

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри**

Технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**

на тему «Розробка технології машиновикористання тракторів на альтернативних  
видах палива в умовах ФГ «Тікич» Київської  
області»

**Спеціальність 208 «Агроінженерія»**

**Гарант освітньої програми**

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сівак Ігор Миколайович

(ПІБ)

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

К.Т.Н., доц.каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Дев'ятко Олена Сергіївна

(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Донченко Богдан Вікторович

(ПІБ)

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри Технічного сервісу та  
інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка**

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту**

Донченку Богдану Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**Спеціальність 208 «Агроінженерія»**

(код і назва)

**Тема дипломного проєкту бакалавра «Розробка технології машиновикористання тракторів на альтернативних видах палива в умовах ФГ «Тікич» Київської області»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024 р. № 2098 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра Матеріали первинного бухгалтерського обліку ФГ «Тікич» Київської області; нормативно-методична література; науково-технічна література; типові технологічні карти

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Виробничо-технічна характеристика господарства
2. Обґрунтування структури та ефективного використання машинно-тракторного парку
3. Конструктивна частина
4. Охорона праці
5. Економічний розрахунок

**Перелік графічних документів:** 1- Тема дипломного проєкту; 2 – Актуальність теми; 3 - Об'єкт та предмет дослідження; 4 – Мета та задачі дослідження проєкту; 5 – Технічна карта на збирання та вирощування; 6 – Схема конструктивного удосконалення ; 7 – Деталювання; 8 – Заходи безпеки при експлуатації конструкторського рішення; 9 – Економічний розрахунок; 10- Висновки

Дата видачі завдання «26» вересня 2024 р.

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

(підпис)

Дев'ятко О.С

(прізвище та ініціали)

**Завдання прийняв до виконання**

(підпис)

Донченко Б.В.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Донченко Богдан Вікторович

**Тема роботи** - «Розробка технології машиновикористання тракторів на альтернативних видах палива в умовах ФГ «Тікич» Київської області»

Робота виконана на кафедрі технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка

**Керівник роботи** - Дев'ятко Олена Сергіївна

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку використаних джерел (25), 1 додаток. Загальний обсяг текстової частини – 78 сторінки, на яких є 19 рисунки. Додатки розміщені з 79 сторінки. Графічна частина складається з 10 аркушів А1.

**Актуальність теми.** Одним з основних показників якості виконання технологічних операцій є можливість скорочення витрат часу на тривалість заправки його паливом.

Встановлено, що використання альтернативних видів палива в енергетичних засобах залежить від їх вмісту за показниками властивостей. Особливостями виконання технологічних заходів на альтернативних паливах зорієнтовано на температурі спалаху.

Найперспективнішим варіантом використання тракторів на альтернативних видах палива доводить, що саме біодизель є нешкідливим і незагрозливим видом палива, що задовольняє вимоги та є актуальним в даний час.

**Мета і завдання досліджень.** Метою дослідження – підвищення ефективності використання енергетичних засобів на альтернативному паливі шляхом виконання конструктивних змін залежно від агротехнічних термінів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- проаналізувати дані господарської діяльності ФГ «Тікич»;
- обґрунтувати структуру та ефективність використання машинно-тракторного парку;

- проаналізувати особливості параметрів переходу на альтернативні види палива для встановлення графіків машиновикористання;
- дати техніко-економічну оцінку результатів досліджень.

**Об'єкт досліджень** – енергетичний засіб на альтернативному виді палива та можливості виконання ним технологічних заходів при вирощуванні сільськогосподарських культур.

**Предмет досліджень** – встановлення закономірності впливу основних параметрів конструктивного рішення на ефективність виконання технологічної операції.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

- встановлено аналітичні характеристики відносного впливу альтернативних видів палива при виробництві агрокультур за густиною та температурою спалаху;
- визначено закономірності витрат палива від виду виконуваної технологічної операції для забезпечення безперебійної роботи машинно-тракторного агрегату;
- визначено характеристики машинно-тракторного агрегату при виконанні процесу передпосівного обробітку ґрунту;
- встановлено теоретичну характеристику машиновикористання тракторів на різних агрокультурах за різними конструктивними особливостями роботи на альтернативних видах палива.

**Практичне значення отриманих результатів.** Обґрунтовано графік машиновикористання тракторів на альтернативних видах палива та параметри конструктивного рішення, які дозволяють зберегти ефективність виконання технологічних операцій. Визначена теоретична характеристика використання тракторів на різних агрокультурах.

**Ключові слова:** альтернативне паливо, трактор, енергетичний засіб, машиновикористання.

## Зміст

Вступ.....	7
1. ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «ТІКИЧ».....	8
1.1 Загальні інформація про фермерське господарство «Тікич» Київської області.....	8
1.2 Земельні ресурси господарства та виробнича діяльність у рослинництві.....	9
1.3 Машинно-тракторний парк та його використання.....	11
2 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ.....	15
2.1 Огляд виробників тракторів при виконанні технологічних операцій на альтернативних видах палива.....	15
2.2 Альтернативні види палива, що застосовуються при виробництві агрокультур.....	17
2.3 Робота тракторів та конструкційні складові елементи при роботі на альтернативному паливі.....	23
2.4 Побудова графіка завантаження машиновикористання тракторів.....	28
2.5 Встановлення параметрів і розрахунок впливу переходу на альтернативний вид палива.....	31
2.6 Показники зварного шва та його розрахунок.....	33
2.7 Розрахунок виконання технологічного заходу.....	36
2.8 Розрахунок міцності деталі на зсув.....	37
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	42
3.1 Аналіз існуючих конструкцій підігрівачів палива.....	42
3.2 Розробка нагрівача біопалива.....	51
3.3 Розрахунок основних параметрів теплопередаючого елемента.....	54

3.4 Вибір позистора.....	58
3.4.1 Загальні відомості.....	58
3.4.2 Розрахунок потужності позистора.....	59
3.4.3 Підбір позистора.....	60
3.5 Розрахунок ТЕНа.....	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
4.1 Стан охорони праці в фермерському господарстві «Тікич».....	63
4.2 Вимоги безпеки при формуванні конструкторської розробки.....	63
4.3 Організаційні та технічні заходи безпеки в господарстві.....	64
4.4 Заходи безпеки при вирощуванні агрокультур на виконанні технологічних операцій за альтернативних видів палива.....	66
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	68
5.1 Застосування конструкторського рішення та його доцільність.....	68
5.2 Економічний розрахунок щодо ефективності конструкторського рішення.....	69
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	77
ДОДАТКИ.....	80

## Вступ

Сільське господарство є важливою частиною української економіки, що становить близько 10% валового внутрішнього продукту країни та забезпечує продовольчий суверенітет. За останнє десятиліття аграрний сектор зазнав значних змін, зокрема зміни та інновації в органічному землеробстві. За цей період з'явилися нові технології та вимоги до вирощування сільськогосподарської продукції. Наразі існує два шляхи розвитку: інтенсифікація та органічне землеробство, обидва з яких спрямовані на підвищення продуктивності сільського господарства для задоволення потреб людства.

Основними вимогами до технологій є зменшення впливу на навколишнє середовище та прямих витрат на виробництво продукції рослинництва. Щоб досягти цього, необхідно використовувати всі можливі засоби, доступні на ринку, такі як нова техніка, хімія добрив і селекція, щоб адаптуватися до умов, що швидко змінюються.

Інноваційні технології вирощування сільськогосподарських культур є наукомісткими і позитивно впливають на адаптивність рослинництва. Вони підвищують економічну ефективність, зменшують хімічний стрес і деградацію ґрунтів і, зрештою, підвищують продуктивність. Використання технологій неможливе без тісної співпраці між наукою та бізнесом. Розвиток вимагає додаткових інвестицій, як внутрішніх, так і зовнішніх, і є потужним рушієм інновацій. Розвиток сектору переробки зумовлений збільшенням обсягів.

Тому для розвитку агропромислового комплексу в Україні необхідно змінити технологію вирощування та виробництва сільськогосподарських культур, що покращить техніко-економічне становище сільськогосподарських підприємств та дозволить їм отримати додаткові кошти і підвищити свою прибутковість.

# 1. ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «ТІКИЧ»

## 1.1 Загальні інформація про фермерське господарство «Тікич» Київської області

Фермерське господарство «Тікич» розміщене в селі Косяківка Білоцерківського району Київської області, за 154 км від міста Києва та районного центру 30 км від м. Тараща. Зареєстровано дане фермерське господарство «Тікич» у 2000 році та офіційно перебуває на обліку реєстрі платників податків.

За видами діяльності фермерське господарство «Тікич» має досить різнобічне спрямування від виробництва культур. Саме господарство займається не лише виробництвом культур, але й їх подальшою переробкою. Найбільш зваженим напрямком є зернове виробництво, а також бобові і олійні культури. Крім цього, основна увага приділяється до вирощування овочів і коренеплодів. Виробництво бульби та баштанних культур дозволяє господарству займатися розведенням молочної великої рогатої худоби та свиней.

Зазначена різнобічність спрямування з виробництва культур для сільського господарства надає змогу фермерському господарству здійснювати додаткові функціональні можливості з виробництва галузі рослинництва на основі обробітку залишків урожаю, а також отримання олії та жирів тваринного походження, борошна, цукру та мати інші види діяльності.

Функціональна діяльність фермерського господарства «Тікич» здійснюється на основі Статуту господарства, має Свідоцтво про державну реєстрацію і є платником податків. Володіє статутним капіталом та відповідними важливими елементами для діяльності (печатка, штамп тощо) [1].

Фермерське господарство «Тікич» в розумінні сьогодення є досить розвинутим підприємством завдяки прийнятті участі та активній підтримці

впровадження сучасних технологічних рішень у власному виробництві культур для агропромислового комплексу.

Дане господарство не лише у власних технологіях задіює інноваційні рішення, позитивні сторони пропонує і надає послуги з їх застосування населенню та виробникам.

Кількість працівників фермерського господарства «Тікич» за середньо-обліковими даними становить 24 особи.

## 1.2 Земельні ресурси господарства та виробнича діяльність у рослинництві

Фермерське господарство «Тікич» за географічним розташуванням перебуває в центральних районах України. Погодні умови є досить змінними, тому кількість опадів, які випадають в середньому коливаються на рівні від 660 до 770 мм. За кліматичними умовами вологість повітря і плюсові температурні показники надають можливість прогрівання ґрунту, що забезпечує рослинам сприятливі умови до проростання і в подальшому отриманні достойного врожаю завдяки наявності суглинистого шару ґрунту, що містить гумус в границях від 1,8% до 2,1%, а сам його пласт проникає на глибину від 30 см до 50 см.

Кислотність такого ґрунту є нерівномірною та варіюється, залежно від місця взяття проби може бути, як нейтральна так і слабо-кисла. За вмістом поживності зазначений ґрунт складається з азотовмісних, фосфорних та калійних складових. При чому найменшу позицію за вмістом займає фосфор, який перебуває в межах від 9 мг до 14 мг, друге місце належить калію, його вміст становить від 11 мг до 18 мг, а першу позицію займає азот з вмістом від 19 мг до 20 мг.

Територіальне розміщення земельних ресурсів фермерського господарства «Тікич» підпадає під декілька сільських рад, а саме:

- Великобerezянська;

- Веселокутська;
- Калиновецька;
- Косяківська.

Відповідно в кожній з наведених селищних рад є земельний ресурс, який входить до складу фермерського господарства (табл. 1.1)

Таблиця 1.1

## Земельні ресурси ФГ «Тікич», Київської області

Територіальне розміщення – селищна рада	Обсяг, га
Великобerezянська	70,6
Веселокутська	854,1
Калиновецька	297,9
Косяківська	947,9

Як видно з таблиці 1.1 найбільше земельних ресурсів фермерського господарства перебуває в Косяківській селищній раді, це підтверджує і адреса реєстрації головного офісу - село Косяківка, Білоцерківський район, Київська область.

Функціонування фермерського господарства за сукупністю культур, які вирощують є відповідною до посівних площ (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

## Структура посівних площ, га

Культури	Площа, га
Зернові, всього:	1420
- ярий ячмінь	230
- кукурудза	710
- озима пшениця	480
Технічні, всього	750
- соя	220
- озимий ріпак	100
- соняшник	340
- картопля	90

Таким чином, таблиця 1.2 розкриває, що на 65,4% напрямок зусиль фермерського господарства спрямований на вирощування зернових культур, але також важливим є складова по вирощуванню технічних культур, яка складає 34,6%.

Збір врожаю зернових та технічних культур в фермерському господарстві не перевищує середнього рівня вирощування культур за урожайністю Київської області.

### 1.3 Машинно-тракторний парк та його використання

Забезпеченість технікою, а саме енергетичними засобами в фермерському господарстві «Тікич» Білоцерківського району, Київської області розкрито в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

## Наявність енергетичних засобів в ФГ «Тікич»

№ п/п	Марка трактора	Кількість, шт
1	ХТЗ-150К-03	2
2	МТЗ Беларус 1221.2	4
3	МТЗ Беларус 892.2	4
4	МТЗ 82 Білорус	2
5	John Deere 8430	2
6	Claas Xerion 3300 Trac	1
7	Deutz-Fahr 6205 G AGROTRON	1

З таблиці 1.3 бачимо, що господарство володіє тракторами виробництва різних країн, що повністю дозволяють виконати технологічні заходи щодо забезпечення виробництва власної продукції.

Господарство має в своєму розпорядженні і належний автопарк машин (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

## Наявність автотранспорту в господарстві

№ п/п	Марка трактора	Кількість, шт.
1	КАМАЗ 43142	4
2	МАЗ 5337	1
3	ГАЗ-3309	3
4	ГАЗ-33023 Фермер	1
5	ГАЗ 322132-0114	1

Отже, таблиця 1.4 підтверджує, що автотранспорт фермерського господарства має можливості щодо задоволення вимог, які виникають в процесі вирощування і транспортування сільськогосподарської продукції.

Характеристика щодо наявності у фермерському господарстві «Тікич» сільськогосподарських машин зазначена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

## Наявність сільськогосподарських машин в господарстві

Сільськогосп одарська машина	Марка сільськогоспо дарської машини	Кількі сть, шт.	Сільськогосп одарська машина	Марка сільськогоспо дарської машини	Кількі сть, шт.
1	2	3	4	5	6
БОРОНИ	БДТ-7,2 V-01	2	ЗЧПКА	СЗБ-8	1
	БДС-8,4	1	ДИСКОВИЙ ЛУЦИЛЬНИК	ЛДГ-15	1
БОРОНИ	БРН-6А	1	ПЛУГИ	ПЛН-3-35	1
	БТЗ-1	15		ПЛН-5-35	1
	ЗПГ-15	2		ПНЯ-4-42	1
	БЗТС-1,0	68		Lemken Euro Diamant 10	1
	БЗСС-1,0	68		ПНВ 4-35	3
	ЗБП-0,6А	36		УСМП-5,4	1
	АГ 2,4-20	2	КРН 5,6	2	
ГРУНТООБРОБНИЙ АГРЕГАТ	УДА-4,5-20	1	КУЛЬТИВАТОРИ	КПС-4	2
СІВАЛКИ	СЗ-3,6А	3		КРНВ-5,6-04	1
				КН-3,8	5

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6
СІВАЛКИ	СУПН-8	1	КАРТОПЛЕ-САДЖАЛКИ	КСМ4	1
	AMAZONE CITAN 12000	3		КСМ 6	1
РОЗКИДАЧІ	РОУ-6	3	КОТКИ	КП-6-460	1
	ПРТ-10	2		ЗККШ-6	6
	1РМГ-4	2	ОБПРИСКУВАЧІ	ПОМ-630	2
	РУМ-5	1		ОП-2000-2-01	2
ЖАТКИ	ПЗС-8	1	ЗЕРНООЧИСНА МАШИНА	БЦС-25	1
	Claas Lexion-6	1		ЗАВ-20	1
	Claas Vario 750	1	КОСАРКА	«Wirax» Z-069	2
	Geringhoff MS-SC 800 b	1	НАВАНТАЖУВАЧ	Claas SCORPION 740	1
ЖАТКИ	Claas S 750 FLEX	1	ПРЕС-ПІДБИРАЧ	«Роланд 340»	1
ПРОТРУЮВАЧ	ПК-20 «Супер»	1	РІПАКОВИЙ СТІЛ	Claas C600	1

З таблиці 1.5 видно, що фермерське господарство «Тікич» є повністю забезпечене сільськогосподарською технікою, яка дозволяє виконувати своєчасно технологічні операції з вирощування, збирання та переробки культур агропромислового комплексу.

## 2. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

### 2.1 Огляд виробників тракторів при виконанні технологічних операцій на альтернативних видах палива

Виконання технологічної операції вимагає наявності машинно-тракторного агрегату, при чому головною складовою є саме енергетичний засіб. Для задіювання якого необхідним елементом, що дозволяє його роботу є саме паливо. Наразі, досить популярним аспектом набуває спрямування на екологічну безпеку, тому відомі фірми виробники намагаються прилаштуватися до виробництва тракторів з двигунами, що працюватимуть на альтернативних видах палива.

У 2020 році фірма Case IH запропонувала до огляду та використання модель трактора, що має переваги за зручністю здійснення роботи в буденності і саме даний трактор зарекомендував себе, як найкращий і отримав номінацію завдяки визначним характеристикам [4].

Одними з передових фірм, що приділяли увагу даним тракторам на альтернативному паливі є фірми Fiat, AGCO, Deutz, JCB, Liebherr. Вони розглядали можливості щодо роботи двигунів тракторів на водневі, біометані і газіві та особливою умовою при цьому є збереження довкілля від викидів.

Фірма Cummins та FPT пропонують для тракторів використовувати універсальні двигуни, які можливо застосовувати на різних видах альтернативних палив, в той час, як фірма AGCO Power радить двигун, що працює на відновлювальному дизельному паливі.

Компанії Liebherr, Deutz, JCB мають спрямовану увагу на двигуни для тракторів, що працюють на водневі [2].

Не менш цікавою виступила пропозиція, яка була представлена компанією New Holland у 2023 році. Наданий на виставку трактор з потужністю 270 кінських

сил може працювати на альтернативному паливі та має особливі переваги щодо самостійності відповідно до існуючих сучасних аналогів [3].

В Україні дослідження використання та розробки тракторів, що працюють на альтернативних видах палива розпочалися досить давно. Одним з яскравих першопочаткових прикладів такого рішення є трактор ХТЗ 2404-01, що містив двигун MeM3-307. Виконання роботи забезпечувалося використанням в якості пального – пропан-бутану [5]. Наразі в Україні продовжується робота з вивчення в даному напрямку можливостей, щодо технологічного покращення та пошуку технічних рішень відносно вдосконалення тракторів з можливістю роботи на альтернативних видах палива.

Лінійку тракторів, які працюють на електриці випускають країни Швейцарії (Rigitrac), Німеччини (Fendt), Італії (New Holland) та інші. Виробництво енергетичних засобів здійснюється в незначній кількості, що обґрунтовується навантаженням на акумуляторні батареї.

Використання гібридних тракторів пропонує у своїй лінійці потужна транснаціональна корпорація CNH Industrial, що займається виготовленням техніки для сільського господарства та будівництва, застосування даних установок здійснюється для великих і середніх енергетичних засобів [2].

При цьому виконання технологічних операцій передбачає, що трактори повинні бути завантажені максимально, а це можливо досягнути завдяки вірно підбраному складу машинно-тракторного агрегату та дотриманню визначених параметрів його роботи. Аналізуючи процес роботи тракторів колісної бази встановлено, що час експлуатації займає від 35% до 55% від загального. Це пов'язано з тим, що значна частка робіт здійснюється на часткових регуляторних характеристиках.

Вибір трактора для здійснення технологічної операції залежить від запланованого виду робіт та сільськогосподарської машини, якою будуть виконувати даний захід. Тому відносно енергетичних параметрів поєднання здійснюється за рахунок переходу на різні передачі, а тяговий коефіцієнт корисної дії разом з опором, що створює сільськогосподарська машина

підпорядкований середньому ефективному тиску двигуна  $P_e$ , що а також ступінь зниження  $\gamma$  частоти обертів валу двигуна.

Останній дозволяє знизити питому витрату палива, як встановлено за попередніми дослідженнями на 20% залежно від навантаження. Інші методики пропонують здійснювати регулювання робочого процесу дизеля зміною фізико-хімічного складу пального. Це впроваджується за рахунок додавання до дизельного палива різних речовин. Зазначені зміни в складі пального рекомендовано здійснювати при роботі трактора в режимі підвищеного навантаження. Використання палива з добавкою в двигунах має орієнтуватися на показники теплоти згорання, у дизельного палива даний показник складає 42,5 МДж/кг, а при додаванні метилового ефіру рапсової олії, показник якої рівний 37,7 МДж/кг передбачено застосування пропорції. Вказаний варіант комбінування дизельного палива з альтернативними видами дозволить отримати показники трактора з потужністю, що має ширші межі ніж, ті які досягалися зазвичай через частоту обертання, зміну передач, спосіб агрегатування.

Як бачимо, загальна лінійка тракторів, що пропонується для використання при виконанні технологічних операцій на альтернативних видах палива з кожним роком оновлюється та доповнюється, що в майбутньому дозволить їй набути широкого застосування на полях.

## 2.2. Альтернативні види палива, що застосовуються при виробництві агрокультур

В загальному види палива, в тому числі альтернативні, які можна використовувати для енергетичних засобів розподіляються на наступні:

- дизель;
- біодизель;
- етанол;
- біогаз;
- біометан;

- водень;
- відновлювальне дизельне паливо (жири та рослинні олії);
- газ (метан),
- електричні акумулятори,
- рідкий метанол,
- гібридно-електрична установка.

Найбільш застосовним у лінійці тракторів є дизельне паливо, наразі як видно в п. 2.1 широко розробляються до впровадження трактори на альтернативних видах палива. Розглядаючи за характеристиками зазначені види палива, можна помітити, що найбільш поширеними для енергетичних засобів є альтернативні палива такі, як біодизель, етанол та біогаз. За властивостями їх застосування біодизель використовують у двигунах енергетичних засобів, тоді як етанол можна вживати в двигунах внутрішнього згорання, а біогаз запроваджують для автомобілів [6].

Таким чином найкращим для виконання технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур, що передбачає використання машинно-тракторного агрегату є дизельне паливо, яке використовується на машинно-тракторному агрегаті. Від цього залежить швидкість виконаної роботи за відведені агротехнічні строки, а умови роботи машинно-тракторних агрегатів будуть визначатися сталими експлуатаційно-технічними показниками. Зниження тягової потужності при виконанні технологічної операції на суміші дизельного та альтернативного палива передбачає зростання його витрати.

З попередньо встановленого розподілу альтернативних видів палив для колісних транспортних засобів найбільш вірогідним для використання на тракторах є біодизельне паливо, бо за своїми характеристиками воно подібне до дизельного палива (табл. 2.1) [7, 8].

Таблиця 2.1

## Властивості палив

Вид палива	Густина, г/см <sup>3</sup>	Температура спалаху, °С
Дизельне паливо літнє	0,86	62
Дизельне паливо зимове	0,84	40
Дизельне паливо арктичне	0,83	35
Біодизель	0,86	150

Як бачимо з табл. 2.1, біодизель у порівнянні з дизельним паливом за густиною відповідає дизельному паливу літньому, а за температурою спалаху перевищує в рази всі види палив, а це доводить, що біодизель є нешкідливим але загрозованим видом палива.

При цьому матеріалом для формування біодизелю, який використовується для його утворення виступають олії вироблені з ріпаку, сої, соняшнику та кукурудзи тощо. Особливість таких олій полягає у різниці за межами вмісту насиченості кислот та наявності вуглецю через можливість проведення теплоти, також перевірка покращення застосування альтернативного палива, підтверджується в роботі [11].

Відомі фірми-виробники, що пропонують у використанні для вирощування сільськогосподарських культур техніку (трактори, обприскувачі, комбайни), що працює на біодизелі є компанія Fendt це трактори 900 серії (2023) [9], John Deere, Case, New Holland, CLAAS, Massey Ferguson [10] та ін.

Альтернативними видами палива також виступають у поєднанні трактори з двигунами, що працюють на комбінації палив, а саме дизельному паливі разом з відновлювальним дизельним паливом (жири та рослинні олії) чи в сполученні з метаном або воднем.

Також альтернативними паливами виступають газ (метан), електричні акумулятори, наприклад фірма Fendt вже вдосконалили і облаштували на

енергетичні засоби у вигляді пілотного варіанту механізм дії водно-електричний Helios та використання гібридних установок [2].

Вихідним матеріалом при вирощуванні агрокультур є технологічні карти. Інформаційний зміст яких розкриває взаємозв'язок технологічної операції за способом здійснення, зазначені засоби виконання та показники, що їх характеризують. Розробка технологічної карти на вирощування відповідної агрокультури залежить від умов в яких територіально розташоване господарство.

Розрахунок технологічних карт для цих агрокультур передбачає визначення наступних складових:

Встановлення переліку технологічних операцій відповідно до запланованої технології вирощування.

Визначення фізичного обсягу робіт  $Q_{фг}$ , який залежить від кратності виконання при польових роботах  $k$ , а на транспортних  $Q_{фт}$  чи навантажувальних  $Q_{фн}$  - визначення здійснюється за валовим виходом основної або побічної продукції, віддаллю перевезень та кількістю перевезеного вантажу.

Обсяг робіт в умовних гектарах  $Q_{ум}$ .

Агротехнічні строки виконання робіт визначають згідно з даними агротехніки та досвіду господарства. Календарні строки виконання операцій встановлюються на основі агротехнічних вимог за якими встановлюють кількість днів роботи.

Здійснюють підбір та обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату та знаходять коефіцієнт змінності.

Наступним кроком є визначення кількості механізаторів і допоміжного персоналу, що обслуговують агрегат. Розраховують годинну продуктивність вибраного агрегату та кількість годин роботи за добу та його добову продуктивність.

Встановлюють необхідну кількість агрегатів та обраховують прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи, які включають витрати на

амортизацію ( $A$ ), оплату праці ( $S_{зп}$ ), відрахування на ТО і поточні ремонти ( $S_{то}$ ) та вартість паливно-мастильних матеріалів ( $S_{пмм}$ ).

Витрата палива на одиницю роботи приймається з «Типових норм» або розраховується а також визначають затрати робочого часу та по отриманих результатах розкривають витрату палива і робочого часу на весь обсяг робіт. Розраховані технологічні карти наведені в додатках.

Використання тракторів при вирощування агрокультур зазначає обставини появи невідповідного стану роботи паливної системи, тому бажано мати розуміння про можливості застосування альтернативних видів палива.

Попередніми дослідженнями [16 та ін.] встановлено, що використання суміші дизельного палива разом з альтернативним (етиловим ефіром рапсової олії) у співвідношенні 70/30 та за 100% застосування лише самого альтернативного палива на марках тракторів тягового класу 1,4 проявляються зміни в показниках роботи двигуна (рис. 2.1).

Величину крутного моменту (рис. 2.1а) визначають за формулою:

$$M_e = \frac{Ne}{0.105 \cdot n}, \quad (2.1)$$

де  $Ne$  – потужність кВт;

$n$  – частота обертання.

Звідси частота обертання (рис.2.1б) відповідно є наступна:

$$n = \frac{Ne}{0.105 \cdot M_e}. \quad (2.2)$$

Показник питомої витрати палива (рис 2.1в) знаходимо за формулою:

$$g = 1000G/Ne. \quad (2.3)$$

Значення годинної витрати палива (рис 2.1г) складає:

$$G = \frac{g \cdot Ne}{1000} \quad (2.4)$$

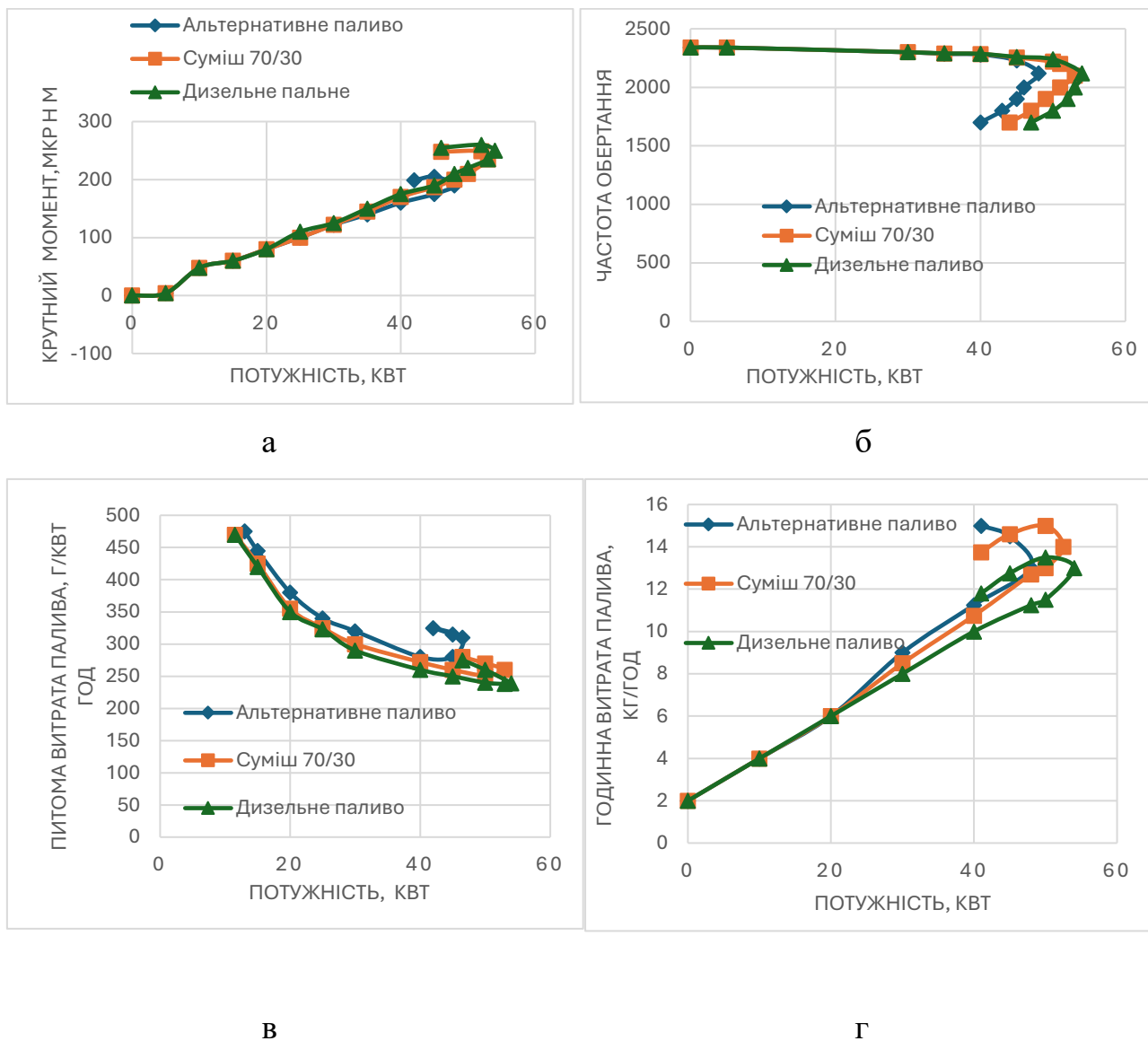


Рис. 2.1 Зміна показників регуляторної характеристики двигуна на різних видах палива

Як бачимо з рис. 2.1 використання тільки альтернативного палива при виконанні технологічних операцій вказує, що його значення є нижчі ніж при застосуванні суміші 70/30 в порівнянні з дизельним паливом за крутним моментом та частотою обертання, в той час як за витратою - альтернативне паливо має вищі показники за суміш 70/30 та дизельне паливо.

### 2.3 Робота тракторів та конструкційні складові елементи при роботі на альтернативному паливі

Першорядними особливостями при виконанні технологічних операцій є стабільність, однак її забезпечення передбачає врахування факторів впливу на процес здійснення заходу.

Виконання технологічних операцій машинно-тракторним агрегатом при застосуванні альтернативних видів палива характеризується за швидкістю його руху, стійкістю та за встановленою глибиною виконуваної операції. Якщо відбуваються зміни хоч в одному з показників, вони впливають на загальний стан роботи машинно-тракторного агрегату. Через вплив метеорологічних умов проявляється переміна опору руху а через стан ґрунту швидкість агрегату значно знижується. При цьому рушійна сила та гальмування визначають можливості роботи агрегату. Звідси рушійна сила вказує на тягові властивості енергетичного засобу, а під час гальмування можна прослідкувати опір, який чинить сільськогосподарська машина.

Розглядаючи елементи техніки в енергетичних засобах, що мають конструктивні зміни для роботи на альтернативному паливі можна розглядати за принципом ранжирування.

Чільними складовими в розподілі тракторів є відповідність за системами та механізмами. Аналізуючи характеристики, які дозволяють забезпечувати безпечні режими роботи за заданих умов і враховуючи конструктивні зміни, можемо встановити, що трактор складається з систем та механізмів, а саме:

- остова;
- двигуна з системами;
- шасі;
- системи агрегатування;
- посту керування;
- внутрішнього і зовнішнього обладнання;
- електричного обладнання.

Це провідні складові, які забезпечують працездатність та показники безпеки роботи тракторів. В свою чергу дані елементи є важливими, і мають розподіл:

**Остов** або рама в енергетичному засобі може бути:

- безрамний;
- напіврамний;
- рамний.

**Двигун** характеризують *за показниками*:

- ефективної потужності;
- крутним моментом;
- частотою обертання колінчастого валу;
- годинною витратою палива;
- питомою витратою палива.

Характеристика двигуна *за системами*, передбачає наступне:

- систему подачі палива;
- систему мащення;
- систему охолодження.

Системи двигуна, що підпадають під обов'язкову перевірку для безпеки виконання руху є наступні (рис. 2.2)



Рис. 2.2 Двигун та його системи

Складовими показниками, що визначають можливості двигуна трактора є саме коефіцієнт пристосовності та його споживана потужність. Однак з часом використання в двигунові альтернативних видів палива, показники можуть різнитися від зазначених на початку роботи в бік зросту чи спаду.

**Шасі** містить наступні складові:

- трансмісію;
- ходову частину;
- рульове керування.

Система керування передбачає перевірку на оцінку стану за компонентами (рис. 2.3).

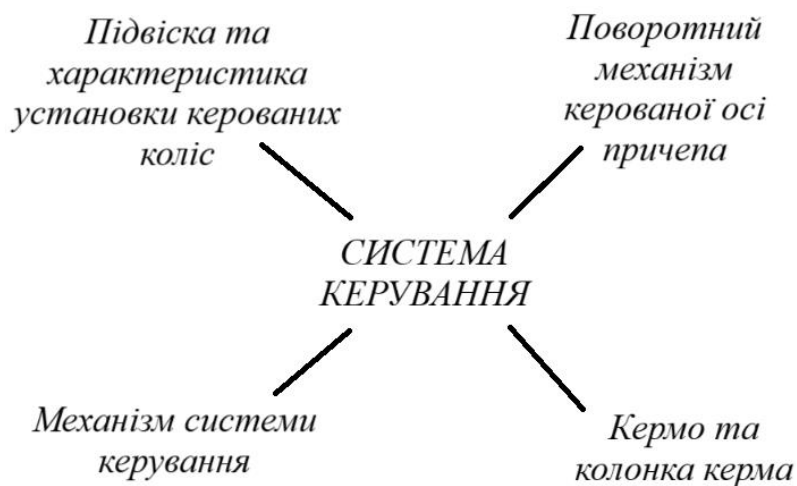


Рис. 2.3 Система керування

**Системи агрегування** передбачають наявність укомплектованого машинно-тракторного агрегату, який виконує технологічну операцію, при цьому орієнтуються на швидкісні показники, показники стійкості отриманого агрегату та глибину на якій здійснюється технологічна операція, що забезпечує витрату палива і вказує на якість виконаної роботи.

Основна увага при перевірці спрямована на гальмові системи (рис. 2.4)

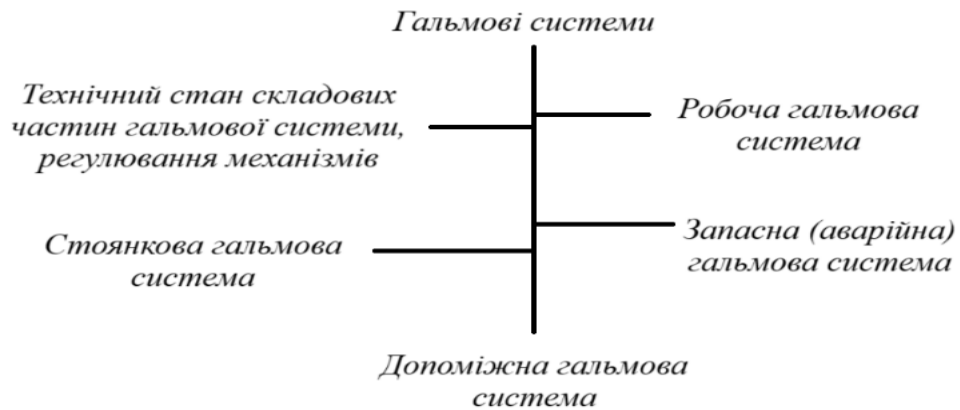


Рис. 2.4 Гальмові системи

**Пост керування** передбачає розміщення всіх компонентів, які дозволяють здійснювати керування і можливості перемикання для роботи двигуна на альтернативному паливі.

**Внутрішнє і зовнішнє обладнання** передбачають можливість встановлення додаткових елементів в конструкції енергетичного засобу, що дозволить йому працювати на альтернативному паливі, однак даний захід може призвести до необхідності коригування трактора за центром маси та стійкістю і орієнтуватися на оглядовість з місця роботи водія також засобів заднього огляду і стекол.

Встановлення газобалонного обладнання при перевірці на відповідність має першочергово звертати увагу на наступні елементи (рис.2.5).



Рис. 2.5 Газобалонне обладнання

Електричне обладнання формується з зовнішніх світлових приладів та електроустаткування до якого належать наступні елементи (рис. 2.6).

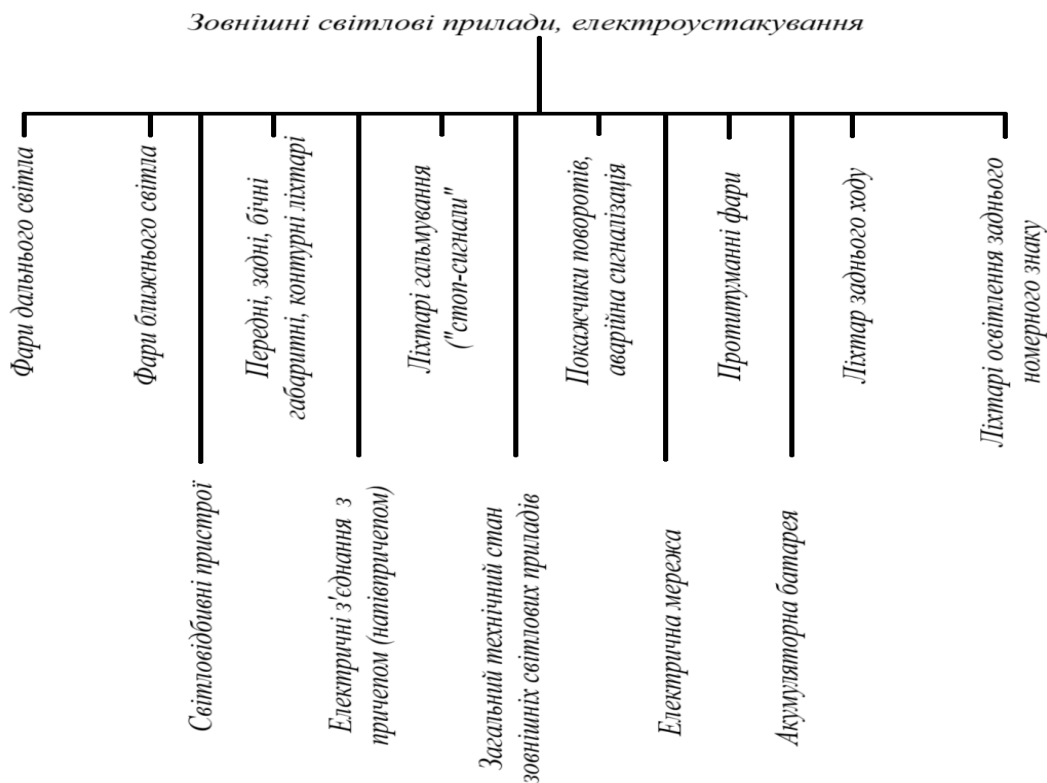


Рис. 2.6 Зовнішні світлові прилади та електроустаткування.

Важливим також є збереження навколишнього природного середовища за впливом негативних чинників (рис. 2.7).

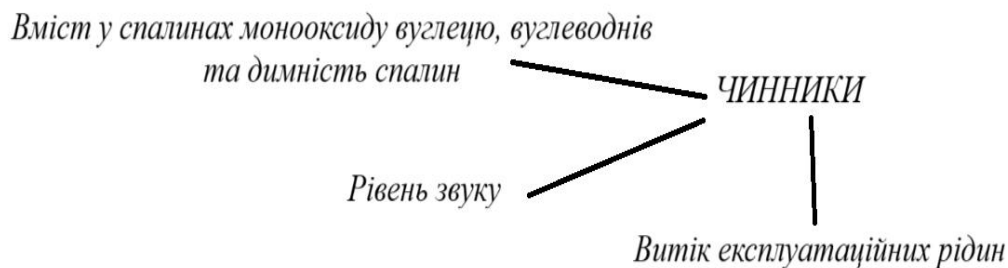


Рис. 2.7 Чинники та характеристики негативного впливу на навколишнє природне середовище

Таким чином нами було встановлено конструктивні елементи для роботи тракторів на альтернативному паливі, що підлягають першочерговому огляду при перевірці стану відповідності колісного транспортного засобу.

Результативність виконання технологічного процесу машинно-тракторним агрегатом полягає у можливостях поєднання дизельного палива та альтернативних видів.

## 2.4 Побудова графіка завантаження машиновикористання тракторів

Побудова графіків завантаження енергетичних засобів передбачає їх формування відповідно до розрахованих технологічних карт на вирощування окремої агрокультури відповідно до підібраної сівозміни. Графік машиновикористання будують у відповідності приналежності окремого енергетичного засобу до кожного класу чи за марками тракторів. При цьому головною умовою є їх наявність у технологічній карті на вирощування сільськогосподарської культури.

Побудова графіку завантаження тракторів передбачає наявність системи координат де по вісі абсцис відкладають час, який відображається у тривалості виконання однієї технологічної операції відведений згідно до агротехнічних вимог. Час встановлений в технологічній карті він вказує дату початку виконання та тривалість за кількістю днів виконання самої технологічної операції. Тобто, час виконання встановлюють у днях календарного року. По вісі ординат фіксують кількісні показники тракторів (машинно-тракторних агрегатів), що задіяні у відповідний час на виконанні вказаної технологічної операції.

Позначення виконують у вигляді прямокутників за кожною операцією з орієнтацією на її порядковий номер у відповідній технологічній карті. При цьому враховуючи різні види агрокультур, які вирощуються у господарстві попереду порядкового номеру технологічної операції зазначається в літерному умовному позначенні - сільськогосподарська агрокультура з якої взята інформація у скороченому вигляді.

Розмір за площею встановленого прямокутника вказує на кількість тракторо-днів, що необхідно мати для виконання робіт по вказаній операції й особливістю є потреба здійснення заходу без зміни встановлених агротехнічних строків.

При плануванні використання машинно-тракторного парку фермерського господарства є потреба в можливості його якнайповнішого й рівномірного завантаження за всіма наявними тракторами щодо виконуваних операцій на протязі календарного року. Для того щоб досягти вказаної рівномірності на етапі підрахунків виконують коректування графіка завантаження тракторів із змінами в технологічних картах.

Процес коректування виконують в один з найбільш прийнятних способів. По перше можливо здійснити зріз піків по тракторах завдяки додатковим годинам роботи трактора протягом доби, що збільшить кількість змін його використання але умовою залишається – збереження якості виконуваної операції. По друге, можна провести зміни у перерозподілі робіт між тракторами за різними марками і також, якщо це можливо, виконують зміну термінів виконання технологічного заходу не виходячи за межі агростроку.

При великому навантаженні в піковий період використання облікова кількість тракторів наявна у фермерському господарстві встановлюється відношенням експлуатаційної кількості тракторів до коефіцієнта їх технічної готовності, який має перебувати в межах від 0,86 до 0,90.

Загальний графік завантаження машиновикористання тракторів отриманий при вирощуванні основних культур соняшнику (с), льону (л), цукрового буряку (цб) та озимої пшениці (оп) згідно до методики визначає періоди пікових завантажень енергетичних засобів (рис. 2.8).

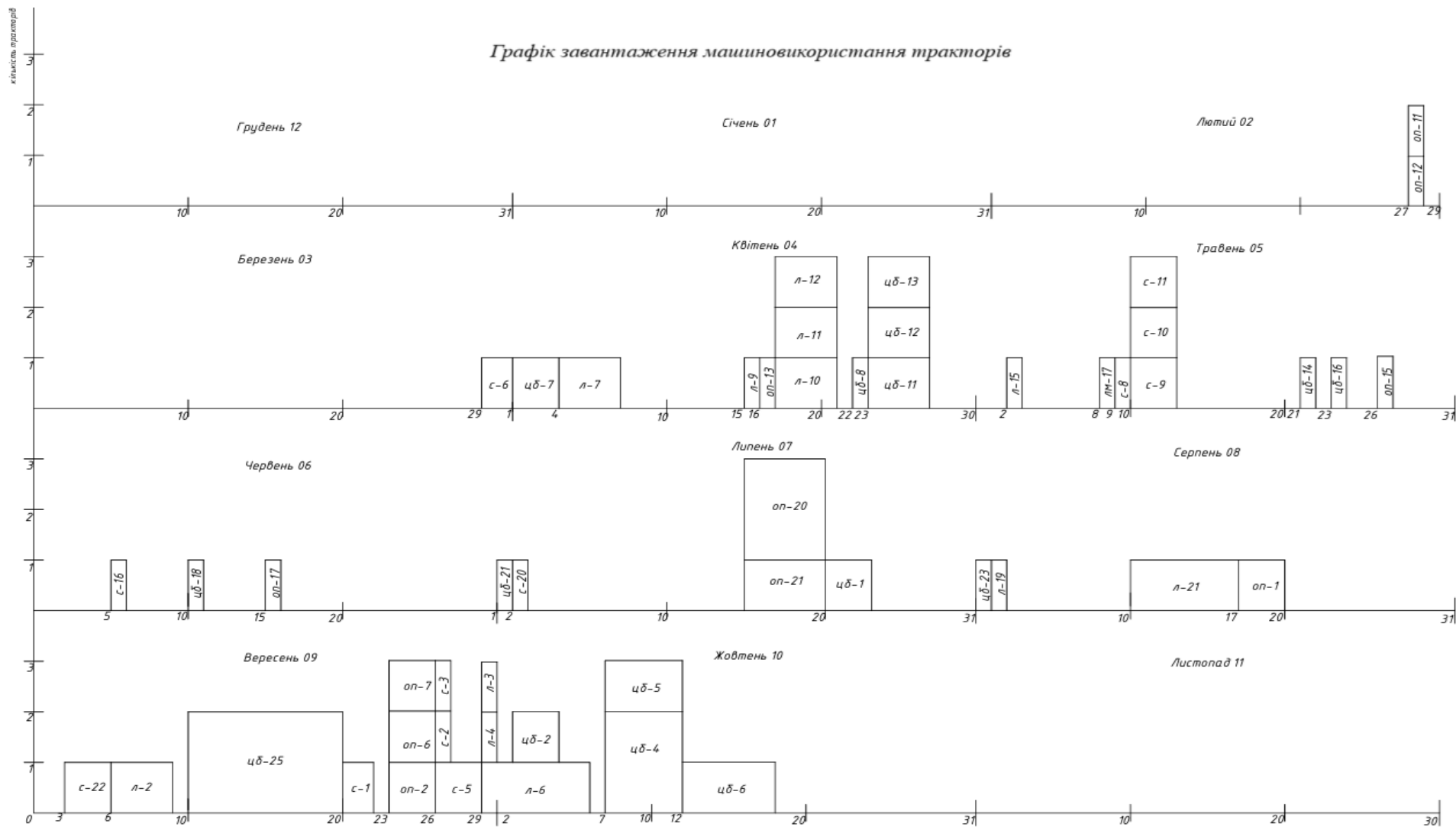
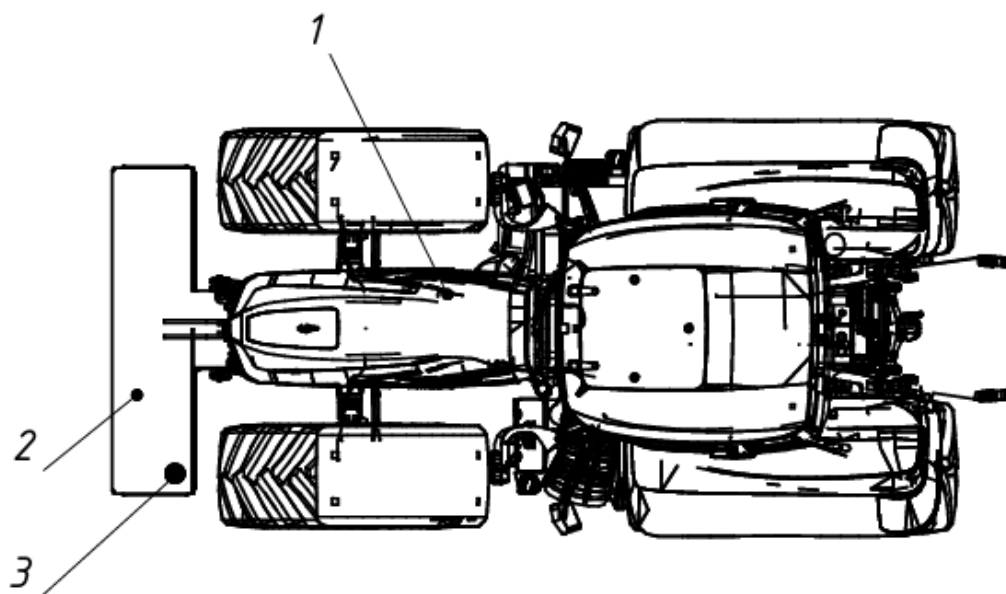


Рис. 2.8 Графік завантаження машиновикористання тракторів

## 2.5 Встановлення параметрів і розрахунок впливу переходу на альтернативний вид палива

Перехід на альтернативний вид палива передбачає можливість застосування машинно-тракторного агрегату, як на дизельному паливі, так і на альтернативному. Для цього нами запропоновано встановлення можливості комбінування роботи енергетичного засобу на двох вказаних вище видах палива за умови наявності переходу з одного на інший.

Зазначене комбінування передбачає появу можливості формування вказаного шляху за напрямом змін у конструктивній частині передньої противаги трактора додаванням допоміжного паливного баку, що дозволить сформувати нові можливості роботи щодо забезпечення нарощення тривалості виконання агротехнічних операцій за рахунок зменшення періоду заправок енергетичного засобу (рис. 2.9).



1 - трактор Deutz-Fahr  
2-Кожух паливного бака  
3-Заливна горловина

Рис. 2.9 Удосконалена конструкція трактора

Матеріал виготовлення заданого баку передбачає його міцність та перевагу за ваговими властивостями. Конструктивна особливість такого баку полягає у зміні його конфігурації, щодо можливості кріплення в просторі перед двигуном та назовні разом з противагами.

Головним параметром такого баку є його об'єм, адже безперервне виконання технологічної операції дозволяє забезпечити дотримання умов роботи з найменшими строками і мати можливість уникнення появи несвоєчасності виконання операції за рахунок зміни погодних умов чи появи форс мажорних обставин. Однак, запропоноване технологічне виконання повинне бути здійснено з врахуванням порядку заходів щодо безпечності.

Реалізація процесу заповнення паливних баків передбачає дотримання наступних кроків оператором, а саме контролю щодо наявності палива у баках та своєчасну перевірку за станом фільтрів пального й замкненістю і непроникністю в транспортуючі паливні шляхи газів, повітря тощо.

Необхідність пального і матеріалів таких як мастил для виконання технологічної операції передбачає врахування використання їх за період зміни здійснення технологічного заходу де використовується машинно-тракторний агрегат. Орієнтовно можливо отримати теоретичні дані за виконанням вказаного заходу згідно до формули:

$$H_{m.sm} = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3, \quad (2.5)$$

де  $Q_1$  – пальне, що витрачене на виконання безпосередньо технологічної операції протягом однієї години, кг;

$Q_2$  – пальне, що витрачене на виконання технологічних заходів пов'язаних з переміщенням на іншу ділянку чи на повороти на даній ділянці протягом однієї години, кг;

$Q_3$  - пальне, що витрачене на роботу двигуна при зупинці трактора протягом однієї години, кг.

$t_1, t_2, t_3$  – затрати часу на виконання заходів відповідно до витраченого пального  $Q_1, Q_2, Q_3$ .

Провівши підрахунки отримаємо, що для нашого трактора теоретичні витрати палива за зміну будуть складати  $H_{m.sm} = 26.94$  кг.

Загалом потреба у пальному накреслює, що враховується необхідність пального і матеріалів таких, як мастил для виконання технологічної операції, що передбачає врахування використання їх за період зміни здійснення технологічного заходу відповідним енергетичним засобом  $H_{im.sm}$ . а також узагальнена численність змін, які він відпрацював  $n_{im.sm}$ , враховуючи повний склад енергетичних засобів задіяних на даному обсязі робіт  $m$  по вирощуванню відповідної агрокультури:

$$Q = \sum_{i=1}^m H_{im.sm} n_{im.sm}, \text{ кг.} \quad (2.6)$$

Таким чином встановлюється обсяг дизельного пального та мастильні матеріали, що необхідні для роботи машинно-тракторного агрегату і забезпечення всіх технологічно передбачених заходів щодо потреби в сільськогосподарських машинах, зчіпках та тракторах на вирощуванні відповідної агрокультури.

## 2.6 Показники зварного шва та його розрахунок

Використання зварних швів у запропонованому конструктивному рішенні баку має одну з головних позицій щодо його форми, тому їх розрахунок є досить актуальним і відразу забезпечує можливості щодо цінової політики так як є одним з перспективних і якісних серед з'єднань.

Виконання молекулярного зчеплення матеріалів складових деталей забезпечується завдяки застосуванню високих температурних впливів на елементи, що утворюють їх пластичність і завдяки цьому утворюється можливість їх поєднання. Головним атрибутом є орієнтація на недоліки, що

можливі при невірному виконанні у вигляді появи кратерів, за рахунок обривання дуги або невірному виконанню кінцевої ділянки рубця. Наявність утворення пор може відбутися через швидке охолодження рубця чи потрапляння на них мастила або внаслідок застосування вологих електродів в іншому випадку процес за часом виконання технологічного заходу відбувався досить швидко. Вміст шлаку в рубці вказує, що на краях містився бруд чи струм за якого відбувався процес був замалий, а швидкість виконання робіт була зависока. Наявність підрізів зазначає, що подія виконувалася з великим показником струму зварювання, дуга була задовга чи можливо відбулося зміщення електроду при зварюванні кутових швів у бік вертикальної осі. Поява непроварів зазначає, що був наявний малий кут скосу кромки по вертикальній осі чи невеликий зазор між ними, забруднення їх, зависока швидкість виконання заходу чи струм зварювання не відповідав необхідному. Пропікання виявляється якщо була подача високого струму й при цьому швидкість зварювання була низькою, в іншому випадку можливо було місце великого зазору. Тому вибір матеріалу для виготовлення запропонованого конструкційного рішення передбачає його міцність та надійність за можливістю витримки передбачених навантажень.

Так як вже було визначено, запропонована форма конструкційного рішення має необхідність використання процесу зварювання по кутовим швам, то для її реалізації треба вибрати діаметр електрода, що відповідає катету рубця  $K$ . Головними складовими на які мають спиратися при виконанні технологічного заходу є: діаметр  $d_e$ , сила струму  $I_{sv}$ , напруга  $U_d$ , швидкість подання  $v_p$  та швидкість процесу поєднання  $v_{sv}$ . Допоміжною інформацією, яка має бути в наявності є струм (його рід), вказується вид полярності (у випадку, якщо струм є сталим), зазначається флюс (його марка).

Площа поперечного перетину перерізу  $F_p$  матеріалу, який наплавляється і має опуклий рубець  $g$  за висотою посилення знаходиться за формулою:

$$F_p = \frac{K^2}{2} + 1.05Kg. \text{ мм}^2 \quad (2.7)$$

Вибір електроду за його діаметром виконують орієнтуючись на кутову форму зварного рубця і по діаметру надається перевага розмірним його показникам, але необхідно щоб відбувалося проварювання вершин кутового рубця тому, величина максимального катету  $K$  має бути рівна 10мм.

Враховувати також слід і густину струму  $j$ , яка надає можливість встановити силу струму з якою відбувається зварювання.

$$I_{sv} = \frac{\pi d_e^2}{4} j. \text{ А} \quad (2.8)$$

Залежно від вибору діаметра  $d_e$  густина струму  $j$  буде варіюватися в таких межах:  $d_e = 5\text{мм}$ ,  $j = 30 - 40\text{А/мм}^2$ ;  $d_e = 4\text{мм}$ ,  $j = 35 - 50\text{А/мм}^2$ ;  $d_e = 3\text{мм}$ ,  $j = 50 - 85\text{А/мм}^2$ ;  $d_e = 2\text{мм}$ ,  $j = 60 - 150\text{А/мм}^2$ .

Напруга  $U_d$  міститься на границі від 28В до 36В, однак слід враховувати, що чим більший струм  $I_{sv}$  і діаметр  $d_e$  тим необхідно мати більшу напругу  $U_d$ .

Швидкість виконання технологічного заходу  $v_{sv}$  за площею поєднання при одиничній подачі визначають за формулою:

$$v_{sv} = \frac{\alpha_H I_{sv}}{F_p \gamma 100}, \text{ м/ГОД} \quad (2.9)$$

де  $\alpha_H$  – коефіцієнт наплавлення, г/А год;

$\gamma$  – щільність матеріалу наплавлення, г/см<sup>3</sup>.

При цьому орієнтовно щільність матеріалу наплавлення має складати 7,8г/см<sup>3</sup>.

Швидкість подання  $v_p$  визначається за формулою:

$$v_p = \frac{4\alpha_H I_{sv}}{\pi d_e^2 \gamma}. \text{ м/ГОД} \quad (2.10)$$

Таким чином швидкість подання залежить від попередньо встановлених показників і на їх основі відбувається даний процес подачу дроту для зварювання

елементів в конструкцію [13]. Коефіцієнт міцності такого шва передбачає, що контроль відбувається по всій його довжині.

## 2.7. Розрахунок виконання технологічного заходу

Для прикладу розрахунку вибрано технологічну операцію передпосівну культивуацію для вирощування соняшнику на площі 100 га. При цьому обсяг робіт виконаних в умовних еталонних гектарах рівний:

$$Q_{y.e} = \frac{Q_f}{W_{god}} K_{et}, \text{ ум.ет.га} \quad (2.11)$$

де  $Q_f$  – фактичний обсяг площі робіт, га;

$W_{god}$  – годинна продуктивність агрегату, га/год;

$K_{et}$  – коефіцієнт переведення фізичних тракторів в умовні.

$$Q_{y.e} = \frac{100}{10,56} 3 = 28,4 \text{ ум.ет.га.}$$

Агротехнічний термін початку виконання роботи відповідає 10 травня, орієнтуючись на площу передпосівна культивуація за кількістю днів роботи має бути виконана за три доби.

Марка енергомашини, яка агрегується з сільськогосподарською машиною передбачає, що їх кількість рівна 1, а сам коефіцієнт змінності рівний:

$$K_{sm} = \frac{T_d}{T_{sm}}, \quad (2.12)$$

де  $T_d$  – тривалість робочого дня, год;

$T_{sm}$  – тривалість часу зміни, год.

$$K_{sm} = \frac{9}{7} = 1,28.$$

Кількість механізаторів і допоміжного персоналу рівна одному механізатору.

Годинна продуктивність агрегату складає:

$$W_{god} = 0,1B_p v_p \tau, \text{ га/год} \quad (2.13)$$

$$W_{god} = 0,1 \cdot 7,5 \cdot 11 \cdot 1,28 = 10,56 \text{ га/год.}$$

Кількість годин роботи за добу складає - 9.

Звідси, за добу даний машинно-тракторний агрегат виконає обсяг робіт, що рівний 95,04га.

Витрати палива на весь обсяг робіт приймаються з «Типових норм» або розраховуються витрати на 1га за формулою:

$$G = \frac{g_e N_{en} K_s}{W_{god}}, \text{ кг/га} \quad (2.14)$$

$$G = \frac{0,23 \cdot 185 \cdot 0,95}{10,56} = 3,82 \text{ кг/га.}$$

Тоді, витрати палива на весь обсяг складають 382 кг.

## 2.8 Розрахунок міцності деталі на зсув

Умова міцності деталі конструкції полягає у тому, що найбільша напруга (робоча напруга), яка виникає в ній, не повинна бути більшою від допустимої. Розрахункова формула для зсуву:

$$\tau = \frac{Q}{F_{\leq}} [\tau]. \quad (2.15)$$

Дана формула описується, як дотична напруга при зсуві, обчислена за формулою  $\tau = Q/F$ , не повинна бути більшою від допустимої.

Згідно до цієї формули виконують проєктний і перевірний розрахунки і визначають допустиме навантаження.

Деформацію зсуву, доведену до руйнування матеріалу, називають зрізом (стосовно металевих деталей) або сколюванням (стосовно неметалевих конструкцій). Допустиму напругу на зріз для пластичних матеріалів вибирають залежно від границі текучості. У машинобудуванні для штифтів, болтів, шпонок та інше приймають  $[\tau_c] = (0,25 \div 0,35) \sigma_B$ .

Для деревини допустимі напруги на сколювання при врубванні коливаються в межах від 0,5 до 1,4 МПа і залежать від сорту деревини і напрямку врубвання відносно напрямку волокон. У розрахунках на зріз для випадків, коли з'єднання роблять кількома однаковими деталями (болтами, заклепками і т. д.), приймають, що всі вони навантажені однаково. Розрахунки з'єднань на зріз звичайно супроводжуються перевіркою міцності цих з'єднань на зминання.

Визначити силу  $P$ , з якою можливе пробивання круглого отвору діаметром  $d = 30$  мм у сталюму листі товщиною  $s = 10$  мм при кріпленні баку для альтернативного палива, якщо зріз матеріалу листа відбувається при  $\tau_B = 360$  МПа необхідно підібрати матеріал пуансона.

Для цього нам потрібно визначити руйнуюче навантаження:

$$P_{рн} = \tau_B F_3. \quad (2.16)$$

Площа перерізу  $F_3$  – це бокова поверхня циліндра діаметром  $d$  і висотою  $s$  визначається за формулою:

$$F_3 = \pi ds, \quad (2.17)$$

$$F_3 = 3,14 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 942 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Отже,

$$P_{\text{рн}} = \tau_{\text{в}} F_3. \quad (2.18)$$

Звідси

$$P_{\text{рн}} = 360 \cdot 10^6 \cdot 942 \cdot 10^{-6} = 338 \cdot 10^3 \text{Н.}$$

Визначаємо напруги стиску в пуансоні за формулою:

$$\sigma_{\text{с}} = \frac{P_{\text{рн}}}{F}, \quad (2.19)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу пуансона:

$$F = \pi d^2 / 4. \quad (2.20)$$

Звідси:

$$F = 3,14 \cdot 30^2 \cdot 10^{-6} / 4 = 707 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Отже,

$$\sigma_{\text{с}} = 338 \cdot \frac{10^3}{707 \cdot 10^{-6}} = 478 \text{ МПа.}$$

Оскільки напруги стиску при пробиванні отвору великі, як матеріал для пуансона потрібно брати високоміцну леговану сталь, наприклад сталь марки Х12, для якої границя міцності  $\sigma_{\text{в}} = 1500$  МПа. Це забезпечить в умовах даного розрахунку для пуансона більш ніж потрібний запас міцності.

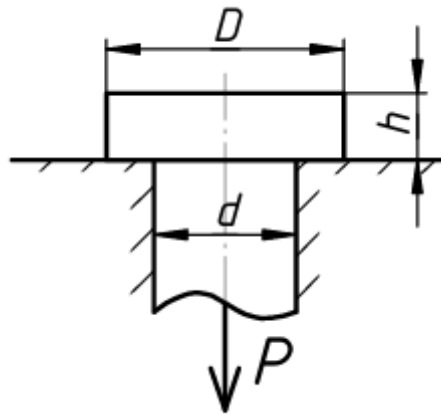


Рис. 2.10 Стальний циліндричний стержень з головкою

Стальний циліндричний стержень з головкою висотою  $h$  встановлює необхідність з'ясувати, чи витримуються умови рівномірності стержня діаметром  $d$  на розтяг, його головки діаметром  $D$  на зріз і опорної поверхні головки на зминання, якщо  $[\sigma_p] = 120\text{МПа}$ ,  $[\tau_3] = 70\text{МПа}$ ,  $[\sigma_{3м}] = 170\text{МПа}$ ,  $D = 32\text{мм}$ ,  $d = 20\text{мм}$ ,  $h = 12\text{мм}$ . В зв'язку з цим нам слід визначити також допустиме значення сили  $[P]$ .

За наведеними вище даними необхідно провести розрахунок площі перерізів, які працюють на розтяг, зминання і зріз. При цьому у розрахунок на розтяг ввійде площа поперечного перерізу стержня, яку знаходимо за формулою 3.16. Тоді:

$$F_p = 3,14 \cdot 400 \cdot 10^{-6} / 4 = 314 \cdot 10^{-6} \text{м}^2.$$

Площу опорної поверхні головки, що працює на зминання визначаємо за формулою:

$$F_{3м} = \pi D^2 / 4 - \pi d^2 / 4, \quad (2.21)$$

$$F_{3м} = \pi(D^2 - d^2) / 4. \quad (2.22)$$

$$F_{3M} = \frac{3,14(32^2 - 20^2)10^{-6}}{4} = 490 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Площа зрізу дорівнює площі бокової поверхні циліндра діаметром  $d$  і висотою  $h$ :

$$F_3 = \pi dh. \text{ м}^2 \quad (2.23)$$

Звідси:

$$F_3 = 3,14 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 754 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Використовуючи основні розрахункові рівняння для розтягу, стиску і зрізу, визначаємо допустиме значення  $[P_p]$ :

$$[P_p] = [\sigma_p] \cdot F_p, \text{ кН} \quad (2.24)$$

$$[P_p] = 120 \cdot 10^6 \cdot 314 \cdot 10^{-6} = 37,7 \text{ кН.}$$

$$[P_{3M}] = [\sigma_{3M}] \cdot F_{3M}, \text{ кН} \quad (2.25)$$

$$[P_{3M}] = 170 \cdot 10^6 \cdot 490 \cdot 10^{-6} = 83,3 \text{ кН.}$$

$$[P_3] = [\tau_3] \cdot F_3, \text{ кН} \quad (2.26)$$

$$[P_3] = 70 \cdot 10^6 \cdot 754 \cdot 10^{-6} = 52,8 \text{ кН.}$$

Таким чином з отриманих розрахунків встановлено, що значення допустимих сил значно відрізняються одне від одного. З цього ми бачимо, що умови рівномірності не витримуються. Тоді як допустиме значення сили  $[P]$  беремо найменше з обчислених значень, тобто  $[P] = [P_p] = 37,7 \text{ кН}$ .

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Аналіз існуючих конструкцій підігрівачів палива

Перед початком проєктування паливного підігрівача особливу увагу звертають на патентні пошуки, які охоплюють період дослідження за даною тематикою 40 років. Літературні джерела в яких найбільш висвітлено дане питання стосуються конструкції автотракторних двигунів.

З усіх відомих підігрівачів увагу звернуто на ті, що є багатообіцяючими за конструктивними особливостями щодо поліпшення:

##### 1. Підігрівач палива (рис. 3.1).

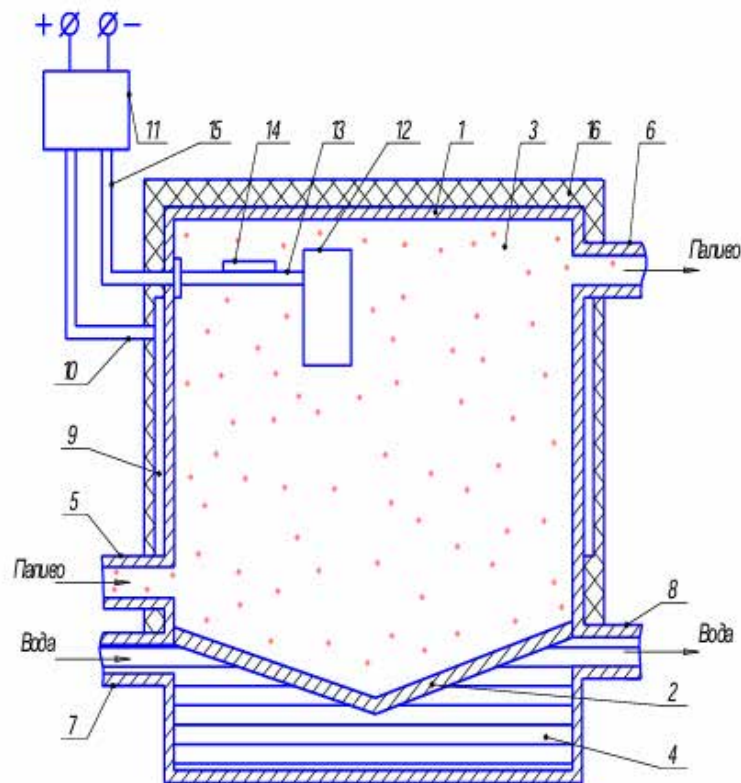


Рис. 3.1 Підігрівач палива (авторське свідоцтво №1160089):

1 - корпус; 2 - перегородка; 3, 4 - паливна і обігрівальна камери; 5, 6 подаючий і відвідний патрубки для палива; 7, 8 - подаючий і відвідний патрубки для рідини; 9 - електронагрівач; 10 - привід; 11 - блок управління; 12 - поплавок; 13 - пластина; 14 - тензoeлемент; 15 - дроти; 16 теплоізолюючий матеріал.

Робочий процес передбачає, що перед запуском паливо, яке надходить в двигун є холодне, блок 11 з керування приєднує електронагрівач 9 до осередка від якого надходить живлення і тому пальне, яке перебуває в даний час в камері 3 безпосередньо підпадає під нагрів, а це в свою чергу гарантує, що запуск відбуватиметься значно легше й сам робочий процес буде сталим завдяки паливу, що має покращені показники. Процес нагріву відбувається через передачу тепла і розчин, який протікає через нагрівальну камеру 4 та криволінійну перегородку 2 віддає тепло рідкому паливу, що прямує паралельно в камері 3. Завдяки конструктивним криволінійним особливостям перегородки 2 з'являються можливості гарантування значної дієвості тепловіддачі палива і розчину.

Паливо рідинне надходить через підвідний патрубок 5 до паливної камери 3 її нижньої частини і в процесі нагрівається завдяки теплоті охолоджуючої рідини та електронагрівача 9 подальший його шлях вверх спрямований у дозуючий пристрій (не зазначено) системи живлення завдяки проходження у відвідному патрубку 6. Чим вища температура за якої здійснюється нагрів пального його густина буде меншою, тому за зазначеного температурного показника поплавок 12 переміститься донизу і одночасно з цим тензoeлемент 14 передає сигнал на блок управління 11 й відповідно електронагрівач 9 від'єднується від джерела живлення. Далі процес нагріву вказаного пального відбувається завдяки теплу з обігрівуючої рідини, яка рухається крізь камеру обігріву 4. Можуть бути наявні випадки нестачі зазначеного тепла щоб достатньо здійснити підігрів згідно встановлених температурних меж, такий процес є наслідком значно вищої густини палива, тоді поплавок 12 йде вверх й в свою чергу тензoeлемент 14 передає вказівку до входу блоку управління 11, який відповідає за з'єднання електронагрівача 9 з джерелом живлення. Коли встановлюється сталі температурні показники палива тоді електронагрівач 9 від'єднується від джерела живлення.

Несхвальний вплив наведеного конструктивного рішення розкривається в можливостях щодо рівномірності процесу нагрівання палива, а це в свою чергу не дозволяє достеменно зберігати сталі температурні межі щодо палива. Даний

несхвальний вплив проявляється на етапі запуску двигуна та під час його роботи коли температурні межі докiлля є занижкими.

## 2. Підігрівач палива (рис. 3.2)

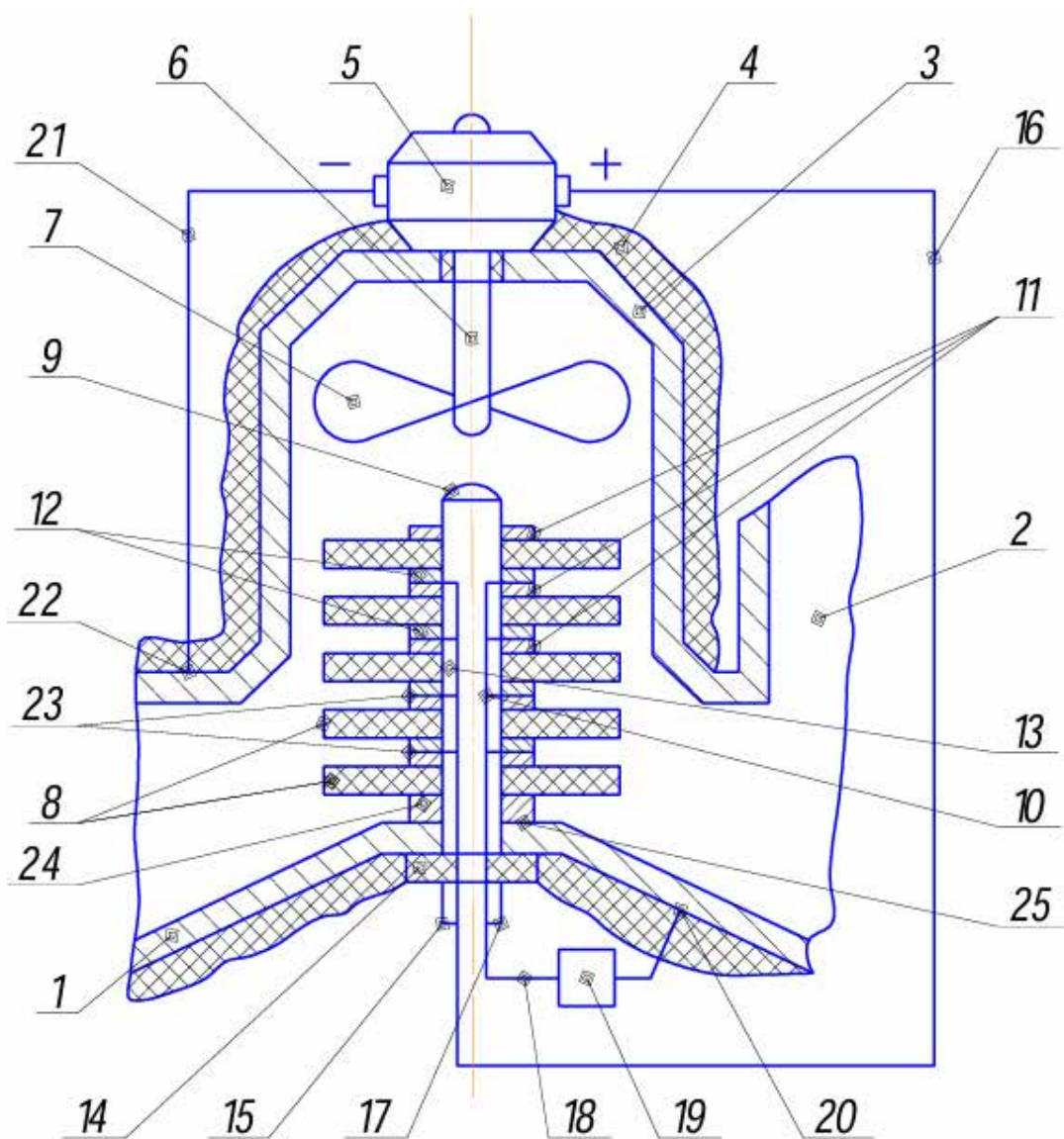


Рис. 3.2 Підігрівач палива:

1 - теплоізолюваний паливопровід; 2 - бак; 3 - ємність; 4 - теплоізолюваний матеріал; 5 - електродвигун; 6 - вал; 7 - крильчатка; 8 - позистори; 9 - порожниста циліндрична касета; 10, 13 - перемички; 11, 12, 24 - позитивний і негативні контакти; 14 - пробка; 15, 17 - клеми; 16, 18, 21 - електродроти; 19 - джерело струму; 20 - корпус-контакт; 22 - контакт; 23, 25 - діелектричні прокладки.

Наведений підігрівач палива функціонує у такий спосіб. Незадовго до пуску двигуна засобу автотранспорту коли температура доквілля є заниженою вмикають джерело струму 19. В якості якого може виступати бортова електрична система чи взагалі інше джерело живлення, що надходить ззовні. Коли струм проходить крізь елементи, що нагріваються (резистори) 8, через їх високу температуру тепло передається до палива, температура якого зростає. Даний процес відбувається наступним чином, електричний струм, який протікає через резистори 8, спроваджує до функціональних дій пристрій механічного перемішування, приміром електродвигун 5 разом з мішалкою 7, що виконує обертальні рухи змішує пальне в ємності 3, гарантуючи переміщення тепла потоком рідини проміж паливом, що рухається та резисторами 8. Зазначений спосіб дії скорочує час за створенням теплових меж щодо можливості подачі такого палива для виконання запуску. Слід враховувати, що процес нагріву палива до відповідних температурних меж передбачає утворення процесу рідкотекучості, що характеризує резистори 8. Їх особливість полягає у від'єднанні чи замиканні, якщо опір у резисторах 8 йде на збільшення у тисячу разів, а це зменшує показник величини сили струму за резисторами до такого стану, в якому електродвигун 5 вимикається в цьому випадку змішування палива буде відсутнє. Одночасно з вказаним вище заходом джерело світла, що сигналізує стан заходу вимикається, що вказує на те, що система подачі палива вже є придатна до старту. Далі запускають двигун автотранспортного засобу вже на підготовленому завчасно підігрітому паливі в ємності 3.

У випадку коли температурні показники є нижчими опір резисторів 8 знижується і вони надають можливість проходженню електричному струмові, що призводить до їх нагріву одночасно відбувається запуск електродвигуна 5 разом з крильчаткою 7, що дозволяє пришвидшити прогрівання пального через виконання процесу перемішування. Тому не лише для забезпечення теплового режиму палива перед запуском підігрівач також зберігає її стабільність під час робочого процесу двигуна. Його підключення до бортової електричної системи є слушним під час процесу запуску, у випадку наявної розрядженої акумуляторної

батареї найкращим варіантом є його приєднання до джерела струму, яке є зовнішнім. При виникненні ситуації, коли паливо замерзло а електродвигун не забезпечує процес перемішування, його слід виконати вручну користуючись рукояткою з'єднаною з валом 6 крильчатки 7. Термоізоляція ємності 3 а також паливопроводу 1 надає можливість мати можливість збереження електроенергії і як наслідок знизити теплові втрати.

Запропонований підігрівач надає можливість створити умови швидкого прогрівання визначеного запасу палива, що дозволить здійснити безперешкодно запуск двигуна. Ввімкнення електродвигуна разом з мішалкою відповідно до послідовності за позисторами надають можливість здійснити процес перемішування палива а також гарантовано мати автоматизований процес щодо підготування палива на відповідну теплоту за відсутності включення в режим виконання елементів електроніки, а саме підігрівачі, що є на базі польових транзисторів, що є складні за будовою та дороговартісні за цінovими показниками. Конструктивне виконання зазначеного підігрівача в 10-15 разів є нижчою за транзисторний, а також використання позисторів, як елементів нагріву надають можливість гарантувати пожежонебезпеку самого підігрівача. Практичне використання, особливо в зимову пору року зазначених підігрівачів розкриває за експлуатаційними даними скоротити витрати палива від 10% до 15%, при цьому токсичність відпрацьованих газів зменшується від 15% до 20%. Також дана конструктивна пропозиція завдяки впровадженню доводить зменшення кількості простоїв за технічними причинами та як наслідок затрати часу є нижчими за довготривалістю та трудомісткістю по тепловому підготуванню двигуна в умовах низьких температур.

Негативною вадою за якісним показником в наведеному конструктивному рішенні є послідовне з'єднання двигуна разом з позисторами, що відзначається з негативної позиції у випадку настання несправного стану позисторів не дозволить працювати двигуну, а це викривається у вартісних затратах відносно наведеного конструктивного рішення.

### 3. Підігрівач палива (рис. 3.3).

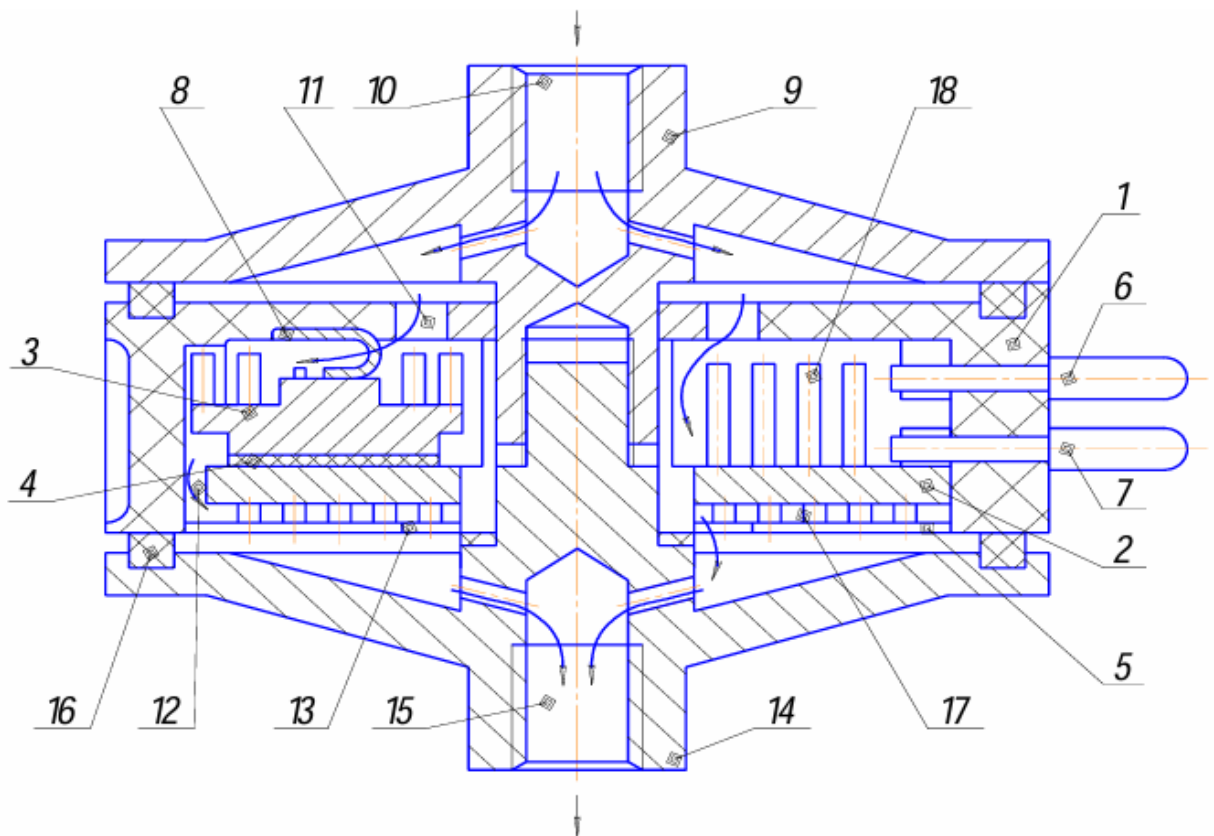


Рис. 3.3 Підігрівач палива:

1 - корпус; 2, 3 - основний і додатковий термоелектропровідні елементи відповідно; 4 - напівпровідникові нагрівачі; 5 - цанговий фіксатор; 6, 7 - струмопровідні контакти; 8 - пружина; 9, 14 - верхня і нижня кришки відповідно; 10, 15 - підвідний і відвідний штуцера відповідно; 11, 12, 13 отвори; 16 - прокладка; 17 - голкоподібні виступи; 18, 19 - виступи.

Підключення вказаного пристрою відбувається завдяки джерелу живлення двигуна внутрішнього згорання, коли температура навколишнього середовища є нижче нуля. Запуск двигуна внутрішнього згорання не відбувається без контактів 6 і 7. Електричний струм рухається крізь струмопровідну пружину 8 та елементи додаткової термоелектропровідності 3 у напрямку до напівпровідникових нагрівачів 4, що нагріваються та передають теплоту елементам 2 та 3, у результаті того, що конструкція елементів термоелектропровідності сформована з окремих

пластин, то вся їх поверхня задіяна на процесі передачі тепла від нагрівача – рідині.

Холодне паливо потрапляє в корпус 1 завдяки наявності у верхній кришці 9 корпусу штуцера 10 та отворів 11. Огинаючи розміщення в корпусі 1 елементів 3, які мають голкоподібні виступи 19, паливо отримує теплоту і його температурний показник зростає з рухом у напрямі отворів 12. Слід відмітити зазначені отвори розміщені супротив нагрівачів 4 для можливості його потоку з метою максимального забезпечення знімання тепла. Завдяки отворах 12 паливо, що є нагрітим прямує до нижньої частини елемента 2 та завдяки змішуванню, що здійснюється від периферії до центру обмиває голкоподібні виступи 17 і отримує зростання температурних показників. Відвід такого палива відбувається завдяки відвідному штуцеру 15.

Описане конструкційне рішення є досить складним, а це вказує на можливість мати меншу надійність при його роботі.

#### 4. Підігрівач палива (рис. 3.4).

Саморегулюючий підігрівач палива завдяки болтам 3 і 4 вказаний підігрівач можна з'єднати електрично з електричною системою рухомого транспортного засобу та даний процес є ввімкненим на постійній основі. Якщо двигун перебуває у стані спокою (непрацює) тоді переміщення палива через підігрівач – відсутнє. Однак, частка палива, що вже безпосередньо перебуває в підігрівачі отримує теплоту через прокладку 8 керамічного нагрівального елемента (позистора) 2, що разом з тим має більший опір а струм у ланцюзі зменшується. Завдяки термосифонній передачі теплоти від палива, що перебувало в підігрівачі до палива у бакові здійснюється регулярне самоввімкнення нагрівача з невеликим показником струму у ланцюзі. При виконанні запуску двигуна і наступній його роботі процес теплообміну у підігрівачі збільшується а сам керамічний нагрівальний елемент 2 (позистор) за часом перебування у «відкритому стані» є більш тривалішим а струм в ланцюгові нагрівачів прямує до максимального. Одночасно осередок нагрівання є саме від роботи ніхромової спіралі 6. Зі зростом нагріву частка теплоти надходить через

корпус та прокладку 8 у позистор при цьому опір який утворився у ланцюгові зростає і як наслідок відбувається зниження струму, що є передумовою для зниження потужності підігрівача. Щоб забезпечити інтенсивний рівень температури в самому підігрівачі і його рівномірного нагрівання наявний турбулізатор 7.

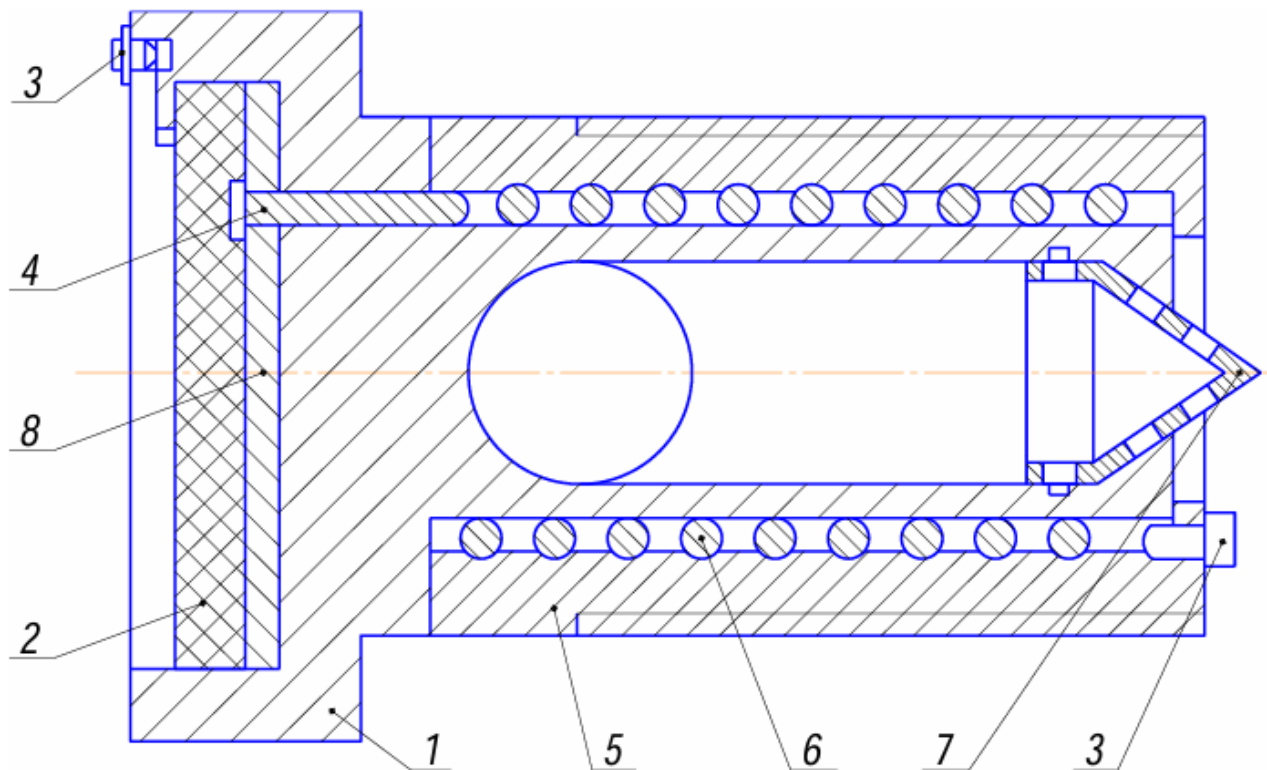


Рис. 3.4 Підігрівач палива:

- 1 - корпус; 2 - нагрівальний елемент; 3, 4 - контактні болти; 5 - кожух; 6 - спіраль; 7 - турбулізатор; 8 - прокладка

Наведене конструктивне рішення не дозволяє створити відразу прогрівання пального, а це вказує на необхідність транспортові передбачати час на простій для можливості прогрівання палива.

#### 5. Підігрівач палива (рис. 3.5)

Процес роботи наведеного підігрівача передбачає, що паливо потрапляє через штуцер 18 у кільцевий збірник 21. Подальший шлях пролягає крізь вікна

до каналу 8 в якому омивається термочутливий елемент 7 далі крізь штуцер 5 воно надходить до паливної системи двигуна.

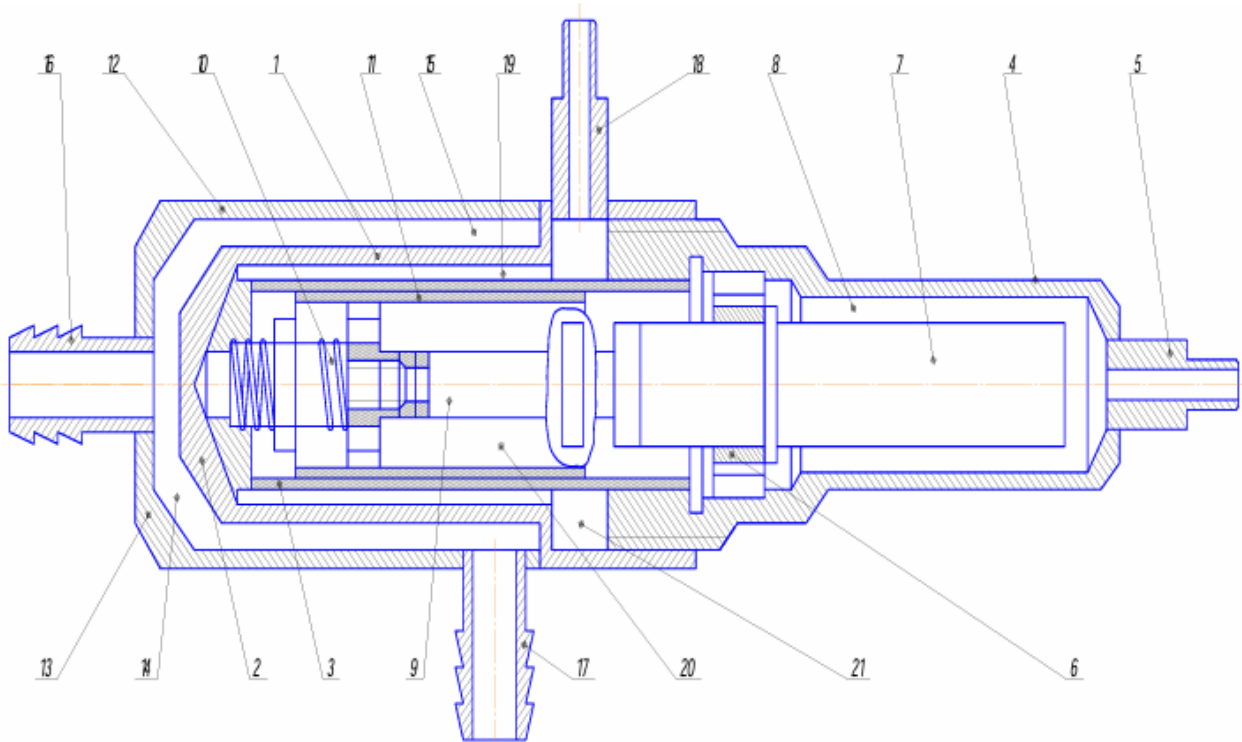


Рис. 3.5 Підігрівач палива:

1 - корпус; 2 - днище; 3 - напрямна; 4 - наконечник; 5 - штуцер для відводу палива; 6 - кріпильний елемент; 7 - термочутливий елемент; 8 - циліндровий канал; 9 - силової шток; 10 - гвинт; 11 - обичайка; 12 - водяна сорочка; 13 днище водяної сорочки; 14 - порожнина каналу; 15, 19 - канал; 16 - штуцер для підведення рідини; 17 - штуцер для відводу рідини; 18 - штуцер для підведення палива; 20 - внутрішня порожнина; 21 - кільцевої збірник.

У випадку низької температури палива, тоді обичайка 11, яка зафіксована на силовому штоці 9, надає можливість перекриття вікна ряду, що розташований на території кільцевого збірника 21. Паливо з якого завдяки каналу 19 відбувається нагрів через стінку контакту корпусу 1 завдяки передачі теплоти від рідини системи охолодження та вікна що розміщене в днищі 2 корпусу 1 воно

потрапляє до внутрішньої порожнини, яка формує направляючу 3, обичайку 11 і днищем 2 а далі йде у канал 8.

У разі, якщо температурний режим палива зростає вище зазначеного тоді силовий шток 9 термочутливого елемента 7 зміщує закріплену там обичайку 11 в лівий бік, що створює перекриття вікна в повній чи частковій мірі, яке розміщене у днищі 2 та відкриваючи можливість надходження палива неопосередковано зі збірки 21 до каналу 8.

Отже, завдяки такому конструктивному рішенню відбувається підтримка палива за температурними показниками на виході з пристрою.

Підігрів палива у каналі 19 виконується завдяки теплоті рідини, що є в системі охолодження двигуна, яка надходить крізь штуцер 16 у зазор 14 а далі у канал 15 та у штуцер 17.

Недоліком наведеного конструктивного рішення підігрівача є низька точність його регулювання.

Таким чином на основі наведеного аналізу вказаних конструкцій можна зазначити, що в них наявні, як позитивні, так і негативні моменти, тому ставиться за необхідне запропонувати нове конструкторське рішення що є надійнішим та підтримуватиме температурні параметри нагріву палива за мінімальних витрат енергії. Одночасно з цим її виконання має бути простим при виготовленні, обслуговуванні та економічним.

### 3.2 Розробка нагрівача біопалива

Підігрівачі для системи палива двигунів автомобілів та тракторів, які працюють на дизельному та біодизельному паливі за низьких температур розглядалися в працях [1.3.5].

Відомо, що виконання процесу прогрівання необхідне для всіх складових частин паливної системи – паливні баки, фільтри тонкої та грубої очистки та проводи (від баку до паливних насосів).

При настанні випадку промерзання вказаних вище складових частин виконати запуск двигуна за відсутності виконаного попередньо підігріву є майже нездійсненим (бодай якщо добре є прогрітий блок самого дизеля). Таким чином якщо застосовувати рапсове масло разом з підігрівниками рідинними, які формують прогрів блоку холодного двигуна, мають бути окреслені підігрівачі палива, що встановлені в складових самої паливної системи. Найдієвішим за доступом та простотою конструкторське виконання необхідно признати за електропідігрівом від батареї акумулятора за невеликий проміжок часу та не призвести до значних втрат заряду в самому акумуляторі.

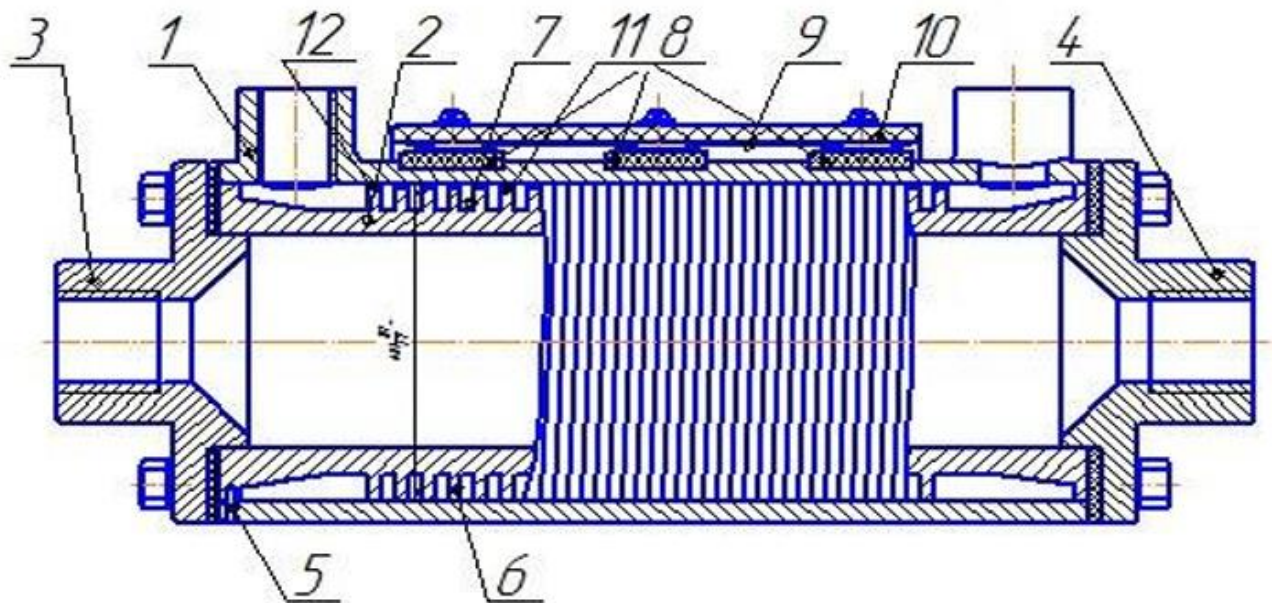


Рис. 3.6 Нагрівач біопалива:

- 1 - корпус; 2 - теплопередаючий елемент; 3, 4 - фланці для циркуляції вихлопних газів; 5 - штифт; 6 - гвинтові ребра; 7 - гвинтові канали; 8 - позистори; 9 - контактна пластина; 10 - кришка; 11 - поздовжні канали (зазор); 12 - вершина ребер

Приведений на рис. 3.6 нагрівач палива тракторів, складається з корпусу 1, що має циліндричну трубу та патрубки, один з яких дозволяє підводити а інший відводити паливо, що розташований усередині корпусу 1 співвісно до нього

встановлено теплопередаючий елемент у вигляді труби 2 разом з фланцями 3 та 4, що забезпечують циркуляцію теплоносія системи випуску дизеля. Щоб мати можливість вірно виконати розміщення труби 2 у корпусі 1 застосовують штифт 5. При цьому ззовні на корпусі уздовж нього поміж патрубками встановлюють електронагрівні складові (позистори) 8. Останні встановлені у гніздах на корпусі та фіксуються контактною пластиною 9, що поєднана позитивною клемою джерела живлення і тепловим екраном 10 з використанням гвинтів. Навпроти позистрів вершини розміщено 12 ребер, що усічені для можливості формування між ними повздовжніх каналів (зазорів) 11, при цьому прохідний перетин їх перебуває у межах від 2% до 4% від загального прохідного перетину гвинтових каналів 9. Слід відмітити, що вершини з іншої частини ребер у вказаному поперечному перерізі корпусу по периметру об'єднані із внутрішньою поверхнею корпусу.

Принцип роботи нагрівача полягає в тому, що перед початком запуску двигуна електроживлення спрямовується на нагрівач. Тепло, яке виділяється позисторами, нагріває стінки за якими утворюється поздовжній зазор та це забезпечує руйнацію парафінових фракцій, дозволяє виконати процес прокачування палива крізь нього та виконати впуск та роботу дизеля на холостому ходу. Одночасно ефект прогріву палива від вказаних позисторів зростає завдяки прогріванню його від вихлопних газів. В подальшому при нагріванні нагрівач повністю розблоковується від парафінів, а паливо продовжує рух повністю заповнюючи прохідний перетин. Після того, як нагрівач стабілізує свою роботу передбачено вимкнення позисторів.

Нагрів двигуна та рух палива займає весь прохідний перетин корпусу нагрівача, розробка ребер, що з'єднані вершинами разом із внутрішньою поверхнею корпусу за периметром займаючи більшу частку в порівнянні з поперечним перерізом надає можливість додатково підвищити режим роботи нагрівача за ефективністю. Її високе значення можна отримати тоді, коли прохідний перетин гвинтового каналу всередині корпусу.

Отже, застосування комбінованої можливості щодо оребрння (великої частки прохідного перетину) та неоребрена частка, що має форму поздовжнього зазору поверхнонь за шляхом палива, якщо є встановлені позистори навпроти зазору дозволяють отримати зростання ефективності роботи самого нагрівача та заразом зростання надійності запуску двигуна при температурі повітря нижче нуля і дозволить стабільно працювати в післяпусковий час.

Основна мета зазначеного конструкторського удосконалення передбачає визначення проєктованого нагрівача палива за розмірами його основної деталі – теплопередаючого елемента. Також слід здійснити підбір позистора щоб зберегти потрібні умови нагріву палива для його подальшої експлуатації.

### 3.3 Розрахунок основних параметрів теплопередаючого елемента

Теплообмінники або теплообмінні параметри є пристроями, що використовуються для можливості передачі теплоти з одного на інший теплоносій. Теплоносієм для зазначеного нагрівача виступають вихлопні гази, що надходять від двигуна та мають високу температуру.

Поділ теплообмінних апаратів відбувається на прямоточні, протиточні, перехресного струму і багатходові. Вказаний нагрівач біопалива має можливості роботи за противоточною схемою руху теплоносія. Даний принцип дозволяє покращити ефективність теплообміну між теплоносіями. Через те, що теплоносій є рекуперативним теплообмінником то так і виконуватимемо розрахунки.

Теплотехнічний розрахунок рекуперативного теплообмінника передбачає обрахування теплового потоку  $\Phi$ , який передається до холодного теплоносія; витрати які має гарячий теплоносій  $G$ ; та потрібну поверхню для здійснення теплообміну  $A$ .

Значення теплового потоку встановлюють з рівняння:

$$\Phi = G_1 C_1 (t_{1k} - t_{1H}), \text{ Вт} \quad (3.1)$$

де  $G_1$  – витрата холодного теплоносія, кг/с;

$C_1$  – ізобарна теплоємність холодного теплоносія, Дж/(кг К);

$t_{1k}, t_{1H}$  – кінцева та початкова температури, °С.

З того, що є відомою годинна витрата палива, що складає  $G_T = 4,39$  кг/год стає можливим визначити витрату холодного теплоносія  $G_1 = \frac{4,39}{3600} = 0,00122$  кг/с.

Ізобарна теплоємність встановлена і складає  $C_1 = 358$  Дж/кг К при цьому кінцева температура дорівнює  $t_{1k} = 100^\circ\text{C}$ , в зв'язку з необхідністю здійснювати підігрів біопалива і вплинути на показники його в'язкості, слід враховувати, що попередньо паливо також отримує частково теплоту у паливному баці і першопочаткова температура його рівна  $t_{1H} = 20^\circ\text{C}$ .

За відомими значеннями знаходимо величину теплового потоку:

$$\Phi = 0,00122 \cdot 358(100 - 20) = 35 \text{ Вт.}$$

Наступною складовою, що слід визначити є поверхня теплообміну  $A$ , що забезпечує можливість обміну тепловим потоком  $\Phi$ , яку знаходимо за формулою:

$$A = \frac{\Phi}{K\Delta t_{cp}}, \text{ м}^2 \quad (3.2)$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup> К;

$\Delta t_{cp}$  – середня по поверхні теплообміну різниця температур теплоносіїв, °С.

Звідси коефіцієнт теплопередачі  $K$  визначається за кількістю теплоти, яка передається за одиницею площі самої перегородки з одного рухомого середовища в інше відповідно до проміжку часу з різницею температури в одиницю градуса формула згідно до якої він встановлюється наступна:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.3)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнти теплопередачі, що прямують від гарячого середовища до стінки та від стінки у напрямку холодного середовища відповідно, Вт/м<sup>2</sup> К;

$\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}$  – термічний опір теплопередачі  $R_{\alpha_1}$  та  $R_{\alpha_2}$ ;

$\frac{\delta}{\lambda}$  – термічний опір теплопровідності  $R_{\lambda}$ .

Відповідно до нашої ситуації найкращим варіантом буде процес теплопередачі через дюралюмінієву стінку з товщиною 4,5 мм від вихлопних газів у напрямку біопалива за якого значення коефіцієнтів матимуть наступні показники:

- теплопередача від газів до стінки  $\alpha_1 = 35$  Вт/м<sup>2</sup> К;
- теплопровідність стінки становить  $\lambda = 50$  Вт/м<sup>2</sup> К;
- теплопередача від стінки до біопалива  $\alpha_2 = 2000$  Вт/м<sup>2</sup> К.

Таким чином здійснивши підстановку встановлених показників, отримаємо значення коефіцієнту теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{35} + \frac{0,02}{50} + \frac{1}{2000}} = 33,93 \text{ Вт/м}^2 \text{ К.}$$

Якщо наявним буде прямотік чи противотік  $\Delta t_{\text{cp}}$  знаходять за середньою логарифмічною різницею відповідно до формули:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

де  $\Delta t_6, \Delta t_m$  – різниця між більшою та меншою температурою у теплоносіїв загалом в апараті теплообміну, °С.

Безпосередньо для нашого випадку дані показники складають  $\Delta t_{\text{г}} = 75^{\circ}\text{C}$ , а  $\Delta t_{\text{м}} = 10^{\circ}\text{C}$  відповідно. Звідси встановлюється необхідність щодо розрахунку  $\Delta t_{\text{ср}}$ :

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{75-10}{\ln \frac{75}{10}} = 32,2^{\circ}\text{C}.$$

На основі виконаних розрахунків встановлюємо значення поверхні теплообміну  $A$ :

$$A = \frac{35}{33,93 \cdot 32,2} = 0,032 \text{ м}^2.$$

Поверхню за якою здійснюється теплообмін можливо встановити як:

$$A = \pi \cdot l \cdot d, \quad (3.5)$$

де  $l$  – довжина поверхні теплообміну, м;

$d$  – діаметр поверхні теплообміну, м.

Орієнтуючись на невелику розмірність, яка повинна бути також і компактною нами було визначено, що довжина підігрівача (рис. 3.7) має складати  $l = 0,0186$  м, а його діаметр  $d$  знаходять за формулою:

$$d = \frac{A}{\pi l}, \text{ м} \quad (3.6)$$

$$d = \frac{0,032}{3,14 \cdot 0,0186} = 0,055 \text{ м}.$$

Для уникнення появи перегріву біопалива, необхідно розмістити заслінку, що буде регулювати величину вихлопних газів завдяки з'єднувальній трубці.

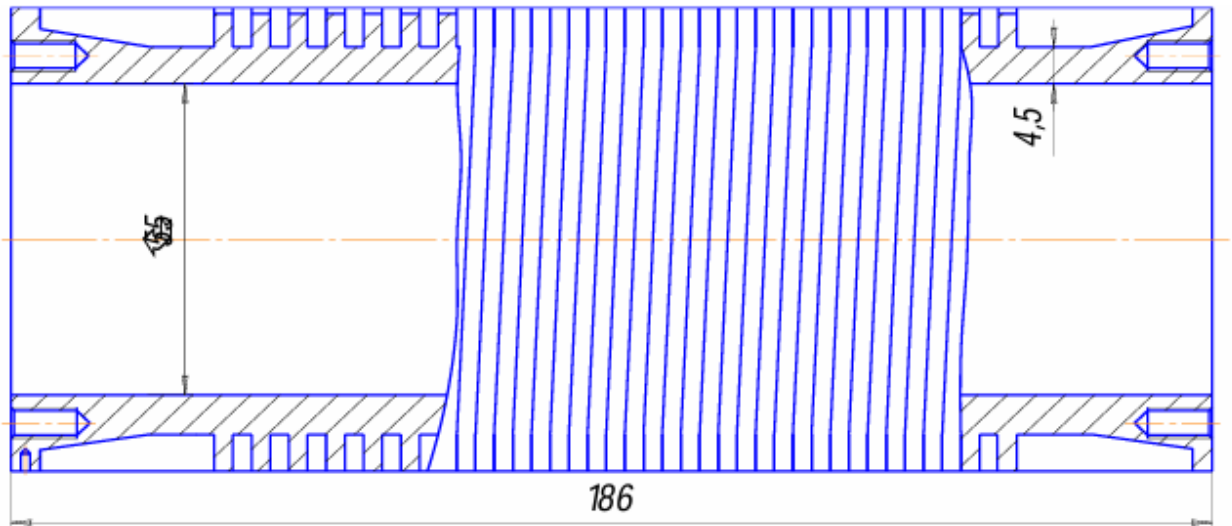


Рис. 3.7 Теплопередаючий елемент

### 3.4 Вибір позистора

Перед початком робіт по запуску двигуна виникає необхідність подачі нагрітого палива однак але в зв'язку з тим, що в цей час вихлопні гази не містять достатньо теплоти постає потреба вибору нагрівального елемента (позистора), щоб мати можливість попередньо нагріти біопаливо.

#### 3.4.1 Загальні відомості

Позистори є виробами для використання на електронній техніці, їх особливість розкривається в можливостях зміни електричного опору під впливом факторів, а саме температури, напруги, магнітного поля тощо.

За своїми властивостями вони являються напівпровідниковими резисторами, що мають нелінійну вольт-амперну характеристику а їх особливість проявляється в різкій залежності електричного опору від температури.

Головними показниками, що окреслюють позистори є наступні:

- номінальний опір  $R_H$ ;

- температурний коефіцієнт опору, що описує його зворотну зміну за опором в один градус одиниці виміру;
- максимально допустима потужність розсіювання  $P_T$  вважається найвищою, тобто такою що довготривало може розсіювати позистор і одночасно температура має не виходити за межі максимальної робочої;
- коефіцієнт температурної чутливості  $B$  розкриває природу за температурною залежністю відповідного типу позистора;
- стала часу  $t$  вказує та теплову інерційність.

Володіючи інформацією про показник температури до якого має бути нагріте біопалива стає можливим вибір позистора з лінійки, що пропонують виробники згідно до вказаних параметрів.

### 3.4.2 Розрахунок потужності позистора

Обчислення потрібної кількості теплоти для нагріву палива й теплообмінника здійснюється за формулою:

$$Q = mc(t_1 - t_2), \quad (3.7)$$

де  $m$  – маса матеріалу, кг;

$c$  – питома теплоємність матеріалу, кДж/кг К;

$t_1, t_2$  – кінцева та початкова температура, К.

Звідси кількість тепла яка необхідна для нагріву палива буде рівна:

$$Q_T = 0,2 \cdot 2 \cdot (323 - 253) = 28 \text{ кДж.}$$

Але загальна кількість тепла, що необхідна для нагріву теплообмінника складає  $Q_{T0} = 52$  кДж. Таким чином загальна кількість тепла, що необхідна для підігрівання пального до температури  $50^\circ\text{C}$  складає:

$$Q_3 = Q_T + Q_{TO}, \quad (3.8)$$

$$Q_3 = 52 + 28 = 80 \text{ кДж.}$$

Визначаємо потужність позистора:

$$N = \frac{Q_3}{t}, \quad (3.9)$$

де  $t$  – час підігріву, с.

$$N = \frac{80000}{900} = 88,8 \text{ Вт.}$$

Отже, потужність позистора складає 88,8 Вт.

### 3.4.3 Підбір позистора

За теоретичними підрахунками встановлено, що відповідно до визначених показників, необхідно взяти позистор СТ6-5Б який має наступні характеристики:

- номінальний опір змінюється в межах від 3 до 20 Ом;
- потужність за максимальним показником, має складати 90 Вт;
- робоча температура змінюється в проміжку від 60°C до 125°C.
- стала по часу рівна 10 с.

### 3.5 Розрахунок ТЕНа

ТЕНом є елемент, який має високу температуру та виконує теплообмін із середовищем, яке його оточує. В умовах сталості величина потужності  $P_n$  в повній мірі віддається середовищу.

Встановлюємо потужність ТЕНа за формулою:

$$P_H = \frac{\lambda}{l} (t_2 - t_1) F_t, \quad (3.10)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м °С;

$l$  – довжина ТЕНа, м;

$t_2, t_1$  – відповідно температура середовища, яке нагрівається та самого нагрівача, °С;

$F_t$  – площа поверхні, що бере участь в теплообміні, м<sup>2</sup>.

Умови роботи ТЕНа є наступні:

- температурні показники: нагрівача середовища  $t_1 = 5^\circ\text{C}$ , а температура необхідна для нагрівача складає  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ .
- коефіцієнт теплопровідності рівний  $\lambda = 10 \cdot 0,6$  Вт/м °С;
- довжина ТЕНа  $l = 0,7$  м;
- площа поверхні, що бере участь в теплообміні  $F_t = 0,022$  м<sup>2</sup>.

Визначаємо потужність, що необхідна для роботи ТЕНа за формулою:

$$P_H = \frac{10 \cdot 0,6}{0,7} (40 - 5) \cdot 0,022 = 6,6 \text{ Вт.}$$

Згідно до рядності ТЕНів за потужністю розрахованому значенню відповідає стандартний розмір ТЕНа з потужністю 7 Вт.

Визначаємо діаметр  $d$  ТЕНа за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_H^2 \cdot \rho}{\pi^2 U^2 w_H}}, \quad (3.11)$$

де  $\rho$  – питомий опір нагрівача, Ом м;

$U$  – напруга підведена до ТЕНу, В;

$w_H$  – питома поверхнева потужність нагрівача, Вт/м<sup>2</sup>.

Величина наведених показників є наступна: питомий опір нагрівача складає 1,3 Ом м, напруга підведена до ТЕНу рівна 12 В. Звідси питому поверхневу потужність для нагрівача визначають за формулою:

$$w_H = P_H / F_t. \quad (3.12)$$

Звідси,

$$w_H = \frac{7}{0,022} = 318,18 \text{ Вт/м}^2$$

За встановленими значеннями знаходимо діаметр ТЕНа:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7^2 \cdot 1,3}{3,14^2 \cdot 12^2 \cdot 318,18}} = 0,024 \text{ м.}$$

Згідно до рядності ТЕНів за діаметрами розрахованому значенню відповідає стандартний розмір ТЕНа з діаметром 0,025 м.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Стан охорони праці в фермерському господарстві «Тікич»

Фермерське господарство «Тікич» дотримується правил з охорони праці. Всі працівники відвідують регулярні курси підвищення кваліфікації, місця роботи є атестованими, що підтверджено відповідними перевітками та задокументовано й зберігаються відповідно до нормативних вимог.

### 4.2 Вимоги безпеки при формуванні конструкторської розробки

Конструкторська розробка передбачає виконання таких технологічних заходів, як зварні роботи. Їх дотримання необхідно передбачати на стадії проєкту конструкторської розробки, для можливості захисту виконавців роботи.

Зварювальні роботи передбачають наявність захисної маски або щитка, який містить світлофільтр, щоб захистити очі й лице виконавця роботи від впливу проміння електричної дуги та від потрапляння на шкіру крапель металу після його розплавлення.

Електричне підключення для утворення дуги щодо операції зварювання можливо лише виконувати від трансформаторів чи від генераторів або загалом від випрямлячів. Зазначене живлення щодо їх роботи заборонено здійснювати від електромережі де напруга більша за 660В.

При виконанні процесу зварювання особливу увагу звертають на безпеку щодо запобігання несанкціонованому залишенню без нагляду електродотримувача і в цей час він є під напругою, або взагалі виконувати роботи, коли зварювальний агрегат не відповідає справному стану, чи є наявні істотні несправності в його кабелях, електродотримувачі та в щиткові.

Виконання зварювальних робіт заборонено виконувати, якщо вже конструкторська розробка встановлена та перебуває під тиском й містить

всередині альтернативні види палива. Щоб виконати вказаний захід необхідно здійснити процес чищення від наявних залишків палив та інших небезпек.

Підключення агрегату для виконання операції зварювання здійснюється електриком завдяки індивідуальному вимикачеві з кабелем, який має необхідний переріз, що відповідає і зазначено в інструкції де розписано рекомендації щодо експлуатації агрегатів для зварювання. Головною умовою експлуатування передбачено, що відстань яка є між агрегатом для зварювання та стіною має складати від 50см.

Якщо необхідність виконання зварювальних робіт передбачає зміну місця їх розташування, то обов'язково потрібно щоб установка для зварювання була вимкнена з мережі електричного живлення.

Процес переміщення при цьому здійснюється механізованим чином, у тому випадку, коли вага установки перевищує 30кг.

Обов'язковим елементом при виконанні вище зазначених заходів є перевірка агрегатів для зварювання у новому місці розташування на відсутність наявних замикань по корпусу. Оглядають провід щодо наявних ушкоджень та цілісності відносно заземлення й функціонування ізоляції за проводом живлення.

Перед початком процесу виконання робіт по зварюванню складові елементи, що формують конструкцію, повинні бути зафіксованими і надійно триматися.

Освітленість робочого місця де виконується процес зварювання передбачає, що засоби освітлення ні в якому разі не будуть шкодити виконанню робочого процесу та не сліпити його.

#### 4.3 Організаційні та технічні заходи безпеки в господарстві

Передбачається необхідність дотримання організаційних заходів у фермерському господарстві, які містять у своєму складі навчання та інструктажі, що формуються з відвідування курсів по навчанню та інструктажів, з охорони праці враховуючи особливості дотримання виробничої санітарії, вимог пожежної

безпеки й питань, що стосуються безпосередньо зазначеного технологічного заходу.

Керування процесом системи забезпечення охорони праці передбачає, що керівництво фермерського господарства «Тікич» здійснює контроль та забезпечує умови щодо безпеки.

В господарстві здійснюють, у разі необхідності, позапланові інструктажі у разі появи позаштатних ситуацій з порушенням вимог по охороні праці.

Для виконання будь-яких заходів має бути наявним наряд щодо допуску до виконання робіт.

Технічні заходи безпеки щодо виконання технологічних операцій передбачають необхідність їх оптимізації. З цією метою виконується компонування або зміна технологічного процесу, щоб уникнути появи можливої небезпеки і надати оператору мати умови роботи, що є безпечними.

При роботі за шкідливих умов (обприскування тощо) необхідним є використання засобів індивідуального захисту оператора таких, як використання рукавиць, надягання калош, наявність захисного одягу, що дозволить зберегти особу від можливих впливів які формують шкідливі та небезпечні фактори.

Освітленість є однією з умов технічної безпеки, адже його наявність створює умови відсутності появи небажаних небезпек.

Обов'язковим елементом також є заземлення, що необхідне для унеможливлення появи загрози удару струмом.

Виконання робіт на машинно-тракторних агрегатах зменшує навантаження на працівника, і як наслідок містить менший ризик щодо травматизму оператора чи допоміжного працівника. Головною умовою таких заходів є виконання правил по експлуатуванню, своєчасне проходження енергетичними засобами технічного обслуговування та ремонтів.

При здійсненні вказаних заходів необхідно забезпечити можливості щодо непояви контакту робітників з небезпечними речовинами або отрутохімікатами тощо.

#### 4.4 Заходи безпеки при вирощуванні агрокультур на виконанні технологічних операцій за альтернативних видів палива

При виконанні технологічних операцій енергетичними засобами за вирощування агрокультур на альтернативних видах палива та відповідно до Наказу Міністерства соціальної політики України від 29 серпня 2018 р. № 1240 «Про визначення Правил охорони праці у сільськогосподарському господарстві» [14].

Головними технологічними заходами щодо обробітку ґрунту, які виконуються в господарстві є наступні (рис. 4.1) [15].

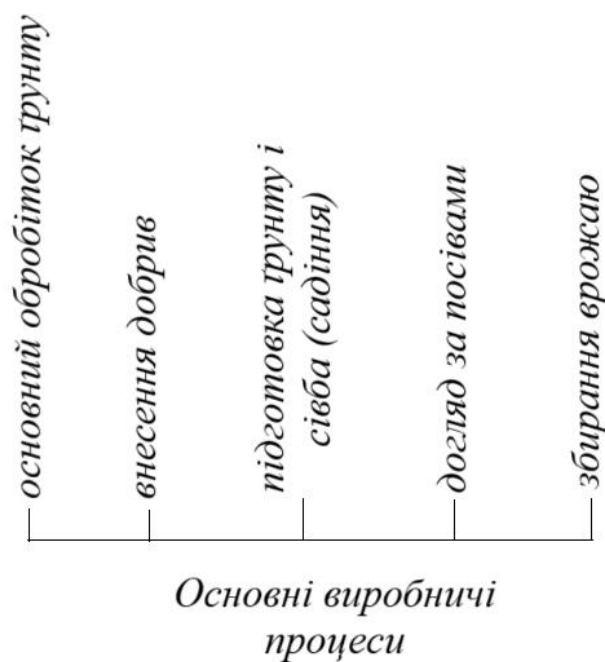


Рис. 4.1 Основні виробничі процеси

Нещасні випадки, які виникають під час експлуатації енергетичних засобів виявляються в їх конструкції та дефектах, а саме в обертових та рухомих частинах, наявності блокувальних засобів, справності гальмівної системи енергетичного засобу та сільськогосподарської машини, рульового керування, освітлення, наявність нечіткого зчеплення з опорною поверхнею тощо.

Для можливості усунення і контролю за станом машин здійснюється процедура періодичних перевірок та випробувань за елементами, що формують машинно-тракторний агрегат та створюють безпечні умови щодо їх експлуатування. Контроль здійснюється за наступними складовими (рис. 4.2)

- відсутність у деталях корозії, механічних пошкоджень та дефектів, що впливають на безпеку виконання робіт, зокрема безпеку дорожнього руху;*
- ефективність гальмування робочої та стоянкової гальмівної системи;*
- спрацьовування гальмівної системи причепа у разі аварійного гальмування;*
- відсутність у рульовому керуванні і його приводі деталей та вузлів із залишковою деформацією, тріщинами, пошкодженнями та залишками ремонту методами паяння чи зварювання;*
- відсутність витікання палива, оливи та охолоджувальної рідини у двигуні, підтікання експлуатаційної рідини у гідросистемах машин та їх робочих органів;*
- надійність кріплення елементів коліс, відсутність тріщин дисків або ободів коліс тощо.*

*Контроль за технічним станом сільськогосподарської техніки*

Рис. 4.2 Процес контролю за технічним станом техніки

Головними умовами, крім забезпечення умов охорони праці при виконанні обробітку ґрунту, також виступають наступні елементи: своєчасність його виконання, що дозволяє мати сприятливі чинники щодо аерації ґрунту, вологості, наявності бур'янів, усунення появи шкідників та своєчасне виявлення хвороби у рослини [15].

## 5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

### 5.1 Застосування конструкторського рішення та його доцільність

Дослідження стану наявності в фермерському господарстві «Тікич» енергетичних засобів та сільськогосподарських машин надало можливість запропонувати нове конструктивне рішення для використання енергетичних засобів на альтернативних видах палива.

Складові елементи та виконувані роботи з оснащення енергетичного засобу запропонованим конструкторським рішенням надають можливість визначити вартісні показники, які йдуть на матеріал та роботи а також оплату праці працівників по установці.

Загальна сума витрат визначається з застосування конструкції нового паливного баку, його сполучення з системою живлення за допомогою встановлення додаткових шляхів з'єднання.

Монтаж і формування конструкції сплановано таким чином, щоб максимально унеможливити внесення змін в конструкції прототипу трактора. Задача полягає у формуванні і установці нових елементів з якнайменшими змінами.

Економічний ефект можна одержати від запропонованого конструкторського рішення за рахунок покращення якості виконання робочих операцій відповідно збільшення терміну виконуваних робіт між заправками паливом.

Річна середня економія затрат часу на процес заправки паливного баку та встановленого додаткового баку для альтернативних видів палива є суттєвою складовою для роботи машинно-тракторного агрегату.

Протягом виконання технологічних операцій можливість щодо його дозаправки зменшується, а це дозволяє оператору більше часу виконувати технологічний захід. Завдяки застосуванню даного конструкторського рішення

дозволило скоротити затрати часу та створити оператору сприятливі умови роботи.

## 5.2 Економічний розрахунок щодо ефективності конструкторського рішення

Розрахунок виконують на економічну ефективність запропонованого конструкторського рішення визначається роком коли було прийнятне для застосування.

Оцінка ефективності зв'язані з визначенням співставлення ефекту отриманого від виконання до величини витрат, що вкладені та знаходять за формулою:

$$e = \frac{E \rightarrow \max}{B \rightarrow \min}, \quad (5.1)$$

де  $e$  – критерій економічної ефективності;

$E$  – економічний ефект;

$B$  – витрати на досягнення результату.

Економічні показники містять розрахунки за формулами:

Затрати праці  $L_c$ :

$$L_c = \frac{m_o + m_i}{W_{god}}, \quad (5.2)$$

де  $m_o$  – кількість механізаторів;

$m_i$  – кількість допоміжних працівників;

$W_{god}$  – продуктивність за годину зміни.

У випадку виконання нашої технологічної операції кількість механізаторів рівна 1, а допоміжні працівники – відсутні.

Прямі експлуатаційні витрати коштів на одиницю виконаної роботи розраховують на кожній окремій операції для кожного з можливих машинних агрегатів.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю виконаної агрегатом роботи дорівнюють:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/га} \quad (5.3)$$

де  $C_1$  – оплата праці обслуговуючого агрегат персоналу, грн/га;

$C_2$  - вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га;

$C_3$  - відрахування на амортизацію трактора і сільськогосподарських машин, які входять до складу агрегату, грн/га;

$C_4$  - відрахування технічне обслуговування машинного агрегату, грн/га.

Оплату праці персоналу, що обслуговує певний агрегат, визначають за формулою:

$$C_1 = \frac{m_1 P_1 + m_2 P_2 + \dots + m_6 P_6}{W_{зм}}, \text{ грн./га} \quad (5.4)$$

де  $m_1, m_2, \dots, m_6$  – кількість робітників, які обслуговують агрегат окремо по кожній кваліфікації (розряду)

$P_1, P_2, \dots, P_6$  - оплата праці за норму виробітку робітника кожної кваліфікації, грн.

Вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів визначаємо за формулою:

$$C_2 = C_k Q, \text{ грн./га} \quad (5.5)$$

де  $C_k$  – комплексна ціна одного кілограма палива, грн

Відрахування на амортизацію машинного агрегату визначають за формулою:

$$C_3 = \frac{B_T \alpha_T}{100 W_{\text{год}} t_T} + \frac{B_{\text{зч}} \alpha_{\text{зч}}}{100 W_{\text{год}} t_{\text{зч}}} + \frac{B_M \alpha_M n_M}{100 W_{\text{год}} t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.6)$$

де  $B_T, B_{\text{зч}}, B_M$  – балансова вартість відповідно трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини, грн;

$\alpha_T, \alpha_{\text{зч}}, \alpha_M$  – норми відрахувань на амортизацію відповідно трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини, % (приймаємо кожен з них рівною 15%);

$n_M$  – кількість сільськогосподарських машин у агрегаті;

$W_{\text{год}}$  – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га;

$t_T, t_{\text{зч}}, t_M$  – нормативне або фактичне річне завантаження трактора, зчіпки і сільськогосподарських машин у годинах.

Відрахування на технічне обслуговування визначають за формулою:

$$C_4 = \frac{B_T P_T}{100 W_{\text{год}} t_T} + \frac{B_{\text{зч}} P_{\text{зч}}}{100 W_{\text{год}} t_{\text{зч}}} + \frac{B_M P_M}{100 W_{\text{год}} t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.7)$$

де  $P_T, P_{\text{зч}}, P_M$  – сумарна норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування відповідно трактора, зчіпки і сільськогосподарських машини, % (приймаємо кожен з них рівною 6,5%);

$t_T, t_{\text{зч}}, t_M$  – нормативне або фактичне річне завантаження, годин.

Приведені витрати на машинно-тракторний агрегат визначають за такою формулою:

$$P_{\text{вит}} = C + EK, \text{ грн./га} \quad (5.8)$$

де  $E$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E=0,15$ ;

$K$  – величина капітальних вкладень, грн/га.

$$K = \frac{B_T}{W_{\text{год}} t_T} + \frac{B_{\text{зч}}}{W_{\text{год}} t_{\text{зч}}} + \frac{B_M n_M}{W_{\text{год}} t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.9)$$

Визначені значення прямих та приведених експлуатаційних витрат можуть бути використані при розрахунку собівартості виробництва продукції рослинництва.

Вихідні дані для розрахунку показників економічної ефективності наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для визначення показників економічної ефективності

Назва характеристик (чинників)	Значення показників
Марка машини	John Deere 1010
Ширина захвату, м	7,5
Коефіцієнт використання часу зміни	1,28
Продуктивність за годину зміни, га/год	10,56
Кількість механізаторів	1
Оплата праці за годину роботи, грн	100
Витрати палива, кг/га	3,82
Комплексна ціна палива, грн/кг	60
Комплексна ціна альтернативного палива, грн/кг	45
Балансова вартість, грн	8000000
Нормативне річне завантаження, год	900

Основними енергетичними показниками є середньозмінна витрата палива за годину, на одиницю роботи та на певний об'єм роботи.

Середньозмінна витрата палива за годину визначається за формулою:

$$G_{\text{год}} = \frac{N e_p q_p T_p + N e_x q_x T_x + N e_z q_z T_z}{1000(T_p + T_x + T_z)}, \text{ кг/ГОД} \quad (5.10)$$

де  $Ne_p, Ne_x, Ne_z$  - ефективна потужність двигуна відповідно на режимах: робочому, холостому ході та зупинках, кВт;

$q_p, q_x, q_z$  - питомі витрати палива відповідно на трьох вище вказаних режимах, г/кВт год;

$T_p, T_x, T_z$  - тривалість роботи двигуна на відповідних режимах, год.

$$T_x = T_{\text{пов}} + T_{\text{п}},$$

$$T_z = T_{\text{то}} + T_{\text{ф}} + T_{\text{т}}.$$

Затрати робочого часу визначають за формулою:

$$H = \frac{n_m}{W_{\text{год}}}, \text{ люд. год/га} \quad (5.11)$$

де  $n_m$  - кількість робітників, які обслуговують даний агрегат.

Розрахункові економічні показники на виконанні технологічної операції наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахункові економічні показники при виконанні технологічного заходу

Показник	Значення
Затрати робочого часу, люд. год/га	0,1
Витрати на паливо, грн/га	192
Витрати на альтернативне паливо, грн./га	144
Економія витрат при переході на альтернативне паливо грн/га	48

Таким чином переваги використання тракторів на альтернативному виді палива є суттєвими, навіть на прикладі розрахунку при виконанні однієї технологічної операції:

- економія затрат праці складає 0,1 люд. год/га;
- економія витрат на альтернативному виді палива рівна 48 грн/га.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврському дипломному проєкті теоретично обґрунтовано можливість роботи тракторів на альтернативних видах палив завдяки запропонованому вдосконаленню трактора, що надало можливість виконувати технологічні операції без перерви на дозаправку енергетичного засобу наявного у фермерському господарстві «Тікич».

Аналіз відомих альтернативних видів палив та запропоновані конструкційні особливості щодо вдосконалення для можливості виконання робіт на альтернативних видах палив дозволили обґрунтувати доцільність формування графіку машиновикористання тракторів.

Теоретично встановлено, що найкращим альтернативним видом палива по аналогії до дизельного палива для тракторів на здійсненні технологічної операції є те, яке відповідає за показниками густини та температурі спалаху відповідно.

Відповідно до результатів досліджень обґрунтовано нове конструкторське рішення, особливостями якого є застосування конструкції нового паливного баку, його сполучення з системою живлення за допомогою встановлення додаткових шляхів з'єднання.

Розроблену конструкцію та її монтаж сплановано таким чином, щоб максимально унеможливити внесення змін в конструкції прототипу трактора. Задача полягала у формуванні і установці нових елементів з якнайменшими змінами. Встановлено, що при виконанні технологічної операції передпосівної культивуації агрегування трактора з сільськогосподарською машиною дає змогу збільшити продуктивність агрегату та зменшити енергозатрати.

Теоретичний обрахунок застосування вибраного машинно-тракторного агрегату на виконанні технологічного заходу вказує, що витрати пального на 1га становлять 3,82 кг, що надає змогу зпрогнозувати збільшення обсягів виконуваних робіт завдяки скороченню затрат часу до 0,1 люд. год/га.

Економічна ефективність застосування запропонованого конструкторського рішення розкривається в вартісних показниках витрати палива дизельного та альтернативного, що рівна 48 грн/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО "ТІКИЧ". <https://clarity-project.info/edr/31051406>. URL: <https://clarity-project.info/edr/31051406>.
2. Тракторне майбутнє. Журнал ПРОПОЗИЦІЯ. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-traktory/traktorne-maybutnye>.
3. Agritechnica 2023: New Holland представив новий метановий трактор T7.270 Methane Power (LNG). *traktorist.ua*. URL: <https://traktorist.ua/news/agritechnica-2023-new-holland-predstaviv-noviy-metanoviy-traktor-t7270-methane-power-lng>.
4. Завод з виробництва тракторів Case IH здобув престижну нагороду. *Agroportal*. URL: <https://agroportal.ua/news/tekhnika/zavod-po-proizvodstvu-traktorov-case-ih-poluchil-prestizhnuyu-nagradu>.
5. Засідання круглого столу «Перспективи створення вітчизняного трактора на альтернативних видах палива». *Новини НААН*. URL: [http://www.naas.gov.ua/newsall/newsnaan/1235/?PAGEN\\_2=2](http://www.naas.gov.ua/newsall/newsnaan/1235/?PAGEN_2=2).
6. Безкоштовний онлайн-курс про ВДЕ. <https://dieret.rea.org.ua/uk/biodiesel.html>. URL: <https://dieret.rea.org.ua/uk/biodiesel.html>.
7. Дизельне паливо. <http://unk.ua/uk/dizelnoe-toplivo-1>. URL: <http://unk.ua/uk/dizelnoe-toplivo-1>.
8. Біодизель. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C>. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C>.
9. Agritechnica 2023: Fendt тестує систему автономного водіння на 900-серії тракторів. <https://traktorist.ua/news/agritechnica-2023-fendt-testuie-sistemu>

*avtonomnogo-vodinnya-na-900-seriyi-traktoriv.* URL:  
<https://traktorist.ua/news/agritechnica-2023-fendt-testuie-sistemu-avtonomnogo-vodinnya-na-900-seriyi-traktoriv>.

10. Біодизель: як виробляти тракторне пальне з ріпаку у своєму господарстві. <https://agro-business.com.ua/ahrotekhnolohiyi/item/18475-biodyzel-iak-vyrobliaty-traktorne-palne-z-ripaku-u-svoiemu-hospodarstvi.html>. URL:  
<https://agro-business.com.ua/ahrotekhnolohiyi/item/18475-biodyzel-iak-vyrobliaty-traktorne-palne-z-ripaku-u-svoiemu-hospodarstvi.html>.

11. Галушак О., Рябошапка В., Комаха В. Рекомендації щодо використання регулювання відсоткового складу суміші палив для дизеля. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. Т. 2 : 101. С. 67 – 72.

12. КЛАСИФІКАЦІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ СІВОЗМІН. URL:  
<http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-8.klasyfikacija-i-orhanizacija-sivozmin.pdf>.

13. Розрахунок на міцність зварних з'єднань URL:  
<https://zvarka.info/rozrachunok-na-micnist-zvarnix-z-yednan/>

14. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text>

15. Безпека праці під час механізованого вирощування і збирання овочів у відкритому ґрунті URL: <https://oppb.com.ua/news/bezpeka-praci-pid-chas-mehanizovanogo-vyroshchuvannya-i-zbyrannya-ovochiv-u-vidkrytomu-grunti>

16. Ryaboshapka, V., & Lysenko, R. (2023). Problems and prospects of creating modern agricultural gas diesel engines: A literature review. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 27(4), 81-89. doi: 10.56407/bs.agrarian/4.2023.81

17. Побудова графіків машиновикористання тракторів. URL:  
[https://vuzlit.com/707210/pobudova\\_grafikov\\_mashinovikoristannya\\_traktoriv](https://vuzlit.com/707210/pobudova_grafikov_mashinovikoristannya_traktoriv).

18. Підбір моделі турбокомпресора для переобладнання дизелів з вільним впуском на дизелі з турбонаддуванням В.Б Рябошапка, І.О. Нагорняк - *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2023.№ 1 (120) с. 54-64.

19. Підвищення тягово-зчіпних характеристик енергетичного засобу при проведенні комбінованих операцій обробітку ґрунту В.М. Кюрчев, Н.Р. Веселовська, С.А. Бурлака - Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2023.№ 1 (120) с. 48-54.
20. Розробка методики визначення жирно-кислотного складу та нижчої теплоти згорання біодизельного палива В.Ф. Анісімов, І.В. Гунько, В.Б. Рябошапка - Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022.№ 4 (119) с. 5-15.
21. Особливості конструкції паливної апаратури та збільшення терміну її експлуатації В.Ф. Анісімов, А.П. Єленич - Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2021.№ 2 (113) с. 67-77.
22. Вплив визначальних параметрів технічного стану форсунок на економічність дизеля. МВ Куц, БМ Торгоня, СП Сорокін - 2025 с. 186-187.
23. Конструктивні особливості сучасних тракторів іноземного сільськогосподарського виробництва В.Ф. Анісімов, А.П. Єленич - Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022.№ 3 (118) с. 5-14.
24. The influence of wave processes of hydraulic oils on the operation of a hydraulic drive I Hunko, O Tsurkan, S Shargorodskiy, T Shchur... - Agricultural Engineering, 2022 p. 91-104.
25. Корегування періодичності то дизелів транспортних засобів при роботі на паливах з біокомпанентами. І Шабельник, Р Телевний, С.П. Сорокін – 2024 с. 115-118.

ДОДАТКИ