[3]{\frac{0,377}{0,242}}} = 790 \text{ К } ^\circ\text{К} \quad (3.40)$$

Результати проведеного розрахунку наведено в додатку Б. За даною методикою проведено розрахунок для роботи двигуна за дизельним циклом результати якого наведено в додатку В.

Індикаторна діаграми та швидкісна характеристика. Згідно виконаних розрахунків роботи двигуна за дизельним та газодизельним циклом скориставшись загальноприйнятою методикою побудуємо індикаторну діаграму

для двох варіантів (рис. 3.2) та швидкісну характеристику двигуна (рис. 3.3) за результатами розрахунку наведеними в табл. 3.2 та табл. 3.3.

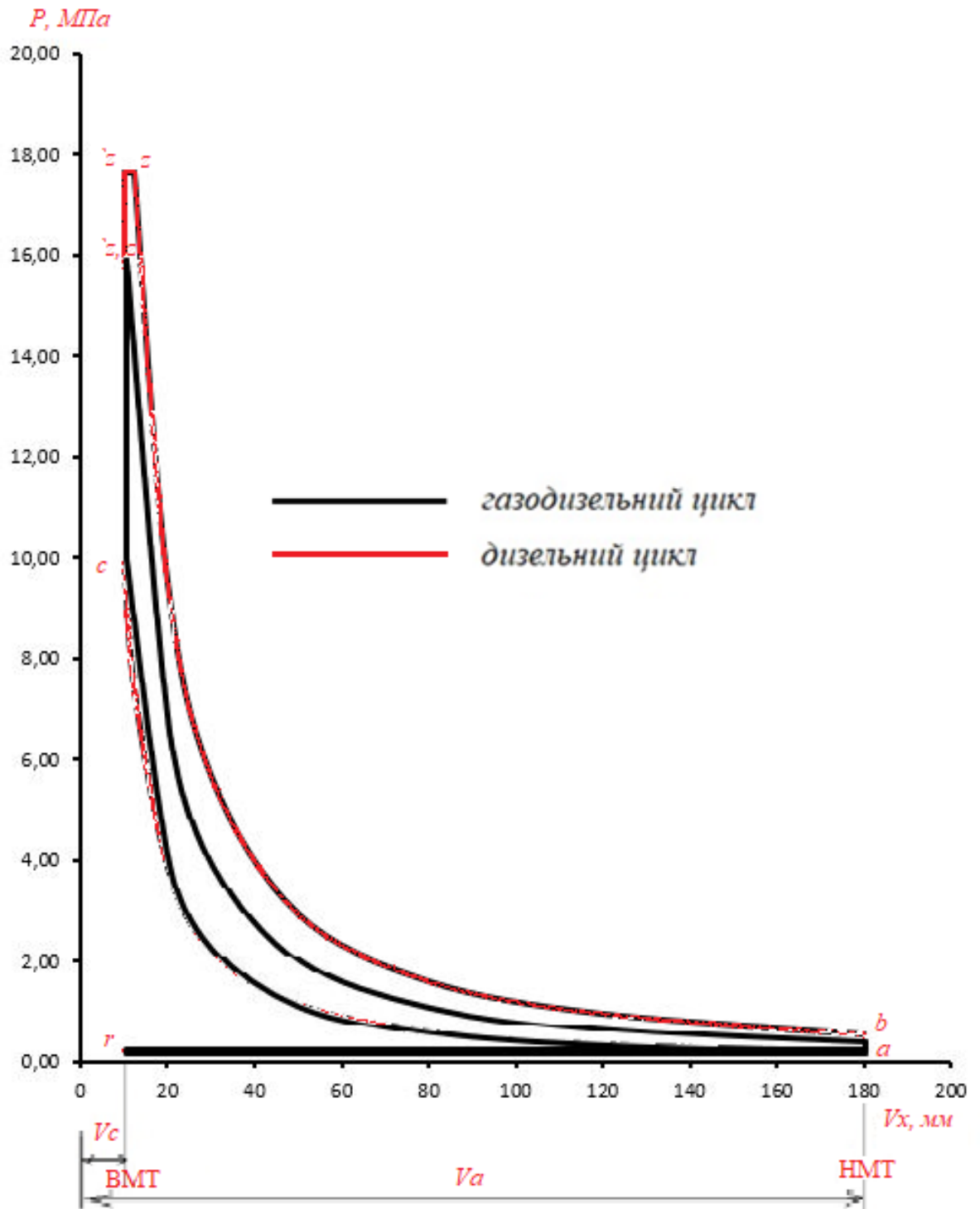


Рис. 3.2. Індикаторна діаграма двигуна MAN 2066

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку швидкісної характеристики двигуна
MAN 2066 при роботі за дизельним циклом

Частота обертання КВ, хв ⁻¹	Потужність, кВт	Крутн. момент, Нм	Годинна витрата дизеля, кг/год
нд	Нд	Мк	Гпд
380	55,25	1389,2	11,3
760	133,25	1675,3	22,1
1140	217,5	1825,1	32,9
1520	282,7	1777,4	40,7
1900	325	1634,4	50,1
2033	0	0	14,3

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку швидкісної характеристики двигуна
MAN 2066 при роботі за газодизельним циклом

Частота обертання КВ, хв ⁻¹	Потужність, кВт	Крутн. момент, Нм	Годинна витрата дизеля, кг/год	Годинна витрата, метану, м ³ /год
нд	Нд, кВт	Мк, Нм	Гпд, кг/год	Гпм, м ³ /год
380	53,12	1379,2	3,4	9,48
760	131,25	1671,3	6,7	18,36
1140	216,7	1810,1	9,9	23,03
1520	281,7	1761,4	12,2	28,5
1900	325	1634,4	14,7	42,48
2033	0	0	14,3	-

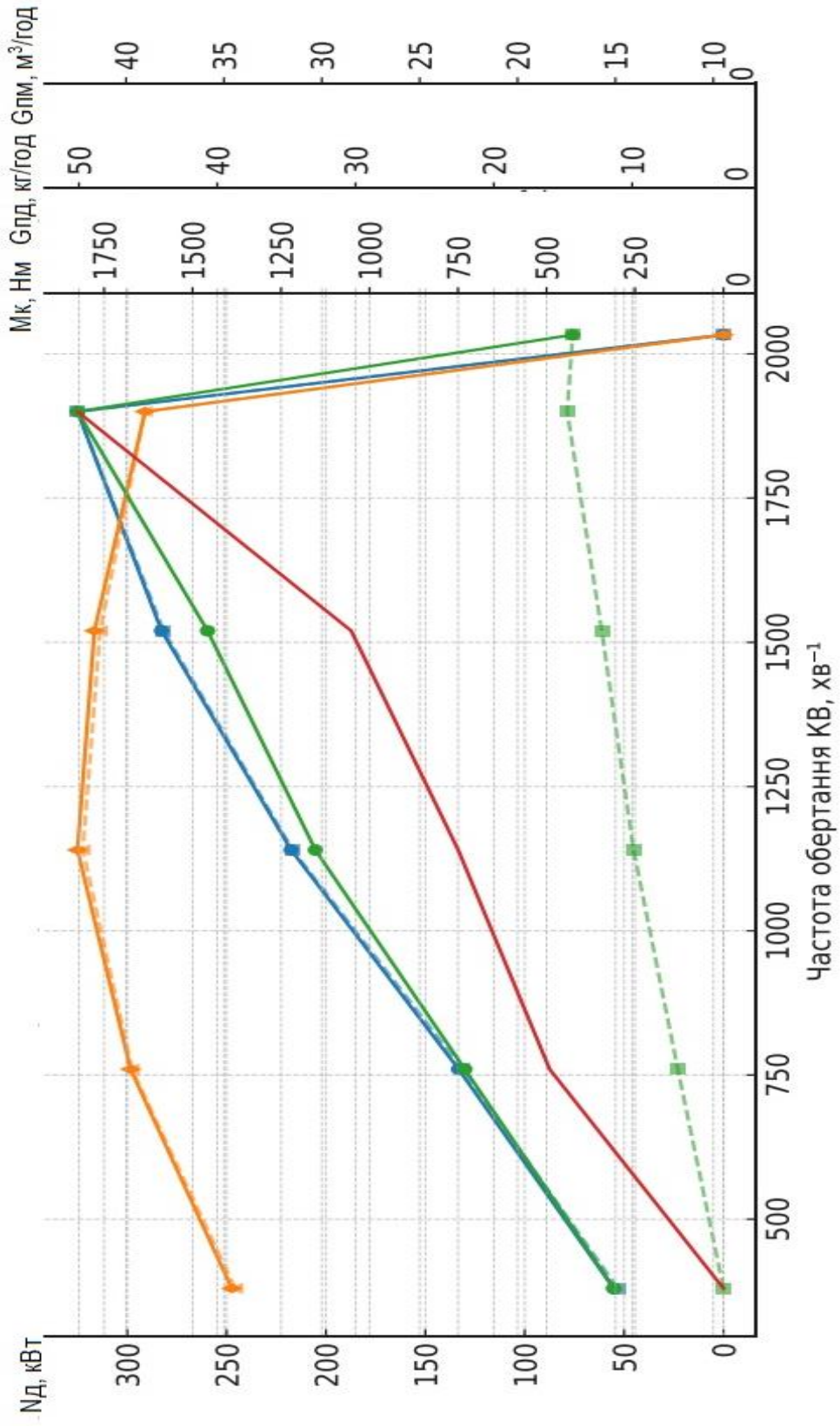


Рис. 3.3. Швидкісна характеристика двигуна MAN 2066 при роботі за дизельним та газодизельним циклом

3.3 Розрахунок на міцність елементів кріплення балонів

Балони для стисненого природного газу метану розміщуються в касеті (рис. 3.4) розміщеної в просторі між кабіною та напівпричепом. Кріплення балонів в касеті виконується шпильками, хомутами та стяжними гайками. У даному випадку розглядається варіант встановлення 8 газових балонів, кожен масою 40 кг, довжиною 1452 мм і діаметром 254 мм, закріплених за допомогою шпильок діаметром 12 мм.

Таблиця 3.4 – Дані для розрахунку з'єднання

Параметр	Позначення	Значення
Матеріал виготовлення шпильки		Сталь- 20Х1МФ1БР
Зусилля: поперечне, Н	F_w	2000
осьове, Н	Q_w	1000
Напруга на розтяг, МПа	σ	130
Напруга на зріз, МПа	τ	80
Значення кроку різьби, мм	P	1,75
Значення діаметру різьби по западинах, мм	d_3	9,85
Значення номінального діаметру різьби шпильки, мм	D	10
Значення коеф. повноти різьби шпильки	K_1	0,75
Значення коеф.деформації витків	K_m	0,62
Значення коеф. повноти різьби гайки	K_1	0,875
Коефіцієнти наявності мастила	ζ	0,17
	ζ_1	0,36

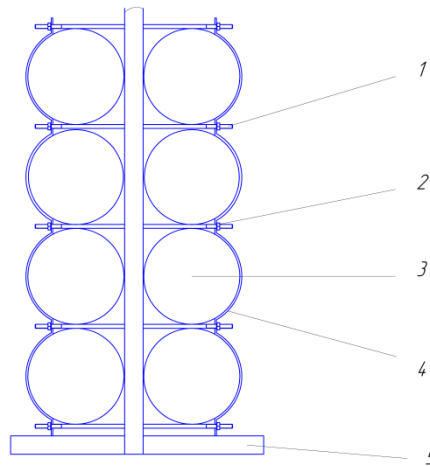


Рис. 3.4. Касета з балонами

1 – шпильки; 2 – гайки; 3 – балони; 4 – хомути; 5 – рама.

Епюри поперечної сили Q_Y та моменту згину M_X , які діють на кріплення представлено на рис 3.5.

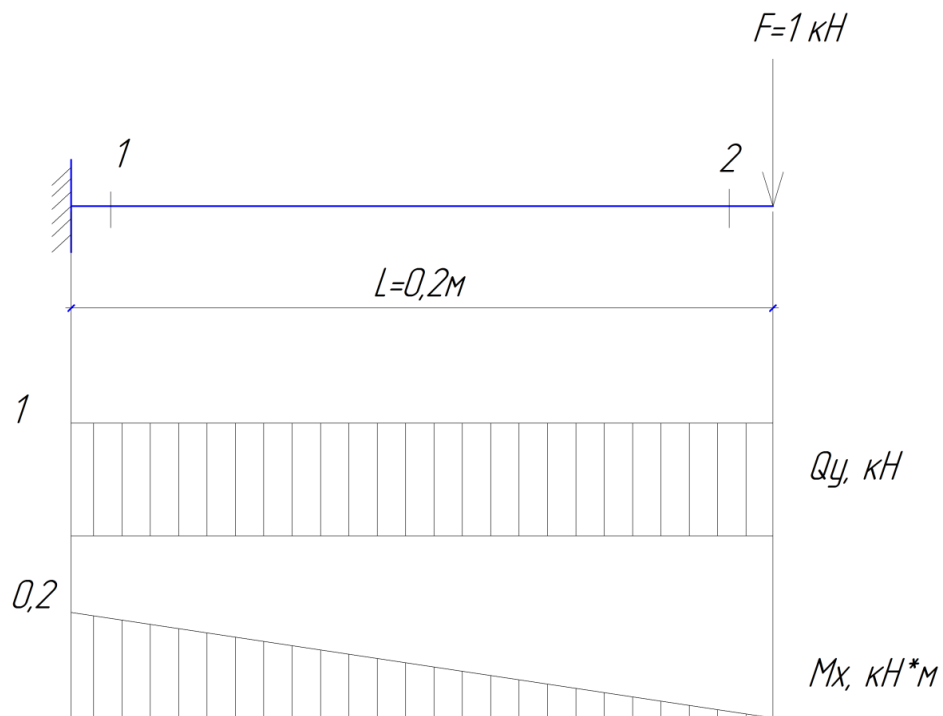


Рис. 3.5. Загальний вигляд епюр сил та моментів

Для перерізу (1) рівняння визначення поперечної сили отримає вигляд:

$$Q_Y^1 = F = 1 \text{ кН} \quad (3.41)$$

В перерізі (2) отримаємо

$$Q_y^2 = F = 1 \text{ кН} \quad (3.42)$$

Розрахуємо значення згинаючого моменту M_x , який створює сила F :

$$M_x^1 = F \cdot 0 = 0; \quad (3.43)$$

$$M_x^1 = -F \cdot L = -1 \cdot 0,2 = -0,2 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (3.44)$$

Для розрахунку міцності різьбового з'єднання шпилька-хомут-гайка наведено схему дії сил на нього (рис. 3.6).

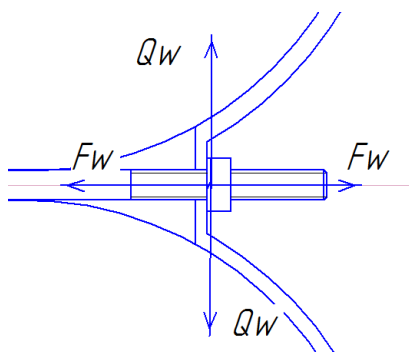


Рис 3.6. Дія сил на різьбове з'єднання

Значення площі перерізу кріплення визначимо за формулою:

$$A_w = \frac{1}{4} \cdot \pi (d_3^2 - d^2) = \frac{1}{4} \cdot 3,14 (9,85^2 - 0^2) = 76,23 \text{ мм}^2, \quad (3.45)$$

де d – значення діаметру отвору кріплення мм, $d=0$.

Визначимо площу тіла перерізу кріплення:

$$A_D = \frac{1}{4} \cdot \pi (D^2 - d^2) = \frac{1}{4} \cdot 3,14 (10^2 - 0^2) = 78,5 \text{ мм}^2 \quad (3.46)$$

Значення моменту опору перерізу на кручення визначимо за формулою:

$$W_w = \frac{1}{16} \cdot \pi \cdot D^3 \left(1 - \frac{d_3}{D^4}\right) = \frac{1}{16} \cdot 3,14 \cdot 9,85^3 \left(1 - \frac{0^3}{9,85^4}\right) = 187,6 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (3.47)$$

Визначимо момент затяжки з'єднання:

$$M_k = \xi \cdot F_w \cdot \frac{D}{z} = 0,17 \cdot 2000 \cdot \frac{10}{1} = 3400 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (3.48)$$

де F_w – значення поперечного зусилля, Н;

z – значення кількості шпильок $z=1$;

ξ – значення коеф. наявності мастил.

При цьому на ключі момент для реалізації зусилля F_w визначаємо за формулою:

$$M_{кл} = \xi_1 \cdot F_w \cdot D / z = 0,36 \cdot 2000 \cdot 10 / 1 = 7200 \text{ Н} \cdot \text{мм}, \quad (3.49)$$

де ξ_1 – значення коеф. наявності мастила.

Значення напруження зрізу по різьбі визначимо за формулою:

$$\tau_w = Q_w / (A_w \cdot z) = 1000 / (76,23 \cdot 1) = 13,11 \text{ МПа} \quad (3.50)$$

де Q_w – значення осьового зусилля, Н;

перевірка на міцність різьбового з'єднання:

$$13,11 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа} \text{ – отже умова виконується.}$$

Значення напруження зрізу шпильки

$$\tau_w = Q_w / (A_D \cdot z) = 1000 / (78,5 \cdot 1) = 12,73 \text{ МПа} \quad (3.51)$$

перевірка на міцність тіла шпильки:

$$12,73 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа} \text{ – також умова міцності виконується.}$$

Значення напруження розтягування тіла шпильки:

$$\sigma_w = F_w / (A_w \cdot z) = 2000 / (76,2 \cdot 1) = 26,2 \text{ МПа}, \quad (3.52)$$

$$26,2 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа} \text{ – умова міцності виконується.}$$

Значення напруження зрізу різьбового з'єднання:

$$\tau_p = F_w / (\pi \cdot d_3 \cdot h \cdot z \cdot K_1 \cdot K_m) = 2000 / (3,14 \cdot 9,85 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,62) = 12,1 \text{ МПа} \quad (3.53)$$

висоту гайки приймаємо $h=12$ мм;

$$12,1 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа} \text{ – умова міцності виконується.}$$

Визначимо значення напруження кручення в шпильці:

$$T_{sw} = M_{кл} / W_w = 3400 / 187,6 = 18,12 \text{ МПа} \quad (3.54)$$

$$18 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа} \text{ – умова міцності виконується.}$$

3.4 Висновки

1. Розроблено та обґрунтовано систему живлення двигуна внутрішнього згоряння вантажного автомобіля MAN TGA 33.480 для роботи за газодизельним циклом, що поєднує традиційне дизельне пальне з стисненим природним газом.

На основі аналізу існуючих рішень і досвіду провідних науковців, у якості прототипу було обрано схему системи живлення з централізованим впорскуванням газу у впускний колектор за допомогою газової форсунки. Було реалізовано доповнення системи живлення вузлами подачі, регулювання та очищення природного газу, а також впроваджено електронне управління двома паливними потоками з використанням окремого блока ECU. Така архітектура дозволяє автоматично регулювати співвідношення дизеля і газу відповідно до навантаження, частоти обертання колінчастого валу і температурно-технічних параметрів, що істотно підвищує економічність і екологічність роботи двигуна.

2. Проведено термодинамічне моделювання процесів у циліндрах двигуна MAN 2066 для двох режимів – дизельного і газодизельного. Розрахунки показали, що за рахунок зменшення частки дизельного пального до 30% і впровадження метану до 70%, відбувається зниження питомої витрати пального, підвищення коефіцієнта корисної дії, а також зменшення обсягу викидів шкідливих речовин. Побудовані індикаторні діаграми та швидкісні характеристики підтвердили ефективність використання газодизельного циклу при збереженні потужностних показників двигуна на рівні базового дизельного режиму.

3. Виконано розрахунок на міцність елементів кріплення газових балонів, які розміщуються в касеті між кабіною та напівпричепом. Для забезпечення надійного кріплення восьми балонів по 40 кг кожен застосовано шпилькове з'єднання з хомутами. В ході розрахунку було перевірено міцність різьбової частини, тіла шпильки, а також напруження від розтягування та кручення. Отримані значення напружень не перевищують допустимих для сталі 20X1МФ1БР, що підтверджує надійність та безпечність кріплення балонів у заданих умовах експлуатації.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва охорона праці є одним з пріоритетних напрямів у забезпеченні безпеки, збереження життя і здоров'я працівників. Господарство, в якому впроваджуються новітні технології вирощування, передусім повинно дбати про створення безпечних умов праці, особливо у процесах, що пов'язані з експлуатацією машин і механізмів.

Проведений аналіз стану охорони праці в господарстві показав, що тут дотримуються основних нормативно-правових актів, зокрема Закону України «Про охорону праці», а також галузевих стандартів і положень. Функціонує служба охорони праці, яка здійснює моніторинг умов на робочих місцях, веде облік інструктажів та контролює дотримання правил техніки безпеки.

Усі працівники, перш ніж приступити до роботи, проходять первинний, повторний та позаплановий інструктажі. Зберігаються журнали обліку, ведеться контроль за проходженням медичних оглядів. У приміщеннях, де ведуться ремонтні або заготівельні роботи, встановлено належне освітлення, вентиляцію, передбачено місця для зберігання інструментів.

Основними ризиками є травмування через необережне поводження з технікою, а також шкідливі фактори - шум, вібрації, запилення, дія хімікатів. Виявлено, що використання ЗІЗ (засобів індивідуального захисту) є систематичним, хоча в деяких випадках не всі працівники їх використовують у повному обсязі. Найбільш поширеними є спецодяг, навушники, захисні окуляри, рукавиці, респіратори.

З метою вдосконалення системи охорони праці господарство здійснює модернізацію обладнання, поступовий перехід на автоматизовані технології та проводить профілактичну роз'яснювальну роботу серед персоналу. Аналіз

свідчить, що в господарстві відсутні випадки важких травм, однак іноді трапляються порушення, пов'язані з недотриманням інструкцій з безпеки.

4.2 Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві

Одним із ключових завдань керівництва господарства є створення умов, що сприяють не лише продуктивності праці, а й збереженню здоров'я працівників. У цьому напрямку передбачено кілька груп заходів: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та соціальні.

З метою зниження фізичних навантажень у ручних процесах здійснюється механізація рутинних операцій – вантажно-розвантажувальних, сортувальних, обприскування. Для працівників, які працюють у полі, закуплено спецодяг, включаючи кепки з захистом від сонця, жилети зі світловідбивальними елементами та взуття з металевими вставками.

Окремо приділяється увага температурному режиму в майстернях і складах, де встановлено теплогенератори, вентиляційні шахти та системи кондиціонування. Усі робочі місця обладнані аптечками, планами евакуації, вогнегасниками та відповідними знаками безпеки.

Для зменшення психофізіологічного навантаження запроваджено графік змін, що враховує періоди відпочинку. Працівникам доступні кімнати для обігріву та харчування. Заплановано створення електронної бази даних для автоматичного моніторингу виконання норм безпеки на кожному робочому місці.

Забезпечення інформування про ризики реалізується шляхом розміщення інформаційних стендів, куточків охорони праці, проведення щоквартальних навчань та залучення спеціалістів до проведення практичних тренінгів з першої допомоги.

4.3 Захист навколишнього середовища при експлуатації газодизельних вантажних автомобілів

У процесі функціонування сільськогосподарського підприємства активно використовуються вантажні автомобілі, зокрема на базі дизельного або газодизельного двигуна. Хоча використання газу (CNG або LNG) у поєднанні з дизелем дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин, питання екологічної безпеки під час експлуатації такої техніки залишається надзвичайно актуальним.

Основними джерелами впливу на довкілля є:

- викиди вуглекислого газу (CO₂), оксидів азоту (NO_x) та сажі;
- шумове навантаження;
- забруднення ґрунтів і вод при витоку пального або мастил.

Газодизельна система, яка працює на суміші дизпального та метану, дозволяє знизити загальну кількість шкідливих викидів до 20–30% порівняно з традиційними дизельними двигунами. Однак ефективність цього зниження залежить від правильної калібровки системи подачі палива, технічного стану двигуна та умов експлуатації.

Для запобігання негативному впливу на навколишнє середовище в господарстві реалізуються наступні заходи:

- регулярна перевірка герметичності паливної апаратури;
- використання сертифікованих мастил і фільтрів, що зменшують кількість шкідливих часток;
- заборона миття автомобілів на відкритому ґрунті поблизу водойм;
- облаштування спеціальних майданчиків з уловлювачами нафтопродуктів.

Також перспективним є впровадження програм енергоаудиту та моніторингу рівня викидів, що дозволяє не лише зменшити вплив транспорту на довкілля, а й оптимізувати витрати на пальне. Крім того, застосування газодизельної техніки є перехідним етапом до повної електрифікації транспорту на господарстві в майбутньому.

4.4 Заходи з охорони праці при експлуатації газодизельних вантажних автомобілів

У процесі функціонування сільськогосподарського підприємства активно використовуються вантажні автомобілі, зокрема на базі дизельного або газодизельного двигуна. Хоча використання газу (CNG або LNG) у поєднанні з дизелем дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин, питання охорони праці при роботі з таким транспортом залишається надзвичайно важливим.

Під час експлуатації газодизельної техніки існує кілька потенційних загроз: утворення вибухонебезпечного середовища при витоку газу, ризик отруєння працівників продуктами згоряння, можливість ураження електрострумом при обслуговуванні систем живлення. Усі ці фактори потребують суворого дотримання норм безпеки.

У господарстві застосовуються такі заходи:

- щоденний контроль герметичності газових з'єднань;
- заборона паління або використання відкритого вогню поблизу транспорту;
- використання засобів індивідуального захисту при заправці та обслуговуванні балонів (зокрема рукавиць, антистатичного одягу, респіраторів);
- проходження щорічних курсів пожежної та газової безпеки водіями та механіками;
- встановлення вентиляційних систем у місцях зберігання та обслуговування техніки;
- маркування усіх елементів системи газопостачання відповідно до стандартів.

Для підвищення рівня безпеки на транспорті встановлено датчики витоку газу та системи автоматичного відключення при підвищенні тиску або температури. Під час ремонту двигунів і паливних систем дозволяється виконання робіт лише в присутності інженера з охорони праці.

Таким чином, комплексний підхід до організації охорони праці при використанні газодизельного транспорту дозволяє уникати аварійних ситуацій, мінімізувати ризики для працівників та зберегти екологічну рівновагу на території підприємства.

4.5 Висновки

1. Система охорони праці в агропідприємстві базується на дотриманні чинного законодавства, впровадженні інновацій та підвищенні культури безпеки. Аналіз показав, що у господарстві реалізується комплекс заходів щодо профілактики травматизму та створення комфортних умов праці.

2. Використання газодизельних вантажних автомобілів вимагає впровадження спеціалізованих заходів безпеки для запобігання вишкам, вибухам та отруєнням. Водночас це сприяє скороченню викидів шкідливих речовин і є перехідним етапом до більш екологічно чистих видів транспорту.

Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

5.1 Об'єкт порівняння

Об'єктом порівняння у даному економічному обґрунтуванні є вантажний автомобіль MAN TGA 33.480, що використовується у господарстві для перевезення збіжжя та техніки. Даний автомобіль у базовому варіанті працює на дизельному паливі, з середньою витратою 27–30 л/100 км, при річному пробігу понад 21 тис. км. У зв'язку з постійним зростанням цін на дизельне паливо, а також з метою зменшення впливу транспорту на довкілля, запропоновано модернізацію системи живлення двигуна для роботи за газодизельним циклом, що дозволяє до 75% дизельного пального заміщувати стисненим природним газом (метаном). В товаристві «Придніпровське» в експлуатації 2 автомобіля марки MAN TGA 33.480 з двигуном D2066, на яких приходить лівова частка всіх транспортних перевезень.

5.2 Економічні розрахунки ефективності виконаного удосконалення

Економічний ефект від переведення автомобілів MAN на газоподібне паливо (метан) в товаристві виконаємо за порівняльним аналізом [30] для двох варіантів з використанням дизеля та газодизеля. Загальні витрати по автомобілям витрати пали наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Річні витрати палива на транспортні перевезення

Об'єкт	Пробіг, км/рік	Питомі витрати, г/кВт·год	Витрата дизеля, л/рік	Кількість авто, шт.
MAN TGA 33.480	21056	212	5685	1
MAN TGA 33.480	22301	212	6244	1

Розрахунки виконуємо згідно джерела [10]

1. *Визначення витрат пального до переобладнання:*

Річна витрата дизельного пального:

$$Q_{\text{диз. р}} = Q_1 + Q_2 \quad (5.1)$$

де Q_1 – витрата пального першим авто, 5685 л,

Q_2 – витрата пального другим авто 6244 л.

Тоді: $Q_{\text{диз. р}} = 5685 + 6244 = 11\,929$ л

Загальні річні витрати на дизель:

$$C_{\text{диз. з}} = Q_{\text{диз. р}} \cdot R_{\text{д}} \quad (5.2)$$

де $R_{\text{диз}}$ – вартість дизеля, 53 грн/л

$$C_{\text{диз. з}} = 11\,929 \cdot 53 = 632\,237$$

2. Витрати пального після переобладнання (25% дизеля, 75% газу):

Об'ємне співвідношення:

$$Q_{\text{диз}} = Q_{\text{диз. р}} \cdot 0,25 = 2\,982,25 \text{ л} \quad (5.3)$$

$$Q_{\text{газ}} = Q_{\text{диз. р}} \cdot 0,75 = 8\,946,75 \text{ м}^3 \quad (5.4)$$

Річні витрати на паливо

Витрати на дизель:

$$C_{\text{диз}} = Q_{\text{диз}} \cdot P_{\text{д}} = 2\,982,25 \cdot 53 = 158\,060 \text{ грн} \quad (5.5)$$

Витрати на газ:

$$C_{\text{г}} = Q_{\text{газ}} \cdot P_{\text{газ}} = 8\,946,75 \cdot 34,8 = 311\,370 \text{ грн} \quad (5.6)$$

де $P_{\text{гз}}$ – вартість газу на АГНСК, 31,63 грн/м³

$$P_{\text{газ}} = P_{\text{гз}} \cdot 1,1 = 31,63 \cdot 1,1 = 34,8 \text{ грн/м}^3 \quad (5.7)$$

Тоді:

$$C_{\text{г}} = 8\,946,75 \cdot 34,8 = 311\,370 \text{ грн.}$$

Загальні витрати

$$C_{\text{гд}} = C_{\text{диз}} + C_{\text{г}} = 158\,060 + 311\,370 = 469\,430 \text{ грн} \quad (5.8)$$

3. Економічний ефект:

$$E = C_{\text{диз}} - C_{\text{гд}} = 632\,237 - 469\,430 = 162\,807 \text{ грн/рік} \quad (5.9)$$

4. Затрати на переобладнання:

$$C_{об} = C_{го} \cdot N = 72\,480 \cdot 2 = 144\,960 \text{ грн} \quad (5.10)$$

де $C_{го}$ – вартість конверсії одного авто, 72480 грн.

5. Термін окупності:

$$T = C_{об} / E = 144\,960 / 162\,807 \approx 0,89 \text{ року} \approx 11 \text{ місяців} \quad (5.11)$$

Результати порівняльного розрахунку зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічні показники проекту

Показники	Значення показників	
	До удоск.	Після удос.
Об'єкт експлуатації	Вантажний автомобіль MAN TGA 33.480	Вантажний автомобіль MAN TGA 33.480
Витрати на дизель, грн/рік	632 237	158 060
Вартість дизельного пального, грн/л	53	
Загальна вартість газу з накладними витратами обслуговуванням газобалонної установки, грн.	34,8	
Витрати на метан, грн/рік	–	311 370
Загальні витрати на пальне, грн/рік	632 237	469 430
Витрати на переобладнання грн.	–	144 960
Економічний ефект, грн.	162807	
Термін окупності удосконалення, року	0,89 (11 міс.)	

5.3 Висновки:

Переобладнання двох автомобілів MAN TGA 33.480 на газодизельний цикл дозволяє щорічно економити понад 160 тис. грн на паливі, що забезпечує повну окупність витрат менше ніж за 1 рік (11 міс.). У подальші роки економія складе до 26% від річних витрат на пальне

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено комплексне техніко-економічне обґрунтування доцільності переобладнання вантажного автомобіля MAN TGA 33.480 на газодизельний режим роботи з метою підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат у сільськогосподарському підприємстві.

У процесі огляду визначено, що частка витрат на дизельне паливо у структурі собівартості перевезень становить понад 40%. Показано, що перехід на альтернативні види палива є стратегічно важливим рішенням для підприємств, які експлуатують техніку з високим добовим пробігом.

Запропоновано конструкцію системи подачі стисненого природного газу (CNG) з розміщенням 4 балонів ємністю по 100 л у сталевому захисному кожусі. Балони встановлюються поза межами кабіни, що забезпечує безпеку. Система зберігає можливість запуску двигуна на дизелі та автоматичне регулювання подачі газу залежно від навантаження.

Зменшення обсягів споживаного дизельного пального дозволяє знизити викиди оксидів азоту, твердих частинок і сажі в атмосферу. Газодизельний двигун сприяє скороченню CO₂, що відповідає вимогам екологічних стандартів Euro-5.

Після переобладнання автомобіля досягнуто часткового заміщення дизеля до 75% об'єму було замінено метаном. Загальні витрати на паливо зменшились із 632 237 грн/рік до 469 430 грн/рік, що дозволило досягти економії у 162 807 грн/рік. Таким чином, інвестиції повністю компенсуються менш ніж за 12 місяців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ter-Mkrtichyan G.G. Conversion of diesel into a gas engine [Electronic resource] // science-education.ru: [site]. [2014]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14894>.
2. Васильєв Ю.М., Гриценко А.І., Золотарєвський Л.С. Транспорт на газі. К.: Надра, 1992. – 342 с.
3. Книш Ю.В. Шляхи зменшення шкідливих викидів автотранспорту у навколишнє середовище / Ю. В. Книш, М.Л. Копій // Науковий вісник НЛТУ України. – 2014. – № 24.3. – С. 81–86.
4. Звіт господарської діяльності ТОВ «Придніпровське»
5. <https://man-ag.com.ua/main/truck/man-tgx/>
6. <https://www.scribd.com/document/411594312/137172948-D2066-Truck-Engine-En-pdf>
7. https://www.toll-collect.de/de/toll_collect/rund_um_die_maut/co2_emissionsklassen/co2_emissionsklassen.html
8. Метан – як моторне пальне. Переваги і недоліки. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.oilgasexpo.com/ru/uploads/2016.pdf>.
9. ISO 14067:2018 – Вуглецевий слід продукту
10. Улексін В.О. Робота автотракторних дизелів на газі / Улексін В.О, Бабич А.С., Кухаренко П.М. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2006. – 126с.
11. Трактор Т-150К з двигуном ЯМЗ-236, переобладнаним на газодизельний режим роботи/Звіт за результатами дослідних випробувань. – Дослідницьке, 2004. 11 с.
12. Колесник Ю.И., Долганов К.Е., Лисовая А.А. Система питания и регулирования для переоборудования дизелей в газодизели. Двигателестроение. 1999. № 1. С. 37-40.
13. Конвертація дизельного двигуна <https://autoexpert-consulting.com/stati/systemy-auto/9050-vseyadnyj-dizel-prokormit-desheвле.html>.

14. Кухаренко П.М., Бабич О.С., Улексін В.О. Результати експлуатаційних випробувань газобалонних автомобілів КрАЗ-257./Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Випуск 3/2002 (14). С. 37-38.
15. Інструкція з експлуатації автомобіля КрАЗ-250 з двигуном ЯМЗ-238, що працює за газодизельним циклом. НВФ "ІНГАЗ". Київ, 2000. 22 с.
16. Газодизельні автомобілі КрАЗ-258Б1, -260В, -6510/Загальні вимоги до монтажу та експлуатації газодизельної апаратури, технічний опис, обслуговування. ТОВ «ЕКСОДУС». Дніпропетровськ, 2000. 34 с.
17. Васильєв Ю.М., Гриценко А.І., Золотаревський Л.С. Транспорт на газі. К.: Надра, 1992. –342 с.
18. Комплектуючі для роботи на метані <https://www.tomasetto.com/>
19. Мороз А.І., Плеханов І.П. Будова та обслуговування газобалонних автомобілів. – К.: Надра, 1999. – 254 с.
20. Яцковський В. І. Сучасні методи розрахунків двигунів внутрішнього згорання. В. І. Яцковський, І. В. Гунько. – В. :Вид. ВНАУ, 2016. – 132 с.
21. Методичні вказівки до першої частини курсової роботи з дисципліни «Трактори і автомобілі» – «Баланс потужності енергетичного засобу. Розрахунок автотракторного двигуна» / Дніпропетр. держ. агр.-екон. ун-т.: Дніпропетровськ, 2015. – 76 с.
22. А. Т. Лебедев А.Т. Трактори та автомобілі. Ч. І. Автотракторні двигуни : н. посібник. . – Київ. : Вища школа., 2000. – 357 с.
23. Бабич О.С., Кухаренко П.М., Улексін В.О. Регулятор подачі газу в газодизель./Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Випуск 8 “Підвищення надійності відновлюємих деталей машин”. Том 1. Харків, вид. ЧП Червяк, 2001. С.130-133
24. Ніколаєнко А.В. Теорія, конструкція та розрахунок автотракторних двигунів / О.В. Ніколаєнко. -М. : Колос, 1984. - 335 с., Іл.
25. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник. – Київ.: Вид. Крокус, 2002. – 512 с

26. Запорожець О. І., Протосерейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
27. Закон України «Про охорону праці». Від 24.11.1992 року N 2695-XII»
28. Морев А.И., Ерохов В.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей. М.: Транспорт, 1988. 184 с.
29. Конституція України, прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України. 28 червня 1996 р.
30. Л.А. Вагонов, М.В. Бондаренко. «Економічна ефективність експлуатації вітчизняних автомобілів та чинник підвищення їхньої конкурентоспроможності». 2015. Ефективна економіка, № 1, с. 33-37.

Додатки

Додаток А

Вихідні дані для проведення розрахунку :

1. Двигун МАН 2066 – дизельний з турбонаддувом;
2. Тактність двигуна – 4-тактний;
3. Число циліндрів – 6;
4. Розміщення циліндрів – рядне;
5. Ступінь стиску $\epsilon = 18$;
6. Номінальна частота обертання колінчатого валу $n_n = 1900$ хв⁻¹;
7. Номінальна потужність $N_n = 325$ кВт
8. Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,6$
9. Показники палива:

Дизель – (С = 0,857 , Н = 0,133 , О = 0,010) нижча теплота згорання $Q_H = 42,5$, МДж / кг,

Метан – нижча теплота згорання $Q_H = 33,8$, МДж / кг.

10. Температура $T_0 = 300$ К та тиск $P_0 = 0,1$ МПа.
11. Робочий об'єм одного циліндра, $V_h = 1,76$ л
12. Ступінь підвищення тиску турбокомпресора $\lambda_k = 2,5$
13. Значення коефіцієнта політропи $n_k = 1,35$
14. Годинна витрата палива – 50 кг/год
15. Питома витрата палива 170 г*кВт/год

Додаток Б

Результати розрахунку газодизельного циклу

Показник	Значення
1	2
Марка двигуна	МАН-2066
Маса двигуна, кг	850
Потужність двигуна, кВт	325
Тиск залишкових газів, МПа	0,242
Температура відпрацьованих газів, К	800
Втрати тиску ΔP_a , МПа	0,022
Підігрів повітря на впускові, К	5
Коеф. використання тепла	0,85
Ступінь підвищення тиску	1,6
Процес впуску: тиск на початку впуску, МПа	0,22
температура, К	368,0
Щільність повітря, кг/м ³	2,08
Коеф. залишкових газів	0,034
Коеф. наповнення	0,88
Температура в кінці впуску, К	387,1
Процес стиску	
Політропа стиску	1,350
Тиск в кінці процесу стиску, МПа	9,80
Температура, К	1064,47
Швидкість руху поршня, м/с	9,183
Необхідна кількість повітря	0,5
Дійсна кількість повітря	0,8
Кіл. горючої суміші, кмоль/кг	0,8
Кіл. продуктів згорання, кмоль/кг	0,834
Хімічний коеф. молекулярної зміни	1,042
Дійсний хімічний коеф. молекулярної зміни	1,0406
Середня мольна теплоємність кДж/(кмоль·град)	29,089
Мольна теплоємність в кінці процесу стиску, кДж/(кмоль*град)	22,012
Температура в кінці процесу згорання, К	2109,05
Тиск в кінці процесу згорання, МПа	15,68

1	2
Процес розширення	
Ступінь наступного розширення	18
Ступінь попереднього розширення	1,00
Показник політропи розширення	1,288
Тиск в кінці процесу, МПа	0,38
Температура в кінці процесу, К	916,3
Експлуатаційні показники	
Середній індикаторний тиск, МПа	2,2
Індикаторний ККД	0,737
Механічний ККД	0,885
Ефективний ККД	0,653
Питома витрата палива, г/кВт · год	151,52
Літраж, л	10,981
Робочий об'єм циліндра, л	1,76
Ефективна потужність, кВт	325,00
Годинна витрата, кг/час	14,7
Годинна витрата метану, м ³ /час	42,48
Номінальний крутний момент, Н·м	1634,41
Літрова потужність, кВт/л	29,60

Додаток В
Результати розрахунку дизельного циклу

Показник	Значення
1	2
Марка двигуна	МАН-2066
Маса двигуна, кг	850
Потужність двигуна, кВт	325
Тиск залишкових газів, МПа	0,242
Температура відпрацьованих газів, К	800
Втрати тиску ΔP_a , МПа	0,022
Підігрів повітря на впускові, К	5
Коеф. використання тепла	0,85
Ступінь підвищення тиску	1,8
Процес впуску: тиск на початку впуску, МПа	0,22
температура, К	368,0
Щільність повітря, кг/м ³	2,08
Коеф. залишкових газів	0,034
Коеф. наповнення	0,88
Температура в кінці впуску, К	387,1
Процес стиску	
Політропа стиску	1,350
Тиск в кінці процесу стиску, МПа	9,80
Температура, К	1064,47
Швидкість руху поршня, м/с	9,183
Необхідна кількість повітря	0,5
Дійсна кількість повітря	0,8
Кіл. горючої суміші, кмоль/кг	0,8
Кіл. продуктів згорання, кмоль/кг	0,834
Хімічний коеф. молекулярної зміни	1,042
Дійсний хімічний коеф. молекулярної зміни	1,0406
Середня мольна теплоємність кДж/(кмоль·град)	29,089
Мольна теплоємність в кінці процесу стиску, кДж/(кмоль*град)	22,012
Температура в кінці процесу згорання, К	2303,22
Тиск в кінці процесу згорання, МПа	17,64

1	2
Процес розширення	
Ступінь наступного розширення	14,39
Ступінь попереднього розширення	1,25
Показник політропи розширення	1,288
Тиск в кінці процесу, МПа	0,57
Температура в кінці процесу, К	1067,4
Експлуатаційні показники	
Середній індикаторний тиск, МПа	2,2
Індикаторний ККД	0,698
Механічний ККД	0,885
Ефективний ККД	0,63
Літраж, л	10,981
Робочий об'єм циліндра, л	1,76
Ефективна потужність, кВт	325,00
Годинна витрата, кг/час	50,1
Номинальний крутний момент, Н.м	1634,41
Літрова потужність, кВт/л	29,60