

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення тракторів марки ХТЗ шляхом розробки
системи підкачки коліс**

Виконав: студент 4 курсу, групи М-3-20 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Стужук Іван Михайлович

Керівник: _____ Бойко Владислав Борисович

Рецензент: _____

Дніпро – 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

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

Стужуку Івану Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення тракторів марки ХТЗ шляхом розробки системи підкачки коліс

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«6» травня 2024 року № 984

2. Строк подання студентом роботи 14.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту Напрацювання науковців кафедри з удосконалення тракторів марки ХТЗ. Довідкова інформація з літературних джерел та рекламних проспектів за обраною тематикою.

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

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

1. Аналіз господарської діяльності (A1). 2. Об'єкт удосконалення (A1). 3. Аналіз способів підвищення прохідності тракторів (A1). 4. Система підкачки коліс трактора ХТЗ-150К (A1). 5. Ступиця колеса (A1). 6. Штуцер (A3). 7. Обойма (A3). 8. Ступиця (A3). 9. Кільце (A4). 10. Упорне кільце (A4). 11. Економічні показники проекту (A1).

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання: 6.05.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	6.05.24-11.05.24	
2	Технологічний	12.05.24-18.05.24	
3	Конструкційний	19.05.24-30.05.24	
4	Охорона праці	1.06.24- 3.06.24	
5	Економічний	4.06.24-6.06.24	
6	Графічна частина	7.06.24-14.06.24	

Студент

(підпис)

Стужук І.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бойко В.Б.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Стужук І.М. Удосконалення тракторів марки ХТЗ шляхом розробки системи підкачки коліс/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню тракторів марки ХТЗ шляхом розробки системи підкачки коліс.

Запропоноване удосконалення дозволить поліпшити прохідність та тягові показники тракторів марки ХТЗ.

В першому розділі проведено аналіз господарської діяльності в господарстві де буде проведено удосконалення ходової частини тракторів ХТЗ.

В другому розділі проведено аналіз основних шляхів підвищення прохідності та тягових показників тракторів. За результатами проведеного аналізу обрано спосіб підвищення прохідності та тягових показників тракторів ХТЗ, розроблено конструктивну схему підкачки коліс трактора на ходу.

В третьому розділі проведено основні конструктивні та технологічні розрахунки, елементів системи підкачки шин.

Розглянуто питання з охорони праці при експлуатації тракторів з запропонованою системою підкачки коліс.

Виконано економічне обґрунтування запропонованої системи підкачки коліс тракторів марки ХТЗ .

Ключові слова: компресор, ресивер, кран керування, регулятор тиску, регулювальний клапан.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	8
1.1. Загальні відомості	8
1.2. Структура земельних угідь господарства	8
1.3 Система машин в рослинництві	12
1.4. Економічні показники господарства	14
1.5 Висновки	17
Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Цілі та завдання дипломного проектування	18
2.2 Об'єкт модернізації	18
2.3 Агротехнічна прохідність тракторів	20
2.3.1 Геометричні показники прохідності	22
2.3.2 Тягові та опорно-зчіпні показники прохідності	24
2.4 Аналіз способів підвищення прохідності тракторів	25
2.5 Патентний пошук	32
2.6 Висновки	34
Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	35
3.1 Розробка схеми підкачування шин колісних тракторів марки ХТЗ	35
3.2 Енергетична складова системи накачування шин	39
3.3 Теоретичні положення розрахунку системи підкачки коліс	40
3.3.1 Розрахунок часу наповнення повітрям камер коліс	41
3.3.2 Розрахунок часу стравлювання повітря з камер коліс	42
3.3.3 Розрахунок об'єму системи підкачки коліс	45
3.3.4 Результати розрахунку основних параметрів системи підкачки	46
3.4 Розрахунок на міцність магістралей	52

3.5 Висновки	56
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	57
4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві	57
4.2 Аналіз виробничого травматизму в господарстві	60
4.3 Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві	62
4.4 Висновки	63
Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	65
Висновки	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
ЛІТЕРАТУРА	75
ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Підвищення прохідності та тягових показників тракторів загального призначення, являється пріоритетним завданням при проектуванні та експлуатації машино-тракторних агрегатів (МТА) [1].

Дослідженнями встановлено, що втрата зчеплення та підвищення буксування рушіїв знижує продуктивність МТА від 10% до 25%, витрата палива при цьому зростає від 12% до 18% - це знижує ефективність механізованих робіт і вирощування сільськогосподарських культур в цілому [2, 3].

Існує досить велика кількість способів для вирішення проблем пов'язаних з втратою зчеплення колісних рушіїв [4, 5]. Найбільш поширеним способом підвищення прохідності та тягових показників тракторів являється баластування (довантаження) коліс трактора додатковими вантажами або наповненням пневматичних шин водою. Використання останнього способу обмежено температурою навколишнього середовища, за низьких температур не використовується, а також являється даний спосіб менш ефективним та технологічно складним.

Наступним способом підвищення прохідності колісних рушіїв, являється збільшення контактної площі за рахунок збільшення кількості коліс (здвоєнням або зтроєнням коліс). До недоліків даного способу можна віднести ускладнення кінематики розвороту МТА і збільшення навантаження на опорні частини шасі.

Також одним із актуальних та перспективних являється спосіб зміни тиску в шинах в залежності від надійності опорної поверхні. Для реалізації даного способу ходова частина більшості автомобілів спроєктованих для руху по бездоріжжю обладнані системою підкачки шин, що не можна сказати про трактори загального призначення. Так відсутня інформація по застосування таких систем на тракторах. З метою підвищення прохідності та тягових показників тракторів загального призначення ХТЗ в кваліфікаційній роботі розроблено схему та конструкцію системи підкачування коліс адаптовану для конструкції ходової частини колісних тракторів ХТЗ.

Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1. Загальні відомості

Товариство з обмеженою відповідальністю «Зоря» розміщене в Синельниківському районі с. Гаврилівка в 154 кілометрах від обласного центру міста Дніпро. Територія землекористування ТОВ «Зоря» розташоване в лісостеповій зоні та належить до лівобережної частини України. Для даної зони поширений помірний клімат, з теплою зимою і сухим літом.

Земельні угіддя господарства розміщені в водорозподілі рік Дніпро і Просяна. Основна площа орних земель розміщена на правому березі річки Просяна.

Природнокліматичні умови господарства являються типовими для Лісостепової зони України. Ґрунтовий покрив різноманітний, але основну частину займають родючі чорноземи. Орні землі господарства розміщені по всій території рівномірно.

За даними метеостанції середня багаторічна температура повітря складає в січні – 6,2° С, в липні – +21,1-27,3° С. Кількість днів з температурою понад 10° С – 170, що цілком достатньо для дозрівання головних сільськогосподарських культур. Річна кількість опадів 500-550 мм.

1.2. Структура земельних угідь господарства

Земля – основний виробничий ресурс сільськогосподарського виробництва. Земельні ресурси дають можливість виробляти продукцію рослинництва, яка є основною для виробництва продукції тваринництва.

Розглянемо склад і структуру землекористування ТОВ «Зоря» в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Динаміка складу і структури земельних ресурсів ТОВ
«Зоря» за 2021-2023 рр.

Види угідь	Роки						2023р. у % до 2021р.
	2021		2022		2023		
	га	%	га	%	га	%	
Загальна земельна площа	4679	100	4679	100	4201	100	89,8
Всього с.-г. угідь	3463	74,0	3452	73,8	2994	71,3	86,5
в т.ч.: рілля	2843	60,8	2177	46,5	2510	59,7	88,3
сінокоси	302	6,5	402	8,6	287	6,8	95,0
багаторічні насадження	7	0,1	7	0,2	5	0,1	71,4
пасовища	311	6,6	866	18,5	192	4,7	61,7
Площа лісу	504	10,8	504	10,8	504	12	—
Ставки і водоймища	9	0,2	9	0,2	9	0,2	—
Присадибні ділянки	314	6,7	314	6,7	314	7,5	—
Інші угіддя	389	8,3	400	8,5	380	9	97,7

Отже аналізуючи данні таблиці 1.1 слід сказати, що загальна земельна площа господарства у 2023 році порівняно з 2021 роком зменшилася на 478 га або 10,2%. Це пояснюється тим, що у 2023 році ця частина земель господарства була орендована фірмою «Інтер», яка проводила на цих угіддях самостійну господарську діяльність. Площа нині зменшилася на 333 га або на 11,7 % , площа сінокосів і пасовищ відповідно на 15 га і 119 га.

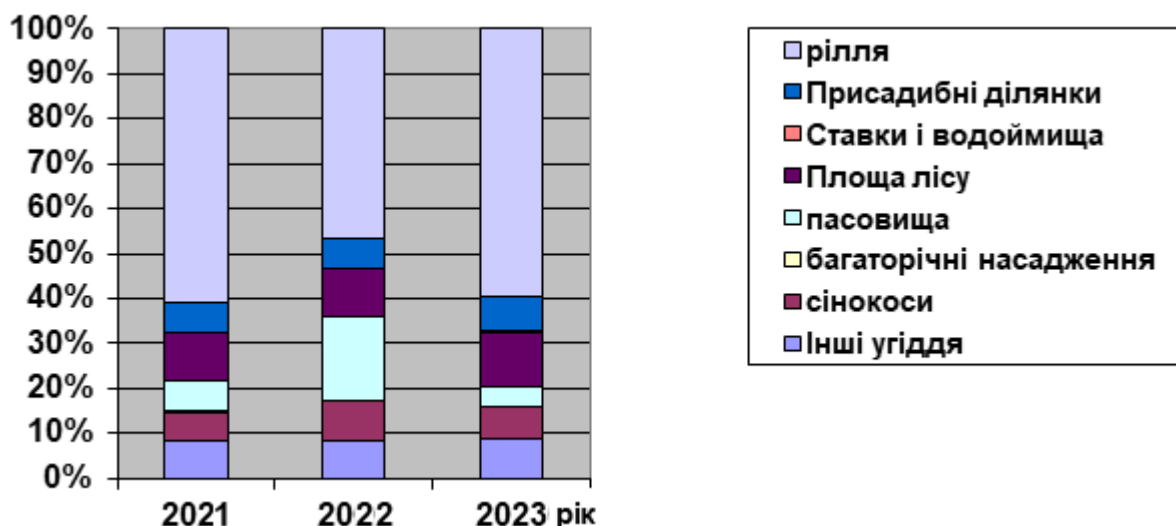


Рис. 1.1. Динаміка складу і структури земельних ресурсів ТОВ «Зоря»

В загальній структурі земельних угідь господарства сільськогосподарські угіддя займають 71,3 % а їх розораність у 2023 році склала 39,7 %, що на 1,1% нижчий показника 2021 року. Цей показник задовольняє рекомендований показник для нормального відновлення ґрунтів, але в останні роки спостерігається його зниження.

Характеризуючи стан виробництва ТОВ «Зоря» також слід розглянути посівні площі основних культур, що вирощуються в господарстві (таблиця 1.2).

В 2023 році в господарстві посівні площі по основних культурах знизилася окрім площ під кукурудзу на зерно та соя. Так площі під зерновими культурами в 2023 році зменшилася на 198 га або на 16,7%. Це пов'язано з тим, що частину розорених площ господарства в 2023 році було віддано в оренду фірмі «Інтер».

Площі посіву під сою у 2023 році у порівнянні з 2021 роком збільшилася на 45 га або у 27,3% за рахунок того, що у 2021 рік був несприятливий для вирощування цієї культури і значну частину посівної площі було втрачено.

Для отримання прибутку від виробництва сільськогосподарської продукції в галузі рослинництва потрібно отримувати високі врожаї від сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.2 – Структура посівних площ в ТОВ «Зоря»

Показники	Роки			2023р. в % до 2021р.
	2021	2022	2023	
Зернові та зернобобові (без кукурудзи), га	1188	878	990	83,3
в тому числі:				
озимі зернові	540	400	530	98,1
ячмінь	512	338	360	70,3
зернобобові	125	112	100	80
кукурудза на зерно	159	177	270	169,8
соя	165	85	210	127,3
соняшник	154	105	50	32,5

У таблиці 1.3 розглянемо основні урожаї сільськогосподарських культур, що вирощуються в сільському господарстві.

У 2023 році порівняно з 2021 роком урожайність зернових збільшилась за рахунок того, що 2023 рік був сприятливим для вирощування сільськогосподарських культур. Урожайність зернових загалом в господарстві за останні роки збільшилася на 1,1 ц/га або у 2,8 рази, в тому числі урожайність зернових збільшилася у 4,9 рази або на 2,6 ц/га; ярі – на 3,3ц/га або у 9,8 рази, кукурудза на зерно – на 3,8 ц/га або у 5,6 разів.

Урожайність сої і соняшників знизилася відповідно на 2,6 ц/га та 3,7 ц/га внаслідок несприятливих погодних умов для вирощування цих культур в 2023 році. Урожайність цих культур була низькою, а погодні умови сприяли лише забур'яненню посівів зайнятими цими культурами.

Таблиця 1.3 – Урожайність основних видів сільськогосподарських культур у ТОВ «Зоря»

Показники	Роки			2021 р. в % до 2023 р.
	2021	2022	2023	
Зернові і зернобобові, ц/га	39,5	70,1	40,8	102,8
в тому числі:				
озимі зернові	52,7	53,8	55,3	104,9
ярі зернові	33,4	35,9	36,7	109,8
кукурудза на зерно	67,8	70,2	71,6	105,6
соя	18,9	17,7	16,3	86,2
соняшник	19,5	17,1	15,8	81,1

1.3 Система машин в рослинництві

Велику роль в підвищення продуктивності виконання технологічних операцій в рослинництві відіграє механізація виробничих процесів. В таблиці 1.4 наведено систему машин, яка застосовується в господарстві на вирощуванні основних сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.4 – Система машин в рослинництві

Найменування машин	Кількість шт.
1	2
Трактори:	
MTЗ –80	6
John Deere 6330	3
ХТЗ–150К	4
John Deere 8400	2

1	2
Плуги:	
ПЛН-3-35	3
ПЛН-5-35	4
John Deere 3810	2
Культиватори:	
КПС-6	4
КПС-10	2
Борони зубові:	
БЗСС-1,0	20
БП-3	5
Борони дискові:	
БДН-3	3
Навісний розкидач добрив:	
НРУ-0,5	1
Сівалки:	
СКОН-4,2	2
СПЧ-6	4
John Deere 1770	2
Обприскувачі:	
ОПШ-15	1
Комбайни:	
John Deere 9880	2
Автомобілі:	
КрАЗ-6130	1
МАЗ-6501	4
MAN TGX 18.440	2

Забезпечення паливно-мастильними матеріалами здійснюється з нафтобази розміщеної в смт. Васильківка. В ТОВ «Зоря» організовано нафто-господарство поруч з гаражем та ремонтною майстернею. Середня витрата дизеля по господарству за рік становить близько 87340 кг. В цілому на території господарства можливо зберігати до 100 т пального включно з бензином.

1.4. Економічні показники господарства

Важливою характеристикою господарства є динаміка виробництва продукції сільського господарства. В цілому економічні показники господарства знаходяться на хорошому економічному рівні про що свідчать дані наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Динаміка виробництва продукції в ТОВ «Зоря»

Показники	Роки			2023р. в % до 2021р.
	2021	2022	2023	
Валовий збір с.-г. культур,				
у тому числі: зернобобові без кукурудзи, т	20400	47970	40194	197
кукурудза на зерно, ц	8354	7346	9093,2	108,5
пшениця, ц	4167	4171	4719	113,2
соняшник, ц	340	315	290	85,2
Виробництво молока, тис. ц	6,4	6,2	6,0	93,8

Аналізуючи дані таблиці 1.5 можна зазначити, що у 2023 році порівняно з 2021 роком відбулося загальне збільшення виробництва продукції сільського господарства за виключенням соняшнику та молока. Так виробництво зерна в господарстві збільшилося на – 19794 ц., або у 1,97 рази, кукурудза на зерно – на 739,2 ц., або у 1,08 рази.

Виробництво соняшнику у 2023 році порівняно з 2021 роком знизилось на 50 ц, або на 14,8 %; виробництво молока – на 0,4 тис. ц, або на 6,2%. Збільшення виробництва продукції сільськогосподарського виробництва відбулась внаслідок того, що погодні умови сприяли підвищенню урожайності зерна.

Зниження посівної площі соняшнику сприяло зниженню виробництва цієї культури, а виробництво молока знизилося за рахунок зменшення поголів'я фуражних корів.

Розміри господарства також характеризує чисельність його працюючих (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Чисельність працюючих в ТОВ «Зоря»

Показники	Роки			2023р. у % до 2021р.
	2021	2022	2023	
Середньорічна кількість працюючих	105	85	95	90,5

Аналіз даних таблиці 1.6 показує, що чисельність працюючих в 2023 році у порівнянні з 2021 роком скоротилася на 10 чоловік або на 9,5%. Зменшення чисельності працюючих в господарстві відбулося внаслідок скорочення робочих місць в господарстві, що визнане зменшенням площ орних земель в фактичному році.

На виробництво будь-якої продукції витрачається праця працівників. Продуктивність праці має велике господарське значення (таблиця 1.7).

Аналізуючи дані таблиці 1.7 можна зазначити, що у 2023 році порівняно з 2021 роком затрати праці на виробництво 1 ц. основних видів сільськогосподарських культур знизилась. Так на виробництво зернових культур продуктивність середньому знизилась на 0,07 люд.-год. або на 9,1%; кукурудза на зерно – на 1,52 люд.-год. або на 78,8%. Зниження затрат праці в рослинництві пояснюється тим, що у 2023 році підвищилася урожайність цих культур. Затрати праці на виробництво 1 ц. озимих зернових підвищилася на 0,24 люд.-год., соняшнику – на 0,41 люд.-год.

Таблиця 1.7 – Продуктивність праці в ТОВ «Зоря»

Показники	Одиниця виміру	Роки			2021р. в % до 2023р.
		2021	2022	2023	
Затрати праці на одиницю продукції					
– Зернові в т.ч.:	люд-год.	0,77	0,34	0,7	90,9
Озимі	люд-год.	0,54	1,18	0,78	144,4
Ярі	люд-год.	1,73	1,34	1,15	66,5
Кукурудза на зерно	люд-год.	1,93	0,84	0,41	21,2
Соя	люд-год.	1,68	1,58	1,02	41,3
Соняшник	люд-год.	1,78	0,86	2,19	123
Вартість валової продукції на 1 люд-год.	грн	40,07	20,66	30,8	93,9

Підвищення затрат з цих видів сільськогосподарських культур пояснюється тим, що підвищення урожайності озимих зернових не покращило підвищення затрат праці по їх вирощуванню, а урожайність соняшнику в 2023 році взагалі зменшилася на 3,7 ц./га.

Таблиця 1.8. Основні економічні показники ТОВ «Зоря»

Показник	Роки			2023р. в % до 2021р.
	2021	2022	2023	
Валова продукція, тис. грн/га	16390,2	14290,3	20750,8	126,6
Загальна сума реалізованої продукції, тис. грн/га	22540,3	22000,1	25740,1	114,2
Прибуток, тис. грн/га	2300,9	2200,8	2700,9	104
Повна собівартість реалізованої продукції, тис. грн/га	20930,5	26010,6	20760,3	99
Рівень рентабельності	35,02	38,5	40,6	-

Отже, данні таблиці 1.8 свідчать, що ефективність діяльності господарства покращується.

1.5 Висновки

1. Господарство має зерновий напрямок. Зерновиробництво стоїть на першому місці. Отже, організаційно-економічна характеристика ТОВ «Зоря» показує, що господарство є типовою аграрною організаційною одиницею і має всі ресурси для виробництва сільськогосподарської продукції.

2. Ефективному веденню господарства сприяє організаційна структура, в якій є всі необхідні для цього бригади та служби.

3. Додатково покращити економічні показники господарства можливо шляхом удосконалення тракторів загального призначення ХТЗ-150К поліпшивши їх тягові показники та прохідність за рахунок розробки системи підкачки коліс та регулювання тиску в них.

Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Цілі та завдання дипломного проектування

Основною ціллю кваліфікаційної роботи є підвищення прохідності та тягових показників тракторів загального призначення на прикладі тракторів ХТЗ.

Дослідженнями встановлено, що втрата зчеплення та підвищення буксування рушіїв знижує продуктивність МТА від 10% до 25%, витрата палива при цьому зростає від 12% до 18% - це знижує ефективність механізованих робіт і вирощування сільськогосподарських культур в цілому.

Підвищити прохідність та тягові показники тракторів загального призначення можливо різними способами: баластуванням, здвоєнням чи строєнням шин, використанням легких гусениць, регулюванням тиску в шинах та ін. [6]. Подальша задача кваліфікаційної роботи полягає в проведенні аналізу кожного із способів та обрання найбільш перспективного для тракторів загального призначення з наступним розрахунком основних показників підвищення прохідності.

2.2 Об'єкт модернізації

В якості об'єкта модернізації обираємо трактор загального призначення підвищеної прохідності ХТЗ-150К (рис. 2.1) [7]. Трактор призначений для виконання всіх технологічних операцій в агрегаті з сільськогосподарськими машинами та іншим навісним обладнанням. Трактор відноситься до 3 класу тяги з номінальним тяговим зусиллям на гаку на першій передачі 30 кН. В якості енергетичної установки встановлюються двигуни різних виробників потужністю від 120 до 130 кВт, як приклад Deutz, ЯМЗ-236, ММЗ Д-260.

Силова передача гідро-механічна, 4 ступінчаста з двома діапазонами робочим та транспортним. Зчеплення сухе, фрикційне, дводискове з пневматичним сервомеханізмом керування.

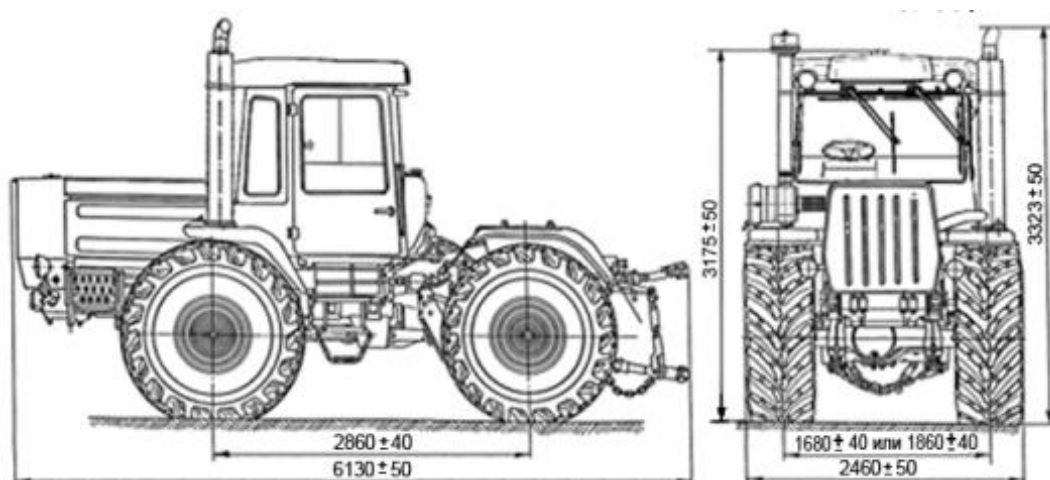


Рис. 2.1 – Об'єкт модернізації трактора ХТЗ-150К

Основні параметри об'єкта модернізації наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Основні параметри трактора ХТЗ-150К

Показник	Значення
Двигун	дизель, Д-260
Номінальна потужність, кВт	118,4
Кількість циліндрів та розташування	6-рядне
Літраж, л	7,12
Номінальний крутний момент, Н·м	633
Номінальна частота обертання, хв ⁻¹	2100
Максимальна швидкість	3/12 - 1/4
Привід ВВП 2 ступінчатий, оберти хв ⁻¹	540/1000
Номінальне тягове зусилля на 1 передачі, кН	30
База, мм	2862
Повна маса, кг	8430
Дорожній просвіт, мм	405

2.3 Агротехнічна прохідність тракторів

Прохідність є однією із основних експлуатаційно-технічних якостей трактора, що характеризує його можливості переміщення в умовах нестійкої опорної поверхні в польових умовах чи бездоріжжя. За цією якістю трактори поділяються на звичайні, підвищеної прохідності, болотохідні, гірські [8].

Трактори звичайної прохідності призначаються для руху по дорогах з твердим покриттям, ґрунтових дорогах та в умовах поля. Це трактори з загального призначення, універсально-просапні з колісною формулою 4К2 з диференціалом без блокування.

Трактори підвищеної прохідності (рис. 2.2) мають колісну формулу 4К4 або 6К6 з шинами широкого профілю та з можливістю установки частково або повністю блокованого диференціалу, що дозволяє їх використовувати на нестійких опорних поверхнях в умовах поля чи бездоріжжя.

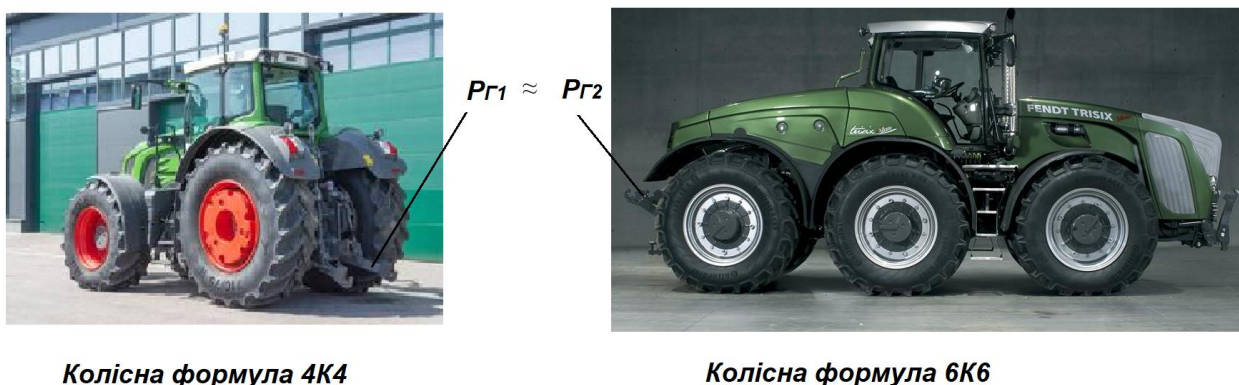


Рис. 2.2 Трактори підвищеної прохідності

Для переміщення по нестійким поверхням розроблено болотохідні або торф'яні трактори, які завдяки особливій конструкції ходової частини створюють мінімальний тиск на опорну поверхню. Приклад такого трактора представлено на рисунку 2.3 [9]. Трактор виконує роботи, як на слабких торф'янистих болотах так і на ґрунтах сільськогосподарського призначення.

Така прохідність забезпечується завдяки розробленим гусеницям з шириною 670 мм та ходозменшувачу розміщеного в трансмісії силової передачі. Завдяки широким гусеницям дещо збільшено ширину колії до 1570 мм. Трансмісія трактора укомплектована ходозменшувачем.



Рис. Болотохідний (торф'яний) трактор ДТ-75Б

Для переміщення на схила та в гірських умовах розроблено модифікації гірських тракторів. Швейцарським виробником сільськогосподарських машин Sepp Knüsel розроблено конструкцію гірського трактора Rigitrac SKH 60 (рис. 2.4) [10]. Трактор укомплектовано чотирициліндровим двигуном з потужністю 75 к.с. Кабіна та ходова частина має функцію автоматичного вирівнювання для роботи на полях із ухилом та в умовах гірської місцевості. Така система дозволяє працювати трактор на схилах до 30 градусів в обидва боки. Система гальмування всіх чотирьох коліс забезпечує надійне утримання трактора в будь-яких умовах роботи.



Рис. 2.4. Трактор Rigitrac SKH 60 для роботи на схилах

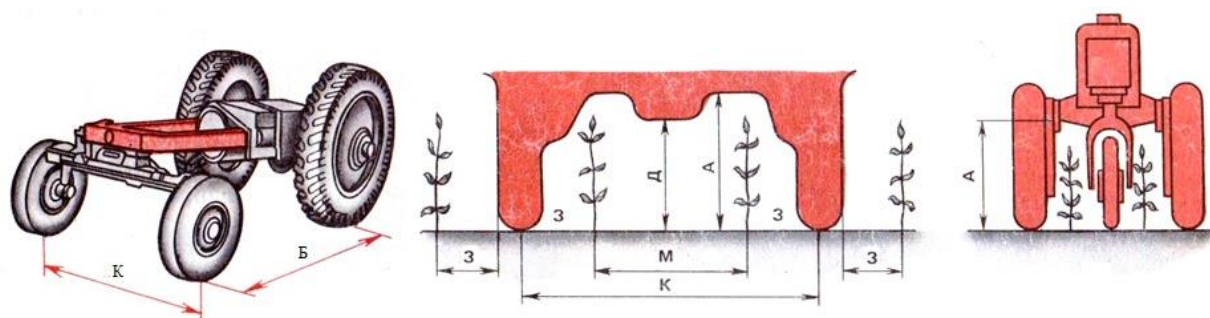
Розглянемо основні показники які впливають на прохідність тракторів. До них відносяться:

- геометричні показники прохідності;
- опорно-зчіпні та тягово-динамічні показники прохідності;
- конструктивні показники прохідності.

2.3.1 Геометричні показники прохідності

Геометричні показники прохідності встановлюють можливість трактора рухатись не зачіпаючи перешкоди на опорній поверхні елементами ходової частини а також днищем. Дані показники залежатимуть від кострукції та компоновки трактора.

Дорожній просвіт (кліренс)— це відстань D (рис. 2.5) [11] від опорної поверхні до найнижчої точки конструктивних елементів трактора. Нижчою точкою трактора являється корпус ведучого мосту, задня кришка (картер) маховика ДВЗ. Від дорожнього просвіту буде залежати прохідність трактора по нестійких ґрунтах, по бездоріжжю з нерівною місцевістю та перешкодами в вигляді каміння, рівчаками, борознами, пагорбами і т.п.). Ще одним геометричним показником трактора являється *агротехнічний просвіт* – це відстань від опорної поверхні до найвищої точки остова трактора в нижній його частині. Найбільше значення цього параметра мають універсально-просапні трактори 600-800 мм, трактори загального призначення близько 300-400 мм.



К - колія трактора; Б - база трактора; З - захисна зона; М - відстань між рядками; Д - дорожній просвіт; А - агротехнічний просвіт.

Рис. 2.5. Геометричні показники прохідності трактора

Повздовжній радіус прохідності $R1$ визначається, як радіус умовного кола проведеного між переднім, заднім колесом (рис. 2.6) і найнижчою частиною трактора. Чим менший радіус тим більші нерівності може подолати трактор.

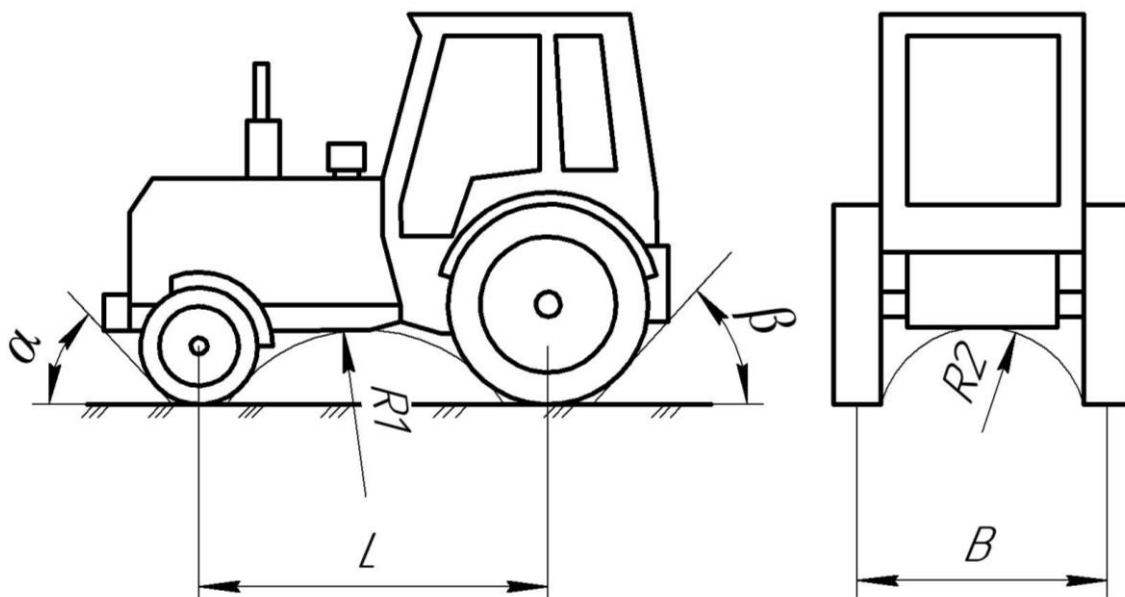


Рис. 2.6. Геометричні показник прохідності

Наступним показником являється *поперечний радіус прохідності $R2$* (рис. 2.6) це радіус умовного кола проведеного між задніми колесами і найнижчою точкою корпусу трактора.. Чим менше значення $R2$, тим вище прохідність трактора за даним показником.

Передній α та задній β кути прохідності (рис. 2.6) – це нахил до опорної поверхні дотичних, проведених до відповідних коліс із найбільш віддалених точок трактора відповідно до передньої поперечини остова та елементів навіски.

Чим більше значення кутів, тим крутіші перешкоди може подолати трактор.

Ще одним показником геометричної прохідності являється *повздовжня база трактора L* , яка впливатиме на проходження порогових перешкод. Збільшення повздовжньої бази дозволяє підвищити висоту порога і більшу ширину ровів.

Маневреність трактора характеризується мінімальним радіусом повороту переднього зовнішнього колеса ρ_n (рис. 2.7); шириною лінії руху H (габаритного коридору), яку трактор займає при повороті; максимальним виходом окремих частин

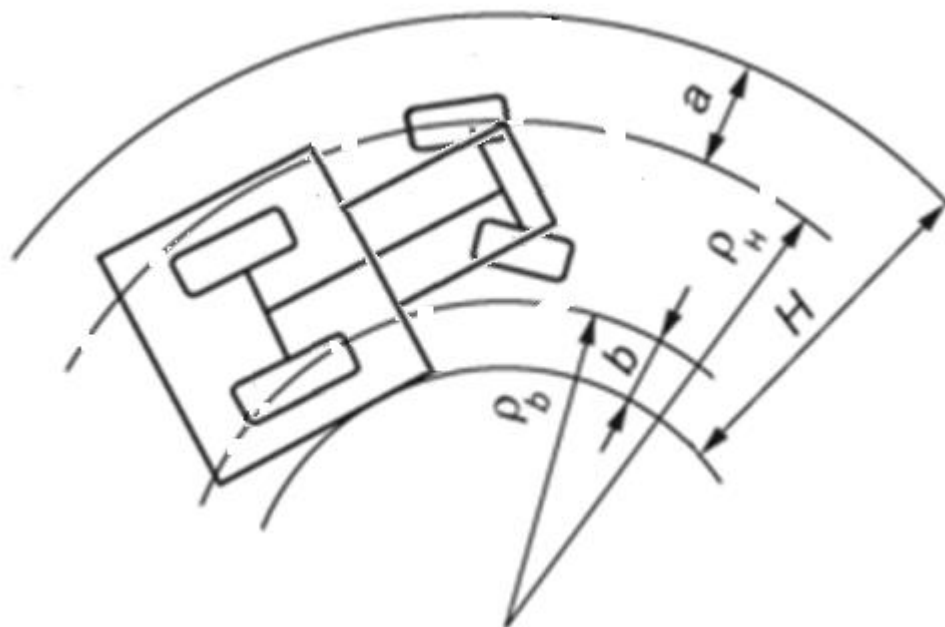


Рис. 2.7. Маневреність трактора за межі траєкторії руху переднього та заднього коліс (відстань a та b).

2.3.2 Тягові та опорно-зчіпні показники прохідності

Маса трактора. Чим менша маса трактора тим вища його прохідність по не стійким ґрунтам, але зниження маси призводить і до зниження тягового зусилля трактора в зв'язку зменшенням зчіпної ваги трактора та виникнення буксування тобто при проектуванні техніки необхідно витримати баланс між показниками прохідності та тягового зусилля трактора.

Питома потужність трактора – це відношення номінальної потужності двигуна до повної маси трактора. Питома потужність показу матеріалоемкість конструкції двигуна в загальній масі трактора, здатність швидко долати короткі та круті підйоми, заболочені ділянки, глибокі броди. Для сучасних тракторів питома потужність від 10 до 16 кВт/т.

Питомий тиск коліс на опорну поверхню являється одним з показників прохідності при переміщенні по нестійких ґрунтах, що легко деформуються.

Коефіцієнт зчіпної маси трактора ϕ_z - це відношення зчіпної маси трактора до його повної маси. Чим більше ϕ_z , тим вища сила зчеплення рушіїв і менше буксування.

2.4 Аналіз способів підвищення прохідності тракторів

До конструктивних рішень підвищення прохідності відноситься установка на трактор гідромеханічних коробок, електромеханічних силових передач, використання понижаючих редукторів, що дозволяють знизити швидкість руху до 0,6 км/год та забезпечити плавну зміну швидкості.

Наступним конструктивним рішенням являється приведення в дію всіх опорних коліс, що забезпечує більш стійке зчеплення коліс та підвищену прохідність трактора.

Використання диференціалів підвищеного тертя (рис. 2.8) наступний спосіб конструктивного підвищення прохідності тракторів. Перевагою диференціалів підвищеного тертя є те, що вони автоматично блокуються при буксуванні коліс без втручання водія, що дозволяє долати важку ділянку без зупинки трактора у момент блокування диференціала.

Колії передніх та задніх коліс. У разі розбіжності під час руху по м'яких ґрунтах колії передніх коліс з задньою колією опір руху зростає. Розбіжність колії може бути як у тракторів з усіма одинарними колесами, так і у тракторів з передніми одинарними та задніми здвоєними колесами. Різниця передньої та задньої колії одинарних коліс не повинна перевищувати 25-32% ширини профілю шини. В іншому випадку прохідність трактора суттєво знижується.

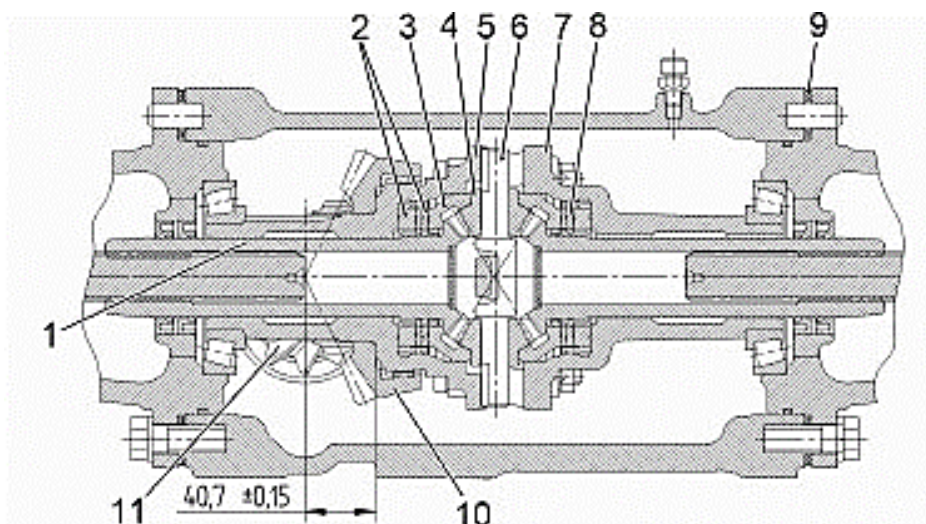


Рис. 2.8 Диференціал підвищеного тертя МТЗ-82

1 – шестерня півосьова; 2 – диски провідні; 3 – чашка натискна;
4 – сателіт; 5 – корпус диференціала; 6 – вісь сателітів; 7 – кришка
диференціала; 8 – диск ведений; 9 – прокладки регулювальні; 10 - шестерня
ведена; 11 – шестерня ведуча

Ще один із способів досить ефективних по підвищенню прохідності трактора являється регулювання тиску в шинах, а саме зниження його..

Такі системи отримали поширення більше на автомобілях підвищеної прохідності (рис. 2.9) [12]. Завдяки своїй універсальності система регулювання дозволяє вибрати необхідний тиск повітря в шинах в залежності від умов руху транспортного засобу.

Змінюючи тиск змінюється п'ятно контактної поверхні шини з ґрунтом (опорною поверхнею) змінюється і дотична сила тяги на колесі [13]. Так збільшення п'ятна контакту зменшує тиск на опорну поверхню та підвищує зчіпні властивості рушія прохідність машини зростає. Дослідженнями проведеними компанією Кейс встановлено, що зниження тиску до 1 кгс / см² дозволяє підвищити прохідність на 15-20 %, а зниження тиску нижче 0,8 кгс / см² є критичним і може викликати провертання покриття відносно диску колеса.

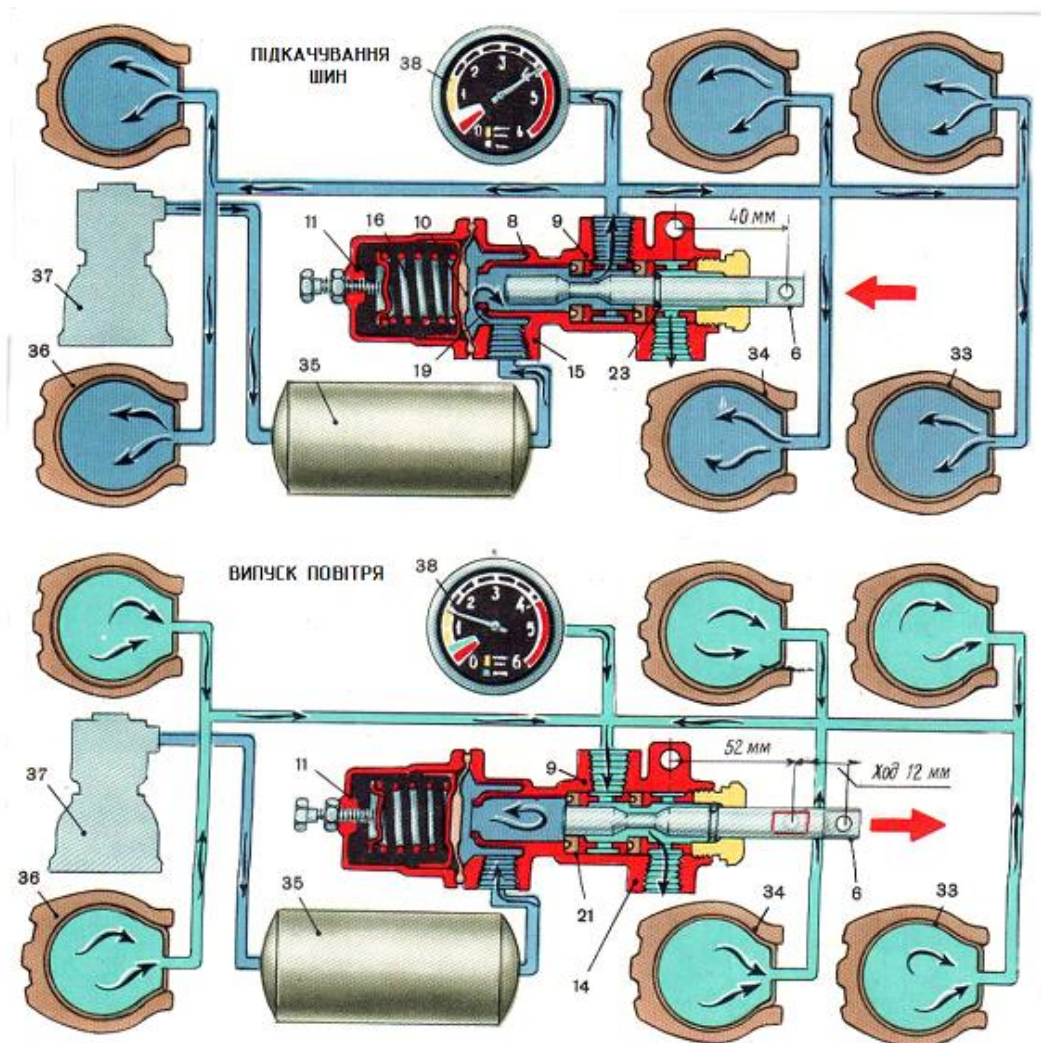


Рис. 2.9 Система регулювання тиску в шинах

- 1 - важіль керування краном 2 - кронштейн важеля 3 - тяга важеля
 4 - контргайка регулювальної вилки 5 - регулювальна вилка золотника 6 -
 золотник крана 7 - напрямна золотника 8 - корпус центрального крана
 керування тиском повітря в шинах 9 - бобишка штуцерів труб і до манометра
 10 - діафрагма клапана-обмежувача 11 - кришка клапана-обмежувача 12 -
 регулювальний болт 13 - кронштейн кріплення крана 14 - бобишка штуцера
 трубки випуску повітря з шин 15 - бобишка штуцера подачі упорна шайба
 пружини 18 - напрямний стакан 19 - сідло клапана 20 - розпірне кільце
 сальника 21 - гумовий сальник крана 22 - розпірні втулки з вікнами для проходу
 повітря 23 - замкове кільце золотника 24 - стопорне кільце

Провівши аналіз вітчизняної техніки встановлено відсутність використання даного типу систем на тракторах, що пов'язано з певними труднощами при встановленні даного типу систем, а саме відсутністю обов'язкової енергетичної складової компресора на деяких тракторах.

При пошкодженні камери шини дана система завдяки своїй універсальності дозволяє підтримувати деякий час рух машини до місця ремонту за умови, що продуктивності компресора достатньо.

Керування системою здійснюється з місця водія, це забезпечує постійний контроль тиск у шинах за манометром, який розміщується на щиткові приладів.

Наступне конструктивне рішення для підвищення прохідності це використання накладних ґрунто-зачепів виготовлених з використанням ланцюгів які мають швидкий монтаж (рис. 2.10) [14]. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити прохідність техніки на опорній поверхні з вологим або слизьким покриттям.



Рис. 2.10 Ланцюгові ґрунто-зачеми

Не доліком такого способу являється збільшення пульсуючих навантажень на елементи силової передачі, які виникають в момент пробуксовування ведучих коліс, що призводить до зниження ресурсу роботи.

Відомий також спосіб підвищення прохідності тракторів за рахунок встановлення легких гусениць на задні ведучі колеса універсально-просапних тракторів та додаткове колесо з швидким монтажем та механізмом натягуванням (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Використання легкої гусениці для підвищення прохідності універсально-просапного трактора

Запропонований варіант дозволяє збільшивши опорну площу контакту знизити питомий тиск та підвищивши зчеплення покращити прохідність колісного трактора. Напівгусеничний рушій забезпечує зниження тиску на опорну поверхню з 98 кПа до 64 кПа [15]. Недоліком такого способу можна визнати незначне погіршення керованості трактором в умовах обмеженого простору.

Більшість закордонної колісної тракторної техніки має модифікації з можливістю переобладнанням ходової частина на гусеничний хід, як приклад трактор John deere 9RX [16]. Це надпотужний трактор з масою близько 27 тон. Використання шарнірно зчленованої рами забезпечує добру маневреність з радіусом розвороту 5,85 м. Гусеничний рушій в порівнянні з колісним збільшує п'ятно опорного контакту на 130 відсотків, що позитивно відображається на зниженні ущільнення ґрунту. За такої маси трактор здатен розвинути швидкість в 40 км/год.



Рис. 2.12. Трактор John Deere 9RX

Не відстає від закордонних і вітчизняний виробник ХТЗ. Завершено польові дослідження з використанням легких гусениць за результатами, яких доведено працездатність запропонованого удосконалення ходової частини. Питомий тиск зменшився на 40 відсотків в порівнянні з колісною ходовою частиною (рис.2.13) [17] .



Рис. 2.13. Трактор ХТЗ-280Т з гусеничним рушієм

Використання легкої гусениці підвищує показники прохідності трактора за рахунок збільшення площі опорної поверхні завдяки чому знижується питомий тиск рушія на ґрунт, але при цьому в такого рушія є і свої недоліки на самперед це складність конструкції привідної частини та складність його переоснащення. Ще одним вагомим недоліком є відсутність універсальності такого рушія.

Використання здвоєних шин (рис. 2.14) [18] також вирішує питання підвищення прохідності тракторів. На сьогоднішній час розроблено широкий асортимент пристроїв для здвоювання чи зстроювання шин, як для вітчизняних так і закордонних тракторів. За рахунок збільшення площі опорної поверхні рушіїв зростають тягово-зчіпні показники та зменшується буксування при роботі трактора з широкозахватними знаряддями, що підвищує продуктивність праці та економію пального. Застосування даного способу дозволяє підвищити продуктивність трактора на 15- 20 % .



Рис. 2.14 – Здвоювання шин

До недоліків даного способу можна віднести збільшення навантаження на елементи кріплення коліс, перетирання частинок ґунту рушіями при виконанні розворотів, погіршення кінематики повороту.

2.5 Патентний пошук

Відомо авторське рішення (рис. 2.15) [19] для підвищення прохідності машин, що використовують для переміщення колісний рушій. Пристрій працює наступним чином. При переміщенні енергетичних засобів по нестійким ґрунтам зачепи 3 переводяться в робоче положення.

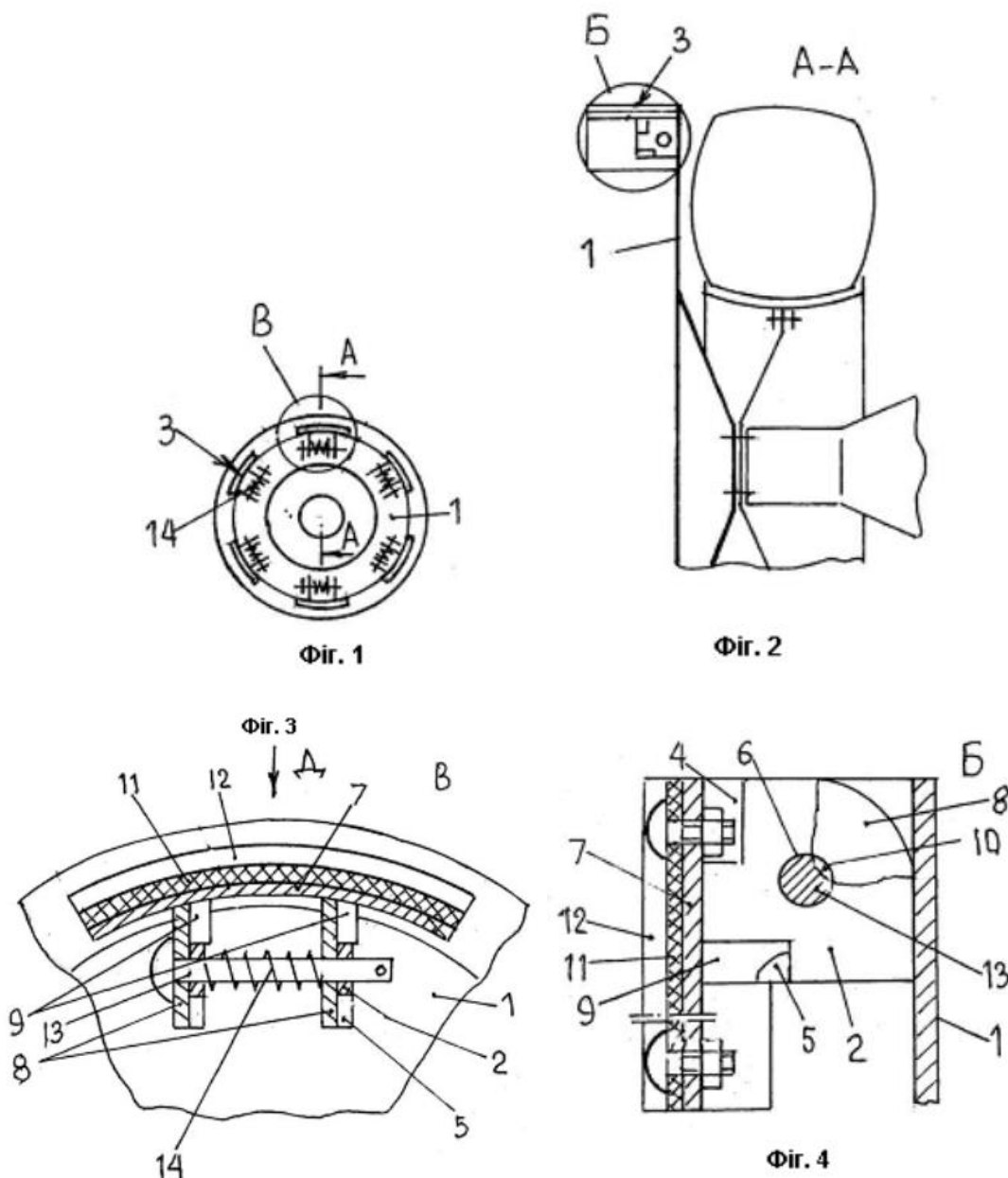


Рис. 2.15. Пристрій для підвищення прохідності колісного транспортного засобу патент № 54542

пластини 7 переміщуємо за допомогою вушок 8 відносно осі 13 і, при цьому відбувається стискання пружин 14, і вивід шипів 9 з пазів 5 в робоче

положення. Завдяки пластинам 7 збільшується опорна поверхня ходових рушіїв (колів). Знижується буксування та підвищується прохідність машин. Додатково підвищують зчеплення рушіїв за допомогою накладок 11 виконаних з гуми з виконаним на них рифленням 12.

Наступне авторське рішення під номером №32545 (рис. 2.16) [20] дозволяє підвищити прохідність тракторів за рахунок використання додаткового модуля з ведучими колесами.

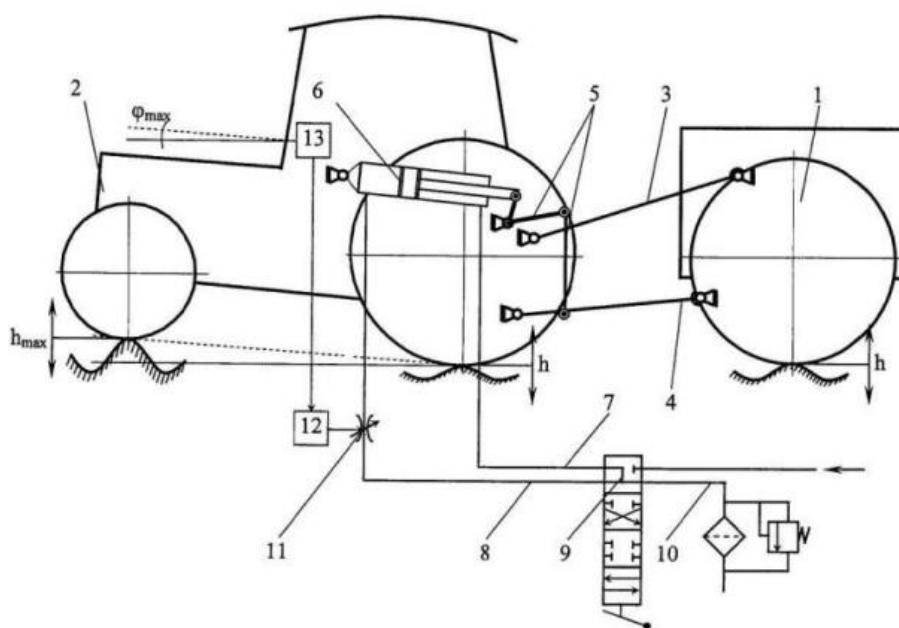


Рис. 2.16. Спосіб підвищення прохідності транспортного засобу сільськогосподарського призначення

При переміщенні машино-тракторного агрегату, що складається з трактора 2 і додаткового модуля з ведучими колесами 1 крутний момент передається за допомогою силової передачі на основний міст та додатковий модуль 1. Таке рішення дозволяє збільшити коефіцієнт зчеплення ведучих колів за рахунок збільшення їх кількості. Агрегування сільськогосподарських машин відбувається з додатковим модулем. Використовуючи гідравлічну систему автоматичного керування положенням додаткового модуля відбувається надійне копіювання рельєфу ґрунту.

До недоліків такого способу можна віднести збільшення повздовжньої бази агрегату, що негативно впливає на кінематику розвороту трактора.

2.6 Висновки

1. За результатами проведеного аналізу встановлено, що втрата зчеплення та підвищення буксування рушіїв знижує продуктивність МТА від 10% до 25%, витрата палива при цьому зростає від 12% до 18% - це знижу ефективність механізованих робіт і вирощування сільськогосподарських культур в цілому.

2. Підвищити прохідність та тягові показники тракторів загального призначення можливо різними способами: баластуванням, здвоєнням чи строєнням шин, використанням легких гусениць, регулюванням тиску в шинах та ін.

3. Врахувавши переваги та недоліки кожного з розглянутих способів для підвищення прохідності колісного трактора ХТЗ обираємо спосіб з регулюванням тиску шин. Враховуючи те що трактор вже обладнано компресором задачею наступної роботи буде розробка пневматичної системи підкачки шин та розрахунок конструктивно-технологічних параметрів, які будуть виконані в наступному розділі.

Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Розробка схеми підкачування шин колісних тракторів марки ХТЗ

В результаті проведеного аналізу способів підвищення прохідності трактора ХТЗ-150К в попередньому розділі найбільш перспективним обрано спосіб регулювання тиску у шинах [21, 22]. Для реалізації даного способу буде використаний штатний компресор пневмосистеми трактора. В рахувавши особливості конструкції існуючих систем підкачування шин розроблено систему адаптовану для використання на тракторах загального призначення марки ХТЗ (рис. 3.1).

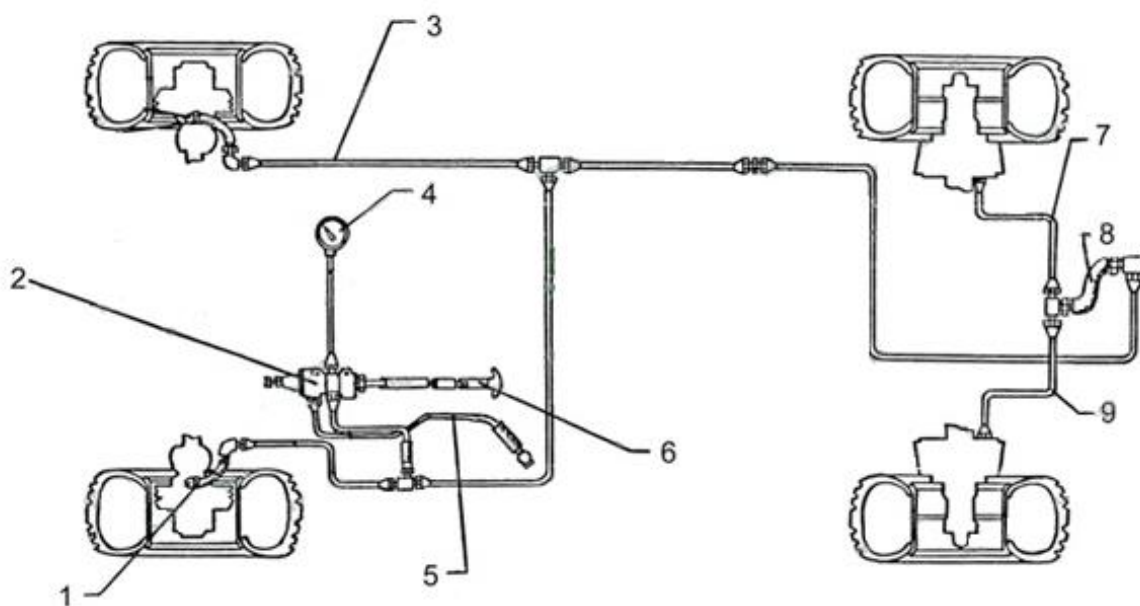


Рис. 3.1. Система підкачки шин трактора ХТЗ-150К

- 1 – шланг подачі повітря до коліс; 2 – головний кран підкачування шин;
3, 7, 8, 9 – магістралі подачі повітря; 4-манометр; 5 – магістраль подачі повітря від пневматичної системи трактора; 6 – маховик крана керування;

Розроблена система дозволяє оперативно змінювати тиск в шинах від 0,7 до 1,8 атм в залежності від складності умов пересування. Зниження тиску нижче

0,6 атм може викликати провертання шини з камерою відносно обода, що призведе до пошкодження останньої. За проколу камери система підкачування дозволяє компенсувати втрати повітря в шинах при переміщенні до місця ремонту. Органи керування системою розміщуються в кабіні поруч з водієм, що спрощує моніторинг тиску в системі та управління краном підкачки шин.

Процес підкачки шин відбувається наступним чином, водій переміщуючи маховичок 6 крана керування 2 відкриває подачу повітря від пневматичної системи трактора 5, яке надходить по магістралям 3, 7, 8 і 9 через ущільнювачі на ступицях до гнучкого шлангу 1 і далі до камер колес. При досягненні заданого тиску маховичок крана повертаємо в позицію закрито. В разі необхідності зниження тиску в шинах маховичок переміщуємо в положення стравлювання повітря з коліс через канал в головному кранові керування 2 контролюючи зниження тиску за манометром 4.

Загальний вигляд головного крана керування тиском представлено на рисунку 3.2. До складу крана входять корпус 10, в якому розташовуються має вхідний отвір для підведення повітря до шин і вихідний отвір для випуску повітря з шин в атмосферу

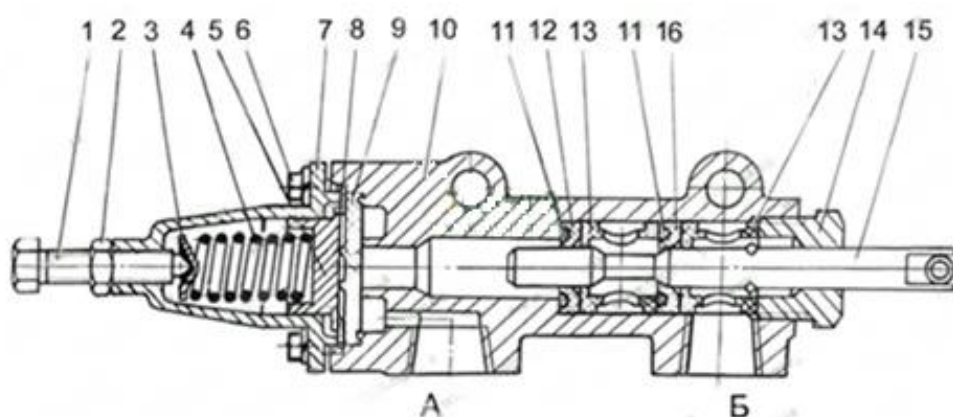


Рис. 3.2. Головний кран керування тиском

- 1 – регулювальний болт; 2 – контргайка; 3 – упорна тарілка; 4 – пружина;
 5 – упорний поршень; 6 – болти кріпильні; 7 – торцева кришка; 8 – упорна шайба; 9 – еластична діафрагма; 10 – корпус крана; 11- розпірне кільце манжети; 12, 16 – манжети; 13 – дистанційна втулка;
 14 – напрямна втулка; 15 – золотник

Головний кран обладнано діафрагмовим клапаном обмежувачем для керування відключенням системи підкачки від пневматичної системи трактора за умови зниження тиску в балонах нижче 0,065 МПа

Регулювання тиску спрацювання клапану-обмежувача здійснюється за допомогою болта 1 та зміни за допомогою нього жорсткості пружини 4.

Керування положенням золотника 15 здійснюється за допомогою маховичка головного крана керування. Рухаючи маховичок можна обрати один із трьох режимів роботи системи підкачки шин, а саме «Підкачування», «Вимкнено», «Випуск».

Герметичність золотника відносно корпусу здійснюється манжетами 12 і 16. Напрямна втулка затягується в корпус коли золотник знаходиться в положенні вимкнено.

Розглянемо роботу головного крана керування накачування шин. Переміщення золотника 15 праворуч згідно корпусу 10 забезпечує встановлення проточки золотника навпроти манжети 16. Утворений зазор між манжетою та золотником відкриває шлях повітрю від пневматичної системи трактора до коліс забезпечуючи їх накачування.

Навпаки переміщуючи золотник 15 ліворуч відносно корпусу 10 викликає зміщення його проточки до манжети 12 утворюючи зазор через, який повітря з коліс стравлюється в атмосферу.

Якість виготовлення основних складових головного крану повинна забезпечувати надійну його роботу на основних режимах за тиску повітря 0,65-0,85 МПа.

За умови стравлювання чи накачування повітря в вимкненому положенні крана необхідно виконати регулювання нейтрального положення золотника, яке унеможливить витікання повітря.

При тривалих стоянках чи втрати герметичності ступичних манжет за допомогою колісних кранів (рис. 3.3) відбувається перекриття магістралей системи підкачки шин. Крани розміщуються безпосередньо на колесах методом приварювання останніх до обода.

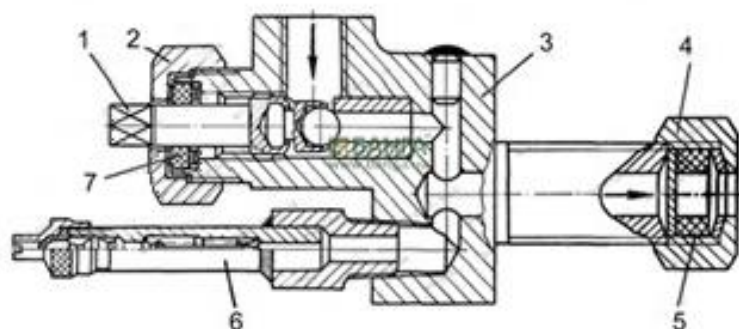


Рис. 3.3. Кран блокування витоків повітря з коліс

1 –запірна пробка; 2, 4 – накидні гайки; 3 – корпус; 5, 7 – ущільнювальні кільця; 6 – вентиль

На рисункові 3.4 представлено елементи конструкції вдосконаленої ступиці, що забезпечують надійну подачу повітря до коліс підчас їх обетання.

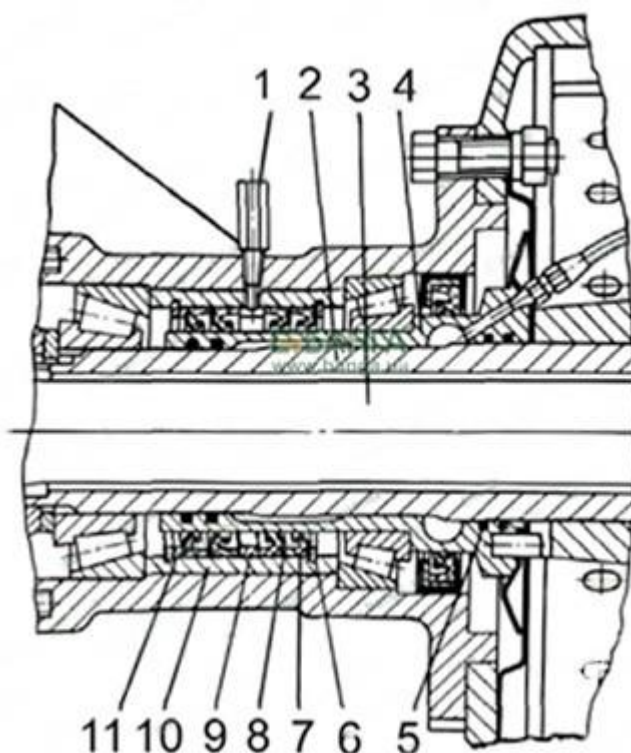


Рисунок 3.4 – Підведення повітря до шин коліс:

1-штуцер; 2-кожух півосі; 3-напіввісь; 4-упорна втулка маточини;
5- кільця ущільнювача втулки; 6-стопорне кільце; 7-манжета; 8-упорний конус; 9-розпірне кільце; 10-корпус манжет; 11-кільце

При виконанні обслуговування ущільнюючі елементи ступиці промиваються та змащуються наприклад Літолом-24 [23]. Категорично заборонено потрапляння мастила до системи підкачування шин.

Відновити герметичність системи підкачки шин за умови зносу робочих поверхонь втулок 4 задніх ступиць необхідно проставочне кільце 11 розвернути в корпусі манжет.

3.2 Енергетична складова системи накачування шин

Для роботи системи підкачки шин необхідне стиснуте повітря яке буде нагнітати штатний компресор пневматичної системи тракторів марки ХТЗ. При накачуванні шин повітря стиснуте компресором інтенсивно споживається. Безпосередньо продуктивності компресора не достатньо, тому забезпечити необхідну продуктивність можливо за рахунок акумуляторів стиснутого повітря (ресиверів). Підчас простоїв пневматичної системи відбувається акумулювання стиснення повітря в ресиверах, а в момент роботи виконавчих пристроїв чи накачування шин відбувається безперебійна подача повітря з ресиверів. Робочий тиск пневматичної системи знаходиться в межах 0,6-0,8 МПа. Використання акумулювання стиснутого повітря в ресиверах дозволяє знизити пульсації в роботі пневматичної системи [24, 25, 26]. В якості нагнітача повітря в тракторі використовується двопоршневий компресор ДК 5336-3509012-01 (рис. 3.5) з продуктивністю 200 л/хв.

На тракторах марки ХТЗ встановлюється два ресивера загальним об'ємом 90 л за робочого тиску 0,8 МПа. В цілому до складу пневматичної системи крім компресора та ресиверів входять регулятор тиску, запобіжний клапан, гальмівний кран керування яким здійснюється за допомогою педалі, пневмокамери гальмівної системи, сполучна головка, кран роздачі повітря і пневмопривід склоочисника з краном.



а



б

Рис. 3.5. Енергетичні складові пневмосистеми тракторів марки ХТЗ
а – поршневий компресор ДК 5336-3509012-01; б – ресивер 151.64.035-3

Привід компресора організовано від шківа колінчастого валу за допомогою клинопасової передачі. Періодично виконується контроль натягу паса, за потреби виконується натяг останнього. Контроль тиску виконуємо за манометром встановленим на щитку приладів в кабіні трактора.

3.3 Теоретичні положення розрахунку системи підкачки коліс

3.3.1 Розрахунок часу наповнення повітрям камер коліс

Основна задача системи підкачки шин це наповнення камер коліс повітря до заданого значення тиску. Для реалізації даного процесу необхідно визначити час наповнення необхідного об'єму камери для встановлення заданого тиску (рис. 3.6) при розрахункові часу необхідно врахувати залишкове значення тиску в камері $p_1 = p_a$ та задане p_2 , яке необхідно встановити в камері. Наповнення камери здійснюється по магістралям за ефективного значення площі перерізу f_e . За режиму стравлювання повітря з шин пневмокамери коліс через головний кран керування сполучається з атмосферою а за режиму накачування повітря нагнітається через головний кран до камер коліс з постійними

параметрами тиску p_m температури T_m та щільності повітря ρ_m на вході головного крана.

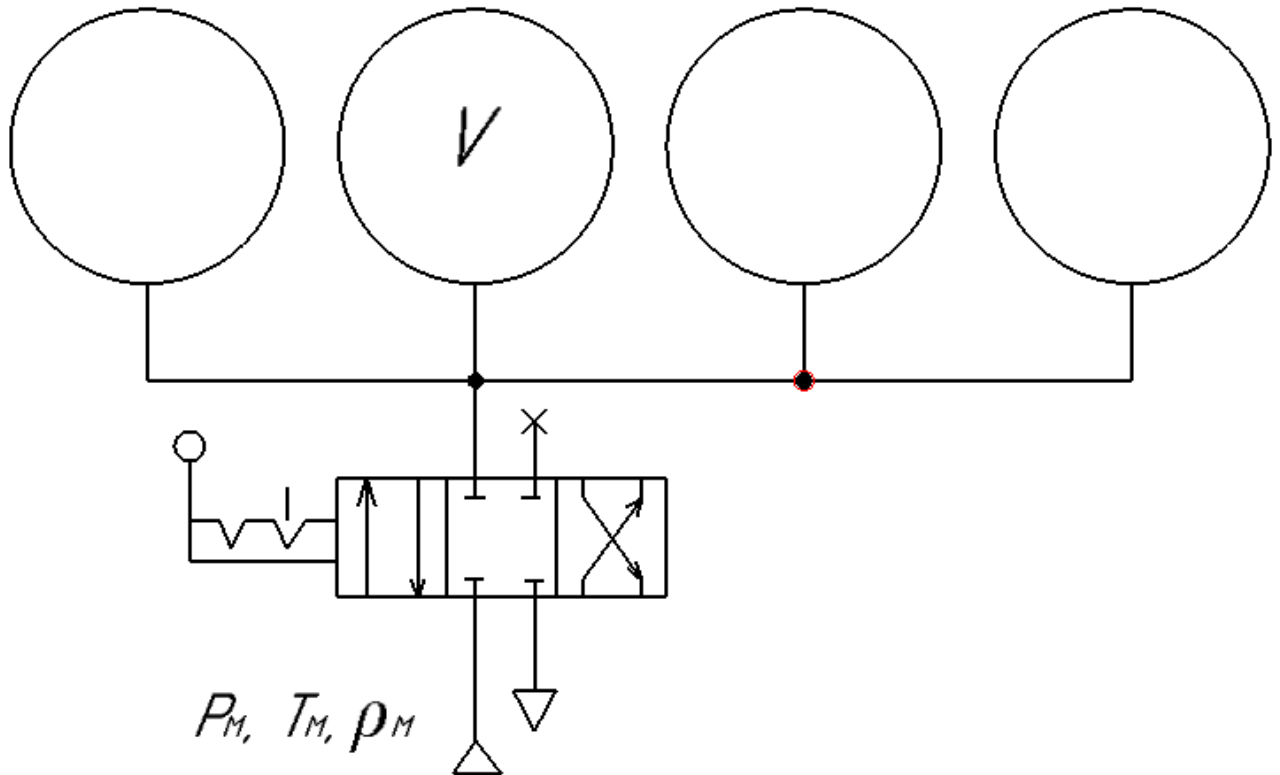


Рис.3.6. Схема наповнення (стравлювання) повітрям камер коліс

Наповнення камер коліс відбувається при переведенні маховичка головного крана в положення накачування. Стиснуте повітря по магістралям надходить від пневматичної системи трактора через головний кран до пневмокамер. Описати даний процес можна використавши рівняння енергетичного балансу :

$$kRT_m G_m dt = V_p dp, \quad (3.1)$$

де V_p – сумарний об'єм камер, який враховує об'єм магістралей та суму об'ємів камер коліс, м^3 ;

G_m – витрата повітря, л/хв ;

dt – приріст часу наповнення, с .

$$G_{\text{м}} = \mu f p_{\text{м}} \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{1}{RT_{\text{м}}}} (\sigma^{2/k} - \sigma^{(k+1)/k}). \quad (3.2)$$

де k – показник адіабати;

μ – коефіцієнта витрати;

$p_{\text{м}}$ – тиск повітря перед головним краном, МПа;

R - газова стала, для сухого повітря $R=287$ Дж/(кг · К);

$T_{\text{м}}$ – температура повітря на вході, К;

Виконаємо інтегрування рівняння (3.1), отримаємо рівняння визначення часу приросту тиску в камерах коліс. За умови протікання надкритичного режиму $\sigma_1 = p_1/p_{\text{м}} < \sigma_*$ і $\sigma_2 = p_2/p_{\text{м}} \leq \sigma_*$; отримаємо рівняння:

$$t_{\text{н}} = \frac{V_{\text{р}}(\sigma_2 - \sigma_1)}{k f_{\text{е}} \sqrt{\frac{2k}{k-1} RT_{\text{м}}(\sigma_*)}} \quad (3.3)$$

За умови протікання підкритичного режиму, $\sigma_1 > \sigma_*$ і $\sigma_2 > \sigma_*$ рівняння матиме вигляд:

$$t_{\text{н}} = \frac{2V_{\text{р}}}{(k-1) f_{\text{е}} \sqrt{\frac{2k}{k-1} RT_{\text{м}}}} \left(\sqrt{1 - \sigma_1^{(k-1)/k}} - \sqrt{1 - \sigma_2^{(k-1)/k}} \right) \quad (3.4)$$

Для спрощення розрахунків виконаємо математичні перетворення, замінімо два рівняння одним, підставивши відповідно значення $k = 1,4$; $R = 287$ Дж/(кг · К), $T_{\text{м}} \approx T_{\text{а}} = 290^\circ \text{ К}$ і введемо функцію $\psi_1(\sigma)$

Тоді рівняння отримає вигляд

$$t_n = 3,62 \cdot 10^{-3} \frac{V_p}{f_e} [\psi_1(\sigma_2) - \psi_1(\sigma_1)] \quad (3.5)$$

Функцію $\psi_1(\sigma)$ визначимо врахувавши режим витікання повітря з камер коліс. Так для надкритичного і підкритичних режимів рівняння функції отримає вигляд:

$$\psi_1(\sigma) = \frac{2k\varphi(\sigma_*)}{k-1} \left(\sqrt{1 - \sigma_*^{(k-1)/k}} - \sqrt{1 - \sigma^{(k-1)/k}} \right) \quad (3.6)$$

Врахувавши практичний досвід значення функції $\psi_1(\sigma)$ отримують графічним або табличним методом.

3.3.2 Розрахунок часу стравлювання повітря з камер коліс

За умови, що камери коліс через головний кран наповнені повітрям об'ємом V (рис.3.6) з параметрами p_m, T_m і ρ_m переключимо головний кран в режим стравлювання повітря, з'єднавши пневмокамери коліс з виходом повітря в атмосферу. За цієї умови хвиля тиску повітря пройде по лінії стравлювання з перерізом $f_{e.b.}$, після чого розпочнеться процес стравлювання повітря в атмосферу із камер коліс. Теоретично процес стравлювання можна описати рівнянням енергетичного балансу при випускові повітря з камер:

$$-kRT_b dm_b = V_b dp_b \quad (3.7)$$

Де $dm_b = G_b dt$ тоді рівняння (3.7) отримає вигляд:

$$-kRT_b G_b dt = V_{b.p.} dp_b \quad (3.8)$$

де $V_{в.р.}$ — сумарний розрахунковий об'єм камер коліс, та приведений об'єм випускної магістралі від камер коліс до головного крана.

Значення витрати повітря G_{ϵ} через магістраль випуску визначимо за рівнянням:

$$G_B = \mu_B f_B p_B \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{1}{RT_B} (\sigma_B^{2/k} - \sigma_B^{(k+1)/k})}. \quad (3.9)$$

Підставимо в рівняння (3.9) в рівняння енергетичного балансу при випускові повітря з та проведемо його інтегрування, отримаємо вираз для визначення часу зниження тиску в камерах коліс в межах від $p_{в1}$ до $p_{в2}$ (або від $\sigma_{в1}$ до $\sigma_{в2}$ відповідно):

$$t_{\epsilon} = 2,53 \cdot 10^{-3} \frac{V_{\epsilon.p.}}{f_{\epsilon,\sigma} \sigma_a^{(k-1)/2k}} [\psi_2(\sigma_{\epsilon 2}) - \psi_2(\sigma_{\epsilon 1})], \quad (3.10)$$

де $\sigma_a = p_a / p_m$ безрозмірний атм. тиск

$\sigma_{в1} = p_a / p_{в1}$; $\sigma_{в2} = p_a / p_{в2}$, а $\psi_2(\sigma_B)$ — функція відношення тисків що залежить від режиму витікання повітря.

Для надкритичного режиму витікання повітря функція має вигляд:

$$\psi_2(\sigma_B) = \sigma_B^{(k-1)/2k}. \quad (3.11)$$

Для підкритичного режиму:

$$\psi_2(\sigma_B) = \sigma_{B*}^{(k-1)/2k} + \frac{k-1}{2k} \cdot \varphi(\sigma_{B*}) \int_{\sigma_{B1}}^{\sigma_{B2}} \frac{d\sigma_B}{\sigma_B^{(k-1)/2k} \varphi(\sigma_B)}. \quad (3.12)$$

При проведенні розрахунків функція $\psi_2(\sigma_B)$ приймається за графічною залежністю або з таблиць згідно довідкової літератури [26].

3.3.3 Розрахунок об'єму системи підкачки коліс

Як видно із рівнянь (3.5) і (3.10) до їх складу входять сумарні розрахункові об'єми камер коліс V_p , $V_{\text{в.р.}}$. Загальний дійсний об'єм, при накачуванні чи стравлюванні повітря з камер коліс (рис. 3.6), складається з внутрішнього об'єму кожної пневмокамери коліс та об'єму магістралі, по якій повітря надходить від головного крану до камер. Наповнення зосередженого об'єму камер буде відрізнятися від рівномірно розподіленого внутрішнього об'єму магістралі по її довжині за витратою часу та енергії. Так повітря яке надходить до камер повинно подолати повний опір магістралей по яких воно підводиться. При наповненні магістралі від головного крану до камер коліс повітря зустрічає тільки частковий опір магістралі. Виходячи з цих умов об'єм магістралі наповнюється швидше ніж камер та з меншою витратою енергії. Ті ж умови по витраті енергії та часу можна спостерігати при стравлюванні повітря в атмосферу. Отже розрахункові об'єми V_p і $V_{\text{в.р.}}$ що входять до рівнянь (3.5) та (3.10) враховують об'єм камер коліс та частину об'єму магістралі:

$$V_p = V + k_v \cdot V_m; \quad (3.13)$$

$$V_{\text{в.р.}} = V + k_{v_6} \cdot V_m, \quad (3.14)$$

де V_m – об'єм магістралі, що з'єднує камеру з головним краном;

k_v і k_{v_6} - коефіцієнти приведення розподіленого об'єму до зосередженого для процесів наповнення і спорожнення відповідно.

При наповненні камер коліс повітрям значення коефіцієнта k_v визначаємо за наступною методикою. Спочатку знаходимо час наповнення об'єму V_m використавши рівняння (3.5) за двома варіантами. В першому варіанті підставимо в рівняння 3.5 значення V_m врахувавши ефективну площу f_e магістралі подачі повітря всієї лінії підводу. За другого варіанту підставимо в рівняння (3.5) значення V_m , прийнявши його за умовно зосереджений об'єм, при

цьому враховувавши площу перерізу f_e магістралі подачі повітря.

За другим варіантом часу наповнення V_m визначимо за лінійною залежністю гідравлічного опору магістралі від її довжини. Час наповнення в двох випадках повинен бути рівний тож $k_v V_T / f_e = V_T / f'_e$, тоді:

$$k_v = \frac{f_e}{f'_e}. \quad (3.15)$$

3.3.4 Результати розрахунку основних параметрів системи підкачки коліс [26]

Для виконання розрахунку основних параметрів системи підкачки коліс

Прийmemo вихідні дані таблиця 3.1 та приведемо розрахункову схему системи підкачки коліс (рис. 3.7). В процесі розрахунку необхідно визначити час накачки коліс з сумарним об'ємом камер V та час стравлювання повітря.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

	Показники	Позн.	Значення
1	Кількість коліс, шт	n_k	4
2	Об'єм камери колеса, м ³	$V_{кол}$	1,51
3	Максимальний тиск в камері колеса, МПа	P_n	0,18
4	Кількість ресиверів, шт	$n_{рес}$	2
5	Продуктивність компресора, м/хв	Q_k	0,2
6	Діаметр магістралі перед краном, м	d_1	$10 \cdot 10^{-3}$
7	Довжина магістралі перед краном, м	l_1	1,3
8	діаметр магістралі після головного крану, м	d_2	$10 \cdot 10^{-3}$
9	Загальна довжина магістралі після крана, м	l_2	3,8
10	Тиск в магістралі до крану, МПа	p_m	0,6
11	Переріз каналу головного крану, м ²	f_{e3}	$30,5 \cdot 10^{-6}$
12	Тиск в лінії стравлювання повітря в атмосферу, МПа	p_a	0,07

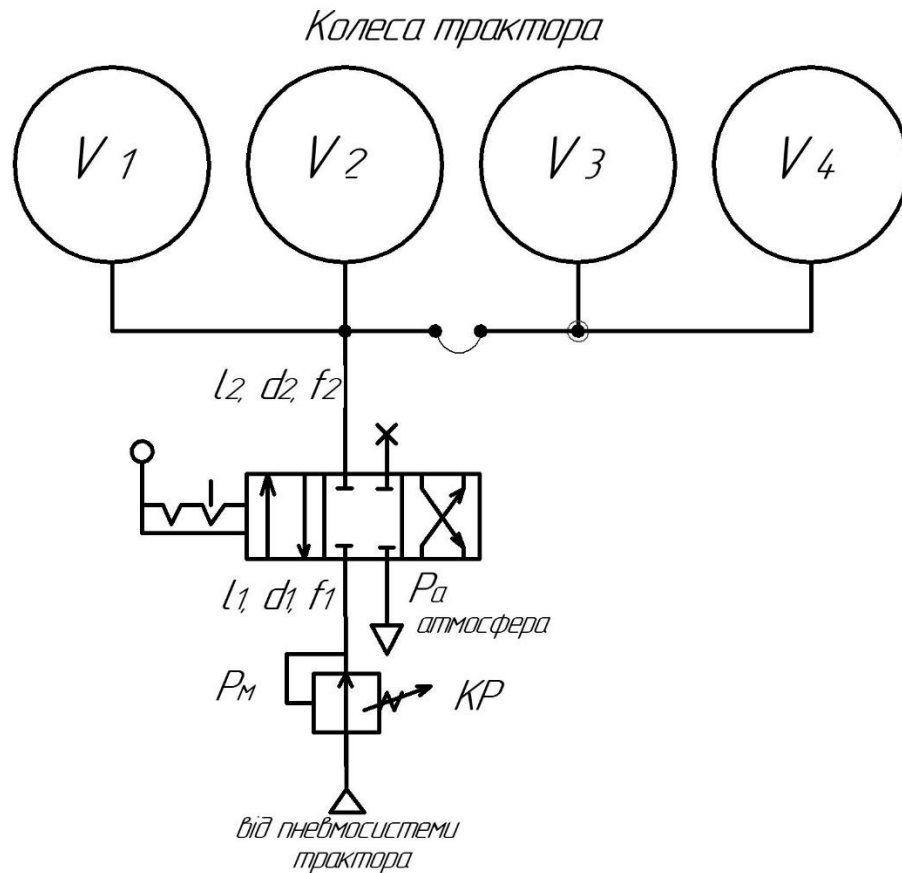


Рис. 3.7. Розрахункова схема системи підкачки коліс

Згідно рисунка 3.7 камери коліс за до магістралей сполучені з головним краном. До головного крану стиснуте повітря надходить по магістралі з ефективною площею проходу f_{e1} . Тиск повітря p_m в пневматичній системі задається за допомогою редукційного клапана KP .

За початковий тиск приймаємо значення поточного значення тиску в камерах коліс трактора.

Розрахунок часу накачування камер коліс за рівнянням 3.5 розпочинаємо з визначення його складових .

Виконаємо розрахунок значення ефективного перерізу f_e скориставшись рівнянням для послідовно з'єднаних елементів:

$$\frac{1}{f_e^2} = \frac{1}{f_{e1}^2} + \frac{1}{f_{e2}^2} + \dots + \frac{1}{f_{ei}^2} \quad (3.16)$$

Але на початку визначимо коефіцієнт витрати μ провівши розрахунок коефіцієнта сумарних втрат ζ за рівнянням:

$$\zeta = 0,5 \lambda l_2 / d = 0,5 \cdot 0,03 \cdot 3,8 / 0,01 = 5,7 \quad (3.17)$$

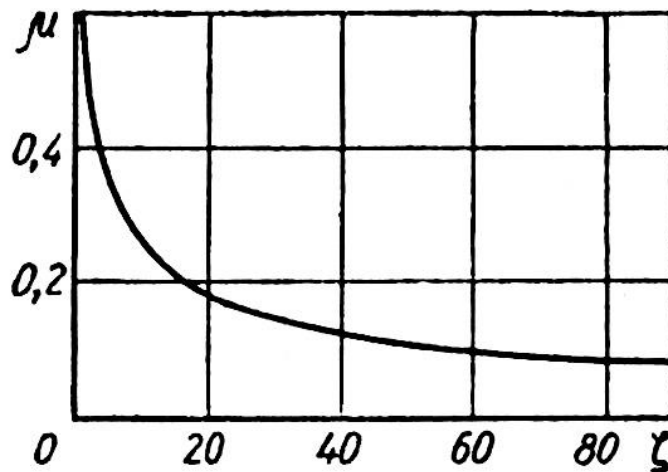


Рис.3.8. Графічна залежність коефіцієнта витрати μ від коефіцієнта сумарних втрат ζ

Використавши графік (рис. 3.8) визначимо значення коефіцієнта витрати $\mu=0,37$.

Тоді:

$$f_{e1} = \mu_1 \pi d^2 / 4 = 0,37 \cdot \pi \cdot 0,01^2 / 4 = 29,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2. \quad (3.18)$$

Враховуючі однакові параметри магістралі до крана та після значення перерізу $f_{e2} = f_{e1} = 29,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Тоді середній ефективний переріз всієї лінії подачі повітря від пневмосистеми трактора до камер коліс визначимо за рівнянням 3.16:

$$\frac{1}{f_e^2} = \frac{1}{f_{e1}^2} + \frac{1}{f_{e2}^2} + \frac{1}{f_{e3}^2} = \frac{1}{(29,04 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(29,04 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(30,5 \cdot 10^{-6})^2}$$

Звідки $f_e = 5,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Наступним параметром буде визначено необхідний розрахунковий об'єм для накачування шин :

$$V_p = 0,2 \cdot V + k_{v1} \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) l_1 + k_{v2} \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) l_2, \quad (3.19)$$

де k_{v1} і k_{v2} — приведений коефіцієнт об'єму магістралі до кран перша ділянка

та після крану друга ділянка $k_{v1} = \frac{f_e}{f'_{e1}}; k_{v2} = \frac{f_e}{f'_{e2}}$

V — сумарний об'єм камер коліс, $V = n_k \cdot V_{кол}$, м³;

f'_{e1} — ефективна площа магістралі від клапана КР до середини ділянки магістралі до головного крана,

f'_{e2} — ефективна площа магістралі від редуційного клапана КР до середини ділянки після крана.

Розрахунок перерізів f'_{e1} і f'_{e2} визначимо за рівнянням (3.16).

Виконаємо розрахунок ефективного перерізу магістралі з урахуванням половини довжини:

$$l : \zeta' = 0,5 \lambda 0,5 l_1 / d = 0,5 \cdot 0,03 \cdot 0,5 \cdot 3,8 / 0,01 = 2,85; \quad (3.20)$$

Згідно графіка (рис. 3.8) коефіцієнт витрати $\mu'_1 = 0,47$

Тоді

$$f'_{em1} = \mu'_1 \pi d^2 / 4 = 0,47 \cdot \pi \cdot 0,01^2 / 4 = 36,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}. \quad (3.21)$$

Виконаємо розрахунок ефективного перерізу для розглянутої ділянки:

$$\frac{1}{(f'_{e1})^2} = \frac{1}{(36,8 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(29,04 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(30,5 \cdot 10^{-6})^2} = 12,73 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$\frac{1}{(f'_{e2})^2} = \frac{1}{(36,8 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(29,04 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(30,5 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(14,5 \cdot 10^{-6})^2}.$$

Звідки $f'_{e2} = 6,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. Тоді значення коефіцієнтів приведення

$$k_{v1} = 5,38 \cdot 10^{-6} / 12,73 \cdot 10^{-6} = 0,42; k_{v2} = 5,38 \cdot 10^{-6} / 6,41 \cdot 10^{-6} = 0,84.$$

Тоді значення розрахункового об'єму:

$$V_p = 0,2 \cdot 1,51 \cdot 4 + 0,42 \left(\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \right) \cdot 1,3 + 0,84 \left(\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \right) \cdot 3,8 = 1,23 \cdot \text{м}^3$$

Виконаємо розрахунок безрозмірного тиску на початку накачування $\sigma_1 = p_a / p_m = 0,07 / 0,6 = 0,112$ і в кінці $\sigma_1 = p_n / p_m = 0,18 / 0,6 = 0,3$ та функції $\psi_1(\sigma_1) = \psi_1(0,112) = 0,112$ і $\psi_1(\sigma_2) = \psi_2(1) = 0,65$ (згідно графіка наведеного на рис. 3.9).

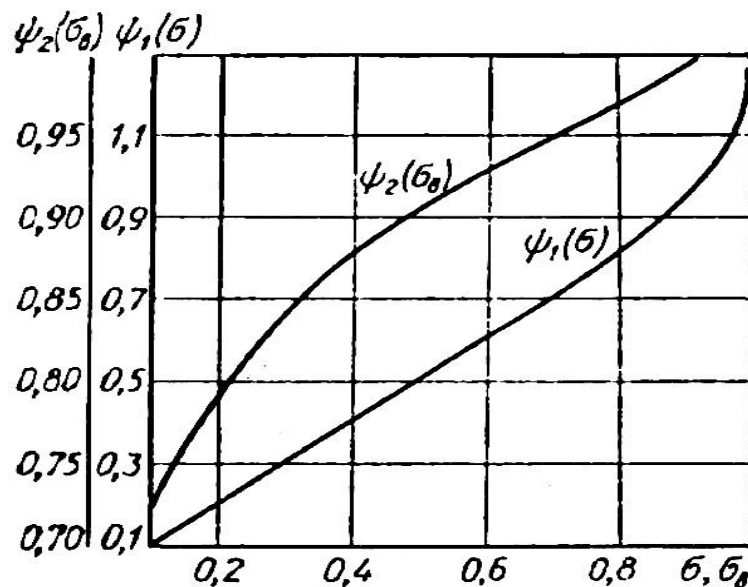


Рис.3.9. Графіки функцій $\psi_1(\sigma)$ та $\psi_2(\sigma_a)$

Розрахуємо час накачування камер коліс згідно рівняння 3.5:

$$t_{\kappa} = 3,62 \cdot 10^{-3} \frac{1,23}{5,38 \cdot 10^{-6}} [0,65 - 0,112] = 145 \text{ с.}$$

На наступному етапі розрахунку визначимо час стравлювання повітря з камер коліс через головний клапан від максимального високого тиску $P_{\text{н}} = 0,18$ МПа до максимально низького тиску $P_{\text{а}} = 0,07$ МПа.

Час стравлювання повітря до тиску $P_{\text{а}}$ визначимо за рівнянням;

$$t_{\epsilon} = 2,53 \cdot 10^{-3} \frac{V_{\epsilon, p}}{f_{\epsilon, \epsilon} \sigma_a^{(k-1)/2k}} [\psi_2(\sigma_{\epsilon 2}) - \psi_2(\sigma_{\epsilon 1})]. \quad (3.22)$$

Виконаємо розрахунки складових рівняння 3.22.

Розрахуємо ефективний переріз магістралі стравлювання повітря:

$$\frac{1}{f_{\epsilon, \epsilon}^2} = \frac{1}{f_{\epsilon 3}^2} + \frac{1}{f_{\epsilon 2}^2} = \frac{1}{(29,04 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(30,5 \cdot 10^{-6})^2}, \quad (3.23)$$

звідки $f_{\epsilon, \epsilon} = 6,64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Розрахунок об'єму камер коліс при стравлюванні повітря

$$V_{\epsilon, p} = 0,2 \cdot V + k_{V_{\epsilon 1}} (\pi d^2 / 4) l_2 = 0,2 \cdot n_{\kappa} \cdot V_{\kappa} + k_{V_{\epsilon 1}} (\pi d^2 / 4) l_2, \text{ м}^3 \quad (3.24)$$

де $k_{V_{\epsilon 1}} = \frac{f_{\epsilon, \epsilon}}{f'_{\epsilon, \epsilon 1}}; .$

Тоді приведений коефіцієнт

$$k_{V_{\epsilon 1}} = 6,64 \cdot 10^{-6} / 6,64 \cdot 10^{-6} = 1$$

$$V_{e.p} = 0,2 \cdot 4 \cdot 1,51 \cdot +1(3,14 \cdot 0,010^2 / 4)2 = 1,2 \text{ м}^3$$

Визначимо значення безрозмірних тисків на початку процесу стравлювання та в кінці

$$\sigma_{b1} = \frac{p_a}{p_H} = \sigma_a = \frac{0,07}{0,18} = 0,38; \quad (3.25)$$

$$\sigma_{b2} = \frac{p_a}{p_a} = \frac{0,07}{0,07} = 1 \quad (3.26)$$

Використавши графічний метод визначимо функцію $\psi_2(\sigma_b)$ (згідно рис. 3.9):

$$\psi_2(\sigma_{b1}) = \psi_2(0,38) = 0,8; \quad \psi_2(\sigma_{b2}) = \psi_2(1) = 1,04.$$

Підставимо отримані складові в рівняння 3.22:

$$t_g = 2,53 \cdot 10^{-3} \frac{1,2}{6,64 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38^{(1,4-1/21,4)}} [1,04 - 0,8] = 225 \text{ с.}$$

3.4 Розрахунок на міцність магістралей

Виконаємо розрахунок на міцність магістралей, що використовуються в системі накачування коліс. В системі використовуються магістралі, які мають однаковий діаметр $DN=10$ мм виготовлені із алюмінієвого сплаву АД31. Робочий тиск повітря в магістралях становить $P_p = 1$ МПа, температура повітря не перевищує $t = 70$ °С. Вплив корозії на алюмінієві труби при контакті з навколишнім середовищем становить $\Pi = 0,01$ мм/рік. Строк експлуатації магістралі $\tau=10$

На першому етапі розрахунків на міцність визначимо товщину стінки магістралей та значення внутрішнього тиску [27, 28]. Межа текучості алюмінієвого сплаву АД31 при 20°С становить $R_e=150$ МПа, значення межі

міцності при температурі 20 °C становить $R_m = 350$ МПа при цьому коефіцієнт безпеки (надійності) становитиме $\gamma = 1,2$ [28].

Визначимо значення коефіцієнта запасу міцності за рівнянням:

$$n_T = 1,3 \cdot \gamma = 1,3 \cdot 1,2 = 1,56 \quad (3.27)$$

Визначимо значення коефіцієнту запасу міцності за тимчасового опору за рівнянням:

$$n_B = 2,1 \cdot \gamma = 2,1 \cdot 1,2 = 2,52 \quad (3.28)$$

Визначимо значення допустимої напруженості за температури 20 °C за рівнянням:

$$[\sigma]_{20} = \min \left[\frac{R_e}{n_T}, \frac{R_m}{n_B} \right] = \min \left[\frac{150}{1,56}, \frac{350}{2,52} \right] = \min [96,15, 138,8] = 96,15 \text{ МПа} \quad (3.29)$$

Наступним кроком визначимо значення температурного коефіцієнта методом лінійної інтерполяції:

$$A_t = 0,9 + \frac{0,75 - 0,9}{90 - 50} (70 - 50) = 0,825 \quad (3.30)$$

де 0,75 - значення температурного коефіцієнта за температури 90 °C

0,9 значення температурного коефіцієнта за температури 70 °C.

Значення допустимого напруження при температурі 70 °C визначимо за рівнянням:

$$[\sigma] = [\sigma]_{20} \cdot A_t = 0,825 \cdot 96,15 = 79,32 \text{ МПа} \quad (3.31)$$

Зовнішній діаметр магістралі з урахуванням умовного проходу DN=10 мм згідно [29] приймемо 11 мм, коефіцієнт міцності $\varphi = 0,5$.

Розрахункове значення товщини стінки магістралі визначимо за рівнянням:

$$S_p = \frac{P \cdot D}{2\varphi \cdot [\sigma] + P} = \frac{1 \cdot 11}{2 \cdot 0,5[79,32] + 1} = 0,14 \text{ мм} \quad (3.32)$$

З урахуванням корозії товщина стінки дорівнюватиме:

$$C_2 = \Pi \cdot \tau = 0,01 \cdot 10 = 0,1 \text{ мм} \quad (3.33)$$

Виконавча товщина стінки труби без урахування технологічної добавки повинна бути

$$S \geq S_p + C_2 = 0,14 + 0,1 = 0,14 + 0,1 = 0,24 \text{ мм} \quad (3.34)$$

Для алюмінієвих пресованих труб за ДСТУ 18482-2005 [29] при зовнішньому діаметрі труб до 50 мм, товщиною стінки до 2 мм та звичайною точністю виготовлення граничне мінусове відхилення становить 15 %. Попередньо прийнявши товщину стінки труби $S = 0,25$ мм, технологічне збільшення складе

$$C_1 = 0,15 \cdot S = 0,15 \cdot 0,25 = 0,0375 \text{ мм} \quad (3.35)$$

Приріст до розрахункової товщини визначаємо за формулою

$$C = C_1 + C_2 = 0,0375 + 0,1 = 0,1375 \text{ мм} \quad (3.36)$$

Номінальну товщину стінки S труби визначаємо за формулою

$$S \geq S_p + C = 0,14 + 0,1375 = 0,277 \text{ мм} \quad (3.37)$$

За ДСТУ 18482-2005 приймаємо товщину стінки магістралі $S = 0,5$ мм.

Розрахункова напруга від внутрішнього тиску, приведена до нормальної температури, визначаємо за формулою:

$$\sigma = \frac{P \cdot [D - (S - C)]}{2A_t \cdot \varphi(S - C)} = \frac{1 \cdot [11 - (0,5 - 0,1375)] \cdot 0,83}{2 \cdot 0,825 \cdot 0,5(0,5 - 0,1375) \cdot 0,1865} = 58,1 \text{ МПа} \quad (3.38)$$

Умова міцності $58,1 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{20} = 96,15 \text{ МПа}$ виконується.

Допустимий внутрішній тиск обчислюємо за формулою:

$$[P] = \frac{2[\sigma]_{20} A_t \cdot \varphi(S - C)}{D - (S - C)} = \frac{2 \cdot 96,15 \cdot 0,825 \cdot 0,5(0,5 - 0,1375)}{11 - (0,5 - 0,1375)} = 1,18 \text{ МПа} \quad (3.39)$$

Умова міцності $P_p = 1 \text{ МПа} \leq [P] = 1,18 \text{ МПа}$ виконується.

3.5 Висновки

1. За результатами проведеного аналізу способів підвищення прохідності колісних тракторів загального призначення марки ХТЗ обрано спосіб з регулюванням тиску в камерах коліс трактора.

2. Розроблена система підкачки коліс тракторів ХТЗ-150К дозволить регулювати тиск в камерах коліс в межах від мінімально допустимого 0,07 МПа до максимального значення 0,18 МПа. За низького тиску площа опорної поверхні коліс збільшується, що дозволяє підвищити їх зчеплення та прохідність трактора в цілому.

3. За результатами проведених розрахунків встановлено значення часу підкачки коліс від мінімально можливого тиску до максимального $t_n = 145 \text{ с}$, та час стравлювання повітря до мінімального значення тиску $t_e = 225 \text{ с}$.

4. За результатами проведених розрахунків на міцність магістралей отримано значення мінімально допустимої товщини стінок $S = 0,5 \text{ мм}$.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві

Охорона праці являється основною системою направленням якої є забезпечення безпеки праці, здоров'я та працездатності людини задіяної в виробничому процесі.

В процесі взаємодії людини з предметами праці, засобами праці та навколишнього середовища на нього можуть діяти неблагодієсні виробничі фактори.

Відповідальність за охорону праці в господарстві покладена на власника господарства. З метою забезпечення виконання вимог охорони праці в господарстві функціонує служба, яка забезпечує контроль та організацію заходів задачею яких являється забезпечення безпечних умов праці на виробничих ділянках, в цехах та території господарства. Робота служби регулюється згідно встановленого законодавства та положень з охорони праці [30, 31].

Обов'язками власника господарства є:

- 1) забезпечити робочі місця на виробничих ділянках безпечними умовами праці враховуючи положення нормативних актів з охорони праці;
- 2) створити службу охорони праці;
- 3) затвердити посадові інструкції для ІТП та службовців, в яких повинні бути відображені обов'язки, права та відповідальність з питань охорони праці;
- 4) розробити заходи по досягненню на кожному робочому місці вимог нормативних актів про охорону праці;
- 5) виконувати заходи, запропоновані комісією з розслідування нещасних випадків;
- 6) організувати роботу лабораторій по контролю умов праці і атестації робочих місць;

7) розробити та затвердити положення, інструкції та інші нормативні документи з питань охорони праці;

8) організувати контроль за дотриманням робітниками технологічних процесів, правил обслуговування механізмів і машин, своєчасно забезпечувати працюючих спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального та колективного захисту;

Технологічний процес передбачає безпечні та здорові умови праці, дотримання нормативів по протипожежній охороні, промислової санітарії та вимог безпечної праці.

При створенні безпечних умов праці велике значення мають безперервні виробничі процеси, які базуються на автоматизації та роботизації виробничих процесів.

Безперервні процеси характеризуються стійкістю постійністю режиму та ритму. Це зменшує можливість помилок персоналу в процесі експлуатації, що веде до зниження імовірності виникнення травмонебезпечних ситуацій.

Практичні вимоги до кожного робітника виробництва записані в технологічних картах. На основі технологічних карт розробляються операційні карти, в яких приводять інструктивні вказівки про порядок аварійних зупинок, про вимоги техніки безпеки та виробничої санітарії на окремих робочих місцях [31].

При знаходженні несправностей машину негайно зупиняють та вивішують табличку “Не вмикати, несправно!”. Про несправності повідомляють адміністрацію господарства.

Вимоги до персоналу який обслуговує електрообладнання: обслуговувати електрообладнання дозволяється особам не молодшим 18 років, психічно здоровим.

В господарстві відповідальність за охорону праці несе директор, який призначає спеціальним приказом відповідальних осіб: по господарству-головного спеціаліста, по відділу-завідуючого відділом, в ремонтній майстерній-завідуючого, в тракторній бригаді-бригадира.

Господарство також має інженера по охороні праці .Вказівки інженера по охороні праці обов'язкові для всіх спеціалістів та працівників господарства.

Інженер по охороні праці має право:

1.Забороняти роботу на тракторних агрегатах, комбайнах, станках, апаратах і механізмах, а також на виробничих, будівних, ремонтних, навантажувально-розвантажувальних, транспортних та інших роботах, якщо виникла загроза життя та здоров'ю працюючих або загроза виникнення пожеги, з невідкладним повідомленням про це керівництву.

2.Вістраняти від роботи осіб, грубо порушуючих правила та інструкції охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки з доведенням про це керівництва господарства.

3. Притягувати до відповідальності порушників правил, інструкцій та норм охорони праці.

Кожен рік всі робітники проходять навчання по охороні праці з наступною перевіркою знань. Результати перевірки заносять спеціальну відомість. Особи, які не здали іспит до роботи не допускаються.

Кожен новий працівник перед зарахуванням отримує від головного інженера ввідний інструктаж, при якому його знайомлять з внутрішнім розкладом господарства, правилами безпеки ходіння по території господарства, загальними правилами електробезпеки, правилами обслуговування машин, з протипожежним режимом, порядком надання першої допомоги при нещасних випадках. Отримання ввідного інструктажу оформляється у вигляді карточки, без якої не дозволяється видавати приказ про зарахуванні на роботу.

Механізатори переведенні з іншої роботи або прийняті на роботу, отримують від бригадира інструктаж на новому робочому . Без цього інструктажа починати роботу заборонено.

При отриманні інструктажу на новому робочому необхідно ознайомитись з технологічним процесом, особливостями роботи, будовою та діями машини призначеної для роботи, порядком її підготовки до роботи та правилами обслуговування, добре освоїти безпечні прийоми роботи.

Отримання інструктажу на робочому місці оформляється записом в журналі реєстрації інструктажів.

Перед весняною посівною та збиральними роботами, а також якщо в господарстві мав випадок травматизму або зафіксовані постійні порушення правил та інструкцій охорони праці, проводять повторний інструктаж з охорони праці.

З періодичністю в 6 місяців проводиться періодичний інструктаж. Для робочих небезпечних професій (електрики, газозварювальники) інструктаж проводиться з періодичністю в 3 місяці.

Всі робітники господарства забезпечуються в залежності від сезону спецодягом та в потрібних випадках засобами індивідуального захисту.

4.2 Аналіз виробничого травматизму в господарстві

Засоби по покращенню стану охорони праці в сільському господарстві не можуть дати бажаного результату, якщо їх проводити не вивчивши причини джерела виникнення травматизму.

Якість аналізу залежить в значній мірі від достовірності і сумлінного оформлення актів. Якісно складені акти, матеріали дослідження нещасних випадків дозволить правильно дослідити причини виробничого травматизму.

В аналізі травматизму ми використовується два методи: 1-й – статистичний; 2-й – поглиблений [32].

Статистичний метод заключається в знаходженні показників К_ч- частоти і К_т-тяжкості травматизму, К_п- коефіцієнта втрати робочого часу.

Поглиблений метод заключається в більш детальному аналізі нещасних випадків.

Наряду з перевагами цих методів вони мають деякі недоліки, які заключаються в тому, що вони придатні для отримання загальних висновків. Їх основою являються статистичні показники, які приміняються в цілях порівняльних оцінок безпеки окремих процесів або операцій.

Значення коефіцієнту частоти травматизму визначимо за формулою:

$$K_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P \quad (4.1)$$

де T – значення кількості нещасних випадків на підприємстві;

P – значення середньосписочної кількості працюючих.

Значення коефіцієнта тяжкості травматизму обчислюємо за формулою:

$$K_{\text{т}} = D / T \quad (4.2)$$

де D – значення кількості днів непрацездатності.

Частіше всього використовуємо показник $K_{\text{ч}}$, який показує кількість нещасних випадків на 1000 середньоспискових працюючих. Тому запропоновано прийняти більш характерний загальний показник травматизму $K_{\text{п}}$ - коефіцієнт втрати робочого часу.

$$K_{\text{п}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = D / P \cdot 1000 \quad (4.3)$$

На основі зібраних актів за формою Н-1 за останні 3 роки, аналіз травматизму в господарстві показав, що показники травматизму по рокам мають наступний вигляд (табл .4.1).

Виконаємо розрахунок показників виробничого травматизму в 2023 році.

$$K_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P = 1 \cdot 1000 / 22 = 90,9.$$

$$K_{\text{т}} = D / T = 44 / 2 = 22.$$

$$K_{\text{п}} = D / P \cdot 1000 = 44 / 22 \cdot 1000 = 2000.$$

Кожний нещасний випадок, який виникає на виробництві - явище багаторазове. Ці фактори мають звичайний характер і природу, тому нещасний випадок – подія об'єктивна. Моменти виникнення нещасного випадку важко передбачити, так як не відомо час, коли в результаті проявлення багатьох факторів, виникають ситуації, наявність яких призводять до травматизму. Аналізуючи виробничий травматизм за останні три роки необхідно відмітити, що основна маса їх припадає на механізаторів і складає 50 %. Кількість нещасних випадків серед водіїв становить 16,6%.

Таблиця 4.1 – Аналіз виробничого травматизму в господарстві

Показники	Роки		
	2021	2022	2023
1	2	3	4
Середньорічна кількість робітників, чол.	26	15	22
Кількість нещасних випадків, од.	3	1	2
Втрата днів в результаті непрацездатності, дні.	28	37	44
Коефіцієнт частоти травматизму	11,0	66,6	90,9
Коефіцієнт тяжкості травматизму	43	37	22
Коефіцієнт втрати робочого часу	19 86	2466	2000

4.3 Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві

- Для покращення стану охорони праці в господарстві, створення безпечних умов праці, зменшення виробничого травматизму та захворюваності, в наслідок чого підвищення рівня виробництва рекомендується:

- встановити в кабінеті з охорони праці медійні засоби для демонстрації матеріалів в ході проведення навчань та організаційних заходів;
- поновити матеріальну базу шляхом оновлення плакатів та інформаційних куточків з охорони праці на виробничих ділянках;
- систематично проводити пропаганду охорони праці;
- слідкувати за надійністю кріплення елементів заземлення електрообладнання та громовідводів;
- слідкувати за дотриманням чистоти на виробничих ділянках;
- контролювати вводи лінії електропередач, висота вводу в приміщення не менше 2,5 метрів а нижнє провисання лінії електропередач не менше 6 метрів.
- перевірити наявність засобів пожежогасіння та облаштування куточків з пожежної безпеки;
- пожежний інвентар повинен знаходитися робочому стані, вогнегасники повинні мати бірки з інформацією по останньому їх обслуговуванню.
- в період жнив всі транспортні засоби, що задіяні в перевезенні та скиртуванні соломи повинні мати іскрогасники.
- кожний транспортний засіб повинен бути обладнаний вогнегасником і аптечкою першої медичної допомоги.
- забезпечити контроль та проведення інструктажів з охорони праці.
- забезпечити всі виробничі приміщення плакатами з охорони праці.

4.4 Висновки

Якщо розглядати стан охорони праці в господарстві, то стан його можна охарактеризувати як задовільний. Всього за 3 роки було 6 нещасних випадків, а в 2023 році – 2. Найбільше травмувань припадає на долю трактористів. Травми на виробничому місці більш за все пов'язані з несправністю машин, механізмів та при проведенні ремонтних робіт техніки.

Таким чином на технічні, технологічні причини приходить 50 %, а решта на організаційні та санітарне - гігієнічні.

Найбільша кількість захворювань за 3 роки приходить на галузь механізації і становить 61 %. Так як виробничі умови праці механізаторів пов'язані з роботою на відкритих місцях, застосуванні хімічних речовин для обробітку землі, а також недосконалою системою охорони праці.

Запропоновані заходи з поліпшення умов праці дозволять знизити травматизм на виробничих ділянках.

Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Економічну ефективність проекту оцінимо за порівнянням результатів розрахунку проведеного за двома варіантами в першому буде розглянуто експлуатація трактора ХТЗ-150К на оранці в агрегаті з плугом ПЛН-5-35, а в другому виконаємо розрахунок при експлуатації модернізованого трактора ХТЗ-150КМ на оранці в агрегаті з ПЛН-5-35. Розрахунок виконаємо за загально прийнятою методикою [33]. В таблиці 5.1 наведено вихідні дані для проведення розрахунку.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Базова ХТЗ-150К+ ПЛН-5-35	Проектowana ХТЗ-150КМ + ПЛН-5-35
1.	Обсяг роботи	га	100	100
2.	Вид роботи	-	оранка	оранка
3.	Продуктивність	га/год	1,3	1,5
4.	Витрати ПММ	кг/га	20	20
5.	Вартість палива	грн/кг	50	50
6.	Вартість:	грн		
	- Трактора		2500000	2520000
	- Мащини		108000	108000
	- Всього		2608000	2628000
7.	Кількість працівників	чол.	1	1
8	Тривалість зміни	год	8	8

Визначаємо змінну продуктивність агрегату:

$$W_{зм}^{\phi} = Q \cdot T_{зм} = 1,3 \cdot 8 = 10,4 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^{\pi} = Q \cdot T_{зм} = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ га/зм}$$

де Q – продуктивність агрегату га/год;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Значення витрат робочого часу агрегату визначимо за рівнянням:

$$B = \frac{m \cdot T_{зм}}{W_{зм}}, \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}} \quad (5.1)$$

де m – значення кількості робітників, чол;

$$B^{\phi} = \frac{1 \cdot 8}{10,4} = 0,77 \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}}$$

$$B^{\pi} = \frac{1 \cdot 8}{12} = 0,66 \frac{\text{люд} - \text{год}}{\text{га}}$$

Нормативне завантаження агрегату визначаємо за формулою:

$$T_n = \frac{W_p}{W_{год}}, \text{га} \quad (5.2)$$

W_p – значення річної продуктивності агрегату, га

$$T_n^{\phi} = \frac{100}{1,3} = 76,9 \text{ год}$$

$$T_n^n = \frac{100}{1,5} = 66,6 \text{ год}$$

Значення нормативних витрат на технічне обслуговування та ремонти визначимо за рівнянням:

$$T_{ni} = \frac{B \cdot 9,7\%}{T_n \cdot W_{год} \cdot 100\%}, \frac{грн}{га} \quad (5.3)$$

де B – значення балансової вартості агрегату, грн

$$T_{ni}^6 = \frac{2608000 \cdot 9,7}{76,9 \cdot 1,3 \cdot 100} = 2529,76 \frac{грн}{га}$$

$$T_{ni}^n = \frac{2628000 \cdot 9,7}{66,6 \cdot 1,5 \cdot 100} = 2549,2 \frac{грн}{га}$$

Значення експлуатаційних витрат визначимо за рівнянням:

$$V_{\Sigma e} = 3n + G_{нмм} + T_p, \frac{грн}{га} \quad (5.4)$$

де $3n$ – значення заробітної платні, грн/га;

$G_{нмм}$ – значення витрат на експлуатаційні матеріали, грн/га;

T_p – значення витрат на ТО, ПР, КР та зберігання, грн/га.

Значення заробітної платні визначимо за рівнянням:

$$3n = \frac{T_c \cdot 1,2 \cdot 2,2}{W_{год}}, \frac{грн}{га} \quad (5.5)$$

де T_c – значення тарифної ставки, грн/год;

1,2 – значення коефіцієнту додаткової оплати праці;

2,2 – значення коефіцієнту нарахувань на соціальні міроприємства.

Значення тарифної ставки на оплату праці визначимо за формулою:

$$T_c = \frac{W\phi \cdot S_n}{W_n}, \text{ грн} \quad (5.6)$$

де S_n – оплата за нормований виробіток, $S_n = 700$ грн

W – нормована змінна продуктивність праці, га/зм.

$$T_c^B = \frac{1,3 \cdot 700}{10,4} = 87,5 \text{ грн}$$

$$T_c^H = \frac{1,5 \cdot 700}{12} = 87,5 \text{ грн}$$

$$z_{II}^B = \frac{87,5 \cdot 1,2 \cdot 2,2}{1,3} = 177,7 \text{ грн/га}$$

$$z_{II}^H = \frac{87,5 \cdot 1,2 \cdot 2,2}{1,5} = 154 \text{ грн/га}$$

Значення амортизаційних відрахувань визначимо за формулою:

$$Ai = \frac{B \cdot a \cdot Ai}{T_n \cdot W_{год} \cdot 100} \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

де $a \cdot A_i$ – нормоване відрахування на амортизацію машин, 15 %.

$$A_I^B = \frac{2608000 \cdot 15}{76,9 \cdot 1,3 \cdot 100} = 3912 \text{ грн/га}$$

$$A_I^П = \frac{2628000 \cdot 15}{66,6 \cdot 1,5 \cdot 100} = 3942 \text{ грн/га}$$

Значення витрат на експлуатаційні матеріали визначимо за рівнянням:

$$G_{\text{пмм}} = g \cdot C, \text{ грн/га} \quad (5.8)$$

де g – значення витрати палива на 1 га, кг;

C – комплексна вартість паливо-мастильних матеріалів, грн/кг

$$G_{\text{пмм}}^B = 20 \cdot 50 = 1000 \text{ грн/га}$$

$$G_{\text{пмм}}^П = 20 \cdot 50 = 1000 \text{ грн/га}$$

Значення витрат на обслуговування та ремонти визначимо за рівнянням:

$$T_P = \frac{K \cdot T_{\text{нi}}}{W_{\text{год}}}, \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

де K – значення коефіцієнту умовного еталонного трактору, $K = 0,7$.

$$T_P^B = \frac{2529,76 \cdot 0,7}{1,3} = 1362,18 \text{ грн/га}$$

$$T_P^П = \frac{2549,16 \cdot 0,7}{1,5} = 1189,61 \text{ грн/га}$$

Значення сумарних експлуатаційних витрат визначимо за рівнянням (5.4):

$$V_{\Sigma E}^B = 177,7 + 3912 + 1000 + 1362,18 = 6451,87 \quad \text{грн/га}$$

$$V_{\Sigma E}^B = 154 + 3942 + 1000 + 1189,61 = 6285,61 \quad \text{грн/га}$$

Значення експлуатаційних витрат на весь обсяг робіт визначаємо за рівнянням:

$$V_e = V_{se} \cdot W_p, \quad \text{грн} \quad (5.10)$$

$$V_e^B = 6451,87 \cdot 100 = 645187 \quad \text{грн}$$

$$V_e^B = 6285,61 \cdot 100 = 628561 \quad \text{грн}$$

Значення капітальних вкладень на 1 гектар визначимо за рівнянням:

$$K_B^B = \frac{B}{W_p}, \quad \text{грн} \quad (5.11)$$

$$K_B^B = \frac{2608000}{100} = 26080 \quad \text{грн/га}$$

$$K_B^B = \frac{2628000}{100} = 26280 \quad \text{грн/га}$$

Значення приведених витрат на 1 гектар визначимо за рівнянням:

$$\Pi_{B1} = V_{\Sigma e} + 0,15 \cdot K_B, \quad \text{грн} \quad (5.12)$$

$$\Pi_{B1}^B = 6451,87 + 0,15 \cdot 26080 = 10363,9 \quad \text{грн/га}$$

$$\Pi_{в1}^n = 6285,61 + 0,15 \cdot 26280 = 10227,6 \text{ грн/га}$$

Значення приведених витрат на весь обсяг робіт визначимо за рівнянням:

$$\Pi_{в2} = \Pi_{в1} \cdot W_p, \quad \text{грн} \quad (5.13)$$

$$\Pi_{в2}^{\delta} = 10363,9 \cdot 100 = 1036390 \quad \text{грн}$$

$$\Pi_{в2}^n = 10227,6 \cdot 100 = 1022760 \quad \text{грн}$$

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_p = \Pi_{в2}^{\delta} - \Pi_{в2}^n, \quad \text{грн} \quad (5.14)$$

$$E_p = 1036390 - 1022760 = 13626,3 \text{ грн}$$

Значення терміну окупності визначимо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B^n - B^{\delta}}{E_p}, \quad \text{років} \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = \frac{2628000 - 2608000}{13626,3} = 1,46 \text{ року}$$

Результати розрахунку зведемо в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 – Економічні показники проекту

Показники	Варіанти		Проектний варіант в (+/-) до базового
	Базовий	Проектний	
Машино-тракторний агрегат	ХТЗ-150К + ПЛН-5-35	ХТЗ-150КМ + ПЛН-5-35	-
Вартість машинного агрегату, грн	2608000	2628000	15000
Обсяг роботи, га	100	100	-
Вид виконаних робіт	оранка	оранка	-
Витрати на паливе, грн/га	1000	1000	0
Витрати на заробітну платню, грн/га	177,7	154	-23,7
Витрати на технічне обслуговування та ремонти, грн/га	1362,2	1189,6	-172,6
Амортизаційні відрахування, грн	3912	3942	30
Експлуатаційні витрати, грн/га	6451,87	6285,6	-166,27
Економічний ефект проекту, грн	13626,3		
Термін окупності проекту, років	1,46		

Висновки

Як показують розрахунки проведене удосконалення ходової частини підвищило продуктивність агрегату за рахунок кращого зчеплення коліс та зниження буксування. Річний економічний ефект на оранці склав 13626,3 грн, що дозволяє окупити витрати на удосконалення на протязі 1,46 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Згідно проведеного аналізу ТОВ «Зоря» встановлено ефективне ведення господарської діяльності завдяки злагодженій роботі всіх підрозділів та необхідних для цього бригад та служб. Додатково покращити економічні показники господарства можливо шляхом удосконалення тракторів загального призначення ХТЗ-150К поліпшивши їх тягові показники та прохідність за рахунок розробки системи підкачки коліс та регулювання тиску в них.

2. За результатами проведеного аналізу встановлено, що втрата зчеплення та підвищення буксування рушіїв знижує продуктивність МТА від 10% до 25%, витрата палива при цьому зростає від 12% до 18% - це знижує ефективність механізованих робіт і вирощування сільськогосподарських культур в цілому.

Підвищити прохідність та тягові показники тракторів загального призначення можливо різними способами: баластуванням, здвоєнням чи строєнням шин, використанням легких гусениць, регулюванням тиску в шинах та ін.

3. Врахувавши переваги та недоліки кожного з розглянутих способів для підвищення прохідності колісного трактора ХТЗ обираємо спосіб з регулюванням тиску шин. Розроблена система підкачки коліс тракторів ХТЗ-150К дозволить регулювати тиск в камерах коліс в межах від мінімально допустимого 0,07 МПа до максимального значення 0,18 МПа. За низького тиску площа опорної поверхні коліс збільшується, що дозволяє підвищити їх зчеплення та прохідність трактора в цілому.

За результатами проведених розрахунків встановлено значення часу підкачки коліс від мінімально можливого тиску до максимального $t_n = 145 \text{ с}$, та час стравлювання повітря до мінімального значення тиску $t_g = 225 \text{ с}$.

За результатами проведених розрахунків на міцність магістралей отримано значення мінімально допустимої товщини стінок $S = 0,5 \text{ мм}$.

4. Розроблені заходи з охорони праці дозволять знизити травматизм на виробничих ділянках при експлуатації удосконаленого трактора.

5. Як показують розрахунки проведене удосконалення ходової частини підвищило продуктивність агрегату за рахунок кращого зчеплення коліс та зниження буксування. Річний економічний ефект на оранці склав 13626,3 грн, що дозволяє окупити витрати на удосконалення трактора на протязі 1,46 року.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бешун О. А., Ачкевич В. І., Чуба С.В. Аналіз напрямків розвитку рушіїв сільськогосподарської техніки. Вісник ТДАТУ Вип. 18, т. 2. – с. 238-246
2. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів.-К.: Урожай, 1994. -224 с.
3. О. О. Налобіна, М. В. Голотюк, О. З. Бундза, Д. Л. Серілко, В. С. Гавриш. Дослідження експлуатаційних властивостей машин і обладнання. Практикум : навч. посіб. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2023. – 414 с. ISBN 978-966-327-562-8
4. Ружицький М. А., Рябець В. І., Кіяшко В. М. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2010. 617 с.
5. <https://agrotimes.ua/tehnika/grupa-kompanij-agroprosperis-vyprobuvala-glybokorozpushuvachi-terraland/>
6. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І., Войцехівський С.О. Трактори та автомобілі. - К: Вища освіта, 2003. 280 с.
7. Трактор Т-150К . – Х, 2000. 184 с.
8. Трактори ХТЗ-150К. Інструкція з експлуатації. – Х, 2013. 192 с
9. Шармов М. А., Давінський А., Харченко Н. Трактори ДТ-75Б. – К. Колос.1988. 231 с.
10. <https://traktorist.ua/news/u-shveycariyi-prezentovali-traktor-z-kompensaciieyu-poperechnogo-nahilu-kabini-dlya-girskoyi-miscevosti>
11. <https://www.dexpens.com/Article/13663/klirens-i-dorozhniy-prosvit-v-chomu-riznitsya-i-yak-dileri-obmanyuyut-vodiyiv>
12. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу „Автомобіліл, модуль 2, «Системи управління автомобілем» для студентів напрямку.070106„Автомобільний транспорт І. Кіровоград: КНТУ, 2014.- 72 с.
13. Шкарівський Г.В. Основи теорії мобільних машин: Навчальний посібник. К.: ФОП Ямчинський О.М., 2019. 723 с.

14. <https://agro-maximum.com.ua/ua/p1314064555-tsepi-protivoskolzheniya-tsepi.html>
15. Олексійчик Н.А. Використання машинно-тракторного парку на торф'яно-болотних ґрунтах. – Л.: «Колос» 1978. – 240с.
16. <https://www.deere.ua/uk/>
17. <https://propozitsiya.com.ua/traktor-htz-280t-zi-zminnymy-hodovymy-systemamy-praktychni-vyprobuvannya>
18. Надикто В.Т. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт. Техніка і технології АПК. 2014. № 7 (58). С. 34–38.
19. Пат. 54542 МПК В60С 27/00 № u201007300 заявл. 11.06.2010 опубл. 10.11.2010, Бюл.№ 21
20. Пат. 32545 МПК А01В 59/00 № u200712159 заявл. 06.12.2007 опубл. 26.05.2008, Бюл.№ 10
21. <https://studfile.net/preview/7603047/page:12/>
22. <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz-5233ve-kraz-5233ne/3039-sistema-regulirovaniya-davleniya-vozdukha-v-shinakh>
23. Окоча А. І., Білоконь Я. Ю. Автотракторні витратні матеріали: Довідник. -К.: ФАДА, ЛТД, 2002.-102с.: іл.
24. Герц Є.В. Динаміка пневматичних систем машин. - К.: Машинобудування, 2001. - 256 с.
25. Дідур В.А., Савченко О.Д., Пастушенко С.І. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. Запоріжжя: Прем'єр, 2005. 464 с.
26. Носко С.В. Проектування пневмоприводів. Навчальний посібник./ С.В. Носко // - Київ : НТУУ ім. Ігоря Сікорського, 2019 – 86 с.
27. Барвін О.І., Генкіна І.М. Конструювання і розрахунок зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання. Луганськ.: Вид. ЛСНУ. 2007. -306 с.
28. Камерштейн А.Г., Різдяний В.В., Ручимський М.Н., Розрахунок трубопроводів на міцність. Київ: Справна книга. 1993. – 428 с.

29. ДСТУ 18482-79. Труби пресовані із алюмінію та алюмінієвих сплавів. Київ. – 2005 р.
30. Закон України «Про охорону праці. Діє з 24.11.1992 року N 2695-XII
31. Конституція України. Прийнята 28.06.1996 року.
32. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
33. С.С. Черниш. Економічний аналіз. - К: видавничий центр учбової літератури, 2010. – 313 с.

Додаток

[illegible]

[illegible]