

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Удосконалення технології вирощування гороху в умовах господарства шляхом модернізації самохідного обприскувача»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Голобородько Д.І.

(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2001-2

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Сировицький К.Г.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Рівень вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“04” вересня 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Голобородьку Данилу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення технології вирощування гороху в умовах господарства шляхом модернізації самохідного обприскувача»,

керівник роботи: Сировицький Кирило Геннадійович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року №\_\_\_\_\_.

2. Строк подання здобувачем роботи: “13” травня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: річні звіти господарства, технологічні карти сільськогосподарських культур сівозмін; науково-дослідна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз діяльності; Технологія вирощування і збирання гороху; Конструктивне вдосконалення обприскувача для хімічного захисту рослин.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Мета і завдання; Аналіз господарської діяльності господарства; Технологічна карта на вирощування гороху; Обприскувач ОПВ-2000 (складальне креслення); Пристрій розпилючий (складальне креслення); Деталювання.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “04” вересня 2023 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3.	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4.	Написання вступу	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
5.	Підготовка розділу «Аналіз діяльності»	05.02.2024 р. - 02.03.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Технологія вирощування і збирання гороху»	04.03.2024 р. - 06.04.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Конструктивне вдосконалення обприскувача для хімічного захисту рослин»	08.04.2024 р. - 04.05.2024 р.	
8.	Написання висновків та пропозицій	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10.	Подання роботи на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Голобородько Д.І.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник**

**кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Сировицький К.Г.**

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Удосконалення технології вирощування гороху в умовах господарства шляхом модернізації самохідного обприскувача» на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр зі спеціальності 208 Агроінженерія, освітньо-професійна програма «Агроінженерія». – Сумський національний аграрний університет, МОН України, 2024 р.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи 60 стор., з них 56 стор. основного тексту. Складається зі вступу, трьох розділів, висновків; містить 7 рисунків, 15 таблиць, 10 сторінок додатків, 20 посилань на джерела інформації.

**Ключові слова:** модернізація, обприскувач, продуктивність, міцність, надійність, двигун, дизель.

**Актуальність теми кваліфікаційної роботи.** Робота є актуальною і перспективною для господарств малих форм господарювання в розрізі підвищення ефективності використання МТП.

**Мета кваліфікаційної роботи** – інженерне забезпечення ефективного використання техніки, її працездатності, а також технічних вимог з метою одержання запланованих кінцевих результатів виробництва сільськогосподарської продукції в конкретних природно-кліматичних умовах, підвищення надійності і продуктивності МТА, який використовується в процесі вирощування гороху.

**Завдання:** провести агротехнічну характеристику господарства, провести розрахунки та аналіз технологічного процесу в умовах господарства, обґрунтувати конструктивне вдосконалення обприскувача для хімічного захисту рослин.

**Об'єктом дослідження** є обприскувач у складі МТА.

**Предметом дослідження** є машинно-тракторний агрегат у складі трактора і обприскувача органічних добрив.

**Теоретичне та практичне значення одержаних результатів** полягає в досягненні обґрунтованих шляхів підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату при вирощуванні гороху.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА.....	6
1.1 Природно-кліматичні умови.....	6
1.2 Нафтогосподарств, засоби заправки і ТО.....	9
1.3 Облік і графік проведення технічного обслуговування.....	10
2 ПРОЄКТ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МТП.....	11
2.1 Методи розрахунку складу МТП.....	11
2.2 Розрахунок і побудова техніко-експлуатаційної характеристики.....	12
2.2.1 Побудова техніко-експлуатаційної характеристики.....	12
2.2.2 Використання ТЕХ для визначення оптимального складу і режимів роботи агрегату.....	22
2.3 Розрахунок оптимального складу МТП.....	36
2.4 Техніко-економічна оцінка ефективності організації експлуатації МТП.....	41
3 ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	45
3.1 Обґрунтування конструкції приладу.....	45
3.2 Розрахунок економічної ефективності конструкції приладу.....	50
3.3 Розрахунок конструкції на міцність.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

## ВСТУП

Основне завдання сільськогосподарського виробництва - забезпечити населення високоякісними продуктами харчування, а переробну промисловість - відповідними видами сировини. Важливою складовою частиною матеріальної бази для успішного вирішення актуального завдання, включаючи селянські (фермерські) господарства, асоціації, агрохолдинги, акціонерні суспільства і т. д.

Відповідно головне завдання експлуатації машинно-тракторного парку (ЕМТП) як інженерної науки - розробка методів високоефективного використання окремих МТА, технологічних комплексів за все МТП господарств і окремих регіонів.

Часті посухи влітку і крижана кірка взимку, негативно впливають на ріст рослин і збір врожаю, а іноді і просто гублять більшу його частину. Висока температура повітря влітку погано переноситься тваринами, не дозволяючи отримувати великі надої з однієї корови і великі прирости у вирощуваних на м'ясо тварин. Тому в таких умовах для ведення сільського господарства і отримання прибутку велике значення набувають питання організації сільськогосподарських робіт і раціонального використання природних ресурсів і матеріально-технічної бази господарства.

Метою є визначення раціонального складу МТП, підвищення ефективності його роботи за рахунок кращого використання при виконанні сільськогосподарських робіт, а також вдосконалення технічного обслуговування. Конструкторська частина проекту містить розробку приладу для перевірки системи живлення дизеля.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

## 1.1 Природно-кліматична умови

Територія землекористування розташована в західному районі нашої області. Основною особливістю клімату є різка континентальність: зима малосніжна, часто холодна, літо спекотне, сухе.

Суховійні вітри переважають південно-східного і східного напрямів, ерозійно-небезпечного західного, південного і східного напрямів, Метельова південно-західного напрямку. Стійкий сніговий покрив встановлюється в середині грудня і тримається 90-95 днів.

Сніговий покрив зберігається від 90 до 110 днів. Середні значення висоти снігового покриву коливаються від 13 до 22 см. Осінь триває з середини вересня до середини листопада.

Волгоградська область відрізняється частою повторністю посушливих періодів. Тому для ефективного виробництва продукції, господарство застосовує добре зарекомендувала себе систему сухого землеробства, заставу стабільних врожаїв навіть в самі посушливі періоди.

Територія господарства розташована в підзоні темно-каштанових ґрунтів з різною мірою смитості в залежності від місця розташування і характеру рельєфу.

Як вже було сказано, різкий континентальний клімат, характеризується малосніжною зимою і тривалим жарким літом. Ліси ростуть тільки в заплавах річки, ростуть дерева і чагарники, а також у вигляді вітрозахисних лісосмуг.

## 1.2. Структура посівних площ

Структура посівних площ представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура посівних площ

№ п/п	Найменування культур	Площа, га	Урожайність, ц/га
1	Озимая пшеница	2200	26,3
2	Озимая рожь	1630	19,5
3	Ячмень	925	16,0
4	Подсолнечник	1870	8,7
5	Пар	2800	-

## 1.3 Склад МТП

Склад машинно-тракторного парку представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Склад МТП

Mark	Кількість, шт.
1	2
Трактори:	
К-701	5
ДТ-75М	7
МТЗ-80	8
МТЗ-82	4
Комбайни Дон-1500Б	8
Плуги:	
ПЛН-4-35	5
ПЛН-8-35	1
ПЛН-5-35	3
ПЛН-9-35	1
Луцильники:	

ЛДГ-10	4
ЛДГ-20	3
Борони:	
БДТ-7	2
БЗСС-1	546
Катки:	
ЗККШ-6А	9
ЗКВГ-1,4	3
Культиватори:	
КПС-4	13
КРН-5,6	2
зчіпки:	
СП-16	6
С-11У	8
сівалки:	
СЗП-3,6	2
СЗС-2,1	12
СЗТ-3,6	6
СУПН-8	2
Граблі: ГВК-6А	1
Погрузчики ПФ-0,5	3
Причепи:	
2-ПТС-4	8
3-ПТС-12	5

## 1.2 Нафтогосподарств, засоби заправки і ТО

У господарстві для зберігання нафтопродуктів є склад ПММ. Нафтосклад своєму розпорядженні необхідні, розрахованими на період максимальної витрати і створення резерву, ємностями. Доставка нафтопродуктів на нафтосховища відділень проводиться спеціально виділеними Бензозаправники.

Як спеціалізованих пересувних засобів для механізованої заправки машин паливно-мастильними матеріалами на території тракторно-рільничої бригади відділень і в польових умовах застосовують механізований заправник МЗ-3904, змонтований на базі автомобіля ГАЗ-52.

По витраті палива визначаються терміни проведення технічного обслуговування. Технологія виконання заправних робіт передбачає участь в заправці тракториста і водія заправного агрегату, а також присутність обліковця відділення. Перед заправкою тракторист оглядає трактор, усуває підтікання палива і масла, очищає від пилу і бруду заливальних горловини і прес-маслянки. Заміряє залишкова кількість палива, робить запис і заправляє трактор паливом. Після закінчення заправки заправщиком враховується кількість палива. Після закінчення всіх заправних робіт, обліковцем пломбується паливний бак трактора, з відповідним записом у журналі. Технічне обслуговування МТП здійснюється за кількістю витраченого палива, яке враховується заправщиком по кожному трактору. ТО-1 і ТО-2 проводиться на відділеннях, і ТО-3 в ЦРМ.

Для проведення технічного обслуговування на відділенні є АТОА, обслуговується майстром наладчиком. Він веде журнал обліку виконання технічного обслуговування і ремонтних робіт із зазначенням дати проведення технічного обслуговування.

Перед постановкою на зберігання перевіряють технічний стан і проводять чергове ТО. Машинам, що зберігаються за видами і марками на відкритих

майданчиках, проводять роботи по консервації і герметизації вузлів і агрегатів, установки їх на підставки.

В агрофірмі для установки машин на зберігання застосовуються різні антикорозійні матеріали: ЗВД-13, ПЕВ-74, АКОР-1 та інші. Є необхідне обладнання для їх нанесення. Господарство також забезпечено металевими підставками, які виготовляються їх відходів металообробки і з зношених деталей машин (дисків, пальців, гусениць).

У господарстві працює служба машинного двору, яка займається установкою і зняттям машин зі зберігання, проводить періодичні огляди зберігаються машин, веде приймання і складання нової техніки, комплектує агрегати, веде необхідну нормативно-технічну документацію. До складу служби машинного двору входять: завідувач і два слюсаря.

### 1.3 Облік і графік проведення технічного обслуговування

Кількість технічних обслуговувань визначають на основі планованого витрати палива. Облік витраченого палива веде помічник бригадира з обліку. Майстри-наладчики ведуть журнали витрати палива з наростаючим підсумком і заносять дані по маркам тракторів, сільгоспмашин в план-графік проведення робіт по ТО за певний місяць, складається місячний акт про проведення технічного обслуговування, який підписує майстер-наладчик, тракторист і механік.

## 2 ПРОЄКТ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МТП

### 2.1. Методи розрахунку складу МТП

Завданням розрахунку є вибір складу МТП, який забезпечував би виконання всіх робіт в кращі агротехнічні терміни, з високою якістю, найбільшою продуктивністю і економічністю.

- 1) До складу МТП представляється наступні вимоги:
- 2) Повинен сприяти продуктивності праці;
- 3) Повинен відповідати умовам господарства і технології вирощуваних культур;
- 4) Кількість типів і марок машин повинно бути найменшим, але достатнім для виконання всіх сільгоспробіт;
- 5) Повинен забезпечувати високу якість робіт і отримання максимуму продукції;
- 6) Машини одного технологічного ланцюжка повинні бути узгоджені за технологією, ширині захоплення і продуктивності.

Визначення складу машинно-тракторного парку ведеться такими методами:

- 1) Аналітичний.
- 2) Графоаналитический.
- 3) Економіко-математичний.

Головним завданням проектування складу МТП є визначення необхідної кількості тракторів і комбайнів, сільськогосподарських машин і транспортних засобів для обробітки та збирання всіх, вирощуваних в господарстві культур і виконання поточних виробничих планів в цілому по господарству і бригаді. Для визначення складу МТП спочатку визначимо склад агрегату трактора ДТ-75М.

## 2.2 Розрахунок і побудова техніко-експлуатаційної характеристики

Вихідні дані: трактор ДТ - 75М з двигуном А - 41.

операції:

- оранка,  $k_0 = 50 \text{ кН/м}^2$ ;
- суцільна культивуація  $k_0 = 2,0 \text{ кН/м}$ ;
- внесення органічних добрив.

### 2.2.1 Побудова техніко-експлуатаційної характеристики

Номограма «А».

На номограмі «А» розміщуємо швидкісну характеристику двигуна А - 41.

Для використання можливостей всережимного регулятора частоти обертання виберемо дві точки холостого ходу часткових швидкісних режимів. Для кожної з обраних точок холостого ходу  $n'_{xx}$  розрахуємо відповідно їй номінальну частоту обертання  $n'_n$  за формулою:

$$n'_n = n'_{xx} - [(n_{xx} - n_n) + \lambda (n_{xx} - n'_{xx})], \quad (4.1)$$

де  $n_{xx}$ ,  $n_n$  – максимальні і номінальні частоти обертання,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $n'_{xx}$ ,  $n'_n$  – частота обертання обраного часткового швидкісного режиму,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $\lambda$  – збільшення ступеня нерівномірності регулятора зі зниженням задається частоти обертання холостого ходу, для відцентрових регуляторів,  $\lambda = 0,05..0,07$ .

У двигуна А – 41:

$$n_{xx} = 1870 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_n = 1750 \text{ хв}^{-1}.$$

виберемо  $n'_{xx} = 1600 \text{ об/хв}$ , отримуємо,

$$n'_n = 1600 - [(1870 - 1750) + 0,06(1870 - 1750)] = 1464 \text{ хв}^{-1}.$$

виберемо  $n''_{xx} = 1400 \text{ об/мин}$ , получим

$$n''_n = 1400 - [(1870 - 1750) + 0,06(1870 - 1750)] = 1252 \text{ хв}^{-1}.$$

Відзначаємо за шкалою вибрані і розраховані частоти обертання двох часткових режимів.

Масштаби побудови номограми «А»:

$$\mu n_o = \frac{(1870 - 1150)}{160} = 4,5 \frac{\text{об} / \text{хв}}{\text{мм}};$$

$$\mu N_e = \frac{66,2}{160} = 0,414 \frac{\text{кВт}}{\text{мм}};$$

$$\mu M_d = \frac{0,432}{160} = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{мм}};$$

$$\mu G_T = \frac{16,7}{80} = 0,209 \frac{\text{кг} / \text{ч}}{\text{мм}}.$$

Номограма «В».

Номограма «В» являє собою сімейство залежностей дотичних сил на двигунах від моменту на валу двигунів для різних передавальних чисел трансмісії енергетичного засобу. Тут графічно представлені залежності:

$$P_k = M_d \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{тр}} / r_k, \quad (4.2)$$

де  $P_k$  – дотична сила тяги, кН;  $M_d$  – номінальний момент на валу двигуна, кН·м;  $i_{\text{тр}}$  – загальне передавальне число трансмісії ( $i_{\text{тр}} = n_d / n_k$ );  $\eta_{\text{тр}}$  – силовий ККД трансмісії, для гусеничних тракторів  $\eta_{\text{тр}} = 0,86 \dots 0,88$ ;  $r_k$  – радіус перекочування двигунів, м.

ККД трансмісії для колісних тракторів від величини переданого моменту і в'язкості трансмісійної мастила.

Радіус перекочування двигунів трактора ДТ-75М дорівнює

$$r_k = 0,358 \text{ м.}$$

Результати розрахунків дотичних сил на движителях від моменту на валу двигуна для різних передавальних чисел трансмісії представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати розрахунків дотичних сил

Перед ача	1	2	3	4	5	6	7	8
$i_{тр}$	4 4,57	3 9,95	3 5,88	3 2,3	2 8,99	2 6,1	2 1,14	0
$P_{к,кН}$	3 8,99	3 4,95	3 1,39	2 8,26	2 5,36	2 2,83	1 8,49	

По осі  $P_k$  за максимальне значення приймають обмеження виходячи або з міцності шестерень трансмісії, або з максимальною сили зчеплення рушія з ґрунтом.

$$P_{сц} = \mu \cdot m_{Тсц} \cdot g, \quad (4.3)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом;  $m_{Тсц}$  – експлуатаційна (повністю спорядженого трактора з водієм) маса, яка припадає на рушії, т;  $g$  – прискорення земного тяжіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Сила зчеплення з урахуванням міцності трансмісії дорівнює сумі номінального тягового зусилля і сили опору руху трактора, т. е.

$$P_{сц} = 30 + 0,20 \cdot 68 = 43,6 \text{ кН.}$$

Сила зчеплення по стерні

$$P_{сц} = 1 \cdot 68 = 68 \text{ кН.}$$

Сила зчеплення по зораному полю

$$P_{сц} = 0,75 \cdot 68 = 51 \text{ кН.}$$

Масштаби побудови номограми «В»:

$$\mu P_k = \frac{40}{160} = 0,25 \frac{\text{кН}}{\text{мм}};$$

$$\mu M_d = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{мм}}$$

Номограма «С и D».

Вони об'єднані в одному прямокутнику і служать для визначення тягового опору агрегату, опору пересуванню самого трактора і тягового зусилля трактора на передачу.

Величина сили, яка визначається в прямокутнику номограми С, є сумою опору пересуванню трактора з урахуванням підстави перекочування і подоланого підйому.

Це опір розраховується за формулою:

$$P_{\psi} = m_{T_{\text{сц}}} \cdot g \cdot \psi, \quad (4.4)$$

де  $m_{T_{\text{сц}}}$  – експлуатаційна маса трактора, кН;  $\psi$  – сумарний коефіцієнт опору пересуванню.

Сумарний коефіцієнт опору пересуванню дорівнює

$$\psi = f \pm i, \quad (4.5)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору пересуванню трактора або зчіпки по горизонталі;  $i$  – підйом або ухил в частках.

Значення коефіцієнта опору пересуванню трактора по горизонталі приймаємо для найбільш важкого підстави (наприклад, зоране поле)  $\psi = 0,13$ , а підйом або ухил в умови рівнинного землеробства не перевищує  $i = 0,05 \dots 0,07$ . Тому приймаємо максимальне значення сумарного коефіцієнта опору пересуванню  $\psi_{\text{max}} = 0,20$ .

При цьому

$$P_{\psi} = 68 \cdot 0,20 = 13,6 \text{ кН.}$$

Номограма D, на ній побудовані залежності тягового опору робочих машин.

$$R = k \cdot B_{\text{к}}, \quad (4.6)$$

де  $k$  – питомий опір, кН/м;  $B$  – ширина захвату, м.

Хмарно культивація

$$\text{КПС} - 4, B_{\text{к}} = 4 \text{ м: } R = 2 \cdot 4 = 8 \text{ кН;}$$

$$2\text{КПС} - 4, B_{\text{к}} = 8 \text{ м: } R = 2 \cdot 8 = 16 \text{ кН;}$$

$$3\text{КПС} - 4, B_{\text{к}} = 12 \text{ м: } R = 2 \cdot 12 = 24 \text{ кН.}$$

Для плугів має істотне значення і глибина обробки, тоді опір плуга

$$R_{\text{пл}} = k_{\text{пл}} \cdot B \cdot h, \quad (4.7)$$

де  $k_{\text{пл}}$  – питомий опір,  $\text{кН/м}^2$ ;  $B$  и  $h$  – ширина захвату і глибина обробки, м.

На оранці при глибина обробки  $h = 0,22$  м и  $k_{\text{пл}} = 70$   $\text{кН/м}^2$ :

3 корпусу,  $B_k = 1,05$  м:  $R_{\text{пл}} = 70 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 16,17$  кН.

4 корпусу,  $B_k = 1,4$  м:  $R_{\text{пл}} = 70 \cdot 1,4 \cdot 0,22 = 21,56$  кН.

5 корпусів,  $B_k = 1,75$  м:  $R_{\text{пл}} = 70 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 26,95$  кН.

Масштаби побудови номограми «С і D»:

$$\mu_{P_k} = 0,25 \frac{\text{кН}}{\text{мм}};$$

$$\mu_{\psi} = \frac{0,2}{13,6/0,25} = 3,68 \cdot 10^{-3} \frac{\text{ед}}{\text{мм}};$$

$$\mu_{k_{\text{пл}}} = \frac{100}{160 - (13,6/0,25)} = 0,947 \frac{\text{кН/м}^2}{\text{мм}};$$

$$\mu_k = \frac{4}{160 - (13,6/0,25)} = 3,79 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кН/м}}{\text{мм}}.$$

Номограма «Е».

Номограма «Е» представляє собою графічну залежність теоретичної швидкості від частоти обертання валу двигуна для різних передач, залежність описується формулою:

$$v_T = 0,377 n_d \cdot r_k / i_{\text{пр}}, \quad (4.8)$$

де  $v_T$  – теоретична швидкість,  $\text{км/ч}$ ;  $n_d$  – частота обертів,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $r_k$  – радіус колеса,

м.

Таблиця 4.3 - Результати розрахунку теоретичної швидкості

№ передачі	$i_{mp}$	$v_T$	
		$n_{д max} = 1870 \text{об/хв}$	$n_{д min} = 1150 \text{об/хв}$
1	44,57	5,66	3,48
2	39,95	6,32	3,89
3	35,88	7,03	4,33
4	32,3	7,81	4,81
5	28,99	8,71	5,35
6	26,1	9,67	5,95
7	21,14	11,94	7,34

Масштаби побудови номограми «Е»:

$$\mu_{m_0} = 4,5 \frac{\text{об/хв}}{\text{мм}};$$

$$\mu_{v_T} = \frac{12}{160} = 0,075 \frac{\text{км/ч}}{\text{мм}}.$$

Номограма «F».

Номограма «F» є сімейство прямих залежностей

$$v_p = v_T (1 - \delta), \quad (4.9)$$

де  $\delta$  – буксування в частках для гусеничного трактора,  $\delta$  от 0 до 0,20;  $v_p$  – робоча швидкість, км/ч.

Таблиця 4.4 - Результати розрахунків робочої швидкості

$\delta, \%$	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
$v_p, \text{км/ч}$	12	11,76	12,52	11,28	11,04	10,8	10,56	10,32	10,08	9,84	9,6

Масштаби побудови номограми «F»:

$$\mu_{v_T} = 0,075 \frac{\text{км/ч}}{\text{мм}};$$

$$\mu_{v_p} = \frac{12}{160} = 0,075 \frac{\text{км/ч}}{\text{мм}}$$

Номограма «Г».

Номограма «Г» є досвідчені залежності буксування для даного енергетичного засобу з підстав стерні, зораному полю при зміні крюкового зусилля. залежності  $\delta = f(P_{кр})$  представлена в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Залежність буксування від зусилля на гаку

Марка трактора	Стерня		поле	
	$P_{кр}$ , кН	$\delta$ , %	$P_{кр}$ , кН	$\delta$ , %
ДТ-75М	14,2	0,8	9,5	1,2
	16,3	0,9	15,0	1,9
	21,6	1,2	20,0	2,3
	28,9	2,0	27,0	4,3
	31,6	2,6	30,9	7,6
	37,0	5,1	33,3	11,0
	39,7	7,2	34,3	13,0

За даними точкам будували криві.

Масштаби побудови номограми «Г»:

$$\mu P_k = 0,25 \frac{\text{кН}}{\text{мм}};$$

$$\mu \psi = \frac{16}{160} = 0,1 \frac{\%}{\text{мм}}.$$

Номограма «Н».

Номограма «Н» є залежність питомого опору при зміні швидкості руху. Для ґрунтообробних машин (крім плугів) використовується наступна залежність

$$k = k_0[1 + a (v_p - v_0)], \quad (4.10)$$

де  $a$  – приріст питомого опору зі збільшенням швидкості;  $v_0 = 5$  км/ч.

Для суцільної культивуації:

якщо  $v_p = 5$  км/ч, то  $k = 2[1 + 0,04(5 - 5)] = 2$  кН/м;

якщо  $v_p = 12$  км/ч, то  $k = 2[1 + 0,04(12 - 5)] = 2,56$  кН/м.

Для плугів така залежність наступна

$$k_{пл} = k_{пл0} \left[ 1 + 0,006(v^2 - v_0^2) \right], \quad (4.11)$$

де  $K_{пл}$ ,  $K_{пл0}$  – питомий опір плуга, кН/м<sup>2</sup>, при будь-якому значенні швидкості  $v$  і при  $v_0 = 5$  км/ч.

Для вспашки

якщо  $v_p = 5$  км/ч, то  $k_{пл} = 50 \left[ 1 + 0,006(5^2 - 5^2) \right] = 50$  кН/м<sup>2</sup>;

якщо  $v_p = 7$  км/ч, то  $k_{пл} = 50 \left[ 1 + 0,006(7^2 - 5^2) \right] = 57,2$  кН/м<sup>2</sup>;

якщо  $v_p = 9$  км/ч, то  $k_{пл} = 50 \left[ 1 + 0,006(9^2 - 5^2) \right] = 66,8$  кН/м<sup>2</sup>;

якщо  $v_p = 11$  км/ч, то  $k_{пл} = 50 \left[ 1 + 0,006(11^2 - 5^2) \right] = 78,8$  кН/м<sup>2</sup>.

Масштаби побудови номограми «Н»:

$$\mu v_p = 0,075 \frac{\text{км/ч}}{\text{мм}};$$

$$\mu k_{пл} = 0,947 \frac{\text{кН/м}^2}{\text{мм}};$$

$$\mu k = 3,79 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кН/м}}{\text{мм}}.$$

Номограма «J».

Номограма «J» представляє собою залежність тривалості за годину основного часу при зміні швидкості руху для різних варіантів робочої ширини захоплення:

$$W_0 = 0,1 \cdot V_p \cdot v_p, \quad (4.12)$$

де  $W_0$  – продуктивність за годину основного часу;  $V_p$  – робоча ширина захвату машини.

Робоча ширина захвату машини дорівнює

$$V_p = \beta \cdot V_k, \quad (4.13)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату.

Суцільна культивация

КПС – 4,  $B_k = 4$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 0,98 \cdot 4 \cdot 10 = 3,92$  га/ч;

2КПС – 4,  $B_k = 8$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 0,98 \cdot 8 \cdot 10 = 7,84$  га/ч;

3КПС – 4,  $B_k = 12$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 0,98 \cdot 12 \cdot 10 = 11,76$  га/ч.

На вспашці

3 корпусу,  $B_k = 1,05$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 10 = 1,10$  га/ч;

4 корпусу,  $B_k = 1,4$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 1,4 \cdot 10 = 1,47$  га/ч;

5 корпусів,  $B_k = 1,75$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 1,75 \cdot 10 = 1,84$  га/ч;

Внесення органічних добрив

ПРТ-10:  $B_k = 6$  м:  $W_0 = 0,1 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 10 = 6$  га/ч;

Масштаби побудови номограми «J»:

$$\mu\omega_p = 0,075 \frac{\text{км/ч}}{\text{мм}};$$

$$\mu W_0 = \frac{12}{160} = 0,075 \frac{\text{га/ч}}{\text{мм}}.$$

Номограма «K».

Номограма «K» є залежності секундної подачі матеріалу, що переробляється від продуктивності (в га за годину основного часу для різних значень норми внесення гною).

$$Q_c = W_0 \cdot Y / 3,6, \quad (4.14)$$

де  $Q_c$  – секундна подача, кг/с;  $W_0$  – продуктивність, га/год;  $Y$  - норма внесення добрив або врожайності, т.

$$Q_c = \frac{5 \cdot 20}{3,6} = 27,78 \text{ кг/с};$$

$$Q_c = \frac{5 \cdot 40}{3,6} = 55,56 \text{ кг/с};$$

$$Q_c = \frac{5 \cdot 60}{3,6} = 83,33 \text{ кг/с}.$$

Масштаби побудови номограми «J»:

$$\mu W_0 = 0,075 \frac{\text{га/ч}}{\text{мм}};$$

$$\mu Q_c = \frac{80}{160} = 0,5 \frac{\text{кг/с}}{\text{мм}}.$$

Номограма «L».

Номограма «L» фіксує залежність продуктивності за годину змінного часу.

Продуктивність за одну годину змінного часу:

$$W_{\text{ч}} = W_0 \cdot \tau_{\text{см}} \quad (4.15)$$

де  $\tau_{\text{см}}$  – коефіцієнт використання змінного часу, що враховують втрати на холості повороти, технологічні зупинки число дозаправок і часу простою.

$$W_{\text{ч}} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ га/ч};$$

$$W_{\text{ч}} = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ га/ч};$$

$$W_{\text{ч}} = 10 \cdot 0,7 = 7 \text{ га/ч};$$

$$W_{\text{ч}} = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ га/ч};$$

$$W_{\text{ч}} = 10 \cdot 0,9 = 9 \text{ га/ч};$$

$$W_{\text{ч}} = 10 \cdot 1 = 10 \text{ га/ч}.$$

Масштаби побудови номограми «J»:

$$\mu W_0 = 0,075 \frac{\text{га/ч}}{\text{мм}};$$

$$\mu W = \frac{12}{160} = 0,075 \frac{\text{га/ч}}{\text{мм}}.$$

Номограма «M».

Номограма «M» представляє залежність витрат потужності на привід ВОМ від секундної подачі оброблюваного матеріалу:

$$N_{\text{вoм}} = N_{\text{уд}} \cdot Q_c, \quad (4.16)$$

де  $N_{\text{уд}}$  – питомі витрати потужності в розрахунку на кВт·с/кг,  $N_{\text{уд}} = 1,0 \text{ кВт·с/кг}$ .

$$N_{\text{вoм}} = 2,0 \cdot 2 = 4 \text{ кВт}.$$

Масштаби побудови номограми «М»:

$$\mu Q_c = 0,5 \frac{\text{кг/с}}{\text{мм}};$$

$$\mu N_e = 0,414 \frac{\text{кВт}}{\text{мм}}.$$

2.2.2 Використання ТЕХ для визначення оптимального складу і режимів роботи агрегату

Розрахунок тягового агрегату (на прикладі ДТ-75М+ПЛН-5-35) починається з номограми Н. Для цього вибирається технологічно допустима швидкість руху  $v'_p = 6$  км/ч і визначається  $k'_v = 53,1$  кН/м<sup>2</sup>. Переносимо це значення  $k'_v$  на таку ж шкалу номограми D. Для цього варіанту ширини захоплення агрегату  $B_k = 1,75$  м визначається опір робочої машини  $R = 20,4$  кН.

Опір агрегату розрахуємо за формулою

$$R_a = R + R_{\text{сц}}, \quad (4.17)$$

Тяговий опір зчіпки

$$R_{\text{сц}} = G_{\text{сц}} \psi, \quad (4.18)$$

де  $G_{\text{сц}}$  – вага зчіпки, кН.

Так як у агрегату немає зчіпки, то

$$R_a = R = 20,44 \text{ кН.}$$

На номограмі С при заданому  $\psi = 0,13$  здійснюється надбавка до  $R_a$  опору руху трактора  $P_\psi = 8,84$  кН.

Переходимо на номограму В і перевіряємо значення  $P_c = 29,34$  кН на умова зчеплення рушіїв з ґрунтом:

$$P_{\text{сц}} \geq P_c. \quad (4.19)$$

$$68 \text{ кН} \geq 29,34 \text{ кН.}$$

Дана умова виконується, то розрахунок продовжуємо.

На номограмі У вибираємо найвищу передачу, але так, щоб не заходити в зону перевантаження  $i=3$ . Для обраної передачі розраховуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора  $\eta_{ту}$  за формулою

$$\eta_{ту} = \frac{R_a}{P_{кр}}, \quad (4.20)$$

де  $P_{кр}$  – тягове зусилля трактора на передачу, кН.

Для знаходження тягового зусилля трактора  $P_{кр}$  на обраної 3 передачі необхідно по номограмі В визначити значення дотичній сили на номінальному режимі  $P_{крн}=31,39$  кН при  $M_{д.н} = 0,36$  кН·м, а на номограмі С при заданому  $\psi = 0,13$  відняти опір руху трактора  $P_{\psi.} = 8,84$  кН. З номограми З тягове зусилля трактора на 3 передачі одно  $P_{кр} = 22,55$  кН.

$$\eta_{ту} = \frac{20,44}{22,55} = 0,90$$

Так як умова

$$0,85 \leq \eta_{ту} = 0,90 \leq 0,90,$$

виконується, то розрахунок МТА продовжуємо;

З шкали номограми З опускаємо значення тягового опору агрегату  $R_a = 20,44$  кН на графік G і визначаємо буксування  $\delta = 1,2$  %. Порівнюємо вийшло значення буксування  $\delta$  з допустимим:

$$\delta_{доп} \geq \delta, \quad (4.21)$$

де  $\delta_{доп}$  – допустиме значення буксування, % ( $\delta_{доп} = 3$  % – для гусеничних тракторів загального призначення;  $\delta_{доп} = 10$  % – для колісних тракторів 4К4 загального призначення;  $\delta_{доп} = 12$  % – для універсально-просапних колісних тракторів 4К4;  $\delta_{доп} = 18$  % – для універсально-просапних колісних тракторів 4К2;).

$$1,2 \% \geq 3 \%$$

Умова виконується, то розрахунок продовжуємо.

З номограми В за значенням моменту  $M_d = 0,333$  кН·м на 3 передачі переходимо на номограму А і визначаємо значення: потужності  $N_e = 61,4$  кВт,

годинної витрати палива  $G_T = 15,8$  кг/ч і частоти обертання валу дизеля  $n_d = 1757$  об/хв. На номограмі Е по частоті обертання  $n_d = 1757$  об/хв і передачі  $i = 3$ , вже обраної на номограмі В, визначається теоретична швидкість руху  $v_T = 6,63$  км/ч.

За значенням буксування  $\delta = 1,2$  % і теоретичної швидкості руху  $v_T = 6,63$  км/ч знаходимо на номограмі F робочу швидкість руху  $v_p = 6,55$  км/ч.

Порівнюємо робочу швидкість руху з агротехнічної допустимої:

$$6 \text{ км/ч} \leq 6,55 \text{ км/ч} \leq 10 \text{ км/ч}.$$

Умови виконуються.

Отримане значення швидкості зносимо на графік Н і знову значення  $k_v = 55,1$  Порівнюємо початкове і кінцеве значення питомих опорів.

$$\Delta k_v = \frac{|k'_v - k_v|}{k_v} 100\%, \quad (4.22)$$

$$\Delta k_v = \frac{|53,1 - 55,1|}{55,1} 100\% = 3,6\% .$$

Так як  $3,6\% \leq 5$  %, то розрахунок МТА продовжуємо.

За значенням робочої швидкості  $v_p = 6,55$  км/ч на номограмі Н здійснюється перехід на номограму J і для агрегату з обраної робочої шириною захвату  $B_p = 1,84$ м визначається продуктивність за годину основного часу  $W_0 = 1,20$  га/ч. З отриманого значення  $W_0$  номограми J проводиться горизонтальна лінія на номограму L до променя відповідного коефіцієнта використання змінного часу  $\tau = 0,82$  на даній роботі і з точки перетину вгору на шкалу продуктивності за годину змінного часу  $W = 0,87$  га/ч. Аналогічні розрахунки (обведення всіх номограмм) здійснюються для всіх варіантів агрегатів одного призначення (різної ширини захвату); для кожного варіанти (складу агрегату) визначається продуктивність за годину змінного часу.

Для кожного варіанту розраховується експлуатаційний витрата палива  $Q_3$ :

$$Q_3 = \frac{(G_T \cdot T_p + G_{ТХ} \cdot T_x + G_{то} T_o)}{W \cdot T_{см}}, \quad (4.23)$$

де  $G_{тр}$ ,  $G_{тх}$ ,  $G_{то}$  – значення годинної витрати палива при виконанні основної роботи, при холостому русі (на поворотах, заїздах, переїздах), на зупинках (агрегат стоїть, а двигун працює) визначаються по номограмі А;  $T_p$ ,  $T_x$ ,  $T_o$  и  $T_{см}$  – час при виконанні основної роботи, на холостих ходах, на зупинках і тривалість зміни в ч.

значення  $G_{тр} = 15,8$  кг/ч визначається за графіком  $G_T$  номограми А для обраного режиму роботи двигуна.

Для знаходження значення  $G_{тх}$  потрібно аналітично оцінити тяговий опір робочої частини агрегату на холостому ході (робочі органи вимкнені), якщо агрегат причіпний, то

$$R_{ax} = m_M \cdot g \cdot \psi, \quad (4.24)$$

де  $m_M$  – вага робочої машини, кН.

Так як агрегат навісний, то загальний опір  $P_c$  дорівнює:

$$P_{cx} = (m_T + m_M) \cdot g \cdot \psi, \quad (4.25)$$

$$P_{cx} = (68 + 8,5) \cdot 9,8 \cdot 0,13 = 9,75 \text{ кН.}$$

Далі для тієї ж передачі шляхом обведення номограм В, А, Е и F ( $P_{cx} = 9,75$  кН;  $i_x = 3$ ;  $M_{dx} = 0,111$  кН·м;  $G_{тх} = 7,02$  кг/ч;  $n_{dx} = 1563$  мин<sup>-1</sup>;  $v_{тх} = 5,9$  км/ч;  $\delta_x = 0$ ) визначаємо швидкість холостого ходу МТА  $v_x$  і порівнюємо з допустимою швидкістю холостого ходу  $v_x = 5,9$  км/ч:

$$v_{x \text{ доп}} \geq v_x, \quad (4.26)$$

де  $v_{x \text{ доп}}$  – допустимою швидкістю холостого ходу,  $v_{x \text{ доп}} = 5 \dots 7$  км/ч.

$$7 \text{ км/ч} \geq 5,9 \text{ км/год}$$

Умови виконуються.

Значення мінімальної витрати палива на зупинках агрегату визначається за графіком  $G_{тх}$  (Годинна витрата палива двигуном на холостому ході  $M_d = 0$ ) номограми А  $G_{то} = 2,8$  кг/год.

Час виконання основної роботи визначається за виразом:

$$T_p = T_{см} \tau, \quad (4.27)$$

$$T_p = 7 \cdot 0,82 = 5,74 \text{ ч.}$$

час, витрачений на зупинках агрегату протягом зміни, ч:

$$T_o = (t_{\text{техн}} + t_{\text{отд}})T_p + T_{\text{то}} \quad (4.28)$$

де  $t_{\text{техн}}$  и  $t_{\text{отд}}$  – тривалість зупинки на одну годину роботи агрегату на технологічне обслуговування машин і на відпочинок працюючого персоналу;  $T_{\text{то}}$  – час простою агрегату на технічне обслуговування протягом зміни, ч.

$$T_o = (0,04 + 0,08)5,74 + 0,3 = 0,97 \text{ ч.}$$

Значення  $t_{\text{техн}}$ ,  $t_{\text{отд}}$  і  $T_{\text{то}}$  в залежності від виду робіт береться з довідників.

$$T_x = T_{\text{см}} - (T_p + T_o), \quad (4.29)$$

$$T_x = 7 - (5,72 + 0,97) = 0,29 \text{ ч.}$$

Експлуатаційний витрата палива дорівнює

$$Q_3 = \frac{(15,8 \cdot 5,6 + 7,02 \cdot 0,29 + 2,8 \cdot 0,97)}{0,98 \cdot 7} = 14,4 \text{ кг/га.}$$

Витрати праці по кожному варіанту складів агрегату визначаються за формулою, чел·ч/га

$$H = n_{\text{раб}} / W, \quad (4.30)$$

де  $n_{\text{раб}}$  – число працюючих на агрегаті людина.

$$H = 1 / 0,98 = 1,05 \text{ чел·ч/га.}$$

Послідовність і результати обведення номограмм ТЭХ тягових агрегатів з трактором ДТ - 75М представимо у вигляді таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Послідовність і результати обведення номограмм ТЕХ тягових агрегатів

№ шаг у	Номограма	Показник, один. вим.	Агрегат								
			ДТ-75М+ ПЛН-4-35	ДТ-75М+ ПЛН-5-35	ДТ-75М+ ПЛН-3-35	ДТ-75М+ СГ-21+ 21БЗСС-1	ДТ-75М+ СП-16+ 16БЗСС-1	ДТ-75М+ С-11У+ 12БЗСС-1			
1	Н	$v'_p$ , км/ч	7	6	8	6,8	6,8	6			
2		$k'_v$ , кН/м	56,9	53,1	61,9	2,15	2,15	2,09			
3	D	$k'_{v,}$ , кН/м	56,9	53,1	14,3	2,15	2,15	2,09			
4	–	$R_{сц}$ , кН	0	0	0	0	0,73	1,41			
5	–	$R_a$ , кН	17,5	20,4	14,3	8,6	17,93	26,49			
6	С	$\psi$	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14			
7		$P_c$ , кН	26,34	29,34	23,14	18,12	27,45	36,01			
8	–	$P_{сц}$ , кН	68	68	68	51	51	51			
9	В	$i$	4	3	5	7	4	1			
10		$M_d$ , кН·м	0,333	0,333	0,329	0,349	0,348	0,329			
11		$M_{д. н.}$ , кН·м	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36			
12	С	$P_{кр}$ , кН	19,42	22,55	16,52	8,97	18,74	29,47			
13	–	$\eta_{ту}$	0,9	0,9	0,87	0,95	0,95	0,9			

14	G	$\delta$ , %	1	1,2	0,8	1	2,4	4,5
15	A	$N_e$ , кВт	61,4	61,4	60,63	48,9	64,1	–
16		$G_T$ , кг/ч	15,8	15,8	15,7	12,2	16,2	–
17		$n_d$ , $\times 10^6$ 1	1757	1757	1759	1280	1752	–
18	E	$v_T$ , км/ч	7,33	6,63	8,18	8,17	7,3	–
19	F	$v_p$ , км/ч	7,26	6,55	8,13	8,09	7,1	–
20	H	$k_0$	58,1	55,1	62,5	2,25	2,18	–
21	–	$\Delta k_0$ , %	2	3,6	1	4,5	1,4	–
22	J	$W_0$ , га/ч	1,07	1,20	0,89	3,17	5,6	–
23	L	$\tau$	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	–
24		$W$ , га/ч	0,87	0,98	0,73	2,6	4,59	–
25	–	$R_{ax}$ , кН	–	–	–	1,7	3,4	–
26	G	$\delta_x$ , %	–	–	–	0,3	0,4	–
27	C	$\psi$	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	–
28		$P_{cx}$ , кН	9,75	9,75	9,75	11,22	12,92	–
29	–	$P_{cx}$ , кН	9,75	9,75	9,75	11,22	12,92	–
30	B	$i_x$	4	3	4	4	4	–

31		$M_{дх},$ кН·м	0,124	0,111	0,124	0,143	0,164	–
32	A	$G_{тх},$ кг/ч	6,49	7,02	6,49	7,9	8,9	–
33		$G_{то},$ кг/ч	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	–
34		$n_{дх}, XB$ -1	1359	1563	1359	1552	1545	–
35	E	$v_{тх},$ км/ч	5,7	5,9	5,7	6,47	6,44	–
36	F	$v_{х},$ км/ч	5,7	5,89	5,7	6,45	6,42	–
37	–	$T_p, ч$	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	–
38	–	$T_x, ч$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	–
39	–	$T_o, ч$	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	–
40	–	$Q_э,$ кг/га	16,2	14,4	18,5	4,12	3,05	–
41	–	$H,$ чол·ч/ га	1,19	1,05	1,37	0,38	0,22	–

За даними таблиці 6 вибирається оптимальний склад і режими роботи агрегату для даних умов, виходячи з декількох критеріїв: максимуму продуктивності, мінімуму витрати палива і витрат праці.

За результатами розрахунків, наведених в табл. 6, робимо висновок, що раціональним за критерієм продуктивності та економічності є склад МТА: на оранці ДТ-75М+ПЛН-5-35 на 3-ій передачі; суцільної культивуації ДТ-75М+СП-11+2КПС-4 на 5-ій передачі.

Розрахунок тягового-приводного агрегату (на прикладі ДТ-75М+ПРТ-10) починається з номограми С. Визначимо опір робочої машини за формулою:

$$R_m = (m_{гр} + m_m) \cdot g \cdot \psi, \quad (4.31)$$

де  $m_{гр}$  – маса машини і маса вантажу, кг.

$$R_m = (10000 + 3670) \cdot 10 \cdot 0,13 = 17,8 \text{ кН.}$$

Дана умова виконується, то розрахунок продовжуємо.

На номограмі С при заданому  $\psi = 0,13$  здійснюється надбавка до  $R_m$  опору руху трактора  $P_\psi = 8,84 \text{ кН}$ .

Переходимо на номограму В і перевіряємо значення  $P_c = 26,64 \text{ кН}$  на умови зчеплення рушіїв з ґрунтом:

$$68 \text{ кН} \geq 26,64 \text{ кН.}$$

На номограмі У вибираємо 1-ю передачу, щоб залишався запас моменту  $M_d$  на привід робочих органів машин через ВОМ.

З шкали номограми З опускаємо значення опору робочої машини  $R_m = 17,8 \text{ кН}$  на графік G і визначаємо буксування  $\delta = 1 \%$ . Порівнюємо вийшло значення буксування  $\delta$  з допустимим:

$$3 \% \geq 1 \%$$

Умова виконується, то розрахунок продовжуємо.

З номограми В за значенням моменту  $M_d = 0,245 \text{ кН м}$  на 1 передачі переходимо на номограму А і визначаємо значення кривої потужності  $N_{кр} = 45,3 \text{ кВт}$  і частоту обертання валу дизеля  $n_d = 2226 \text{ об/мин}$ . На номограмі Е по частоті обертання  $n_d = 1787 \text{ об/хв}$  і передачі  $i = 1$ , вже обраної на номограмі В, визначається теоретична швидкість руху  $v_t = 5,4 \text{ км/ч}$ .

За значенням буксування  $\delta = 1 \%$  і теоретичної швидкості руху  $v_t = 5,4 \text{ км/ч}$  знаходимо на номограмі F робочу швидкість руху  $v_p = 5,35 \text{ км/ч}$ .

За значенням робочої швидкості  $v_p = 5,35$  км/ч на номограмі F здійснюється перехід на номограму J і для агрегату з обраної робочої шириною захвату  $B_p = 6$  м визначається продуктивність за годину основного часу  $W_0 = 3,21$  га/ч.

З отриманого значення  $W_0$  номограми J проводиться горизонтальна лінія на номограму K до променя, що відповідає заданій нормі внесення добрив  $Y=20$  т/га, і вгору - на шкалу для визначення секундної подачі  $Q_c = 18,1$  кг/с.

Значення  $Q_c=18,1$  кг/с переносимо на номограму M до променя, що характеризує питомі витрати потужності в розрахунку на 1 кг/с  $N_{уд} = 1$  кВт·с/кг, і вліво для визначення потужності витрачається на привід ВОМ  $N_{ВОМ} = 18,1$  кВт.

Графічно підсумовуємо витрати крюкової потужності  $N_{кр}$  і на привід ВВП на номограмі M і визначаємо запас або недолік потужності дизеля. При нестачі потужності двигуна слід змінити передачу і знову повторити обведення номограмм.

На номограму M знесемо значення крюкової потужності  $N_{кр} = 45,3$  кВт з номограми A і графічно підсумовуємо з витрати на привід ВОМ  $N_{ВОМ} = 18,1$  кВт, визначаємо запас потужності двигуна  $N_{запас} = 2,8$  кВт.

Для обраної передачі розраховуємо повний КПД трактора по формулі

$$\eta_T = \frac{(N_{кр} + N_{ВОМ})}{N_{ен}}, \quad (4.32)$$

де  $\eta_T$  – повний КПД трактора,  $\eta_T = 0,75-0,95$ ;  $N_{ен}$  – номінальне значення потужності двигуна, кВт.

Якщо значення повного КПД трактора  $\eta_T$  виходить за межі допуску, то слід змінити передачу і знову повторити обведення номограмм.

Так як

$$\eta_T = \frac{(45,3 + 18,1)}{66,2} = 0,95,$$

то продовжуємо обведення номограм.

Ефективність потужність двигуна  $N_\phi$  визначимо за формулою

$$N_{\phi} = N_{кр} + N_{ВОМ}, \quad (4.33)$$

$$N_{\phi} = 45,3 + 18,1 = 63,4 \text{ кВт.}$$

На шкалі потужності номограми А відкладемо значення ефективну потужність двигуна  $N_{\phi} = 63,4$  кВт, проведемо лінію на графік  $N$  д, опустимо промінь на графік годинної витрати палива  $G_T$  і визначимо  $G_{тр} = 16,2$  кг/ч.

З отриманого значення  $W_0$  номограми J проводиться горизонтальна лінія на номограму L до променя відповідного коефіцієнта використання змінного часу  $\tau = 0,5$  на даній роботі і з точки перетину вгору на шкалу продуктивності за годину змінного часу  $W = 1,61$  га/ч.

Для знаходження значення  $G_{ТХ}$  потрібно аналітично оцінити тяговий опір робочої частини агрегату на холостому ході (робочі органи вимкнені).

Так як агрегат причіпний, то опір робочої машини на холостому ході одно  $R_{мх} = R_m = 17,8$  кН

На номограмі С при заданому  $\psi = 0,16$  здійснюється надбавка до  $R_{мх}$  опору руху трактора  $P_{\psi} = 8,84$  кН при цьому  $P_{сх} = 26,64$  кН.

Переходимо на номограму В і далі для тієї ж передачі шляхом обведення номограмм В, А, Е и F ( $P_{сх} = 26,64$  кН;  $i_x = 1$ ;  $M_{дх} = 0,245$  кН·м;  $n_{дх} = 1787$  хв<sup>-1</sup>;  $G_{ТХ} = 12,9$  кг/ч;  $v_{ТХ} = 5,4$  км/ч;  $\delta_x = 1$  %) визначаємо швидкість холостого ходу МТА  $v_x$  і порівнюємо з допустимою швидкістю холостого ходу  $v_x = 5,35$  км/ч:

$$7 \text{ км/ч} \geq 5,35 \text{ км/ч}$$

Умови виконуються.

Значення мінімальної витрати палива на зупинках агрегату визначається за графіком  $G_{ТХ}$  (годинна витрата палива двигуном на холостому ході  $M_d = 0$ ) номограми А  $G_{Т0} = 2,8$  кг/ч.

Час виконання основної роботи одно:

$$T_p = 7 \cdot 0,5 = 3,5 \text{ ч.}$$

Час, витрачений на зупинках агрегату протягом зміни, ч:

$$T_0 = (0,5 + 0,1)3,5 + 0,2 = 2,3 \text{ ч.}$$

Час руху агрегату при холостих поворотах і заїздах визначається з балансу часу зміни

$$T_x = 7 - (3,5 + 2,3) = 1,2 \text{ ч.}$$

Експлуатаційний витрата палива дорівнює

$$Q_3 = \frac{(16,2 \cdot 3,5 + 12,9 \cdot 1,2 + 2,8 \cdot 2,3)}{1,61 \cdot 7} = 7,0 \text{ кг/га.}$$

Витрати праці по кожному варіанту складів агрегату визначаються за формулою, чел·ч/га

$$H = 1/1,61 = 0,62 \text{ чел·ч/га.}$$

Послідовність і результати обведення номограмм ТЕХ тягово-приводного агрегату з трактором ДТ-75М представимо у вигляді таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 Послідовність і результати обведення номограмм ТЕХ тягово-привідних агрегатів

№ шага	Номограма	Показник, один. вим.	Агрегат	
			ДТ-75М + ПРТ-10	ДТ-75М + ПРТ-10
1	2	3	4	5
1	H	$v'_p$ , км/ч	—	—
2		$k'_v$ , кН/м	—	—
3	D	$k'_v$ , кН/м	—	—
4		$B_k$ , м	—	—
6	—	$R_a$ , кН	—	—
7	—	$R_m$ , кН	17,8	17,8
8	C	$\psi$	0,13	0,13
9		$P_\psi$ , кН	8,84	8,84
10		$P_c$ , кН	26,64	26,64
11	B	$P_c$ , кН	26,64	26,64

12	–	$P_{\text{сш}}, \text{кН}$	68	68
13	B	$i$	2	1
14		$M_{\text{д}}, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,273	0,245
15	G	$R_a (R_m), \text{кН}$	17,8	17,8
16		$\delta, \%$	1	1
17	A	$M_{\text{д}}, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,273	0,245
18		$N_{\text{кр}}, \text{кВт}$	50,4	45,3
19		$n_{\text{д}}, \text{хв}^{-1}$	1777	1787
20	E	$n_{\text{д}}, \text{хв}^{-1}$	1777	1787
21		$i$	2	1
22		$v_{\text{т}}, \text{км/ч}$	6	5,4
23	F	$v_{\text{т}}, \text{км/ч}$	6	5,4
24		$\delta, \%$	1	1
25		$v_{\text{р}}, \text{км/ч}$	5,94	5,35
26	H	$v_{\text{р}}, \text{км/ч}$	5,94	5,35
27		$k_v$	–	–
28	–	$\Delta k_v, \%$	–	–
29	J	$v_{\text{р}}, \text{км/ч}$	5,94	5,35
30		$B_{\text{р}}, \text{м}$	6	6
31		$W_0, \text{га/ч}$	3,56	3,21
32	K	$W_0, \text{га/ч}$	3,56	3,21
33		$Y, \text{т/га}$	20	20
34		$Q_c, \text{кг/с}$	20	18,1
35	M	$Q_c, \text{кг/с}$	20	18,1
36		$N_{\text{уд}}, \text{кВт}\cdot\text{с/кг}$	1	1
37		$N_{\text{вом}}$	20	18,1
38		$N_{\text{е н}}$	66,2	66,2

39	–	$\eta_T$	1,06	0,95
40	–	$N_\phi$ , кВт	–	63,4
41	A	$N_\phi$ , кВт	–	63,4
42		$G_T$ , кг/ч	–	16,2
43	L	$W_0$ , га/ч	–	3,21
44		$\tau$	–	0,5
45		$W$ , га/ч	–	1,61
46	–	$R_{ax}$ , кН	–	17,8
47	G	$R_{ax}$ , кН	–	17,8
49		$\delta_x$ , %	–	1
50	C	$\psi$	–	0,13
51		$P_{cx}$ , кН	–	26,64
52	–	$P_{cx}$ , кН	–	26,64
53		$i_x$	–	1
54		$M_{dx}$ , кН·м	–	0,245
56	A	$G_{Tx}$ , кг/ч	–	12,9
57		$G_{To}$ , кг/ч	–	2,8
58		$n_{dx}$ , $\text{XB}^{-1}$	–	1787
60	E	$v_{Tx}$ , км/ч	–	5,4
63	F	$v_x$ , км/ч	–	5,35
64	–	$T_p$ , ч	–	3,5
65	–	$T_x$ , ч	–	1,2
66	–	$T_o$ , ч	–	2,3
67	–	$Q_3$ , кг/га	–	7,0
68	–	$H$ , чол·ч/га	–	0,62

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.7, робимо висновок, що раціональним за критерієм продуктивності і економічності при внесенні мінеральних добрив є МТА з трактором ДТ-75М і розкидачів органічних добрив ПРТ-10 на 1-й передачі.

### 2.3 Розрахунок оптимального складу МТП

Основою для розрахунку складу МТП є структура посівних площ. План механізованих робіт складається на підставі технологічних карт на обробіток і збирання культур.

У плані відображають всі технологічні операції, які необхідно виконати протягом року.

У дипломному проекті представлений розрахунок оптимального складу МТП за основними видами планованих сільгоспробіт з використанням тракторів К-701, МТЗ-80 і ДТ-75 М.

При складанні зведеного плану механізованих робіт проставляється коефіцієнт змінності, що показує у скільки змін буде виконуватися операція (графа 14).

У графі 13 указується змінна норма вироблення даного агрегату. У графі 21 указується експлуатаційний витрата палива на одиницю напрацювання. Інші графи зведеного плану розраховуються на підставі нескладних розрахунків.

Обсяг робіт в фізичних одиницях вибирають з технологічних карт господарства і заносять в графу 4.

Кількість нормозмін (графа 5) необхідно для перекладу фізичних обсягів робіт в еталонних гектарах.

Воно виходить розподілом обсягу робіт у фізичних одиницях на змінну норму виробітку в тих же одиницях для даного агрегату:

$$n_{cm} = Q / W_{cm} \quad (4.34)$$

$$Q_{oper} = Q_{експл} \cdot W \quad (4.38)$$

$$Q_{сут} = Q_{oper} / D_p \quad (4.39)$$

$$Q_{\text{мас}} = 3\% \cdot Q_{\text{опер}} / 100 \quad (4.40)$$

$$Z_{\text{тр}} = T_{\text{см}} [n_{\text{нр}} + n_{\text{всп}}] / W_{\text{см}} \quad (4.41)$$

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{тр}} \cdot Q, \quad (4.42)$$

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{общ}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (4.43)$$

$$Z_{\text{гсм}} = Z_{\text{к}} \cdot Q_{\text{опер}}, \quad (4.44)$$

$$Z_{\text{то и р}} = B \cdot \Pi_{\text{то и р}} \cdot t_{\text{факт}} / 100 \cdot T_{\text{загф}}, \quad (4.45)$$

$$A = B \cdot \Pi \cdot t_{\text{факт}} / 100 \cdot T_{\text{загф}}, \quad (4.46)$$

де  $\Pi$  – відсоток відрахувань на амортизацію.

Приклад розрахунку плану механізованих робіт.

Проводимо розрахунок для операції №43 (Оранка) виконуваної трактором ДТ-75М.

Кількість нормо-змін

$$n = Q / W_{\text{см}} = 652 / 7 = 93,1 \text{ нормо-змін.}$$

Обсяг робіт в умовних еталонних гектарах (гр.6)

$$Q_{\text{ет.га}} = n_{\text{н.с}} \cdot W_{\text{зм.ет.га}} = 93,1 \cdot 7,7 = 717,2 \text{ у.ет.га.}$$

Напрацювання агрегату за календарний термін (гр.15) визначається за формулою

$$W_{\text{кол}} = W_{\text{см}} \cdot D_{\text{р}} \cdot K_{\text{см}} = 7 \cdot 11 \cdot 2 = 154 \text{ га.}$$

Знаходимо кількість тракторів, с/г машин (графи 16,17,18) за формулою

$$m = Q / W_{\text{кол}} = 652 / 154 = 4,2$$

Приймаємо 5 тракторів ДТ-75М.

Для виконання робіт по оранці приймаємо 5 агрегатів ДТ-75М + ПЛН-5-35.

Витрата палива в добу за формулою

$$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{опер}} / D_{\text{р}} = 11018,8 / 11 = 1001,7 \text{ л.}$$

Витрата моторного масла становить 3% від витрат дизельного палива. Витрата пускового бензину -0,5%, трансмісійного масла - 0,8%, пластичних мастил і консерваційних матеріалів – 0,5%

$$Q_{\text{мас}} = 330,6 \text{ л.}$$

$$Q_{\text{пус.б}} = 55,1 \text{ л.}$$

$$Q_{\text{пл.см}} = 55,1 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{тр.м}} = 88,2 \text{ кг}$$

Витрати праці на одиницю напрацювання (гр.27)

$$Z_{\text{тр}} = T_{\text{см}}(n_{\text{тр}} + n_{\text{всф}}) / W_{\text{см}} = 7/7 = 1 \text{ чел-ч/га.}$$

Витрати праці на весь обсяг робіт:

$$Z_{\text{тр.об}} = Z_{\text{тр}} \cdot Q = 1 \cdot 652 = 652 \text{ чел-ч.}$$

Далі обчислюємо витрати грошових коштів, від пускаємо на виконання даної операції.

Заробітна плата (графа 29)

$$Z_{\text{п}} = N_{\text{см}} \cdot C \cdot K_{\text{д}} = 22,4 \cdot 652 \cdot 1,785 = 25080 \text{ грн.}$$

Вартість ГСМ

$$Z_{\text{гсм}} = Z_{\text{к}} \cdot Q_{\text{опер}} = 11018,8 \cdot 20 = 220376 \text{ грн.}$$

Відрахування на трактор

$$Z_{\text{то і р}} = B \cdot \Pi_{\text{то і р}} \cdot t_{\text{факт}} / 100 \cdot T_{\text{загф}} = 840000 \cdot 17,4 \cdot 652 / 100 \cdot 1300 = 73285 \text{ грн.}$$

на с/г машини

$$Z_{\text{то і р}} = B \cdot \Pi_{\text{то і р}} \cdot t_{\text{факт}} / 100 \cdot T_{\text{загф}} = 600000 \cdot 14 \cdot 652 / 100 \cdot 500 = 5477 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{то і р}} = 73285 + 5477 = 78762 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію на трактор складають

$$A_{\text{тр}} = B \cdot \Pi \cdot t_{\text{факт}} / 100 \cdot T_{\text{загф}} = 840000 \cdot 12,5 \cdot 652 / 100 \cdot 1300 = 52682 \text{ грн.}$$

на с/г машину:

$$A_{\text{с/хм}} = B \cdot \Pi \cdot t_{\text{факт}} / 100 \cdot T_{\text{загф}} = 100000 \cdot 7 \cdot 59,2 / 200 \cdot 100 = 2072 \text{ грн.}$$

$$A = 52682 + 4303 = 56985 \text{ грн.}$$

Графіки необхідні для визначення облікового складу тракторів за марками, зернозбиральних і кормозбиральних комбайнів, автомобілів, які призначені для виконання робіт в зведеному плані з річного завантаження. Вони будуються окремо для марок тракторів, комбайнів та інших енергетичних засобів.

При побудові графіків використання зі зведеної таблиці робіт вибирають всі операції, що виконуються даним енергетичним засобом, і наносять на графіки. При виконанні декількох операцій в один і той же час на графіку кілька прямокутників розташовувати один над іншим, а якщо частина прямокутника нависає над порожнім місцем, то її відокремлюють і опускають на вісь календарного часу або до іншого прямокутника.

Після побудови графіків для всіх марок енергетичних засобів проводять коригування, для зниження пікових значень їх кількості в окремі періоди і забезпечення більш рівномірного завантаження протягом сезону.

Обліковий склад має бути більше, ніж отримано на графіку.

Це враховується коефіцієнтом технічної готовності, який для тракторів і комбайнів приймається рівним 0,85. Обліковий склад машин знаходять діленням кількості, визначеного за графіками використання після їх коригування на коефіцієнт технічної готовності.

На графіку використання енергетичних засобів наносять інтегральну лінію сезонної напрацювання в середньому на одну машину. Для цього з правого боку графіків проводять масштабну лінію сезонної напрацювання, на яку відкладають точки, відповідні напрацювання в пов. га однієї машини при виконанні кожної операції наростаючому підсумком. Кінцева точка на масштабній осі дасть сезонну напрацювання на одну облікову машину.

Списочное кількості тракторів:

$$n_{\text{сп}} = \frac{n_p}{K_{\text{Т.Г.}}}, \quad (4.47)$$

де  $n_p$  – кількість працюючих тракторів;  $K_{\text{Т.Г.}}$  - коефіцієнт технічної готовності;

$$\text{ДТ – 75М: } n_{\text{сп}} = \frac{5}{0,85} = 6 \text{ шт;}$$

$$\text{К-701: } n_{\text{сп}} = \frac{4}{0,85} = 5 \text{ шт;}$$

$$\text{MT3-80: } n_{\text{сп}} = \frac{8}{0,85} = 9 \text{ шт.}$$

Обліковий склад комбайнів:

$$n_{\text{сп}} = \frac{8}{0,85} = 9 \text{ шт.}$$

Склад МТП господарства представлений в таблиці 4.8.

Графіки витрати палива необхідні для визначення кількості технічних обслуговувань по виду ТО за тракторами і комбайнами різних марок і календарного часу їх проведення розрахунків витрат часу на проведення ТО і чисельного складу служби технічного обслуговування, а також для планування доставки палива в господарство по кварталам.

Чисельний склад служби машинного двору:

$$M = \frac{\sum T_{\text{мд}}}{(\Phi_{\text{д}} \cdot \eta)}, \quad (4.56)$$

де,  $\Phi_{\text{д}}$ - дійсний фонд часу,ч;  $\eta$ - коефіцієнт використання робочого часу,  $\eta = 0,9$ .

$$M = \frac{11586,2}{(1960 \cdot 0,9)} = 6,6 \text{ - приймаємо } 7 \text{ чол.}$$

#### 4.8. Розрахунок кількості механізованих заправників

Необхідно вибрати тип механізованих заправників визначити їх кількість для заправки працюють в полі МТА. Їх кількість визначається по формулі:

$$N_{\text{мз}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{V_3 \cdot \Delta \cdot T_p}, \quad (4.57)$$

де  $Q_{\text{сут}}$ - добова витрата палива, л ;  $V_3$ - місткість заправника, л;  $\Delta$  - коефіцієнт використання ємності  $\Delta = 0,95$ ;  $T_p$ - кількість рейсів заправника,  $T_p = 2$ .

Добовий витрата палива приймається за сумарним графіком палива в найбільш напружений період часу робіт. Для обслуговування МТП відділення вибираємо механізований заправник на базі автомобіля МЗ-3904.

Технічна характеристика механізованого заправника:

- дизельне паливо- 2400 л;
- консистентне мастило - 30 л;
- бензин - 80 л; вода - 100 л;
- моторне масло - 60л.

З сумарного графіка витрати сумарної витрати палива  $Q_{\text{сут}} = 4807 \text{л}$ .

$$N_{\text{мз}} = \frac{4807}{2400 \cdot 0,95 \cdot 2} = 1,1$$

Для відділення приймаємо кількість заправників - 2.

#### 2.4 Техніко-економічна оцінка ефективності організації експлуатації МТП

Кількість еталонних тракторів в проектному варіанті визначаємо за формулою:

$$n_{\text{эт}} = n_{\text{т}} \cdot k, \quad (4.58)$$

де  $k$  – коефіцієнт переведення фізичних тракторів в еталонні, значення  $k$  представлено в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 - склад і розмір МТП

Марка машини	кількість фізичних тракторів		Коеф. переводу	Кількість еталонних тракторів	
	базове	проектне		базове	проектне
К-701	5	5	2,7	13,5	13,5
МТЗ-80	8	9	0,7	5,6	6,3
МТЗ-82	4	-	0,73	2,92	-
ДТ-75М	7	6	1,1	7,7	6,6
Усього	24	20		29,72	26,4

Середньорічний обсяг механізованих робіт ум. пов. га визначаємо за формулою:

$$\Omega_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n \Omega_i, \quad (4.59)$$

де  $\Omega_i$  – обсяг механізованих робіт на виконання  $i$  - ої операції,  $\Omega_{\Gamma} = 17618$  усл.

эт. га.

Річне виробництво еталонного трактора:

$$Q_{\Gamma} = \Omega_{\Gamma}/n_{\text{эт}}, \quad (4.60)$$

базове  $Q_{\Gamma} = 17618/29,72 = 592$  ум. эт. га.

проектне  $Q_{\Gamma} = 17618/26,4 = 667$  ум. эт. га.

Базовий коефіцієнт змінності з господарства дорівнює  $K_{\text{см}} = 1,2$ .

Коефіцієнт змінності визначаємо за формулою:

$$K_{\text{см}} = M_{\text{см}}/M_{\text{дн}}, \quad (4.61)$$

де  $M_{\text{см}}$  – відпрацьовано машино-змін;  $M_{\text{дн}}$  – відпрацьовано машино-днів.

$$M_{\text{см}} = Q_{\Gamma}/Q_{\text{эт. тр}}, \quad (4.62)$$

де  $Q_{\text{эт. тр}}$  – змінна норма вироблення еталонного трактора,  $Q_{\text{эт. тр}} = 7$  усл. эт. га.

базове  $M_{\text{см}} = 592/7 = 84,6$  маш.-см.

проектне  $M_{\text{см}} = 667/7 = 95,3$  маш.-см.

$$M_{\text{дн}} = N_{\text{см}}/n_{\text{эт}}, \quad (4.63)$$

базове  $M_{\text{дн}} = M_{\text{см}}/K_{\text{см}} = 84,6/1,2 = 70,5$  маш.- дн.

проектне  $M_{\text{дн}} = 95,3/1,2 = 79,4$  маш.- дн.

$K = 95,3/79,4 = 1,2$

Денна вироблення еталонного трактора:

$$Q_{\text{дн}} = Q_{\Gamma}/M_{\text{дн}}, \quad (4.64)$$

базове  $Q_{\text{дн}} = 592/70,5 = 8,4$  усл. эт. га.

проектне  $Q_{\text{дн}} = 95,3/79,4 = 1,2$  усл. эт. га.

Змінна вироблення еталонного трактора:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\Gamma}/M_{\text{см}}, \quad (4.65)$$

базове  $Q_{\text{см}} = 592/84,6 = 6,9$  усл. эт. га.

проектне  $Q_{см} = 667/95,3 = 7$  усл. эт. га.

Собівартість одного ум. пов. га визначається за формулою

$$C_{\Pi} = \frac{\sum Z_{\Pi} + \sum Z_{Т} + \sum Z_{ТР} + \sum Z_{А}}{\sum \Omega_{усл.эт.га}}, \quad (4.66)$$

$$C_{\Pi} = \frac{10785444}{17618,1} = 612 \text{ грн/ эт. га.}$$

За матеріалами собівартість одного ум. ет.га в базовому варіанті склала  $C_{Б} = 642$  грн/усл.ет.га.

Тоді економія експлуатаційних витрат визначається за формулою:

$$\mathcal{E}_{ф} = (C_{Б} - C_{\Pi}) \cdot \Omega_{эт.га}, \quad (4.67)$$

де  $C_{Б}$  – фактична собівартість механізованих робіт в базовому варіанті, грн/усл. эт. га;  $C_{\Pi}$  – проектна собівартість механізованих робіт в господарстві;  $\Omega_{эт.га}$  – середньорічний обсяг механізованих робіт.

$$\mathcal{E}_{ф} = (642 - 612) \cdot 17618,1 = 528543 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники представлені в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 - Техніко-економічні показники

Показники	Один. виміру	Значення		
		Базове	Проектне	Проектне в % до базового
кількість тракторів				
а) фізичні	шт.	24	20	83
б) еталонні		29,72	26,4	89
Середньорічний обсяг механізованих робіт	усл.ет. га	17618	17618	100
Вироблення на один еталонний трактор	усл.ет. га			
а) річна		592	667	113

б) денна		8,2	10,4	127
в) змінна		6,9	7,0	101
Відпрацьовано в розрахунку на один еталонний трактор				
а) машино-днів		72	64,3	89
б) машино-змін		84,6	95,3	113
коефіцієнт змінності		1,2	1,48	123
Собівартість одного усл. эт. га	грн.	642	612	95
Річна економія виробничих витрат	грн.	-	528543	-

### 3 ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ

#### 3.1 Обґрунтування конструкції приладу

Технічне обслуговування - комплекс робіт з підтримки працездатності машин при їх використанні, зберіганні та транспортуванні.

Очистіть паливний насос, встановлений на дизелі, корпус фільтрів тонкого очищення палива і топлівопроводи, що йдуть від ФТО до ТНВД і топлівоподкачивающего насоса. Підключіть манометр до системи подачі палива низького тиску (рис. 3.1). Для цього рукав манометра приєднайте за допомогою штуцера до нагнетательной магістралі насоса, що підкачує перед фільтром тонкого очищення. Прокачайте систему подачі палива, видаливши з неї повітря за допомогою продувочного клапана. Пустіть дизель, перевірте і при необхідності відрегулюйте частоту обертання колінчастого вала. Встановіть номінальну частоту обертання коленвала дизеля при холостий роботі і виміряйте тиск датчика до фільтра тонкого очищення. За отриманими даними оцініть стан погойдуються насоса. У табл. 5.1 наведені номінальні, допустимі і граничні значення тиску до фільтра. Якщо тиск палива до фільтру має граничне значення, то несправний насос, що підкачує: завис або засмітився перепускний або нагнітальний клапан (розберіть і очистіть їх); деформувалася пружина поршня (замініть пружину); зносилося сполучення поршень-циліндр (замініть насос, що підкачує).

Таблиця 3.1 - Тиск палива до ФТО паливної системи дизелів тракторів

Трактори	Тиск перед фільтром, МПа		
	номінальне	допустиме	граничне
К-701	0,13-0,23	0,08-0,18	0,07
К-700А	0,13-0,23	0,08-0,18	0,07
Т-150К	0,25-0,30	0,20-0,25	0,08

МТЗ-80/82	0,12	0,10	0,07
ЮМЗ-6 і модифікації	0,12	0,10	0,07
Т-40 і модифікації	0,12	0,10	0,07
Т-4А	0,12	0,10	0,05
ДТ-75М	0,12-0,15	0,12	0,07
ДТ-75	0,12-0,15	0,08	0,07
МТЗ-50/52	0,12	0,09	0,07

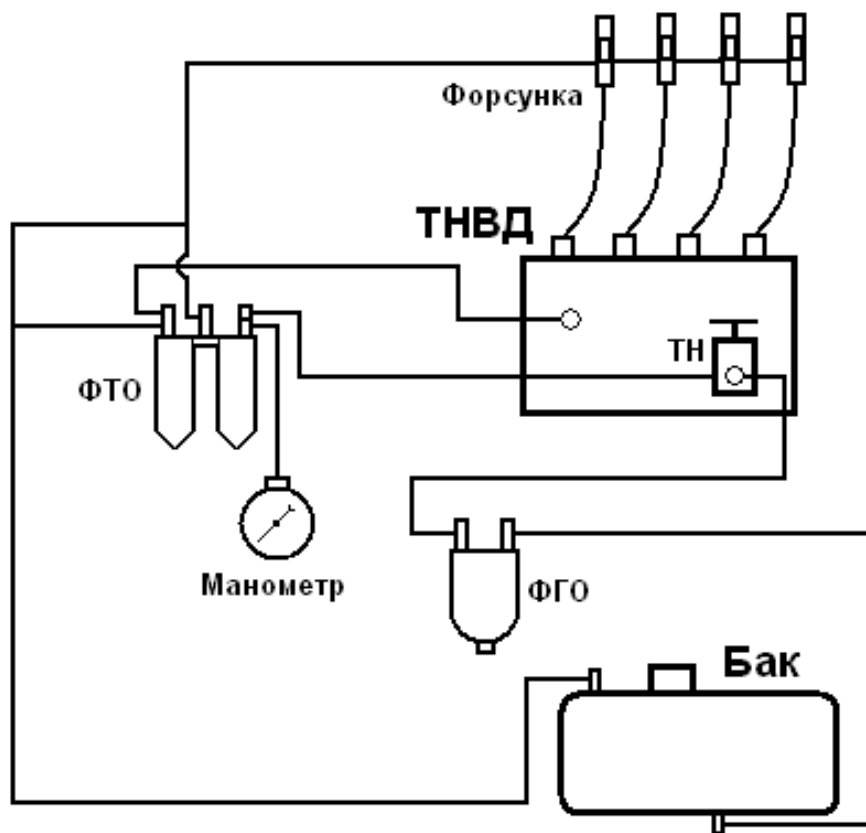


Рис.3.1 Визначення стану перепускного клапана і насоса, що підкачує.

Недоліком даного методу є те, що ми не можемо перевірити стан подачі палива до насоса, яка перевіряється наступному методом:

Очистіть паливний насос і паливопровід низького тиску від паливного бака до топливоподкачивающего насоса. Спробуйте запустити дизель. Якщо дизель не

запускається або запускається, але працює з перебоями, перевірте герметичність всмоктуючої порожнини подачі палива. Відверніть штуцер, що з'єднує паливопровід з корпусом (вхідним каналом) топливopодкачивающего насоса. За допомогою подовженого штуцера з'єднайте пристрій КІ-28141 (рис. 3.2) і паливопровід з корпусом топливopодкачивающего насоса. Пустіть дизель і виміряйте вакуумметрическое тиск в порожнині всмоктування палива за допомогою вакуумметра пристрою. Якщо вакуумметрическое тиск менше 0,05 ... 0,07 кгс/см<sup>2</sup>, значить негерметично з'єднані сполучення лінії подачі палива від бака до топливopодкачивающего насоса або має місце прорив трнрки подачі палива, або завис перепускний клапан насоса підкачки палива. Якщо ж вакуум більше 0,08 ... 0,1 кгс/см<sup>2</sup>, засмічена лінія подачі палива від бака до топливopодкачки (засмічений ФГО палива, топливopроводи, загерметизований паливний бак). Розберіть вузли і сполучення лінії паливопроводу і усуньте несправність. Зберіть лінію подачі палива і ще раз перевірте її технічний стан.

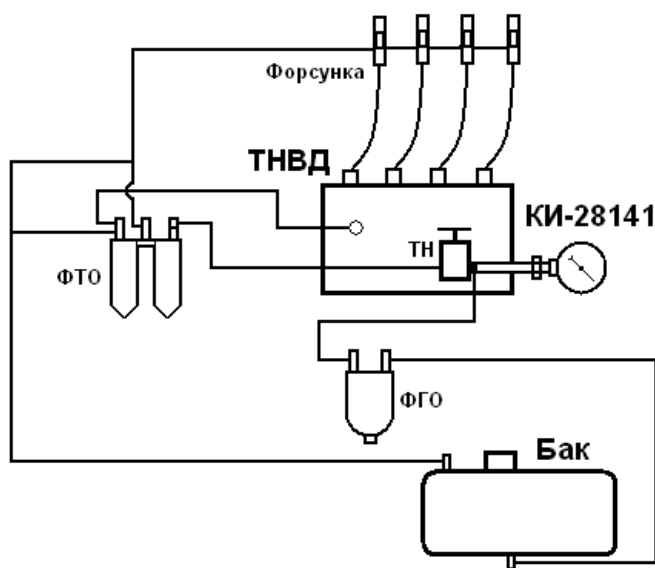


Рис.3.2 Визначення герметичності порожнини всмоктування системи подачі палива пристроєм КІ-28141

Нами запропоновано виконувати ці перевірки одночасно, використовуючи нашу конструкцію приладу для діагностування.

Схема підключення приладу представлена на рис.3.3

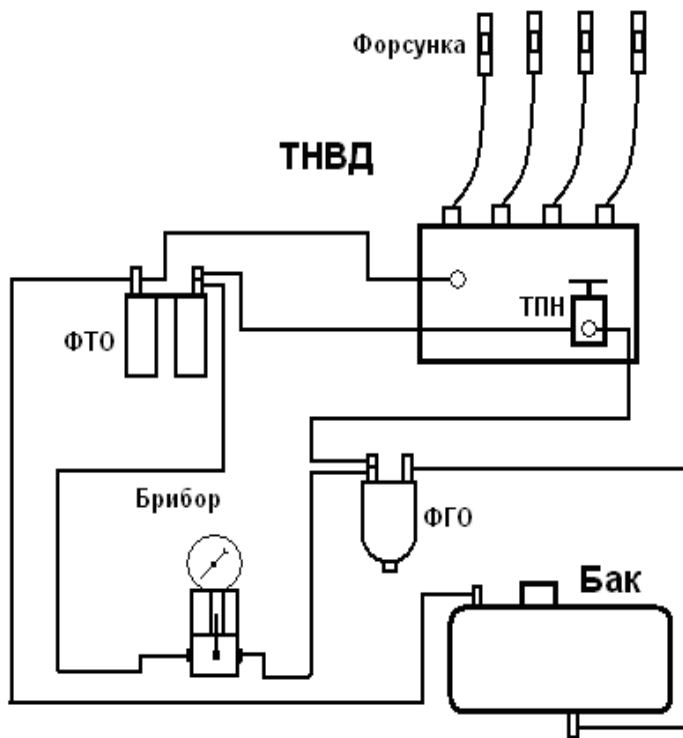


Рис.5.3 Схема застосування розробки

Очистіть паливний насос, встановлений на дизелі, корпус фільтрів тонкого очищення палива і топлівопроводи. Підключіть прилад до системи подачі палива низького тиску. Для цього рукав, з'єднаний з манометром приладу приєднаєте за допомогою штуцера у нагнетательной магістралі насоса, що підкачує перед фільтром тонкого очищення. Потім за допомогою подовженого штуцера підключіть рукав вакуумметра до вихідній магістралі фільтра гтрної очистки. Пустіть дизель і за отриманими показниками визначте стан топливоподкачивающего насоса. Якщо тиск палива до фільтру тонкого очищення має граничне значення, то несправний насос, що підкачує: завис або засмітився перепускний або нагнітальний клапан (розберіть і очистіть їх); деформувалося пружина поршня (замініть пружину); зносилося сполучення поршень-циліндр (замініть підкачує насос). Якщо вакуумметрическое розрядження менше  $0,05..0,07 \text{ кгс / см}^2$   $0,08$ , значить негерметично з'єднані сполучення лінії подачі палива від бака до

топливоподкачивающего насоса або має місце прорив трнрки подачі палива, або завис перепускний клапан насоса підкачки палива. Якщо ж вакуум більш 0,08..0,1 кгс / см<sup>2</sup>, засмічена лінія подачі палива від бака до топливоподкачки (засмічений ФТО палива, топливopроводи, загерметизований бак). Розберіть вузли і сполучення лінії топливopроводи і усуньте несправності. Тобто прилад дозволяє визначити стан топливоподкачивающего насоса і шляхи усунення несправностей, якщо такі виявляться, і як наслідок йде скорочення трудомісткості діагностування та ремонту.

Таблиця 3.2 - Технологічна карта діагностування

№ п/п	Зміст роботи і методика її виконання	Технічні вимоги	прилади, пристосування, інструменти
1	2	3	4
1	Очистіть паливний насос, встановлений на дизелі, корпус фільтрів тонкого очищення палива і топливopроводи		Щітка, ганчір'я
2	Встановити пристрій для перевірки паливної системи.	герметичність з'єднань	пристрій, Ключі 13x14, 17x19, 22x24
3	Запустити двигун і прогріти до робочої температури.	Температура 80-90 <sup>0</sup> С	
4	За отриманими показниками визначте стан топливоподкачивающего насоса.	- номінальне вакуумметрическое розрядження 0,08..0,1 кгс / см <sup>2</sup> ,	

		номінальне тиск перед фільтром 1,2-1,5 кгс/см <sup>2</sup>	
--	--	--	--

### 3.2 Розрахунок економічної ефективності конструкції приладу

Для виконання розрахунків по економічному обґрунтуванню розробленої конструкції необхідно визначити витрати матеріально-грошових коштів на його виготовлення за формулою

$$C_K = C_{КД} + C_{ОД} + C_{ПД} + C_{СБ} + C_{ОБР}, \quad (5.1)$$

$$C_{КД} = P \cdot Ц, \quad (5.2)$$

$$C_{ОД} = C_{пр.н} + C_{м.з}, \quad (5.3)$$

$$C_{пр.н} = C_{пр} + C_{д} + C_{есн}, \quad (5.4)$$

$$C_{ПП} = t \cdot C_{ч} \cdot k_{д}, \quad (5.5)$$

$$C_{д} = 0,4 \cdot C_{пр}. \quad (5.6)$$

$$C_{есн} = \frac{26,2(C_{пр} + C_{д})}{100}. \quad (5.7)$$

$$C_{м.з} = C_{д} \cdot Q_{д}, \quad (5.8)$$

Таблиця 3.3 - Виготовлення оригінальних деталей

Найменування оригінальної деталі	кількість	t виготов.,	Сч. тариф, р.	C <sub>пр</sub> , р./шт	C <sub>пр.н</sub> , р./шт	Q <sub>д</sub> , кг	C <sub>д</sub> , р./кг	C <sub>м.з</sub> , р./шт	C <sub>од</sub> , р./шт	ΣC <sub>од</sub> , р.
перехідник	1	1,0	24,4	24,4	26,2	0,25	14,2	3,55	29,75	29,75
Пластина	1	0,3		4,45	7,86	0,1	15,6	1,56	9,42	9,42
Штуцер	1	2		48,4	52,4	0,61	15,6	9,52	61,92	61,92
Золотник	1	0,4		5,93	10,48	0,05	15,6	0,78	11,26	11,26

перехідник паливний	1	0,5		7,42	13,11	0,41	14,2	5,82	18,93	18,93
усього, грн.				90,6						131,28

Вартість покупних деталей, виробів винесемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Витрати на покупку необхідних деталей і вузлів

№ п/п	Найменування деталі	Кількість, шт	вартість, грн/шт	усього
1	Пружина	1	20	20
2	Шарик	1	50	50
3	Прокладка	1	150	150
4	Хомут	1	70	70
5	Болт М10	6	15	90
6	Гайка М10	2	10	20
7	Шайба	6	7	42
8	Кольцо ущільнювача	2	50	100
	усього, грн.			542

Сумарну трудомісткість складання складових частин конструкції представимо в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Трудомісткість складання складових частин конструкції

№ п/п	Вид роботи	трудомісткість, чол.-ч.
1	Монтаж прибору	3
3	закручування гайок	0,5
4	збірка елементів	0,5
	усього	4,0

$$t_{\text{сб}} = k_{\text{с}} \cdot \sum T_{\text{сб}} = 1,08 \cdot 4 = 4,32 \text{ чол.-ч.}$$

$$C_{\text{сб}} = t_{\text{сб}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{д}} = 4,32 \cdot 22,9 \cdot 1,03 = 101,9 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{д}} = 0,4 \cdot C_{\text{пр}} = 0,4 \cdot 101,9 = 40,8 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{счн}} = \frac{26,2(C_{\text{сб}} + C_{\text{д}})}{100} = \frac{26,2(101,9 + 40,8)}{100} = 37,2 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{сб.н}} = C_{\text{сб}} + C_{\text{д.сб}} + C_{\text{счн}} = 101,9 + 40,8 + 37,2 = 179,9 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{оп}} = \frac{C_{\text{п}} \cdot R_{\text{оп}}}{100}, \quad (5.12)$$

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{сб}}. \quad (5.13)$$

$$C_{\text{п}} = 90,6 + 101,9 = 192,5 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{оп}} = \frac{192,5 \cdot 40}{100} = 77 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{к}} = 40 + 131,28 + 542 + 179,9 + 77 = 790,18 \text{ грн.}$$

$$n_{\text{ч}} = \frac{60}{T_{\text{оп}}}, \quad (5.14)$$

де  $T_{\text{оп}}$  – час операції, хв.

Базовий:

$$n_{\text{ч.б}} = \frac{60}{240} = 0,25 \text{ оп/ч.}$$

проектований:

$$n_{\text{ч.б}} = \frac{60}{60} = 1 \text{ оп/ч.}$$

Продуктивність:

$$P_{\text{см}} = T_{\text{см}} \cdot n_{\text{ч}}, \quad (5.15)$$

Базовий:

$$P_{\text{см.б}} = 7 \cdot 0,25 = 1,75 \text{ оп/см.}$$

Проектований:

$$P_{\text{см.п}} = 7 \cdot 1 = 7 \text{ оп/см.}$$

$$z_{\Gamma} = \frac{1}{n_{\Gamma}}, \quad (5.16)$$

$$z_{\Gamma,6} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ чел.-ч.}$$

проектований варіант:

$$z_{\Gamma,6} = \frac{1}{1} = 1 \text{ чел.-ч.}$$

$$C_{\Theta} = C_{\text{зп}} \cdot N_{\text{то}} + C_{\text{а}} + C_{\text{то}}, \quad (5.17)$$

$$O_{\Gamma} = \frac{C_{\text{к}}}{\Theta_{\Gamma}}. \quad (5.23)$$

$$O_{\Gamma} = \frac{790,18}{2374,18} = 0,33 \text{ років}$$

Таблиця 3.6 - Техніко-економічні показники ефективності застосування конструкції

№ п/п	Показник	значення	
		Базове	Проектир.
1	кількість конструкції, грн.	–	790,18
2	продуктивність:		
	а) за годину основного часу, оп / год.	0,25	1
	б) за зміну, оп / см.	1,75	7
3	Витрати праці на одиницю роботи, чел.-ч.	4	1
4	Експлуатаційні витрати на роботу за рік, грн.	3332,2	958,02
5	Очікувана річна економія, грн.	–	2374,18
6	Років	–	0,33

### 3.3 Розрахунок конструкції на міцність

Для перевірки міцності перехідника представимо малюнок 6.1.

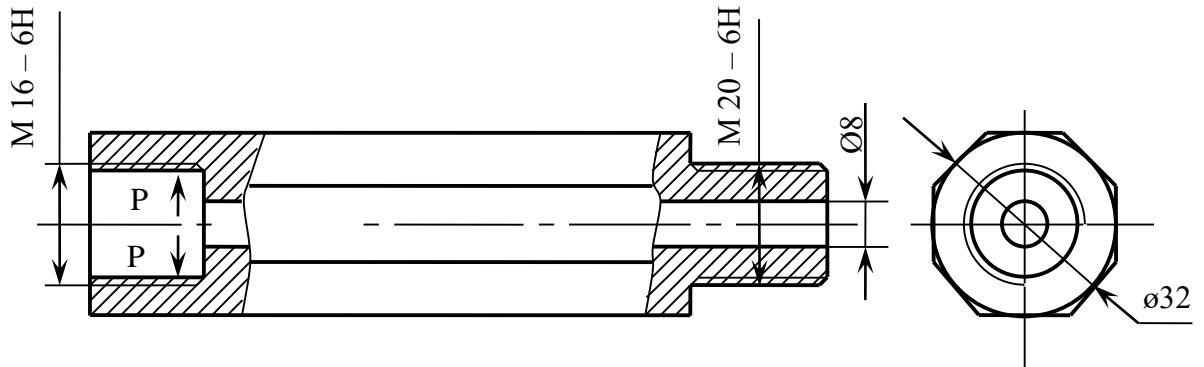


Рис. 3.1. перехідник.

За третьою теорією міцності перевіряємо товщину стінок перехідника, що знаходяться під внутрішнім тиском палива  $P = 3$  МПа.

Діаметр зовнішнього кола перехідника  $d_1 = 0,032$  мм; внутрішній діаметр перехідника  $d_2 = 0,016$  мм; допустима напруга для сталь 20 одно  $[\sigma] = 175$  МПа .

Визначимо поздовжні і поперечні напруги за формулами:

$$\sigma_r = \frac{P \cdot d_2^2}{d_1^2 - d_2^2} \left[ 1 - \frac{d_1^2}{d_2^2} \right], \quad (3.1)$$

i

$$\sigma_\tau = \frac{P \cdot d_2^2}{d_1^2 - d_2^2} \left[ 1 + \frac{d_1^2}{d_2^2} \right], \quad (3.2)$$

$$\sigma_r = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 0,016^2}{0,032^2 - 0,016^2} \left[ 1 - \frac{0,032^2}{0,016^2} \right] = 0,61 \text{ МПа} < 175 \text{ МПа};$$

$$\sigma_\tau = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 0,016^2}{0,032^2 - 0,016^2} \left[ 1 + \frac{0,032^2}{0,016^2} \right] = 1,6 \text{ МПа} < 175 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p = \sigma_\tau + \sigma_r = 1,6 + 0,61 = 2,21 \text{ МПа} < 175 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Визначимо силу  $F$  діє на різьблення по формулі

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} P, \quad (3.3)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр різьби,  $d = 0,016$  м;  $P$  – максимальний тиск рідини, які діє на різьби,  $P = 3$  МПа

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,016^2}{4} 3 \cdot 10^6 = 401,9 \text{ Н.}$$

Умова міцності різьби по напрузі зрізу

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_m \cdot K} < [\tau], \quad (3.4)$$

де  $d_1$  – внутрішній діаметр різьби,  $d_1 = 0,013835$  м;  $h$  – глибина загвинчування в деталь, мм;  $K_m$  - коефіцієнт нерівномірності навантаження по гвинтів різьблення,  $K_m = 0,6 \dots 0,7$ ;  $K$  - коефіцієнт потужності різьблення, для трикутної різьби  $K = 0,87$ ;  $[\tau]$  допустиме напруження зрізу різьби.

Глибина загвинчування в деталь дорівнює

$$h = z \cdot p, \quad (3.5)$$

де  $z$  – число робочих витків, загвинчених в деталь,  $z = 6$ ;  $p$  - крок різьби,  $p = 2$  мм.

$$h = 6 \cdot 2 = 12 \text{ мм.}$$

Допустима напруга зрізу різьби одно

$$[\tau] = 0,4 \cdot [\sigma_T], \quad (3.6)$$

де  $[\sigma_T]$  – межа плинності, для Ст 20  $[\sigma] = 175$  МПа.

$$[\tau] = 0,4 \cdot 175 = 70 \text{ МПа.}$$

$$\tau = \frac{401,9}{3,14 \cdot 0,013835 \cdot 0,012 \cdot 0,6 \cdot 0,87} = 1,5 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Для перевірки розрахунку рукояті зобразимо схему дії сил на малюнку 3.2.

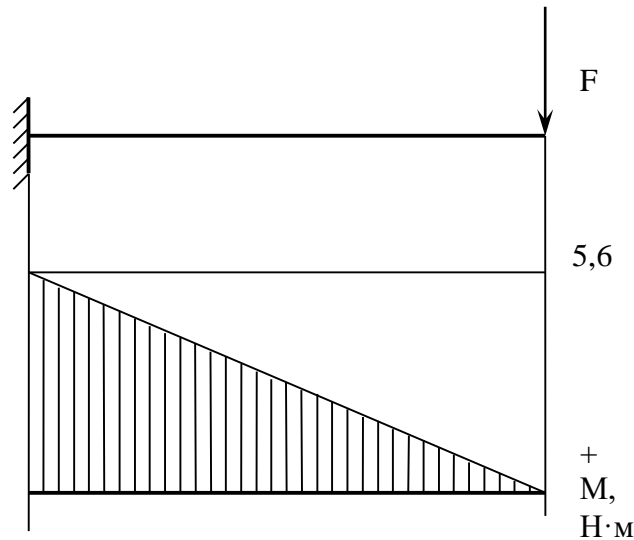


Рис. 3.2. Схема сил діючих на рукоять

Зусилля на рукояті складається з сил тертя в сальнику, ущільнювальному гумовому кільці. приймаємо орієнтовно  $F \approx 70\text{Н}$

Розрахуємо на вигин стрижень рукояті  $d = 6\text{ мм}$ .

Перевірка рукояті здійснюється за напругою на вигин за формулою

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M}{0,1 \cdot d^3} \leq [\sigma], \quad (3.7)$$

де  $M$  – момент на рукояті,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $[\sigma]$  – допустима напруга на вигин, для Ст. 2  $[\sigma] = 110\text{ МПа}$ .

Момент на рукояті дорвнює

$$M = F \cdot L, \quad (3.8)$$

де  $L$  – довжина рукояті,  $L = 0,08\text{ м}$ .

$$M = 70 \cdot 0,08 = 5,6\text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{5,6}{0,1 \cdot 0,006^3} = 25,9\text{ МПа} \leq 110\text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

Наводиться пропозиції щодо підвищення ефективності використання МТП. Спроектований машинно-тракторний парк дозволяє виконати весь обсяг робіт в оптимальні терміни за рахунок кращої організації використання наявної техніки, раціонального комплектування МТА при виконанні с / г робіт.

Планування технічного обслуговування і розрахунок служби машинного двору дозволяє скоротити витрати на ТО, зберігання в основному через зменшення кількості с / г машин і тракторів, а також чисельності служб.

Запропонована в дипломному проекті конструкція приладу для перевірки системи живлення дизеля дозволить підвищити якість діагностування двигуна.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Artiomov, N., Anikeev, A., Kaluzhniy, A., Sirovitskiy, K., & Kolodiazhnyi, I. (2022). Investigation of agricultural unit loads in non-established mode of motion when performing technological operations.
2. Blundell M., Harty D. *The Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics*. ButterworthHeinemann, 288, 2004. DOI: 10.1016/b978-0-7506-5112-7.x5000-3. (In German).
3. Cihangir, H. and Oktem, A. (2019) “The Effect of Different Organic Nutrients on Some Quality Properties of Popcorn (*Zea mays L. everta*)”, *Asian Food Science Journal*, 7(2), pp. 1–9. doi: 10.9734/afsj/2019/v7i229965.
4. Couhoulé Allou, S., Ebah, C. B., Gnelie Gnahoua, J.-B., Jean-François LOA, B. R. and Kouamé, F. (2021) “Influence of Organic Fertilization on the Physico-Chemical and Organoleptic Quality of Attiekes of Three Varieties of Cassava (*Manihot esculenta C.*)”, *Asian Food Science Journal*, 20(10), pp. 145–153. doi: 10.9734/afsj/2021/v20i1030370
5. Динаміка та енергетика руху багатоелементарних машинно-тракторних агрегатів [Текст] : монографія / Р. В. Антощенко ; Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. - Харків : Міськдрук, 2017. - 242 с.
6. Експлуатація машин і обладнання : методичні вказівки щодо виконання курсового проекту для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» / Зубко В.М., Сировицький К.Г. - Суми, 2022. – 36 с.
7. Експлуатація машин і обладнання : методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних занять № 1 для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» / Зубко В.М., Сировицький К.Г. - Суми, 2022. – 68 с.

8. Експлуатація машин і обладнання : методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних занять № 2 для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» / Зубко В.М., Сировицький К.Г. - Суми, 2022. – 195 с.

9. Експлуатація машин і обладнання. Каталог сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник / М. П. Артёмов [та ін.] ; за ред. В. І. Мельника. 2-ге вид., перероб. і доп. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2022. - 600 с. Ковтун Ю. І. Технологічна блочно-варіантна система машиновикористання в землеробстві України: монографія. Частина 1/ Ю. І. Ковтун [та ін.] – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 204 с.

10. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний посібник : Каталог сільськогосподарської техніки / О. В. Нанка [та ін.] ; за ред. В. І. Мельника. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. - 594 с.

11. Експлуатація та сервіс техніки. Частина І. Трактори. Навчальний посібник. / С.О. Харченко, О.В. Адамчук, О.І. Анікеєв, К.Г. Сировицький, Є.А. Гаєк, І.С. Тіщенко, Д.О. Харченко. За ред. С.О. Харченка. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 140 с.

12. Збірник методик з використання машин в землеробстві / За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с.

13. Збірник наукових праць. Випуск 28 (42). Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського господарства України. Дослідницьке 2021.

14. Зінько, Р., Шуляк, М., Скварок, Ю. і Глобчак, М. (2021) «Аналіз методик проектування сільськогосподарських машин», Науковий журнал «Інженерія природокористування», (1(19)), с. 75-85. doi: 10.5281/zenodo.6902711.

15. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р. В. Склар, О. Г. Скляр, Н.

І. Болтянська, Д. О. Мілько, Б. В. Болтянський. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. – 608 с., іл.

16. Практикум з теорії та розрахунку сільськогосподарських машин : навчальне видання / Д. Г. Войтюк [та ін.]. - К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. - 185 с.

17. Практикум з теорії та розрахунку сільськогосподарських машин : навчальне видання / Д. Г. Войтюк [та ін.]. - К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. - 185 с.

18. Протокол випробувань Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого № 2392/1004-03- 2019.

19. Системи точного землеробства [Текст] : підручник / Л. В. Аніскевич [та ін.] ; ред. Л. В. Аніскевич. - Київ : НУБіП України, 2018. - 568 с.

20. Шкарівський, Григорій Васильович. Трансмисії мобільних машин : навчальний посібник / Г. В. Шкарівський. - К. : ФОП Ямчинський О.В., 2021. - 439 с.

## **ДОДАТКИ**