

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

КУКЛІС МАКСИМ ГЕННАДІЙОВИЧ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
завідувач кафедри механізації
сільського господарства
канд. техн. наук, доцент
_____ Анатолій ПОЛЯКОВ
«__» _____ 2023 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО
ЗАСОБУ В ПІДВИЩЕНИХ АГРЕСИВНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Спеціальність 208 Агроінженерія

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Керівник:

канд. техн. наук, доцент
Вадим ВОЛОХ

Оцінка: ____/____/_____
бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою

Київ – 2023

1 АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ГІДРОПРИВОДІВ ТА ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНУ СТАБІЛЬНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ

1.1 Умови роботи гідравлічних навісних систем машинно-тракторних агрегатів і тенденції підвищення їх працездатності

1.1.1 Ґрунтово-кліматичні умови і їх вплив на роботу енергетичного засобу

Характер ґрунтів, їх фізико-механічні властивості, хімічний і мінералогічний склад впливає безпосередньо на надійність МТА, що експлуатуються на даних ґрунтах, і їх складових частин. Існує прямий зв'язок ступеня зносу вузлів і агрегатів від механічного складу ґрунтів і Вмісту в них різних механічних елементів [48].

На знос деталей машинно-тракторного агрегату також впливає вміст в ґрунті органічних речовин, водорозчинних солей і реакція ґрунтового розчину. Отже, їх працездатність залежить не тільки від правильності експлуатації і конструктивної досконалості, але і від умов експлуатації, а саме властивостей конкретних ґрунтів, на яких МТА експлуатуються, кліматичних умов і т.п.

Основним критерієм, що характеризує ґрунт, є його механічний склад, від якого залежать майже всі фізичні і фізико-механічні властивості ґрунтів, а також їх хімічний і мінералогічний склад.

Поряд з тим, що присутність пилу в складі ґрунтів позитивними впливає на їх технологічні властивості, це негативно позначаючись на працездатності гідравлічних систем, так як пил, проникаючи у внутрішню порожнину, значно підвищує знос прецизійних пар і інших поверхонь, що труться, відповідно вузлів і агрегатів гідроприводу.

Хімічні та фізичні властивості ґрунтів значною мірою залежать від змісту в них гумусу. Частинки органічних речовин, які містяться в гумусі,

мають високі гідрофільні властивості і є своєрідним "мастилом" для деталей, що труться.

Одним з важливих показників хімічних властивостей ґрунту є реакція ґрунтового розчину, з якою пов'язані процеси перетворення компонентів мінеральної та органічної частин ґрунту (розчинення частини речовин, утворення осаду, утворення та збереження і комплексних сполук, міграція і акумуляція речовин в профілі ґрунту). На технологічні властивості значно впливає вміст і якісний склад водорозчинних солей, що знаходяться у складі ґрунтів. Так, наприклад для муло-пилових важких суглинків, які характерні для південних регіонів України, величина РН водної витяжки ґрунту склала 7,3...8,1 і сольовий - 6,5...7,6. Від складу солей залежить реакція ґрунтового розчину, вологоємність ґрунтів, їх структура і деякі фізико-механічні властивості. Аналіз водної витяжки показав, що такі ґрунти не є засолені, сухий залишок не перевищує 0,05 ... 0,06%. У складі водорозчинних солей переважають бікарбонати кальцію і магнію, а також хлориди кальцію і магнію.

Як було зазначено вище, від складу солей залежить реакція ґрунтового розчину, а отже, вологомісткості ґрунтів і їх структури, які, в свою чергу, впливають на працездатність систем, вузлів і агрегатів МТА, а також умови їх експлуатації.

В табл.1.1 приведена кількісна характеристика зовнішнього середовища в районі бака гідронавісної системи при виконанні МТА основних сільськогосподарських робіт (оранка, культивування, боронування). З таблиці видно, що найбільша концентрація пилу в районі гідробака зафіксована при боронуванні і становить 0,272 г/м³, найменша при культивуванні - 0,145.. 0,147 г/м³ (у разі руху МТА на зустріч вітру). В даному випадку величини по показників концентрації пилу на одному ґрунтовому рельєфі залежать від ширини захвату агрегату, хімічного і фізико-механічного складу ґрунту, швидкості руху агрегату і особливо від напрямку вітру.

Експериментальні дослідження запиленості повітря при оранці і культивуванні, [60] показали, що ступінь запиленості повітря при виконанні зазначених с.-г. робіт знаходиться в межах $0,0176 \dots 0,0247 \text{ г/м}^3$ і залежить від типу, твердості і вологості ґрунту. Кліматичних параметрів ґрунту, а також режимів роботи МТА. Результати дослідження наведені в табл. 1.2.

Таким чином, на підставі наявних експериментальних даних, зроблено висновок, що концентрація пилу в районі гідробаку трактора МТА при виконанні ним основних сільськогосподарських робіт знаходиться в межах $0,145 \dots 0,272 \text{ г/м}^3$.

Таблиця 1.1

Якісна характеристика зовнішнього середовища біля гідробаку трактора типу ХТЗ-160

Вид роботи, яку виконує трактор	Швидкість руху агрегату, м/с	Барометричний тиск, мм.рт.ст	Швидкість вітру, м/с	Напрямок вітру	Відносна вологість повітря, %	Температура повітря, °С	Концентрація пилу в місці розміщення гідробаку, г/м ³
Оранка (трактор з агрегатом з плугом ПЛН-5-35)	3,2	761,0	5,4	бокове	74,5	22,5	0,166...0,170
Боронування (зчіпка СГ-21-здвоєна)	3,4	761,5	5,8	за напрямом руху	75,2	21,0	0,272
Культивування (трактор в агрегаті з 2КПС-4)	3,2	765,0	3,8	назустріч руху трактору	70,3	24,6	0,145...0,147

Таблиця 1.2

Запиленість повітря при роботі МТА

Вид роботи, яка виконується. Тип ґрунту	Швидкість руху агрегату, м/с	Вологість ґрунту, %	Твердість ґрунту, кН/м ²	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Запиленість повітря, г/м ³
Пахота						
Каштанові (підгорні, каменисті)	1,65	10,26	1421,0	20,2	56,8	0,0247
Аллювіально-лугові	1,64	28,30	3126,2	18,6	59,0	0,0243
Горні, темно-каштанові	1,65	17,61	2499,0	27,3	44,7	0,0172
Темні сіроземляні, лугові	1,62	11,60	2920,4	14,4	75,8	0,0121
Каштанові	1,48	26,04	2854,0	6,0	69,4	0,0110
Горні коричневі, післялісні	1,64	31,07	2776,3	11,2	43,4	0,0090
Світлі сіроземляні, лугові	1,62	18,43	2695,0	14,3	78,2	0,0081
Горний чернозем	1,48	28,00	2665,0	23,5	68,5	0,0040
Культивування міжряддя						
Каштанові	1,58	20,58	2303,0	26,5	61,4	0,0061
Темні сіроземляні, лугові	1,58	16,16	1753,2	30,0	49,1	0,0176
Світлі сіроземляні, лугові	1,58	12,36	2499,0	31,6	58,0	0,0103

1.1.2 Аналіз причин забруднення гідроприводу енергетичного засобу

Відомо, що гідравлічні системи машинно-тракторних агрегатів (МТА) працюють в умовах підвищеного забруднення навколишнього середовища. При роботі колісного трактора в агрегаті з різними навісними і напівнавісними с.-г. знаряддями створюється пилова хмара, концентрація пилу в якому іноді досягає $0,160 \text{ г/м}^3$. Якщо врахувати, що робоча рідина в гідравлічних системах змінюється при ТО-3, тобто через 960...1000 мотогодин, то кількість пилу, що потрапляє у внутрішню порожнину гідронавісних системах (ГНС) за вказаний проміжок роботи, може досягти значної величини.

В складі польового пилу міститься понад 86% кварцового піску, калієвого і натрієвого польового шпата, твердість яких в 3...12 разів вище твердості матеріалів, що застосовуються для виготовлення агрегатів гідравлічних систем.

Застосовувані в гідравлічних системах фільтруючі елементи з розмірами комірок $0,125 \times 0,125 \text{ мм}$ практично не затримують дрібні механічні домішки, що потрапляють з атмосфери. Отже, навіть незначна кількість пилу, що потрапляє в гідросистему, може привести до значного зносу її вузлів і агрегатів.

Результати аналізу забрудненості робочої рідини, отриманих при дослідженнях гідронавісних систем МТА, показали, що початкове забруднення знаходиться в межах 0,012 ... 0,015%, а в окремих випадках досягає 0,04% [43]. Підвищення вмісту механічних домішок в процесі експлуатації становить 0,01...0,03% на 100 мотогодин роботи гідроприводу. Долив робочої рідини в гідравлічну систему призводить до додаткового внесення у внутрішню її порожнину технічних домішок, що збільшує вміст забруднювача на 0,02 ... 0,04%. За 240 мотогодин роботи трактора Т-150К на оранці з плугом ПЛН-5-35 вміст механічних домішок в робочої рідини гідроприводу збільшується з 0,013 до 0,02% внаслідок потрапляння їх в гідробак через сапун. У рядовий експлуатації середня забрудненість робочої рідини може підвищуватися до 0,12% і більше.

Фактична забрудненість робочої рідини гідросистем МТА, які експлуатуються в різних районах країни, знаходиться в межах, 0,04 ... 0,15% за вагою, неорганічна частина домішок становить 70..80%.

Останнє відбувається в основному за рахунок проникнення механічних домішок у внутрішню порожнину гідроприводу через сапун, внаслідок "дихання" гідроприводу, викликаного різницею об'ємів робочої рідини, що заповнює штокову і поршневу порожнини гідроциліндрів. Причому, при застосуванні гідроциліндрів односторонньої дії перепад рівня рідини в гідробаку дорівнює об'єму поршневих порожнин гідроциліндрів, а при використанні гідроциліндрів двосторонньої дії - різниці об'ємів поршневої і штокової порожнин розрахунки показали [44], порція повітря, яке одночасно засмоктується у разі "дихання" в гідросистему, на прикладі трактора Т-150К, може досягати 6,3 л. Так як концентрація пилу в районі сапуна досить висока і буває рівною 0,147 ... 0,272 г/м³, то кількість забруднювача, який попадає в гідробак в процесі "дихання" гідроприводу досить значне.

Крім того, як вже зазначалося, причинами забруднення робочої рідини гідравлічних систем МТА є потрапляння забруднювача в гідросистему при заправках і доливках робочої рідини (в разі порушення вимог, що пред'являються до заправки) часткове проникнення забруднювача через зазори в сполученнях штока і кришки гідроциліндра, при зворотно-поступальному русі штока, а також розкладанням олів та присадок, випаданням продуктів розкладання в осад під дією підвищених навантажень, температур та інтенсивного перемішування з повітрям, яке засмоктується з навколишнього середовища. Інтенсивному забрудненню гідроприводу сприяє наявність у робочій рідині продуктів зносу сполучених деталей агрегатів, металевого пилу і притиральних паст, що залишилися після збирання і ремонту.

Основні шляхи проникнення забруднень у внутрішню порожнину гідронавісної системи трактора типу ХТЗ 160, ХТЗ 170, а також витоків робочої рідини з гідроприводу - "вразливі місця" - показані на рис. 1.1.

Аналіз причин проникнення забруднювачів у гідросистему вказує на те, що найбільш "вразливим місцем" є сапун, що забезпечує "дихання" гідроприводу, а отже, сполучає її внутрішню порожнину з навколишнім середовищем. В процесі "дихання" гідроприводу у внутрішню порожнину потрапляє значна кількість пилу, води та інших забруднювачів [52]. В результаті цього виникає окислення робочої рідини, що, в свою чергу, призводить до корозії деталей і зниження довговічності гідроагрегатів [72]. Решта шляхів забруднення робочих рідин можуть бути усунені за рахунок підвищення якості виготовлення вузлів і деталей гідросистем і особливо ущільнюючих пристроїв, збирання, а також якості робіт по обслуговуванню МТА, які виконуються під час експлуатації.

Фізико-хімічні властивості робочої рідини під час експлуатації гідросистем залежить від багатьох факторів. Так, проведений методом «випадкової вибірки» відбір і фізико-хімічний аналіз проб з гідросистем тракторів показало що сумарний вміст механічних домішок в умовах рядової експлуатації залежить від пори року. В табл. 1.3 наведені результати аналізів, розподілу сумарних механічних домішок.

Таблиця 1.1

Якісна характеристика зовнішнього середовища біля гідробаку трактора типу ХТЗ-160

Вид роботи, яку виконує трактор	Швидкість руху агрегату, м/с	Барометричний тиск, мм.рт.ст	Швидкість вітру, м/с	Напрямок вітру	Відносна вологість повітря, %	Температура повітря, °С	Концентрація пилу в місці розміщення гідробаку, г/м ³
Оранка (трактор з агрегатом з плугом ПЛН-5-35)	3,2	761,0	5,4	бокове	74,5	22,5	0,166...0,170
Боронування (зчіпка СГ-21-здвоєна)	3,4	761,5	5,8	за напрямом руху	75,2	21,0	0,272
Культивування (трактор в агрегаті з 2КПС-4)	3,2	765,0	3,8	назустріч руху трактору	70,3	24,6	0,145...0,147

Таблиця 1.2 - Запиленість повітря при роботі МТА

Вид роботи, яка виконується. Тип ґрунту	Швидкість руху агрегату, м/с	Вологість ґрунту, %	Твердість ґрунту, кН/м ²	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Запиленість повітря, г/м ³
Пахота						
Каштанові (підгорні, каменисті)	1,65	10,26	1421,0	20,2	56,8	0,0247
Аллювіально-лугові	1,64	28,30	3126,2	18,6	59,0	0,0243
Горні, темно-каштанові	1,65	17,61	2499,0	27,3	44,7	0,0172
Темні сіроземляні, лугові	1,62	11,60	2920,4	14,4	75,8	0,0121
Каштанові	1,48	26,04	2854,0	6,0	69,4	0,0110
Горні коричневі, післялісні	1,64	31,07	2776,3	11,2	43,4	0,0090
Світлі сіроземляні, лугові	1,62	18,43	2695,0	14,3	78,2	0,0081
Горний чернозем	1,48	28,00	2665,0	23,5	68,5	0,0040
Культивування міжряддя						
Каштанові	1,58	20,58	2303,0	26,5	61,4	0,0061
Темні сіроземляні, лугові	1,58	16,16	1753,2	30,0	49,1	0,0176
Світлі сіроземляні, лугові	1,58	12,36	2499,0	31,6	58,0	0,0103

Таблиця 1.3 - Результати аналізів робочої рідини, гідросистем тракторів класу 30 кН за порами року

Пора року	Вміст механічних домішок, %		Вміст елементів в негорючих домішках, %	
	сумарне	негорючих	кремній	залізо
Весняна	0,031...0,650	0,007...0,182	50...95	5...20
Літня	0,011...0,470	0,056...0,215	50...90	10..50
Осіньня	0,025...0,155	0,010...0,103	50...85	15...50

Як випливає з табл. 1.3, найбільша кількість негорючих домішок в робочій рідині гідросистем спостерігається в літній період експлуатації МТА.

Забрудненість робочої рідини, характеризується, як вмістом в робочій рідині механічних домішок, так і їх дисперсійним та мінералогічним складом. Основна частина домішок є неорганічного походження - окиси кремнію, магнію, алюмінію. Аналіз забруднення робочої рідини гідронавісних систем показав, що робоча рідина в гідросистемах сільськогосподарських МТА містить додатково високий відсоток механічних домішок, в яких міститься до 70% частинок мінералогічного складу. Інтенсивне накопичення пилу в робочій рідині гідроприводу відбувається в період весняно-літньої експлуатації, а підчас подальшої експлуатації настає деяка їх стабілізація. Тому для забезпечення нормального стану робочої рідини, що обумовлює нормальну роботу вузлів і агрегатів гідроприводу в цілому, потрібно регулярно проведення робіт по технічному обслуговуванню, включаючи заміну робочої рідини.

1.1.3 Режими роботи гідроприводу начіпки при експлуатації машино-тракторних агрегатів

Умови експлуатації гідросистем визначаються навантажувальними, часовими і температурними режимами роботи. Часовий режим роботи визначається сукупністю таких показників, як частота та тривалість

навантаження (тиску), співвідношенням часу роботи гідроагрегатів на холостому ходу і під навантаженням, а також співвідношенням загального напрацювання трактора і напрацювання його з використанням гідронавісної системи.

В результаті проведених контрольних змін встановлено, що при використанні на оранці тракторів Т-150К (тип ХТЗ -160) середня кількість підйомів плуга ПЛН 5-35, віднесене до часу повної роботи, включи транспортні переїзди, становить 4,9. При роботі безпосередньо в полі середньо-годинна кількість підйомів знаходиться в межах 6, і ... 6,4. Від 8 до 11% робочої зміни трактори простоюють але різними технологічними з технічних причин з працюючим двигуном. При цьому плуг опущено, гідроциліндр і розподільник розвантажені, а гідронасос працює па знижених обертах. Середньому 12% робочого часу зміни доводиться на транспортні переїзди трактора з плугом, а решту часу приходиться на оранку, в процесі якої положення золотника розподільника знаходиться в положенні «плаваюче», а гідронасос працює вхолосту. Протягом "чистої" оранки виглублення плугу з використанням гідроприводу начіпки відбувається з частотою 6...7 підйомів на годину за умови довжини гону не менше 1000 м.

Як показали результати досліджень режимів роботи ГНС, найбільша інтенсивність використання ГНС колісних та гусеничних МТА доводиться на роботу тракторів з плугами (оранка) культивуацію [37, 39]. Аналіз річної зайнятості тракторів на основних сільськогосподарських роботах показав, що річне число включень гідроприводу під навантаження для тракторів класу 15...50 кН, при напрацюванні тракторів 1500 мотогодин становить біля 15000 циклів навантаження.

Величини тиску в гідравлічній системі залежать, в основному, від регулювання клапанів автоматики золотників розподільника і досягають значення 11,5...13,5 МПа. В окремих випадках, в залежності від виду технологічної операції і типу с.-г. знаряддя, яке агрегатується миттєва величина максимального тиску досягає 18 МПа.

Аналіз тривалість циклів навантаження показав, що для різних тракторів тривалість циклів різна і становить для тракторів класу 9...50 кН- 1,8...4 с, причому тривалість циклу вище у тракторів, що з більшою енергоємністю.

Найбільш навантаженим режимом роботи гідронавісної системи слід вважати режим роботи при перекиданні причепів, в випадку агрегування трактора з навантажувачами та при аерації навозу при використанні з перемішувальним шнеком . Однак, оскільки обсяг цих робіт в порівнянні з основними видами с.-г. робіт незначний і характер їх не відрізняється високою інтенсивністю використання ГНС, основним режимом використання ГНС слід вважати процес підйому сільгоспмашин в транспортне положення.

Температурний режим роботи гідроприводу оцінюється виходячи зі стану робочої рідини в гідробаку. Результати вимірювань температурного режиму оливи в гідробаку показують, що температура в процесі роботи трактора коливається в межах 65 ± 5 °С.

1.2 Аналіз факторів, що впливають на умови роботи гідроприводу енергетичного засобу і його функціональну стабільність

Працездатність гідравлічних систем тракторів залежить від цілого ряду факторів, які умовно можуть бути розділені на три групи: конструктивно–ремонтно-експлуатаційне, виробничі і конструктивно-виробничі.

До факторів, що впливає в цілому на працездатність гідравлічних систем, можуть бути віднесені конструктивні особливості вузлів і агрегатів, змонтованих в систему, їх геометричні параметри і техніко-економічні показники (продуктивність насосів, тиск в гідросистемі і т.п.).

Крім того, до конструктивно-виробничих факторів належать безпосередньо компонування вузлів і агрегатів на тракторах, а також якість конструктивних елементів і складальних одиниць, що застосовуються при складанні гідроагрегатів. Одним з основних факторів, які впливають на поліпшення умов, експлуатації гідросистем, є вдосконалення конструкції повітроочисних пристроїв (сапунів), фільтруючих елементів що

застосовуються, які в свою чергу повинні забезпечувати досить високу ступінь очищення робочої рідини, а також ущільнень і сполучних пристроїв, які застосовуються для з'єднання вузлів і агрегатів. До конструктивно - ремонтно- експлуатаційних факторів належать якість проведення робіт з технічного обслуговування гідросистем, якість робочої рідин, що застосовується в гідросистемі, кваліфікація обслуговуючого персоналу, та ґрунтово-кліматичні умови.

З метою більш детального розгляду факторів, які впливають на умови роботи гідравлічних систем та їх функціональну стабільність, розділимо фактори на три групи: конструктивні, технологічні і експлуатаційні.

До конструктивних факторів належать невраховані в процесі проектування навантаження, величини яких в процесі експлуатації значно вище розрахункових; неправильно обраний матеріал, який застосовується при виробництві деталей агрегатів і гідроарматури, невідповідність фізико-хімічних властивостей робочої рідини, обраної в процесі проектування, вимогам, які виникають в процесі експлуатації і т.п. Наявність в конструкції перерахованих вище факторів свідчить про її недосконалість.

До технологічних факторів можна віднести порушення технологічного процесу виготовлення вузлів і агрегатів за рахунок відхилень в процесі механічної або інших видів обробки деталей; порушення прийнятої послідовності обробки, складання та регулювання гідроприводу в цілому.

До експлуатаційних належать наступні фактори, якість проведення технічного обслуговування і ремонтів гідроприводу в процесі експлуатації, режими роботи, кваліфікація обслуговуючого персоналу, якість у застосовуваної робочої рідин, зберігання гідроагрегатів, а також ґрунтово-кліматичні умови. Схематично фактори, що впливають на умови експлуатації гідроприводу і її працездатність, представлені на рис. 1.2.

Отже, працездатність агрегатів гідронавісних систем, їх нормальне функціонування в значній мірі залежить від експлуатаційних факторів, які включають чистоту, хімічний склад і якість робочої рідини, яка

використовується в гідросистемі, температурний режим експлуатації гідроприводу, експлуатаційний режим навантаження гідроприводу (величину, характер і періодичність повторення навантажень; величина і характер зміни тиску в гідросистемі в залежності від виникаючих експлуатаційних навантажень).

Тому однією з основних завдань при дослідженні конструкцій гідравлічних систем слід вважати необхідність розробок з герметизації гідравлічних систем, що виключають контакт їх внутрішніх порожнин з навколишнього середовищем, і поліпшення умов експлуатації шляхом вибору оптимальних режимів навантаження.

Створення герметичних гідравлічних систем, поряд з виключенням попадання абразивних частинок у робочу рідину, дозволить знизити її окислення в процесі роботи, що, в свою чергу, підвищить термін служби робочої рідини, що застосовується в гідросистемах і довговічність агрегатів, змонтованих в гідравлічну систему.



Рисунок 1.2 - Схема факторів, які впливають на умови роботи гідроприводу МТА на її працездатність

1.3 Тенденції підвищення функціональної стабільності гідроприводу
проблема технічної експлуатації гідравлічних систем сільськогосподарських тракторів розглянута у роботах Н.М. Йоффе [63], включаючи технічне обслуговування. Однак питання використання робочих рідин розглянуті недостатньо повно. Крім того, в названих роботах практично нерозглянуті конструкції приладів і обладнання, призначених для технічного обслуговування і діагностування гідравлічних систем. Не розглянуті питання взаємоприспосовуваність засобів і об'єктів діагностування, а також технологія обслуговування, включаючи періодичність заміни робочої рідини. Більше повно це питання розглянуто в роботі [44], де наведена технологія технічного обслуговування гідравлічного обладнання в сучасних енергонасичених тракторах, описано основне обладнання, яке може бути застосовано для технічного обслуговування і діагностування.

В роботах науковців, розглянуті питання впливу твердих механічних домішок, що потрапляють в гідросистему, на робочі характеристики гідроагрегатів, в ній також наведені результати досліджень відцентрової очистки олив, що застосовуються в гідросистемах, і знос деталей гідроагрегатів при очищенні олив центрифугою і серійним фільтром. Зроблено висновок про те, що захист гідроприводу від забруднення, яке потрапляє з навколишнього середовища, повинен здійснюватися за рахунок підвищення тонкості очищення фільтруючих елементів і вдосконалення повітроочисних пристроїв [64].

Відомі роботи проведені під керівництвом професора Г.П. Лишко по поліпшенню експлуатаційних якостей мастильних матеріалів, підвищення термінів їх служби. Результати досліджень наведені в роботах [58], зазначені дослідження були спрямовані на поліпшення експлуатаційних якостей товарних олив шляхом різного роду їх обробки (ультразвуком, γ - опроміненням, магнітними полями і т.п.). Наукові основи використання мастильних матеріалів в сільськогосподарському виробництві відображені в працях [51, 57, 59,].

При дослідженні експлуатаційні умови роботи гідронасосів в гідросистемах с.-г. тракторів, автомобілів встановлено, що ймовірність нормального функціонування гідронасосів залежить від експлуатаційних факторів, а саме: чистоти робочої рідини, температурного режиму експлуатації, характеру і величини періодичності, повторення експлуатаційних навантажень, зміни тиску тощо [46, 50, 61].

Аналіз літературних джерел показав, що надійність вузлів і агрегатів машин лімітується забрудненістю поверхонь пар тертя, яка відбувається за рахунок застосування неякісних робочих рідин (олив), забруднення їх в процесі експлуатації механічними домішками, що знаходяться в навколишньому середовищі, а також утворення окисних плівок на металевих поверхнях деталей [50, 57].

Тому в теперішній час доцільно провести дослідження експлуатаційних режимів гідросистем МТА в цілому, з урахуванням сучасних технологій та пристроїв, для виявлення найбільш "вразливих місць" з позиції їх забруднення. Та на підставі проведених досліджень розробити заходи, направлені на вдосконалення гідросистем, загальні вимоги, нормативи і показники, що характеризують їх технологічність. Крім того, доцільно провести комплекс робіт щодо вдосконалення засобів сервісного контролю і технічного обслуговування гідравлічних систем, що дозволить значно підвищити якість робіт які виконуються, при ТО, а також знизити трудомісткість операцій з технічного обслуговування.

Виходячи з наведених вище дослідних робіт [66], основною їх метою є розробка нових, більш досконалих засобів і методів очищення робочої рідини, вдосконалення конструкції фільтруючих елементів. Слід відмітити роботу, присвяченій розробці методів очищення робочих олив гідросистем тракторів, Малі Джібраїл Малка. Автором роботи встановлено взаємодію поля коронарного розряду з твердими і газоподібними домішками в робочих оливах гідросистем, що значно підвищує якість їх очищення. Практичне застосування розробленого методу дозволяє значно підвищити надійність і працездатність

гідравлічної системи. Однак даний метод досить складний і може бути застосований тільки в особливих випадках.

Лебедевим А.Т. в роботі [55, 56], приведені дослідження з працездатності гідроприводів тракторних агрегатів на основі їх діагностування, теоретично обґрунтований метод інтегральної оцінки працездатності агрегатів, що дозволяє на стадії проектування оптимізувати їх структуру, скоротити трудомісткість обслуговування і діагностування в процесі експлуатації. Крім того, в роботі також обґрунтованні показники працездатності за характеристиками перехідного процесу для гідроприводів, передавальні функції яких можуть бути описані динамічними ланками з перехідним процесом, акцентованим за часом, доведені закономірності зміни відновлювальних параметрів при проведенні технічного обслуговування. хоча робота А.Т. Лебедева є багатоплановою і фундаментальною по розглянутій проблемі, проте недоліком її слід вважати відсутність досліджень і закономірностей зміни фізико-хімічних властивостей робочих рідин, які застосовуються в гідроприводах, тобто рідина не розглядається, як конструктивний елемент, що в значній мірі впливає на працездатність гідроприводів в цілому [55, 56].

Це особливо важливо тому, що застосування сучасної сільськогосподарської техніки без використання гідроприводів є не доцільними. Трактори, які випускаються на Україні оснащені роздільно-агрегатними гідравлічними системами навішування, що забезпечує управління робочими органами с.-г. машин, які агрегатуються з тракторами, безпосередньо з місця тракториста. Загальний вигляд функціональної схеми гідронавісної системи трактора типу ХТЗ -160, ХТЗ-170 наведено на рис. 1.3.

Необхідно відзначити, що практично всі трактори потужністю понад 15 кВт, що випускаються зарубіжними фірмами, обладнані гідронавісними системами, які оснащені автоматичними регуляторами заданого режиму роботи. Прикладом може служити функціональна схема гідравлічної системи трактора «Штейер», яка приведена на рис. 1.4.

Гідравлічні системи і приводи з точки зору їх розрахунку, розглянуті багатьма авторами. Основоположними в цьому напрямку слід вважати роботи Т.М. Башти [42, 43], Н.С. Гаминіна [49], Б.Н. Прокоф'єва [62]. В них наведені розрахунки, як окремих гідроагрегатів, так і всього гідроприводу в цілому, дана оцінка динамічних властивостей гідроприводу, руху і балансу витрати робочої рідини. Питанням теорії і практики застосування гідроприводу тракторних агрегатів присвячені роботи І.П. Ксеневича [53], В.Н. Прокоф'єва [62], І.В. Фрумкіса [69]. В наведених роботах вирішені питання проектування і підвищення ефективності використання гідравлічних приводів, їх аналіз показав, що перспективним є комплексний підхід до вирішення даної проблеми, яка об'єднує весь цикл створення надійних гідроприводів, включаючи проектування, відпрацювання конструкції, модернізацію та експлуатацію [55, 56].

1.4 Оцінка гідроприводу начіпки з позиції експлуатаційної технологічності

Аналіз результатів проведених досліджень [67] дозволив виявити загальні тенденції і основні шляхи, направлені на підвищення рівня експлуатаційної технологічності (ЕТ) конструкцій МТА, які полягають в застосуванні прогресивних конструктивних рішень, спрямованих на герметизацію систем, в тому числі гідравлічних; впровадження інтегрованих діагностичних засобів і методів прогнозування залишкового ресурсу в процесі експлуатації (показників рівнів рідини в ємкостях, тиску в системі мастила і гідравлічній системі, стану фільтруючих елементів для палива і олив та ін.); збільшення періодичності виконання контрольних, регулювальних, кріпильних і мастильних робіт.

Можливість об'єктивної оцінки конструкції, з точки зору її ЕТ, має велике значення, особливо при виборі раціонального конструктивного рішення в період розробки та доведення складових частин машини.

В свою чергу, відповідність конструкції машини вимогам, що виникають в період експлуатації, може бути оцінений за допомогою показників, що характеризують її пристосованість до технічного обслуговування та існуючим засобам сервісного контролю.

Показники, які застосовуються для оцінки конструкцій складових частин і тракторів в цілому до технічного обслуговування, повинні мати кількісну характеристику і виражатися числовими значеннями.

В даний час аналізом методів і розробкою показників, що характеризують ремонтну та експлуатаційну технологічність, займаються ряд науковців [54, 68, 71].

Основоположними роботами в області експлуатації, технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки слід вважати праці Г.П. Лишко, І.Ф.Тельнова, Іофінов С.А. [65, 58, 50].

Основними показниками експлуатаційної технологічності є оперативні затрати праці, часу і коштів на виконання технічного обслуговування. метод

його оцінки зводиться до визначення оперативної тривалості, трудомісткості і вартості окремих робіт зі змащування, контролю технічного стану машин, кріплення і т.д.

В роботах [70, 71] запропоновані показники, що характеризують середньозважену величину періодичності, кількість мастильних операцій за одиницю напрацювання, питому трудомісткість і вартість мастильних робіт, а також коефіцієнт технологічності виконання операцій при змащуванні та заправці.

Метод бальної оцінки придатності машин до технічного обслуговування дуже складний. Однак цінність його безперечна, так як в деяких випадках, використовуючи його, надають можливість аналітичним шляхом приблизно виявити найбільш несприятливі показники, що характеризують нетехнологічність конструкції в стадії її розробки.

Для оцінки пристосованості конструкції тракторів до технічного обслуговування розроблена методика [38, 39, 40], яка використовується на заводах. Зазначена методика передбачає розподіл оціночних показників на основні та допоміжні. Крім того, існує перелік оціночних показників пристосованості сільськогосподарських машин до техобслуговування в період випробувань. Показники, запропоновані, характеризують зручність, складність і доступність місць обслуговування, які в сукупності представляють коефіцієнт доступності конструкції.

Однак в роботі [67, 68] Г.Е. Топілін зазначає, що "існуючі методи оцінки пристосованості машин до технічного обслуговування передбачають визначення розрізнених показників, як правило, незгрупованих в методологічну послідовність за сукупністю" лідируючих критеріїв". У своїх роботах [67, 68] автор наводить ряд найбільш оптимальних показників, які дозволяють визначити технологічну пристосованість конструкції тракторів до технічного обслуговування, а також більш детальні дослідження за показниками, які характеризують пристосованість виробів до інструментальної діагностики, потреби в нестандартних засобах і інструменті,

номенклатурі і витрат паливно-мастильних матеріалів при обслуговуванні тракторів, також до визначення їх конкурентоспроможності. Кількість показників, що дозволяють зробити повну оцінку конструкції трактора, не перевищує 18, що значно менше, чим пропонувалося раніше (29 показників).

Слід зазначити, що в роботі [67] Г.Е. Топілін, на відміну від інших авторів, з метою оцінки пристосованості конструкції до технічного обслуговування застосовує коефіцієнт контролю операцій, в тому числі операцій по змащуванню і заправці. Для більш детальних досліджень пристосованості гідравлічних систем тракторів до технічного обслуговування в даній роботі використовуються показники, що характеризують технологічність конструкцій при проведенні технічного обслуговування, пристосованість до діагностики, потреба в нестандартних засобах і інструменті, номенклатура олив та гідросумішей, що використовуються при проведенні технічного обслуговуванні. До останніх відносяться коефіцієнти доступності, контрольованості, асортименту мастил і олив, заправних ємкостей і уніфікації інструменту.

Відомо, що від правильного вибору раціональної конструкції виробу залежить, як оптимальна економічність виробництва, так і його експлуатаційні якості. При вирішенні різних питань, що виникають при виборі раціональної конструкції машин, все більшого значення приймає інженерне прогнозування [33]. Методика прогнозування дозволяє провести оцінку досліджуваного об'єкта за двома основними комплексними показниками:

- коефіцієнту технічного рівня (K_p), що характеризує досліджуваний об'єкт по відношенню до існуючого аналогу;
- коефіцієнту конкурентоспроможності (K), що характеризує досліджуваний об'єкт по відношенню до існуючого аналогу закордонного виробництва.

Оцінка конструкції гідравлічних систем тракторів по комплексним показникам дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція, з точки зору пристосованості до технічного обслуговування із застосуванням засобів діагностики, більш технологічної але порівняно з кращими існуючими зразками і, таким що, з позиції короткострокового прогнозування перспективна;

- конструкція виконана на рівні існуючих серійних зразків немає переваг при оцінці перспективності впровадження у виробництво;

- конструкція виконана нижче існуючих кращих прототипів і її розробка повинна бути припинена.

З метою виявлення нетехнологічних місць в конструкціях тракторів, професором І.П. Терских [66] запропоновані відносні показники, які залежать від відповідних компонентів системи діагностики: людина-прилад-машина, що дозволяє оцінювати процес діагностування як систему, а також виявляти вплив на показники ефективності складових даної системи.

Однак основними показниками, як і нормують ремонтпридатність, , слід вважати питому оперативну трудомісткість технічного обслуговування, неплановані поточні ремонти (усунення наслідків відмов) і капітальний ремонт.

Так аналіз відмов агрегатів гідравлічних систем [64] показав, що значне місце серед них займають відмови, викликані використанням неякісних мастил.

Техніко-економічні показники, які характеризують гідронавісні системи тракторів типу ХТЗ-160, ХТЗ-170, свідчать про низьку їх надійність, високу вартість експлуатації і необхідності проведення подальших робіт з удосконалення конструкції ГНС, поліпшенню умов їх роботи, що, в свою чергу, сприяє економії олів і мастил. Відомо, що вартість технічного обслуговування тракторів і їх складових частин збільшується, аналогічно трудомісткості, в міру ускладнення виду технічного обслуговування, останнє відбувається через зростання витрат олів і мастил [64]. Наприклад, повна заміна олів проводиться при сезонних обслуговуваннях, тому вартість останніх найвища. Отже, підтверджується необхідність розробки і

впровадження всесезонних олив і мастил із збільшеною періодичністю заміни і виявлення резервів підвищення термінів їх служби.

Одним з найважливіших заходів, що сприяють скороченню витрат коштів на технічне обслуговування, є удосконалення конструкції гідравлічних систем тракторів і заправних ємкостей, а також підвищення якості застосовуваних в конструкціях пристроїв, що поліпшують умови роботи гідроприводу шляхом підвищення їх герметизації.

1.5. Висновки, мета і завдання дослідження

Аналіз роботи показав, що у вітчизняній і зарубіжній літературі розглянуті питання щодо розрахунків гідросистем машин, дана оцінка динамічних властивостей гідроприводу, досліджено процес руху і витрати робочих рідин, їх енергетичний баланс. У виконаних раніше роботах, в основному, вирішені питання проектування гідросистем. У роботах, присвячених підвищенню експлуатаційних якостей гідравлічних систем, як правило, розглядають питання, що включають розробку нових, більш досконалих засобів і методів очищення робочих маса, вдосконаленням конструкцій фільтруючих елементів, які застосовуються в гідросистемах для очищення олив центрифуг, а також методів, заснованих на взаємодії полей коронарного розряду з твердими і газоподібними домішками. Одним з найважливіших напрямків, які передбачають підвищення експлуатаційних якостей машин, є поліпшення товарних олив обробкою їх ультразвуком і γ -променями.

Однак в розглянутих роботах практично відсутні теоретичні розробки та конструкторсько-технологічні заходи, спрямовані на поліпшення умов експлуатації гідросистем і, в першу чергу, їх гідробаків, шляхом виключення контакту внутрішньої порожнини гідроприводу з навколишнім середовищем, які можуть бути застосовані для тракторів, що знаходяться в експлуатації, це в свою чергу призводить до забруднення робочої рідини, а отже, зниження працездатності збільшення витрат на обслуговування і усунення відмов. Так,

вартість обслуговування ГНС трактора типу ХТЗ-160, ХТЗ-170 дорівнює 10% від загальної вартості обслуговування трактора за цикл.

Виходячи з короткого аналізу виконаних робіт, намічені наступні питання, які вирішені цими дослідженнями:

- розроблений спосіб поліпшення умов роботи гідروприводу начіпки трактора за рахунок підвищення її герметичності;

- теоретично обґрунтовані і обрані параметри пристроїв, які забезпечують підвищення герметизації гідросистем для сільськогосподарських тракторів типу ХТЗ-160, ХТЗ-170, розроблена номограма, що дозволяє визначення параметрів графічним шляхом;

- проведені дослідження з визначення оптимальної конструкції гідравлічної навісної системи з позиції поліпшення умов експлуатації, зниження витрати оливи і підвищення працездатності;

- визначено ефективність гідроприводу з пристроєм, який забезпечує її герметизацію, підготовлені пропозиції до вдосконалення.

Рішення поставлених завдань дало можливість розробити заходи, спрямовані на поліпшення умов експлуатації гідроприводу начіпки тракторів підвищенням її герметизації і виключенням витрат робочих рідин, намітити подальші шляхи підвищення працездатності гідросистем.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ І ОБРОБКА ДАНИХ

2.1 Розробка та обґрунтування об'єктів досліджень

Дослідження, спрямовані на вдосконалення умов роботи гідронавісних систем, проводиться на тракторах ХТЗ-160, ХТЗ-170. Вибір об'єкта досліджень обумовлений масовим використанням зазначених тракторів в Україні.

Залежно від завдань досліджень і можливостей експерименту число випробовуваних об'єктів може бути різним. При проведенні ресурсних випробувань число випробовуваних об'єктів, визначено Р.В. Кугелем [54], має перебувати в межах 3...5 одиниць. Загальна кількість піддослідних тракторів, обладнаних серійними гідросистемами і ГНС з компенсаторами об'єму, становить 3...5 шт., що відповідає наведеним вище вимогам і дозволяє отримати експериментальні дані з достатнім рівнем достовірності.

Конструкція дослідної гідроприводу відрізнялася від серійної тим, що замість сапуна на гідравлічному баку встановлений пристрій, що представляє за своїми функціональними якостями компенсатор об'єму повітря і забезпечує компенсацію перепадів рівнів рідини в баку, при цьому виникає зміна тиску за рахунок перетікання рідини з однієї порожнини в іншу в самому пристрої, що забезпечує герметичність гідравлічної системи, виключає попадання частинок пилу з навколишнього середовища у внутрішню порожнину. Паралельно, з метою порівняння, дослідженням піддається серійна гідронавісна система. Базовими машинами при дослідженнях були трактори ХТЗ-160, ХТЗ-170, обладнані дослідної та серійної гідросистемами, які агрегатуються з відповідним шлейфом сільськогосподарських машин. Установка дослідної гідроприводу на тракторі ХТЗ-160, ХТЗ-170 показана на рис.2.1.

З метою аналізу та виявлення оптимальної конструкції гідросистем тракторів, уточнення величин мінімально необхідного числа сортів мастильних матеріалів, що застосовуються в гідросистемах, широкого використовується досягнення науки і техніки, дослідження проводяться з урахуванням експериментальних даних, отриманих при оцінці експлуатаційної технологічності моделей тракторів; типу МТЗ-80 і ХТЗ -160, а також зарубіжного виробництва.

2.2 Застосовувані прилади та обладнання

При проведенні робіт, передбачених програмою досліджування, використовуються прилади та апаратура, призначені для сервісного контролю технічного стану тракторів. Так, технічні характеристики агрегатів гідросистем в стаціонарних умовах знімаються на стенді КІ-4200, що дозволяє з достатньою точністю перевіряти насоси різної продуктивності, перевіряються і регулюються клапани розподільників, визначаються герметичність розподільників і силових циліндрів.

Для виявлення причин відмов і відхилень параметрів агрегатів гідронавісної системи, які регулюють, в процесі досліджень використовується дросель-витратомір КИ1097Б. Контроль технічного стану здійснюється серійними засобами, які входять в комплект діагностичної установки КИ-13905. Під час роботи використовується комплект інструмента, що прикладається до трактора. Таким чином, застосування серійного інструменту, обладнання та приладів, засобів сервісного контролю вказує на практичну значимість отриманих експериментальних даних, можливість їх використання у виробництві і при вдосконаленні умов роботи гідронавісних систем.

2.3 Методика визначення показників експлуатаційної технологічності

При оцінці експлуатаційної технологічності (ЕТ) конструкцій використовуються методичні положення, викладені в СОУ [39, 40, 41].

Одним з найважливіших умов визначення показників експлуатаційної технологічності конструкції є наявність технічної документації по оцінюваним виробам. Трактори, обладнані експериментальними і серійними гідросистемами, були повністю укомплектовані інструментом та іншими приладдями, відповідно до технічної документації, і випробовувалися в умовах, передбачених програмою-методикою.

Для визначення показників технологічності конструкції гідронавісних систем тривалість випробувань приймається рівною циклу технічного обслуговування, тобто 960 мотогодин.

Технічне обслуговування проводиться відповідно до інструкцій по експлуатації даного трактора на спеціальних постах і з достатнім рівнем кваліфікації обслуговуючого персоналу, який забезпечує дотримання технології, а також швидке та якісне виконання робіт. При порівняльній оцінці технологічності конструкцій застосовуються однакові прилади та обладнання, яке необхідно для визначення технічних параметрів.

При визначенні показників технологічності величинами та характеристиками, які фіксуються були:

- періодичність технічного обслуговування і діагностування;
- середня оперативна трудомісткість, тривалість;
- вартість ТО та діагностування;
- номенклатура застосовуваних засобів технічного обслуговування та діагностування, перелік параметрів, які визначаються та їх кількісна характеристика.

Технічне обслуговування проводиться чітко за графіками в межах допустимих відхилень, але не більше 10%. Всі операції контролю виконуються із застосуванням діагностичних засобів у відповідності ГОСТ [25, 26, 31].

Щозмінне технічне обслуговування в напружені періоди сільськогосподарських робіт проводиться в польових умовах мобільними засобами обслуговування. Технічне обслуговування № 1 і 2 виконуються в майстернях за допомогою серійних засобів технічного обслуговування і діагностування. Технічне обслуговування №3 проводиться на центральній базі господарства.

З метою виявлення найбільш трудомістких систем при обслуговуванні під час досліджень проводиться поелементний хронометраж всіх операцій технічного обслуговування і діагностування. Операції виконуються майстром-наладчиком (діагностом), трактористами 1 і 2 класу і слюсарем 5 розряду. Основні поняття, що застосовуються при оцінці експлуатаційної технологічності гідросистем:

Технічне обслуговування [29, 39] - комплекс робіт для підтримки справності або тільки працездатності виробу при підготовці та використанні його за призначенням, при зберіганні та транспортуванні.

Тривалість технічного обслуговування - час проведення одного технічного обслуговування виробу [29, 39].

Трудомісткість технічного обслуговування - трудовитрати на проведення одного технічного обслуговування виробу [67].

Вартість технічного обслуговування - вартість проведення одного технічного обслуговування виробу [29, 39].

Середня оперативна тривалість технічного обслуговування даного виду - математичне очікування оперативної тривалості технічного обслуговування даного виду за визначений період експлуатації або виробітку [29, 39].

Гамма - процентна оперативна тривалість даного виду - оперативна тривалість технічного обслуговування даного виду, яка не перевищується з заданою вірогідністю, вираженої в відсотках [29, 39].

Середня оперативна трудомісткість і середня оперативна вартість технічного обслуговування даного виду - математичне очікування відповідно

оперативної трудомісткості і оперативної вартості технічного обслуговування за певний період експлуатації або виробітки [29, 39].

Середня сумарна оперативна тривалість, середня сумарна оперативна трудомісткість і середня сумарна вартість технічного обслуговування - частина середньої сумарної тривалості, трудомісткості та вартості технічного обслуговування, визначеної конструкцією і технічним станом об'єкту [29, 39].

Технічне діагностування - процес визначення технічного стану об'єкта діагностування з певною точністю [28, 39].

Система технічного діагностування - сукупність коштів і об'єкта діагностування, при необхідності, виконавців, підготовлена до діагностування і здійсненню його за правилами, встановленим відповідною документацією [28, 39].

Алгоритм технічного діагностування - сукупність приписів при проведенні діагностування [28, 39].

Діагностична ознака (параметр) - ознака (параметр) об'єкту діагностування, який використовується у встановленому порядку для визначення технічного стану об'єкту [28, 39].

Вбудований засіб технічного діагностування - засіб діагностування, виконаний в загальній конструкції з об'єктом діагностування [28, 39].

Зовнішній засіб технічного діагностування, виконане окремо від конструкції об'єкта діагностування [28, 39].

Універсальний засіб технічного діагностування – засіб діагностування, призначений для об'єктів діагностування різного конструктивного виконання та (або) функціонального призначення [28, 39].

2.4 Використання інформаційних технологій для проведення теоретичних та експериментальних робіт

Використання високопродуктивних технічних засобів дає можливість сучасному фахівцю забезпечити високу швидкість виконання обчислювальних операцій при проведенні розрахункових операцій і роботі з діловою графікою.

При цьому скорочуються терміни обробки первинної інформації, забезпечується одержання точних підсумкових даних за будь-які періоди часу. До таких високопродуктивних технічних засобів автоматизації відносять, у першу чергу обчислювальну техніку.

Під час роботи над магістерською роботою, використовувалася ПЕОМ. При наборі магістерської роботи використовувалися численні інструментальні можливості *Microsoft Word*, текст набирався з визначеним типом шрифту – *Times New Roman* з розміром 14, використовувалося кількість різних стилів - напівжирний і курсив; вироблялося вирівнювання тексту в залежності від змісту документа - по лівому чи правому краях, по центрі - для заголовків, по ширині - для основного тексту; для додання більшої виразності тексту створювалися нумеровані і маркіровані списки. При створенні таблиць використовувалася альбомна орієнтація сторінки, що дозволило зробити таблиці більш наочними. Для введення формул був задіяний вбудований у *Microsoft Word* редактор формул *Microsoft Equation*, а для створення схем і рисунків можливості малювання *Microsoft Word*.

Професійна діяльність фахівців з якості передбачає роботу з інформацією, що найчастіше може бути представлена в табличному виді: її збір, збереження, виконання різного роду обчислень і аналіз як інформації, так і результатів розрахунків, створення різноманітних вихідних документів табличної форми.

Як показує практика, найбільш доцільним при обробці табличної інформації є використання спеціалізованих програмних засобів - електронних таблиць.

Microsoft Excel є тим інструментальним програмним засобом, що використовувалося в магістерській роботі для реалізації основних розрахункових операцій при одержанні технологічних характеристик і побудови графіків і діаграм за результатами проведених науково-дослідних вишукувань і експериментів.

Для більш ефектного відображення проробленої в магістерській роботі і наочного сприйняття доповіді для слухача використовується презентація.

Застосування сучасної техніки для презентацій стало звичайним при проведенні семінарів, конференцій, а також при захисті магістерської роботи. Традиційно для демонстрації використовуються 35-міліметрові слайди і прозорі плівки. Останнім часом одержали поширення кольорові рідкокристалічні панелі, що підключаються безпосередньо до екрана комп'ютера.

Під час роботи над магістерською роботою використовувалася інформація, отримана з літературних джерел: журналів, книг, а також інформаційні послуги, що надаються з мережі *Internet*: електронна пошта, файли вільного доступу (сервери), комерційні послуги *Internet*.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що при написанні магістерської роботи використання ПЕОМ і програмного забезпечення було необхідним елементом науково-дослідного процесу, який значно прискорив роботу і полегшив обробку експериментальних даних та аналіз отриманих результатів.

3 ПЕРЕДУМОВИ ТА ЗАХОДИ ПО ПІДВИЩЕННЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ГІДРОПРИВОДА

3.1 Вимоги до умов експлуатації гідроприводу

Надійності і працездатність сільськогосподарських тракторів і їх складових частин в сучасному сільськогосподарському виробництві і повинні відповідати ряду експлуатаційних вимог і нормативів.

Технічні вимоги, що пред'являються до машинно -тракторних агрегатів включають комплекс показників, що визначають характер і регламент всіх операцій з технічного обслуговування тракторів, сільгоспмашин, в тому числі з контролепридатності, ремонтної та експлуатаційної технологічності.

Загальними вимогами щодо забезпечення експлуатаційної технологічності машинно -тракторних агрегатів є: скорочення обсягу робіт, які виконуються при ТО, збільшення періодичності окремих операцій і видів технічного обслуговування і діагностування, пошук оптимальних стратегій обслуговування, що відповідають рівню засобів і об'єктів ТО, підвищення терміну безвідмовності роботи виробу і його складових частин, забезпечення легкої заміни складових частин, простоти виконання операцій ТО і діагностування, стандартизація та уніфікація складальних одиниць виробів, обладнання, приладів і експлуатаційних матеріалів, що застосовуються при ТО; скорочення номенклатури і типорозмірів кріпильних деталей і слюсарного інструменту, забезпечення конструктивної ув'язки засобів і об'єктів обслуговування та технічної діагностики.

Найважливішим вимогою експлуатаційної технологічності (ЕТ), які пред'являються до конструкцій машинно-тракторних агрегатів, що впливає на умови експлуатації, є забезпечення герметизації внутрішніх порожнин систем, заповнених маслами і мастилами, у тому числі гідравлічних систем, а також забезпечення якісної характеристики мастильних матеріалів в процесі їх експлуатації фільтрацією і іншими методами очищення.

Загальними вимогами, що пред'являються до засобів сервісного контролю та технічного обслуговування, є наявність комплексних засобів, що дозволяють при меншій кількості переналадок забезпечити виконання найбільшої кількості операцій контролю або ТО, забезпечуючи інформацію при контролі технічного стану, у вигляді доступному для зчитування без додаткових перетворень.

Оптимальний перелік приладів, засобів обслуговування і сервісного контролю повинен забезпечувати, як обсяг інформації, що характеризує технічний стан тракторів та МТА в цілому, так і можливість налагодження та регулювання окремих їх складових частин, з метою доведення їх до нормального технічного стану.

Засоби технічного обслуговування і діагностування доцільно розробляти у вигляді стаціонарного обладнання, постів технічного обслуговування, переносних приладів і комплектів діагностичного обладнання, змонтованих на базі пересувних агрегатів.

До гідросистем тракторів пред'являються спеціальні вимоги:

- ущільнюючі пристрої, що застосовуються при складанні гідроагрегатів, повинні забезпечувати достатню щільність з'єднань, з метою унеможливлення потрапляння пилу на робочі поверхні деталей, що труться і прецизійних пар;

- приєднання шлангів гідроприводу повинні бути передбачені в одному доступному місці, забезпеченому надійними запірними пристроями;

- розташування фільтрів має бути передбачено в доступному місці, з метою зниження трудомісткості виконання операцій ТО, а фільтруючі елементи, що застосовуються в гідросистемах, забезпечувати високий ступінь очищення робочих рідин;

- конструкція фільтрів-сапунів і інших пристроїв, які застосовуються в гідросистемах для забезпечення "дихання" в процесі експлуатації, повинна виключати можливість проникнення абразивних частин з атмосфери у внутрішню порожнину гідроприводу;

- компоновка конструкції гідроприводу повинна забезпечувати механізовану заправку;

- агрегати гідроприводу (насоси, гідророзподільники гідроциліндри) повинні бути знімними з метою забезпечення можливості перевірки їх на стенді або мати під'єднувальні місця для переносних (пересувних) засобів діагностування;

- агрегати і гідроарматура (шланги, штуцери та інш.), які застосовуються в гідросистемах повинні бути уніфіковані в межах тягового класу тракторів.

Одним з основних нормативних показників, що характеризують рівень ЕТ конструкції трактора, є трудомісткість виконання операцій ТО [29, 39].

Працездатність тракторів і їх складових частин, в тому числі гідросистем навішування, регламентується нормативами надійності, що поширюються на сільськогосподарські трактори. Одним із значних факторів, що впливають на працездатність тракторів та їх складових частин, є контролепридатності, що включає пристосованість до контролю, як засобів, так і об'єктів контролю. Отже, конструкція агрегатів гідронавісних систем тракторів повинна передбачати можливість оперативного приєднання стаціонарного та мобільного обладнання сервісного контролю і технічного обслуговування. Контрольно - регульовальні роботи, що виконуються на різних марках тракторів, складаються з певного обсягу операцій і регламентуються часом їх виконання. Даний вид робіт при обслуговуванні гідронавісних систем обумовлений, як особливістю конструктивного виконання гідравлічних систем трактора, так і пристосованістю їх до застосовуваних конструкцій засобів контролю та технічного обслуговування.

Особливістю вимог, що пред'являються до засобів технічного обслуговування та контролю гідронавісних систем, є те, що крім загальних вимог [32, 33], що пред'являються до засобів обслуговування і діагностування, до них пред'являються додаткові:

- за способом під'єднання, засоби ТО і діагностування, повинні забезпечувати можливість з'єднання з вузлами, які обслуговуються, за

допомогою швидкодіючих штуцерів повинні забезпечувати щільність з'єднань і виключати втрати рідини в момент переналадок;

- заправні агрегати повинні забезпечувати швидке заповнення єдностей гідросистем без загрози вихлюпування масла з заправних горловин, виключаючи при цьому можливість попадання пилу в ємності;

- місця з'єднань діагностичних засобів і агрегатів гідронавісних систем повинні бути уніфіковані по тяговому класу тракторів і стандартизовані.

Засоби сервісного контролю і обслуговування повинні бути виконані відповідно до вимог техніки безпеки і виробничої санітарії.

Сформульовані вимоги дозволяють поліпшити технологічність конструкцій гідросистем, а також підвищити організацію виконання робіт з їх технічного обслуговування і діагностування, що в свою чергу, позитивно впливає на умови експлуатації і працездатність гідросистем в цілому.

3.2 Обґрунтування і розробка удосконаленого гідроприводу

3.2.1 Коротка характеристика процесу "дихання" баку гідроприводу

В процесі експлуатації гідронавісної системи тракторів рівень рідини в баку змінюється. Це явище викликане різницею об'ємів поршневої і штокової порожнин гідроциліндра в відповідності до обсягу, який займає шток, а також внаслідок відбору масла з гідробаку, у разі використання гідроциліндра односторонньої дії. При висуванні штока (поршня, плунжера) рівень робочої рідини в баку зменшується а при втягуванні штока збільшується. В результаті зміни рівня рідини в баку змінюється тиск, а також виникає розрідження, що, в свою чергу, призводить до засмоктування в бак абразивних частинок з навколишнього середовища. При роботі трактора в запиленних умовах (оранка, культивування, боронування, аерація та інш.) у внутрішню порожнину гідробаку потрапляє значна кількість абразивних частинок, чим пояснюється передчасний вихід агрегатів гідроприводу (гідронасос, гідророзподільник,

гідроциліндр) з ладу. На рис. 3.1 приведена схема процесу "дихання" гідронавісної системи.

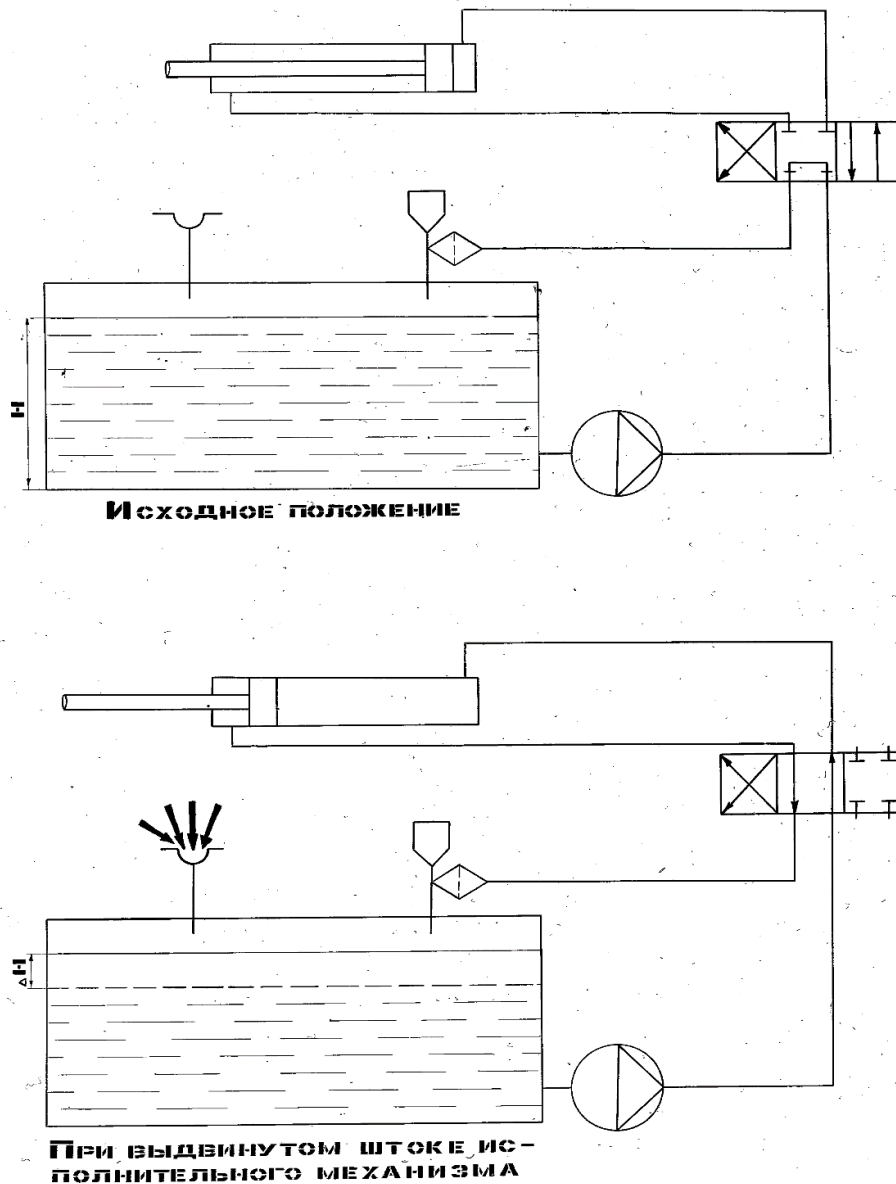


Рисунок 3.1 - Схема процесу «дихання» баку гідроприводу трактора

Для усунення цього явища в баках серійних гідросистем встановлюються сапуни, проте ефективність такого рішення є незадовільною, тому що не виключає можливості потрапляння у внутрішню порожнину

абразивних частинок крізь сапун. Крім того, в зв'язку з відсутністю сигналізації про граничний засміченні фільтруючого елемента сапуна визначити момент його обслуговування неможливо, що призводить до експлуатації гідроприводу з утрудненим впусканням і випуском повітря з бака в атмосферу і зниження її коефіцієнта корисної дії.

3.2.2 Удосконалення гідроприводу енергетичного засобу, що забезпечує зниження контакту робочої рідини з навколишнім середовищем

З метою виключення наведених вище недоліків, запропонована гідравлічна система, яка виключає попадання абразивних частинок з атмосфери у внутрішню її порожнину. Для дослідження було обрано гідронавісну система трактора типу ХТЗ-170. Запропонована гідравлічна система, дозволяє виключити попадання в рідину абразивних частинок з повітрям з атмосфери. Це досягається тим, що компенсаційна труба, вміщена в бак гідроприводу, виконана С-образної, має розширення з боку вільних кінців, один з яких з'єднаний з атмосферою, а інший з порожниною бака над дзеркалом рідини. На рис. 3.2 показана принципова схема гідроприводу при висунутому штоку гідроциліндра, а на рис. 3.3 - схема гідроприводу з підключеним до гідронасосу виконавчим агрегатом, що знаходяться в початковому положенні. Гідросистема містить гідронасос 1, розподільник 2 і виконавчий агрегат 3, з'єднані трубопроводами 4 і 5 з баком 6, в який занурена С-образна компенсаційна труба 7, кінець якої виведений над дзеркалом рідини в баку. Компенсаційна труба, яка з боку вільних кінців 8 і 9, має розширення 10 і 11. Вільний кінець 9 компенсаційної труби 7 виведений в атмосферу. Виконавчий агрегат має шток 12 і поршень 13, що утворюють відповідно штокову 14 і поршневу 15 порожнини.

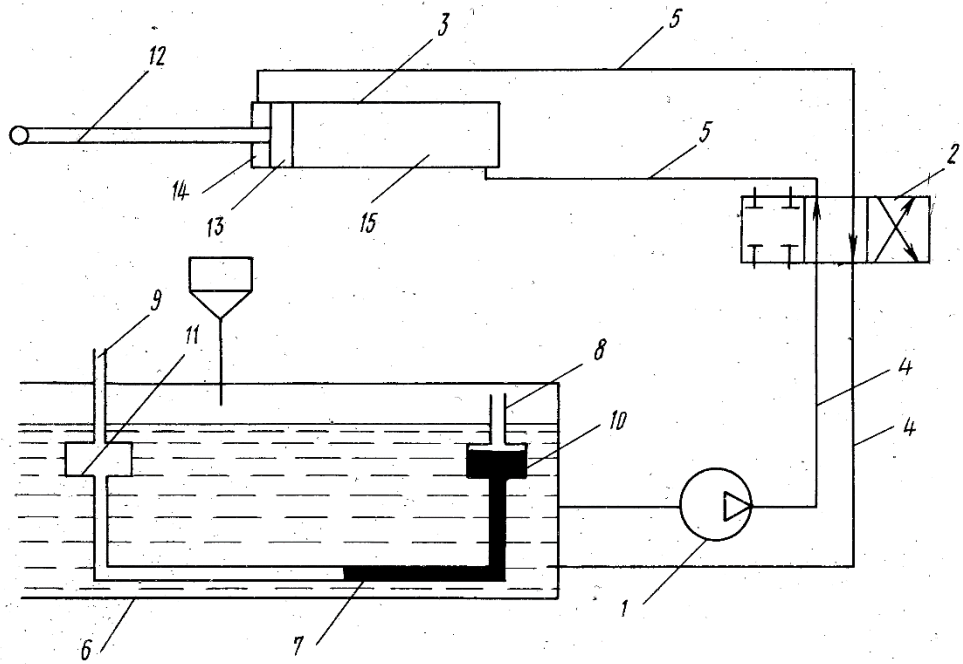


Рисунок 3.2 - Схема гідроприводу при висунутому штоку гідроциліндра

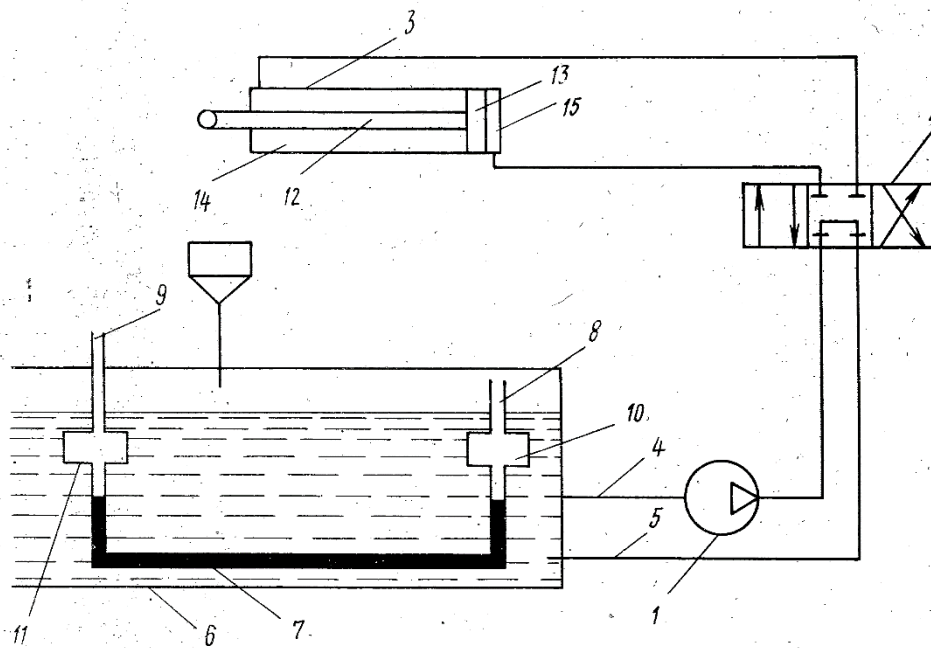


Рисунок 3.3 - Початкове положення гідравлічної системи

В процесі роботи гідроприводу начіпки трактора при висуванні штока 12, внаслідок неоднакових обсягів в поршневій і штоковій порожнинах, рівень рідини в баку 6 знижується. Перепад рівня робочої рідини в гідробаку при застосуванні гідроциліндрів односторонньої дії дорівнює об'єму підпоршневої порожнини гідроциліндра.

Внаслідок з'являється розрідження, викликане перепадом рівня рідини в гідробаку, рідина в компенсаційній трубі 7 переміщується в сторону розширення (компенсаційного бачка) 10 (рис. 3.2). В крайньому положенні штока 12 рідина заповнює розширення 10, вивільнена частина компенсаційної труби 7 з боку розширення 11 для атмосферного повітря. Розрідження в баку при цьому не утворюється, оскільки загальний обсяг бака не змінюється.

Якщо за висуванням штока 12 слідує його втягування, то рівень рідини в баку 6 буде підвищуватись, так як з виконавчого агрегату 3 витісняється рідини більше, ніж надходить до нього, підвищення рівня рідини збільшує тиск в баку, і рідина в компенсаційній трубі починає переміщатися в бік розширення 11.

Якщо технологією робіт не передбачається переміщення виконавчого агрегату 3 у вихідне положення протягом тривалого часу і шток знаходиться, наприклад, у висунутому положенні, то рідина в компенсаційній трубі займає початкове положення (рис. 3.3) внаслідок можливої нещільності у з'єднаннях і розподільнику 2. При перемиканні розподільнику 2 в положення, при якому шток 12 втягується, підвищується рівень рідини в баку викликає переміщення рідини по компенсаційною трубою в бік компенсаційного бачка 11.

Таким чином, рідина в баку гідроприводу не має безпосереднього контакту з атмосферою, що виключає попадання в гідросистему абразивних часток.

Вище наведено опис принципової схеми гідроприводу. Однак беручи до уваги певні складності для виготовлення дослідних зразків гідроприводу і для уніфікації принципової схеми, запропонована зміна її загальної компоновки, а саме:

- компенсаційна труба, через складнощі установки у внутрішню порожнину гідробаку, змонтована на окремому кронштейні зовні бака і виконана з двох з'єднаних між собою циліндрів;
- внутрішня порожнина одного з циліндрів з'єднана з атмосферою, а іншого - з внутрішньою порожниною гідробаку;
- внутрішня порожнину компенсатора об'єму заповнена маслом і він встановлений замість сапуна, що застосовується в серійній гідронавісній системі.

Конструктивний аналіз гідросистем показав, що компенсатори, забезпечують герметизацію внутрішньої порожнини гідросистем, можуть бути застосовані на всіх марках сільськогосподарських і промислових тракторів сільськогосподарських машин, обладнаних гідравлічними навісними системами.

3.2.3 Визначення параметрів компенсатора обсягу повітря

Для нормальної роботи гідроприводу необхідно визначити розмір компенсатора, обсяг якого повинен дорівнювати двом об'ємам рідини, що витісняється поршнями (штоками, плунжерами) виконавчих механізмів, так як повинно забезпечуватись вільне перетікання рідини з однієї порожнини компенсатора в іншу.

У свою чергу, обсяг рідини, що витісняється штоками (поршнями, плунжерами) виконавчих механізмів залежить від їх геометричних розмірів. Отже, необхідно визначити обсяг поршня (штока, плунжера) для кожного гідроциліндра, встановленого в гідросистему трактора, за формулою

$$V_n = \pi R^2 L \quad (3.1)$$

З огляду на той факт, що в процесі роботи гідроприводу рідина нагрівається, а також стискається, в залежності від цих факторів, об'єм рідини змінюється, необхідно розрахунок вести з урахуванням існуючих

закономірностей. Об'єм робочої рідини, при нагріванні збільшується пропорційна зміні температури. Якщо за вихідну температуру взяти 15 °С, то зміна об'єму визначається з рівняння

$$\frac{\Delta V}{V} = \alpha(t - 15) \quad (3.2)$$

де α - коефіцієнт температурного розширення, який для мінеральних олив зменшується підвищенням питомої ваги (табл. 2. 1) і знаходиться в межах 0,00060 ... 0,00086.

Таблиця 2.1 Показники ρ α робочої рідини

ρ	0,84...0,86	0,86...0,88	0,88...0,90	0,90...0,92
α	0,00083	0,00078	0,00073	0,00068

Приймаємо $\alpha=0,00073$

Об'єм оливи при підвищенні тиску зменшується, для розрахунків можна прийняти лінійну залежність

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta \gamma}{\gamma} = \frac{\Delta \rho}{\rho} = -\frac{\Delta P}{\chi} = \beta \Delta P \quad (3.3)$$

де χ - модуль об'ємної пружності,

ΔP – зміна тиску, МПа;

V - початковий об'єм тиску, см³;

V - зміна об'єму від початкового, см³;

β - коефіцієнт стисливості;

ρ - густина, г/см³ ;

γ - питома вага, см³/г.

Коефіцієнт стисливості β мінеральних олив дещо змінюється в залежності від температури та тиску, але для практичних розрахунків

звичайно приймають рівним $7 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ при $t = 20 \dots 70 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідає модулю пружності рідини $\chi = 1400 \text{ МПа}$.

З огляду на умову, що компенсатор передбачає вільне перетікання рідини з одного розширення з об'ємом V_1 , в інше з об'ємом V_2 , визначаємо обсяг компенсатора за формулами:

$$V_k = V_1 + V_2 = 2(V_{um} + \Delta V^t_{um} + \Delta V^p_{um}) \quad (3.4)$$

або

$$V_k = 2 \pi R^2 L [1 + \alpha(t-15) - \beta(p-12)] \quad (3.5)$$

де R - радіус штока (поршня), L - довжина штока поршня, α - коефіцієнт температурного розширення, β - коефіцієнт стискання.

В якості робочої рідини для компенсаторів об'єму повітря можуть бути застосовані мінеральні оливи з густиною $\rho = 0,86 \dots 0,92 \text{ , г/см}^3$ при $t = 20 \dots 70^\circ\text{C}$. При розрахунках компенсаторів приймаємо коефіцієнти розширення $\alpha = 7 \cdot 10^{-4}$ та стискання $\beta = 73 \cdot 10^{-7} \text{ МПа}^{-1}$ [52]. Виводимо остаточно формулу для визначення розмірів компенсатора об'єму повітря в баку гідронавісної системи.

$$V_k = 2 \pi R^2 L [1 + 0,0007(t-15) - 73 \cdot 10^{-7} (P-12)] \quad (3.6)$$

Основними складовими, що впливають на номінальний об'єм ($V_{ном}$) компенсаторів, є довжина штока гідроциліндра (L), діаметр штока поршня (D), температурний режим роботи гідроприводу (t_{max}), і тиск, що розвивається гідронасосом (P_{cp}).

Вихідні дані для розрахунку компенсатора при використанні циліндру Ц110А.1414001 на тракторах типу ХТЗ160 та ХТЗ170 є наступні: D - діаметр штока 40 мм; L - хід поршня 400 мм; P_{max} - максимальний тиск 14 МПа.

З огляду на вищевикладене, виводимо наступну залежність

$$V_{ном} = y(L, D, t_{max}, P_{cp}) \quad (3.7)$$

Беручи до уваги те, що на практиці при експлуатації тракторів застосування наведених розрахунків ускладнено, з метою спрощення побудована номограма, що дозволяє швидко і з достатньою точністю підібрати компенсатор для гідроприводу будь-якого сільськогосподарського трактора класу 14 ... 50 кН. Для побудови номограми, формулу визначення номінальних об'ємів компенсаторів, записуємо в наступному аналітичному вигляді:

$$V_{ном} = 2\pi R^2 L [1 + \alpha(t-15) - \beta(p-12)] \quad (3.8)$$

Отримуємо рівняння (2.8) з багатьма змінними, загальний вигляд якого можна записати

$$V = f(R) y(L) \Psi(\alpha_1) \quad (3.9)$$

де α_1 , в свою чергу можна представити як

$$\alpha_1 = f_1(t) + f_2(P) \quad (3.10)$$

Побудова номограми проводиться шляхом побудови шкали t , P та α_1 [45]. Вводимо в рівняння (3.9) допоміжні змінні і ділимо його на декілька окремих рівнянь, кожне з яких має три змінних. Подальше для кожного з отриманих рівнянь будуюмо сітчасту номограму та послідовно сполучаємо її за загальними шкалами додаткових змінних. Номограма рівняння (3.9) побудована для наступних інтервалів змінних.

$$25 \leq D \leq 200 \text{мм} \quad 50 \leq L \leq 2000 \text{мм}$$

$$0 \leq t \leq 100^\circ\text{C} \quad 0 \leq P \leq 20 \text{МПа}$$

Рівняння елементів номограми

$$\text{Шкала } t: x=0, \quad y = m [1 + \alpha(t-15)] \quad (3.11)$$

$$\text{Шкала } P: x=H, \quad y=n[\beta(p-12)] \quad (3.12)$$

$$\text{Шкала } L: x=m H/(m+H), \quad y= \alpha_1 m n/(m+n) \quad (3.13)$$

Шкали t , P та α_1 паралельні, відстань дорівнює H , m - модуль шкали P . Умовно виносимо шкалу α_1 ліворуч від шкали t та продовжуємо побудову, переходячи до рівняння вигляду (3.9), вводимо допоміжну змінну α_2 та поділимо рівняння (3.8) на два рівняння:

$$\alpha_2 = L \alpha_1 \quad (3.14)$$

$$V = \pi R^2 \alpha_2 \quad (3.15)$$

Подальшу побудову проводимо на номограмі, що складається з двох квадратів. Беручи за параметр L , відповідно значення 100, 200, 300 ... 2000, будуємо сімейство прямих в верхньому квадраті. В нижньому квадраті будуємо рівняння (3.14), прийнявши за параметр D наступні значення 40, 50, 60 ... 200. На рисунку 3.4 наведено загальний вигляд номограми.

Для визначення розмірів компенсатора гідробаку за допомогою номограми з'єднуємо прямою лінією значення розрахункової температури на стиснуло t зі значенням оптимального тиску на шкалі P . Від шкали P проводимо пряму до перетини з числовим значенням довжини штока гідроприводу на шкалі L . Провівши пряму до перетину з промінем, який виходить з точки, яка визначає числове значення діаметра штока гідроциліндра, і опустивши перпендикуляр з отриманої точки на шкалі D до перетину з шкалою V , отримаємо вихідне значення об'єму повітря, який компенсує перепади рівня масла в баку. Подвоєна величина компенсуючого об'єму є вихідною величиною для вибору розмірів компенсатора.

На наведеній номограмі наведено ключ і приклад визначення параметрів компенсатора для гідробаку трактора типу ХТЗ-170 при роботі гідроприводу з основним гідроциліндром Ц110А 1414001 при $t = 80$ °С, $P = 15$ МПа, $L = 400$ мм, $D = 40$ мм.

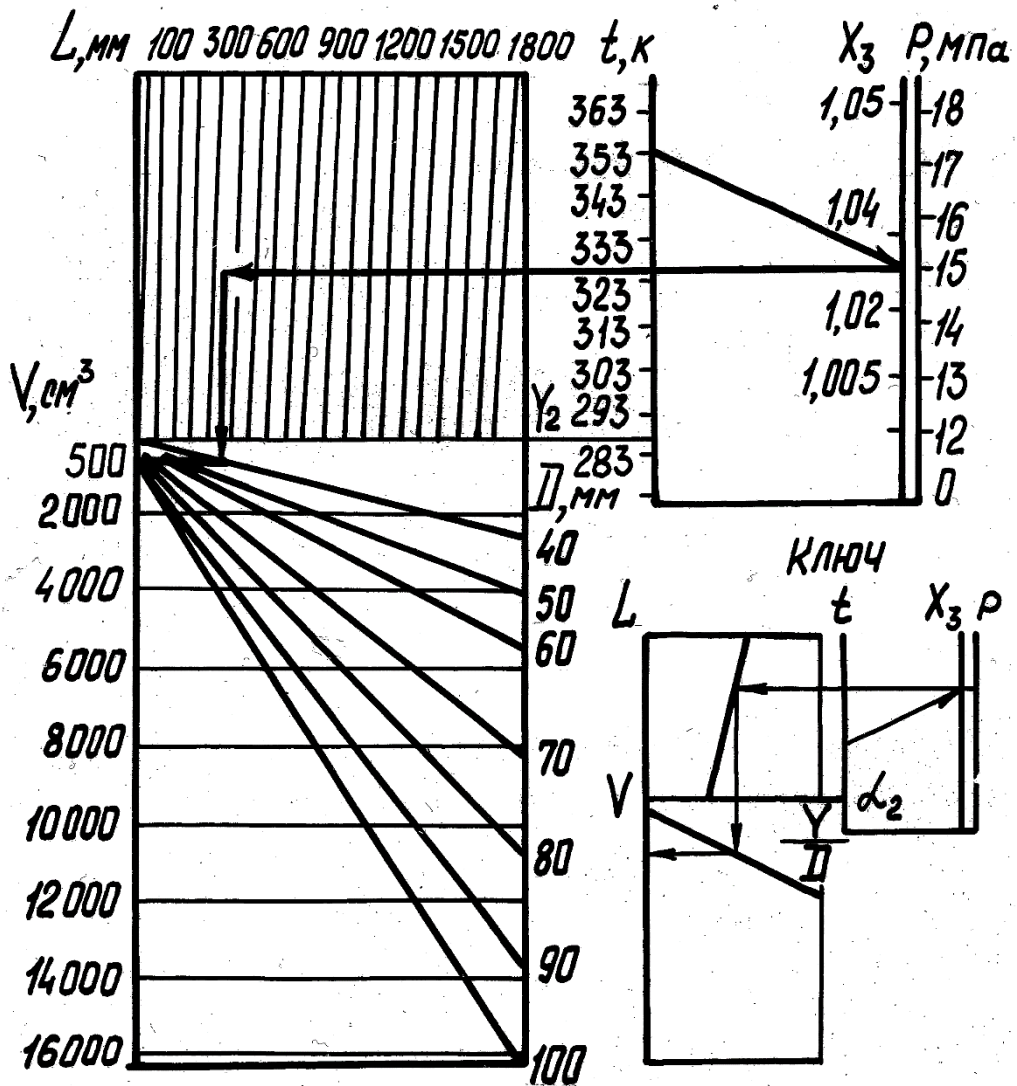


Рисунок 3.4 – Номограма розрахунку об'єму компенсатора для гідроприводу трактора

При вхідних даних, наведених вище, розрахунковий об'єм робочої рідини, яка компенсується, з урахуванням поправок, складає $513,8 \text{ см}^3$.

Так, визначений за допомогою номограми об'єм компенсатора дорівнює 1000 см^3 , а розрахунковим шляхом - 1052 см^3 . Отже, номограма цілком прийнятна для практичних цілей.

На підставі викладеного зроблені наступні висновки:

1. Сформульовано і уточнено вимоги, що пред'являються до умов експлуатації гідросистем навішування тракторів. Основні вимоги, що пред'являються до гідросистем, повинні бути спрямовані на забезпечення їх повної герметизації.

2. Запропоновано гідросистему трактора, що виключає потрапляння абразивних частинок з атмосфери у внутрішню її порожнину, яка відрізняється тим, що з метою унеможливлення потрапляння в рідину абразивних частинок з повітрям з атмосфери при зміні рівня рідини в баку, компенсаційна труба виконана С-образної форми, має розширення з боку вільних кінців, причому один з кінців з'єднаний з атмосферою, а інший з порожниною над дзеркалом рідини в баку.

3. Запропоновано формули (3.4), (3.5), (3.6) для розрахунку компенсаторів об'єму повітря в гідробаку з урахуванням впливу температурного розширення α і тиску P . Побудована номограма визначення параметрів компенсаторів гідробаків графічним шляхом для різних марок сільськогосподарських тракторів.

4. Виконано розрахунок компенсаторів для основних марок гідроциліндрів, застосовуваних у сільськогосподарському виробництві. Обґрунтовано і обраний компенсатор об'єму для трактора типу ХТЗ-170 при роботі з основним гідроциліндром Ц110А 1414001.

Об'єм компенсатора в даному випадку при $t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 15 \text{ МПа}$, $L = 400 \text{ мм}$, $D = 40 \text{ мм}$, має дорівнювати 1052 см^3 .

5 ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Оцінка ефективності конструкторсько-технологічних заходів

В результаті проведених досліджень реалізований спосіб, що дозволяє виключити попадання абразивних частинок з атмосфери у внутрішню порожнину гідробака. Крім того, здійснено ряд конструкторсько-технологічних заходів, спрямованих на підвищення технічного рівня гідравлічних систем начіпки тракторів, з метою зниження трудомісткості і вартості їх технічного обслуговування і ремонту. запропонований спосіб виключення контакту внутрішньої порожнини гідробака з навколишнім середовищем дозволяє значно поліпшити умови роботи вузлів і агрегатів гідросистем, що позитивно впливає на їх працездатність і техніко-економічні показники (трудомісткість, вартість обслуговування, надійність, термін служби робочої рідини і т.п.).

4.2 Економічна ефективність гідроприводу трактора з компенсатором об'єму повітря в гідробаку

Економічний ефект отримано за рахунок зниження трудомісткості технічного обслуговування гідронавісних систем МТА, а також зменшення витрати робочої рідини.

Розрахунок виконаний за формулами, наведеними в Методичних вказівках з економічної оцінки нової тракторної техніки.

$$E = Z_1 \cdot \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(I'_1 - I'_2) - E_H \cdot (K_2 - K_1)}{P_2 + E_H} \cdot Z_2, \quad (4.1)$$

де Z_1, Z_2 - приведені витрати одиниці роботи,

$\frac{B_2}{B_1}$ - коефіцієнт урахування зростання продуктивності трактора з

урахуванням впровадженого заходу;

$\frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H}$ - коефіцієнт обліку зміни терміну експлуатації трактора;

$I'_1 - I'_2$ - річна експлуатація виробу;

$E_H \cdot (K_2 - K_1)$ - супутні капітальні витрати у споживачів (вони відсутні);

P_2 - частка відрахувань від балансової вартості на реновацію;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

З огляду на, що наведені витрати і коефіцієнт зростання продуктивності трактора після впровадження заходу залишаються без змін, формула (4.1) набирає вигляду:

$$E = \frac{(I'_1 - I'_2) - E_H \cdot \frac{K_2 - K_1}{A_2}}{P_2 + E_H}, \quad (4.2)$$

I'_1 та I'_2 - річні витрати, пов'язані з проведенням технічного обслуговування серійної і дослідної гідроприводу, грн.

$$I'_1 - I'_2 = [(Z_1 - Z_2) + (B_1 - B_2)] \cdot \frac{H_r}{H_{\text{ц}}}, \quad (4.3)$$

де $Z_{1,2}$ - зарплата на проведення технічного обслуговування серійної і дослідної гідроприводу, грн;

$B_{1,2}$ - вартість нафтопродуктів та інших матеріалів, витрачених за цикл технічного обслуговування серійної і дослідної гідроприводу, грн / цикл;

H_r - нормативно експлуатаційна річна виробітка трактора, мото / год;

$H_{\text{ц}}$ - дійсна тривалість циклу технічного обслуговування, мото / год.

$$Z_1 - Z_2 = (S_1 - S_2) \cdot C_{\text{ч}}, \quad (4.4)$$

де $S_{1,2}$ - оперативна трудомісткість технічного обслуговування за цикл серійної і досвідної гідроприводу, чол/год;

$S_1 - S_2$ - зниження оперативної трудомісткості технічного обслуговування за цикл, чол/год;

$C_{\text{ч}}$ - тарифна ставка виконавця технічного обслуговування, грн / год.

Зниження вартості нафтопродуктів:

$$B_1 - B_2 = (P_1 - P_2) \cdot V_p, \quad (4.5)$$

де $P_1 - P_2$ - зниження витрати нафтопродуктів та інших матеріалів, що використовуються за цикл технічного обслуговування серійної і досвідної гідроприводу, грн;

V_p - вартість одиниці нафтопродуктів і матеріалів, грн / кг;

E_H - нормативний коефіцієнт капітальних вкладень ($E_H = 0,15$);

P_2 - частка відрахування від балансової вартості на повне відновлення ($P_2 = 9,7\%$);

$K_2 - K_1$ - додаткові капітальні вкладення на виробництво нового виробу, грн.

Коефіцієнт еквівалентності з обліками терміну експлуатації дорівнює 1, тоді розрахунок ведеться за формулою, складеної в результаті перетворення формули (5.1) з урахуванням формул (5.2), (5.3) і (5.4) - остаточно отримуємо:

$$E = \frac{[(Z_1 - Z_2) + (C_1 - C_2)] \cdot \frac{H_T}{H_C} - E_H \cdot \left(\frac{K_1 - K_2}{A_T}\right)}{P_2 + E_H} = \frac{(\Sigma \Delta S_i \cdot \Sigma \Delta P_i \cdot B_p) \cdot E_H \cdot \frac{K_1 - K_2}{A_T}}{P_2 + E_H} \quad (4.6)$$

Вихідні дані для розрахунку та результати розрахунків наведені в табл. 4.1.

Таким чином, економічний ефект від впровадження результатів досліджень, з урахуванням витрат на розробку і виробництво виробу складе 3299 грн при установці на трактор.