

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЦОП

Кафедра експлуатації, виробувань, сервісу
будівельних і дорожніх машин

ДОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
магістра

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОПРИВОДА
ТРАКТОРА «СЛІБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доцент Ігор ПІМОНОВ

Дормоконтролер, канд. техн. наук, доцент Заур МУСАЄВ

Керівник, канд. техн. наук, доцент Ігор ПІМОНОВ

Консультант, канд. техн. наук, професор Олег БОГАТОВ

Завідувач гр. Мз-71 Микола ГОНЧАРЕНКО

Харків – 2025

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний

Кафедра експлуатації, випробувань, сервісу будівельних і дорожніх машин

Освітній рівень другий (магістерський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма «Підйомно-транспортні будівельні, дорожні, меліораційні машини і обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Ігор ПІМОНОВ

«20» серпня 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Гончаренко Микиті Сергійовичу

1. Тема роботи: «Дослідження гідравлічного обладнання для визначення технічного стану гідроцивида трактора «Слобожанец» ХТА-200-10»

Керувач роботи Пимонов Ігор Георгійович, к.т.н., доцент

Затверджено рішенням Вченої ради механічного факультету від «5» вересня 2025 року протокол №

2. Строк виконання студентом роботи 01.12.2025 р.

3. Вхідні дані до роботи: трактор «Слобожанец» ХТА-200-10, додаткове діагностичне обладнання для гідравлічної системи

4. Зміст розрахунково-обчислювальної частини (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Аналіз інформаційних джерел; 2 Науково-дослідна частина; 3 Розрахункова частина; 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; 5 Техніко-економічні розрахунки.

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

1. Загальний вид (A1)
2. Гідравлічна схема (A1)
3. Складальне креслення (A1)
4. Елемент машини (A1)
5. Деталювання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Ігор ПІМОНОВ, к.т.н., доцент		
Економічна частина	Ігор ПІМОНОВ, к.т.н., доцент		
Охорона праці та безпека в НС	Олег БОГАТОВ, к.т.н., професор		

7. Дата видачі завдання

«01» вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів валідаційної роботи	Срок виконання етапів КР	Примітка
1	Аналіз інформаційних джерел	01.09.2025- 01.10.2025	
2	Науково-дослідна частина	16.09.2025- 03.11.2025	
2	Резюмева частина	17.10.2025- 14.11.2025	
4	Спеціальні розділи	10.11.2025- 30.11.2025	
5	Оформлення роботи	12.11.2025- 30.11.2025	
6	Захист роботи	грудень 2025	

Здобувач

Микола ГОНЧАРЕНКО

Керівник роботи

Ігор ПІМОНОВ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: ___ сторінок, ___ рисунків, ___ таблиць,
___ джерел.

Об'єкт роботи є трактор "Слобожанець" КТА-200-10 з системою діагностування гідропривода.

Мета роботи є підвищення ефективності роботи трактора шляхом поліпшення якості діагностування. Для досягнення цієї мети вирішуються задачі розробки необхідного обладнання на основі сучасних методик та патентів.

В результаті проектування розроблена комбінована діагностична система, яка забезпечує своєчасне виявлення несправних гідроагрегатів.

Відмінністю розробки є забезпечення мінімальної вартості обладнання, зниження часу на діагностування.

ТРАКТОР, ГІДРОПРИВОД, РОБОЧА РІДИНА, ДІАГНОСТИКА, НАВАНТАЖЕННЯ

РЕШОЗМІТІ АРІЙ
КАФЕДРИ
ХНАДУ,
2025р.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз інформаційних джерел. Огляд методів і приладів діагностики	11
1.1 Кількісна оцінка надійності деталей. Характеристика методів діагностики гідроприводів	11
1.2 Прилади і пристрої для діагностики гідроприводів	30
2. Науково-дослідна частина. Вибір та розрахунок основних параметрів трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТХ-200-10	30
2.1 Розрахунок вагових показників.....	43
2.2 Розрахунок швидкості руху робочого обладнання на трактор.....	45
2.3 Розрахунок зусиль на робочому обладнанні.....	48
2.4 Вибір та розрахунок геометричних параметрів робочого обладнання...	50
3 розрахункова частина. Розрахунок параметрів робочого обладнання	54
3.1 Розрахунок показників системи керування робочим обладнанням.....	54
3.2 Кінематичний розрахунок механізму підйому ковша навантажувача....	56
3.3 Розрахунок системи керування робочим обладнанням.....	64
4 Вибір розрахункових положень та розрахунок вимог до міцності елементів робочого обладнання.....	67
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	75
4.1 Виробничо-санітарія	75
4.2 Технічна безпека	76
4.3 Пожежозахисні заходи	84
4.4 Розрахункова частина	85
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях	87
5 Оцінка економічної ефективності проекту.....	89
Висновки	95
Перелік посилань.....	96
Додатки	97

ВСТУП

Створення якісного проекту машин або вузла потребує від конструктора всебічного розгляду конструкції з різноманітних точок зору, а сама конструкція повинна задовольняти багатьом у більшості випадків складним вимогам. Як і в інших видах виробів машинобудування у автотракторній конструкції повинні виконуватись такі вимоги, як мінімальна вага і достатня надійність, мінімальне динамічне навантаження, мала вартість та ін.

Тому оптимальне проектування при модернізації серійних автотракторних конструкцій є актуальним у сучасному машинобудуванні.

Проаналізувавши інформацію про відмови гарантійних тракторів згідно з прийнятим регламентом за 1995...2021 роки можна зробити наступні висновки про ряд вузлів агрегатів тракторів, зокрема ведучі мости, потребують певних заходів що до підвищення надійності.

За останні роки ВАТ «ХТЗ» розробив ряд моделей тракторів з двигунами у діапазоні потужностей від 10 до 240 к.с. Виникає питання про відповідність цих моделей кращим зразкам ведучих тракторобудівних фірм відносно забезпечення продуктивності, економічності, комфортності, екологічної безпеки, енергоємності та надійності. Слід відзначити, що при розробці нових моделей, таких як трактор "Слобожанец" ХТА-200-10, ХТЗ-200, ХТЗ-180, ХТЗ-121 та їх модифікації використана компонентна база тракторів-попередників Т-150, Т-150К. Ці моделі мають високий рівень уніфікації між собою не лише по окремим вузлам, а й агрегатам. Уніфікована також колісна техніка з гусеничною. Прикладом такої уніфікації є вузли і деталі коробки передач і ведучих мостів. Загалом, на всі колісні машини, що створені на базі Т-150К, встановлюються цілком, практично без конструктивних змін, такі агрегати як коробка передач та ведучий міст.

Слід прийняти до уваги і те, що відбувається значне агрегування тракторів сімейства Т-150К дорожньо-будівним устаткуванням спеціальними видами технологічного оснащення: вантажопід'ємними маніпуляторами та дорожніми машинами. Оскільки деталі гідроприводу таких машин як Т-150К і фронтального вантажувача Т-150 працюють у принципово різних навантажувальних режимах, що унеможливає відповідність ресурсу багових деталей гідроприводу машини та амортизаційному строку служби машини.

Ведучі тракторобудівні фірми світу вдосконалювали свої конструкції як мінімум протязі двох десятиліть, найбільш важливим було і залишається забезпечення прийнятної надійності та довговічності вузлів та агрегатів. Причин зниження надійності вітчизняної техніки багато: це низька якість матеріалів, комплектуючих; недосконалість технології виготовлення; низька культура експлуатації та виробництва.

Ефективність експлуатації будівельних машин в значній мірі залежить від роботи їх гідроприводу. У системі заходів, що забезпечують ефективну роботу гідроприводу, важливу роль грає діагностика. Діагностування гідроприводу має бути передбачене на етапі проектування і використане в процесі виготовлення його елементів і в процесі експлуатації.

Гідропривід є одним з найбільш дорогих вузлів БДМ. Завдяки ролі важливих елементів гідравлічний привід в останні роки широко застосовується в різних БДМ. На частку гідроприводу, залежно від складності машини, доводиться від тридцяти до вісімдесяти відсотків всіх відмов [1, 2, 3,4]. Тому забезпечення надійності гідроприводу, забезпечує надійність всієї машини і підвищує ефективність роботи всього підприємства.

На різних етапах життєвого циклу машини з гідроприводом, якість діагностування забезпечують різні показники. На заводах виготівникові і на ремонтних заводах при масовому виробництві гідроагрегатів і їх

деталей основною вимогою до діагностичного устаткування є висока продуктивність і достатня точність вимірювання діагностичних параметрів. Вартість устаткування грає, природно, важливу, але не першорядну роль.

На базах механізації, найчастіше, не вдається забезпечити завантаження діагностичного устаткування в такому об'ємі, як на заводах. Тому високопродуктивне і дороге діагностичне устаткування, що випускається для заводів, тут, швидше за все, виявиться малоефективним. В той же час, на базах механізації діагностичне устаткування має бути універсальним, мати невисоку вартість і забезпечувати вимірювання діагностичних параметрів з достатньою точністю.

В польових умовах застосовуються знімне, знімне із спеціальними підполумовними пристроями і бортове діагностичне устаткування, будиране в гідропривід.

Невисока вартість, при забезпеченні достатньої точності діагностування є основною вимогою до параметрів бортового діагностичного устаткування.

Знімне швидкознімне діагностичне устаткування, для свого застосування, вимагає витрат на доставку, величина яких постійно збільшується із зростанням ціни на енергоносії. Традиційно всі заводи виробники забороняють розбирання гідротривалу в польових умовах. При діагностуванні цим устаткуванням не виключається засмічення робочої речовини навіть при застосуванні неконтактних засобів вимірювання.

Технічна діагностика посідає одно з перших міс в ряду засобів забезпечення ефективності експлуатації будівельних машин. Вона дозволяє: підтримати експлуатаційну продуктивність будівельних машин на необхідному рівні, істотно зменшити відмови машин в експлуатації, скоротити витрати на пошук несправного елемента, а

також витрати на технічне обслуговування і ремонт. Використовування методів і засобів технічної діагностики дозволяє при вірогідності безвідмовної роботи 0,99 збільшити середній час напрацювання на відмову в 2 – 3 рази [1, 2,]. Широкому впровадженню діагностики будівельні організації перешкоджає відсутність ефективних засобів діагностики гідроприводів. На базі механізації будівельних і дорожніх машин (БДМ) здійснюється технічне обслуговування і ремонт різних за призначенням машин з нестійною періодичністю. Тому діагностичне устаткування повинно мати невелику вагитість, повинно бути універсальним і мати невеликі енергетичні витрати.

Враховуючи особливості серійного виробництва, та зростаючі вимоги до безвідмовності, можна зробити висновок, що підвищення рівня надійності ведучих гостів – нагальною потребою, яку слід вирішувати як найшвидше.

Перспективним є напрямок створення тракторів у діапазоні потужностей 100..200 к.с. на основі аналізу нових технічних рішень, які мають впроваджуватись шляхом вдосконалення конструкцій трансмісій та оригінальним компонованням систем та агрегатів. Отже, слід вести роботу в напрямку максимальної можливої модернізації серійних моделей та розробці конструкцій нових машин з виконанням всіх етапів технології проектування і випробувань. Вирішення таких задач можливе на основі співробітництва заводів-виробників, машино-випробувальних станцій, науково-дослідницьких інститутів та використання сучасної обчислювальної техніки.

При проектуванні сучасних автомобілів та тракторів виникають труднощі, які обумовлені недостатніми теоретичними та експериментальними дослідженнями варіантів конструкцій. Досвід експлуатації мобільних машин показує, що основні (базові) елементи є ресурсо-визначальними, оскільки вони зазнають значних динамічних навантажень, які приводять до виходу їх із ладу. Також слід зазначити,

що відповідно до чинного законодавства є гарантією захисту прав споживачів базовий елемент машини має підрацювати весь амортизаційний період 10 років (10...15 тис. мотогодин), в іншому випадку – підприємство-виробник має стунати відмову за рахунок власних коштів[1].

Використання існуючих методів розрахунку, що розроблені В.В. Болотіним, А.С. Гусевим, В.П. Кобзарем, А.С. Пронькіним та А.І. Селивановим [2-3] не дозволяє достатньо точно оцінити величину напружень базових елементів машини. У зв'язку з цим актуальною є робота щодо створення методики оцінки напружень базових елементів відповідно до їх ресурсу з певною ймовірністю безвідмовної роботи, у тому числі з використанням методу кінцевих елементів.

Дальше дослідження є продовженням ряду робіт, які виконані на кафедрі технології машинобудування, ремонту машин та кафедрі будівельних технологій машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету по вдосконаленню методики проектування автотракторних конструкцій В.Г. Суховим, Л.В. Назаровим, А.П. Несторовим, В.В. Ніжке, М.А. Подригалю, О.С. Колянським та О.В. Щербаком [4-6] із використанням виробничо-технічної бази України. Результати роботи можуть бути застосовані в спеціалізованих САПР для пошуку оптимальних параметрів конструкцій автомобільних тракторів, що створюються чи модернізуються.

1 АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ. ОГЛЯД МЕТОДІВ І ПРИЛАДІВ ДІАГНОСТИКИ

1.1 Кількісна оцінка надійності деталей. Характеристика методів діагностики гідроприводів

Сучасні методи оцінювання надійності базуються на результатах різноманітних досліджень. Випробування тракторів усіх моделей, інформація з яких використовується при оцінюванні довговічності, проводилась у нормальних умовах, тобто при дотриманні правил експлуатації і ТО.

Для виявлення елементів конструкцій, потрібних збільшення довговічності, а також шляхів подальшого вдосконалення деталей, вузлів трактора трактор "Слобожанец" ДТА-200-10, їх надійності проводились вивчення технічного стану деталей в агрегатах тракторів, які надійшли у перший капітальний ремонт з рядової експлуатації. Було вивчено технічний стан 250 комплектів шасі Т-150К. В результаті досліджень В.Л. Аніловича, В.Г. Кухтова, О.С. Гринченко та Р.В. Кухня вивчені причини пошкодження та визначено особливості процесу поступового старіння конструкцій [8-10]. З різноманітних видів вихідних даних, які використовуються при оцінюванні довговічності виробів, і які описані в нормативно-технічних документах, використана інформація по рекламациям [11].

Кількісна оцінка відмов. Як уже вказувалося раніше, основними причинами відмов є низька якість матеріалів та комплектуючих, недосконалість технології виробництва і низька культура експлуатації.

Через нестабільне економічне становище нерідко доводиться використовувати не оригінальні матеріали, а замінники, для того, щоб забезпечити один із принципів організації виробничого процесу – безперервність.

Нерідко замінники здешевлюють конструкцію в цілому, що, як правило, спочатку позитивно відображається на собівартості з погляду споживача. Далі, як правило, у підприємства виробника починаються проблеми з рекламациями. Усе це відбу-

вається тому, що гарантія не враховує тимчасових труднощів, пов'язаних з безперервністю виробничого процесу. Прикладів чимало: це й удільнення з фторкаучука, заміна однієї сталі на іншу (твердість, властивості загартовування, якість лиття, приховані дефекти, відповідність геометрії), заміна одного технологічного процесу іншим (довбання на протягання, різання замість сполучення на загартовання) і т.п.

Далі неоригінальні деталі починають відкладати свої негативні відбитки на процес складання. Не завжди і не у всіх інструкціях містяться рекомендації на випадок заміни, і цьому є цілком об'єктивні причини, такі як: короткочасність (мала партія заміни потрапляє під світлодіодний контроль), і немає необхідності часу на розробку і утвердження інструкції для певного випадку, неможливо усе передбачити в плані альтернативних заміни, що будуть диктувати ринкові відносини. Робітники на складанні дотримуються «стандартних» інструкцій, у яких немає чітких вказівок регулювання і на саму специфіку складання при заміні. Як наслідок: неправильні люфти і зазори; натяги в підшипниках; неправильні режими обкатування; невідповідність п'ятна контакту.

Якщо на склад прийшла мала одноразова партія заготовель з металу, про яке не гадується в конструкторській документації деталі, і конструктора дали дозвіл на використання даного матеріалу, то все рівно залишаються сумніви з приводу технологів. Звернувшись до терміну обробки масового виробництва для даної партії заміни, навряд чи будуть на підприємстві.

Питання про прогнозування навантажень, що виникають у період експлуатації, з врахуванням заміни можуть вивести до найбільш складних. Динамічні навантаження, що впливають на багатоциклову втому, можуть передчасно вивести машину з ладу.

З погляду надійності заміни матеріалів необхідно проводити з метою досягнення граничного ресурсу чи забезпечення рівномірності виробу (усі елементи машини повинні вийти з ладу приблизно в один період часу і не піддаватися ремонту). Як видно, заміни з погляду надійності не мають нічого спільного з замінами, що мають місце в сучасному технологічному процесі. Виходячи з цього, питання про

прогнозування граничного ресурсу залишається актуальним. На рис. 1.8 показані типові руйнування деталей ведучого моста.

Як відомо, розрахунки на міцність та довговічність ведуться по максимальних напруженнях, або по усереднених навантаженнях. Саме ж машина – типовий виріб може експлуатуватися, як у важких, так і в легких умовах. Виробництво не враховує специфіку подальшої експлуатації. У зв'язку з цим, навіть при самому чіткому дотриманні правил експлуатації – рівень надійності буде різним.

Отже в першу чергу слід вести мову про відповідний рівень надійності на етапі виробництва. Оскільки як правило, кількісні та якісні показники відмов на пряму відмов: рекламації по викладанню осей сателітів, опаланню стопорних кілець та інших залежать від специфіки виробництва. Тут слід ввести обмеження відносно якості відмов пов'язаних з відхиленнями від конструкторсько-технологічної документації.

Надлигати мова про відмовні недоліки, що закладені у конструкторсько-технологічній документації: низький ресурс і не відповідність ряду вузлів потужності сучасних двигунів до 200 к.с. вище (які встановлюють на машини з метою підвищення їх продуктивності).

Характеристики діагностування. Діагностування характеризується достовірністю, повнотою і глибиною контролю [1, 2, 3,], а також вартістю.

За даними роботи [2], для визначення достовірності, повнота і глибини контролю мають бути відомі наступні показники:

метрологічні (погрішності: діагностування, ресурсів вимірювання, методу вимірювання і прогнозування; допуск на результат вимірювання, дисперсія погрішності вимірювання).

- експлуатаційні (граничне значення, відхилення, що допускається, і дисперсія діагностичного параметра, число вимірюваних параметрів, закон розподілу погрішності вимірювання діагностичного параметра, напрацювання машини до моменту діагностування). Відсутність (неповнота) окремих перерахованих показників робить завдання оцінки якості діагностичної інформації невизначеним, в

цьому випадку питання про точність і достовірність діагностичних операцій стає безпредметним [2].

За інших рівних умов, погрішність вимірювання діагностичного параметру надає основний вплив на достовірність діагностування. Стандарти встановлюють для гідроагрегатів три групи точності вимірювання параметрів гідроприводу залежно від виду випробувань (табл. 1.1).

Можливість використання цих нормативів для методів, що знов розробляються або вдосконалюються, має бути обґрунтована відповідними дослідженнями. Ці дослідження ґрунтуються на аналізі існуючих методів забезпечення точності, не всі з яких можуть ефективно використовуватися при діагностуванні.

Так підвищення точності вимірювань усуне деякі додаткових погрішностей, що виникають від дії зовнішніх умов (табл. 1.2, поз. 1), - малоперспективне для бортового діагностування, яке проводиться на працюючій машині, в умовах безпосередньої дії навколишнього середовища.

Таблиця 1.1 Допустимі погрішності вимірювання параметрів гідроприводу

Вид випробувань	точні дослідницькі	перелічні,	приймально-здавальні (діагностування)
Групи точності	1	2	3
Допустимі значення погрішності вимірювань, %	$\pm 0,5$	$\pm \dots 1,5$	± 2

Застосування кращого засобу вимірювання (табл. 1.2, поз. 2) збільшує його вартість. При переході з першого класу точності на клас точності 0,5 вартість засобів вимірювань збільшується в 4...10 разів і більш, що збільшує витрати на діагностування (табл. 1.2).

Розробка спеціальних засобів вимірювань (табл. 1.2, поз. 3) проводиться з метою підвищення їх точності або пристосування до умов вимірювань. Так при

діагностуванні тиск і температура масла, частота обертання насоса встановлюються постійними (відтворні параметри), а технічного стану гідроагрегату визначається по зміні значення витрати (визначальний параметр). Це спрощує вимоги до пристрою засобів вимірювання відтворних параметрів, якщо їх виконано спеціально для вимірювання одного значення цього параметра.

Виконання багатократних спостережень з подальшою обробкою результатів цілком застосовне при діагностуванні. (табл. 1.2, поз. 4), оскільки є звичайним методом, що зменшує випадкову складову погрішності вимірювань.

Порівняння з мірою (табл. 1.2, поз. 5) є ефективним методом зменшення систематичної погрішності засобу вимірювання, що встановить. Метод, як правило, складніше по процесу вимірювання, але само засіб вимірювання виходить простіше і дешевше.

Таблиця 1.2 – Методи забезпечення точності діагностування

№ поз.	Називування методів	Показники		
		складові погрішності		вартість C_1
		сист.	случ.	
1.	Забезпечення точності умовами вимірювань	+	+	+
2.	Підвищення класу точності C_1	+	+	+
3.	Перехід до методу діагностування спеціальних C_1	-	-	-
4.	Виконання багатократних спостережень	-	+	-
5.	Зменшення систематичної складової погрішності: порівняння з мірою; метод заміни; компенсація по знаку;	+	-	-
		+	-	-
		+	-	-

	метод зіставлень;	+	-	-
	метод симетричних спостережень	+	-	-
6.	Використання тестових сигналів	+	-	-
7.	Використання інформаційної надмірності: - структурною; - функціональною	- +	+ +	+ +
8.	Визначення раціональності по погрішності комплексу СИ для вимірювань діагностичних параметрів	+	+	-
9.	Забезпечення точності методикою діагностування	+	+	-

При діагностуванні гідроприводу як міра (еталону) використовуються параметри гідроприводу, величини яких відомі і не змінюються (або цією зміною можна нехтувати) залежно від технічного стану гідроагрегатів.

Такими величинами можуть бути: ємкість гідроаккумулятора, робочий об'єм гідроциліндра, гідропоса, гідромотора і т.д. далі. Таріровка, наприклад, витратоміру, здійснюється в цьому випадку безпосередньо в процесі діагностування [1, 2]. Застосовуються також різновиди методу порівняння з мірою: заміщення, компенсація по з'язку або зіставлення методу симетричних спостережень і т. ін.

Методи підвищення точності шляхом подачі у вимірювальну систему спеціальних тестових сигналів функціонально пов'язаних з вимірюваною величиною, перетворення і обробки результатів перетворення по спеціальному алгоритму (табл.1.2, поз. 6) - дозволяють зменшити погрішність вимірювань в десятки разів. Ці методи можуть використовуватися при діагностуванні гідроприводів.

Метод інформаційної надмірності розділяється на структурний і функціональний (табл. 1.2, поз. 7). У першому випадку передбачається включення у вимірювальну систему додаткових приладів, що вимірюють один і той же параметр. Структурна інформаційна надмірність дозволяє зменшити, в основному, випадкову складову засобів вимірювання шляхом її усереднювання. Застосовується в

стаціонарних умовах різних виробництв, в лабораторіях і при метрологічній атестації. Функціональна надмірність передбачає для підвищення точності використання функціональних зв'язків між вимірюваними параметрами. В цьому випадку проводять вимірювання параметрів і розрахунок по аналітичних залежностях, що зв'язують ці параметри, так, щоб отримати бачше одне з результату. Якщо аналітичні залежності достатньо вірні, то різниця результатів буде погрішність, на величину якої можна скоректувати результати. Метод застосовується для стаціонарних умов лабораторій і деяких виробництв. Додаткових витрат на придбання і експлуатацію засобів вимірювань метод не вимагає.

Визначення раціональності по погрішності комплексу засобів вимірювання діагностичних параметрів здійснюється на основі аналітичної залежності, що зв'язує структурні і діагностичні параметри. В цьому випадку визначається комплект СІ, що забезпечують задану погрішність оцінки структурних параметрів при мінімальній вартості цих засобів. Або при заданій вартості встановлюється комплект засобів вимірювань, що забезпечує мінімальну погрішність оцінки структурного параметра.

Забезпечення точності методикою діагностування. Точність в цьому випадку визначається аналітичною залежністю, що зв'язує діагностичні параметри, і іншими прийомами, залежними від виду цієї залежності. Так було встановлено, що застосування меншої частоти обертання насоса в порівнянні з його паспортними даними, збільшує частку витратів в загальному потоці робочої рідини і дозволяє зменшити погрішність діагностування на 4,60% без додаткових витрат на придбання і експлуатацію засобів вимірювань. Зміна параметрів можлива в межах технічної характеристики гідроагрегату [1]. Методи забезпечення точності в даний час недостатньо використовуються для покращення діагностування, що є невикористаним резервом підвищення його ефективності.

Необхідна глибина діагностування обґрунтовується виробничим циклом гідроагрегатів (рис. 1.2). Виробничий цикл гідроагрегату включає: виготовлення і прироблення на заводі – виготівнику, установку на машину, експлуатацію у складі машини з необхідним технічним обслуговуванням і ремонтом, ремонт на спе-

ціалізованих заводах і повторення циклів до утилізації. На заводі – виготівнику основним завданням діагностики є визначення якості готової продукції і необхідна глибина діагностування обмежується гідроагрегатом цілого. У експлуатуючій організації основним завданням діагностики є контроль достаточного технічного стану, пошук того, що відмовив, прогнозування ресурсу роботи гідроагрегатів. На виробничих базах до цих завдань додається необхідність визначення технічного стану знятого або встановлюваного на машині гідроагрегату. Практично, в умовах експлуатуючих організацій в більшості випадків гідроагрегат можна тільки замінити певний елемент, найчастіше ущільнення. Всі інші види ремонтів проводяться на спеціалізованих заводах, де шпальти сполучення металів ремонтуються на потоці наплавленням і зварюванням на ремонтній розмір без поелементної дефектації (або по інших технологіях) [1, 2, 3]. Тому локалізація несправності на рівні гідроагрегату є в основному, достатньою глибиною для діагностування. Глибше діагностування, наприклад, до металів або її елементу, обходиться дорого і найчастіше виявляється незатребуваним в експлуатуючих організаціях.

Особливості діагностування гідроприводів БДМ. Особливості діагностування гідроприводів визначаються: умовами роботи і діагностування; технічними характеристиками гідроагрегатів, що входять до складу гідроприводу, їх граничними значеннями і діагностичними параметрами, вживаними для визначення їх технічного стану.

Будь-які дорожні машини звичайно працюють далеко від баз механізації невеликими загонами різноманітних за устроєм призначенням машин в умови безпосередньої метеорологічної дії запиленого і шкідливого середовища. Діагностування цих машин здійснюється мобільним устаткуванням в польових умовах і стаціонарним на базі механізації з встановленим джерелом енергії або від машини. У завдання діагностики входить визначення з необхідною періодичністю технічного стану різних за типом гідроагрегатів, об'єднаних в гідропривід.

Діагностичні параметри в процесі експлуатації змінюються від номінального значення, з яким його випускає завод і яке дається в його паспортних даних, до граничного, встановлюваного по технічних і економічних критеріях. Граничний

стан по технічних критеріях наступає у разі втрати гідроагрегатом працездатності. Граничний стан по економічних критеріях залежить від конкретних умов експлуатації. Для насосів, наприклад, зменшення коефіцієнта подачі допускається до 0.8 [1, 2, 3]. Проте на практиці використовуються насоси з меншим коефіцієнтом подачі [1, 2].

Дійсна подача і внутрішні витoki насосів (гідромоторів), вживаних на будівельних машинах, змінюються в широких межах залежно від типу насоса і його технічного стану. Величина внутрішніх витоків розподільників в процесі експлуатації зростає від 50-100 см³/хв, з яких їх випускає завод, до граничного стану, допустимого в процесі експлуатації (300-900 см³/хв [1, 2, 3]). Граничні значення витоків, що виникають в процесі експлуатації гідроциліндрів, складають 0.5-3 см³/хв. Отже, значення витоків в насосі приблизно 50 разів перевершує значення внутрішніх витоків в розподільнику і в об'ємні разів, - в гідроциліндрі. Такий розкид значень діагностичних параметрів гідроагрегатів, об'єднаних в один гідропривід, необхідно врахувати при розробці методу бортового діагностування.

Технічний стан насоса, насосок викладеного, робить найбільший вплив на час робочого процесу будівельної машини. Граничні зміни технічного стану розподільників і гідроциліндрів трохи змінюють вхідні параметри гідроприводу (час переміщення робочого органу, зусилля, що розвивається).

Внаслідок цього глибина діагностування на рівні загального визначення технічного стану цього гідроприводу недостатньою.

Структурні параметри (зазори) в працюючому гідроагрегаті змінюються не тільки у вісь зносу, але і унаслідок гідравлічних ударів, деформацій деталей від дії тиску і температури. Зазори можуть мати неоднакове значення по довжині, ширині і висоті. Встановлено також, що гідроагрегат тільки після операцій розбирання-збірки змінює свою технічну характеристику [1]. У працюючому гідроприводі визначити значення зазорів безпосереднім вимірюванням скрутно, а зазори в розібраних гідроагрегатах відрізняються від зазорів в тих, що працюють. Тому особливість діагностування гідроприводів будівельних машин полягає також в невизначеності значень зазорів гідроагрегатів, оскільки одне значення ви-

значального діагностичного параметра, сформоване з неспіненно різноманітних значень складових (зазорів), не визначає величини цих зазорів.

У результаті вимоги до бортового діагностичного устаткування, визначувані умовами експлуатації і технічною характеристикою гідроприводу, зводяться до можливості діагностування основних гідроагрегатів в польових умовах з мінімальними витратами і допустимою погрішністю. Для цього мають бути забезпечені умови праці операторів і екологічні показники процесу діагностування.

Витрати на діагностування визначаються кількістю і складністю устаткування і засобів вимірювань, що встановлюються в гідропривід, витратами на підготовку гідроприводу до діагностування, на отримання нормативів і проведення досліджень[2]. Погрішність діагностування (погрішність вимірювання структурних параметрів, від значень яких залежить ступінь носу гідроагрегату) визначається аналітичною залежністю, що зв'язує структурні і діагностичні параметри, і погрішністю вимірювання діагностичних параметрів. Зниження витрат на діагностування і допустима погрішність діагностування повинні забезпечуватися відповідним методом діагностування.

Методи і засоби діагностування гідроприводів. У експлуатуючих організаціях в польових умовах методи і засоби діагностування гідроприводів реалізуються в знімного, швидкорознімного і бортового виконання [1, 2].

Основним недоліком знімних пристроїв є висока трудомісткість діагностування, обумовлена необхідністю встановлення цих пристроїв в магістраль гідроприводу. Це приводить до втрати масла і його з'єднання. Цей недолік дослідники усували:

- розробкою знімних пристроїв діагностування гідроприводу без його розгерметизації, використовуючи неконтактні методи вимірювання діагностичних параметрів;

- модернізацією гідроприводу, швидкорознімними пристосуваннями для з'єднання з діагностичними пристроями;

- розробкою бортових засобів діагностування.

Для діагностування гідроприводу знімними пристроями без його розгерметизації необхідно, не розбираючи гідропривід, зміряти: частоту обертання насоса, в'язкість робочої рідини (її температуру), тиск в гідроприводі, втрати у вихідних перетинах гідроагрегатів.

Умови контакту вимірювальних перетворювачів з поверхнею трубопроводів змінюються під час експлуатації, тому у багатьох випадках необхідна калібрівка засобів вимірювань в процесі діагностування.

Тиск може бути створене м'яко робочого органу або за допомогою запобіжного клапана, тиск спрацювання якого необхідно періодично перевіряти і регулювати. Велика погрішність методу і висока вартість пристроїв для неконтактного вимірювання діаметральних параметрів істотно ускладнює застосування такого діагностування в бортових системах.

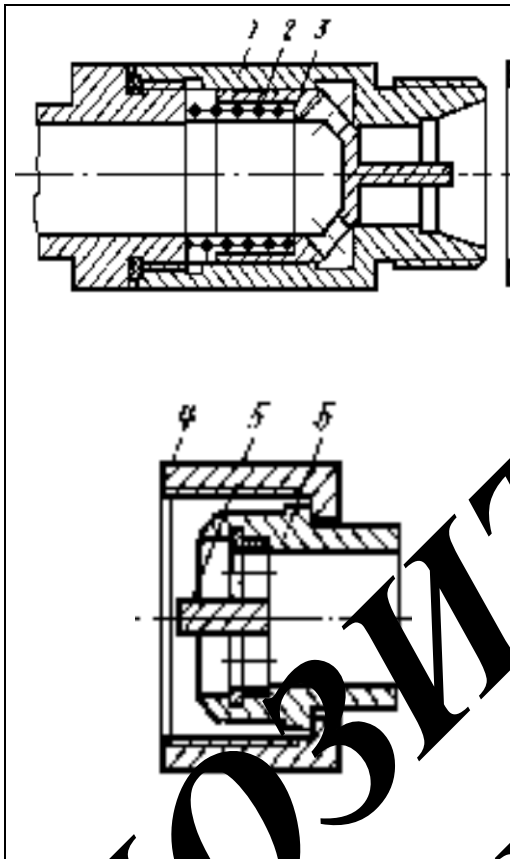
Швидкознімні пристосування дозволяють прискорити процес під'єднання діагностичного пристрою в магістраль гідроприводу, значно скоротити трудомісткість діагностування зменшити, але не виключити, втрати і забруднення робочої рідини. Швидкознімне діагностичне устаткування не усуває повністю недоліки знімних пристроїв, а по складності з'єднань із знімними гідротестерами.

Це збільшує витрати на діагностування і робить застосування швидкознімних пристосувань в бортових діагностичних системах малоперспективним.

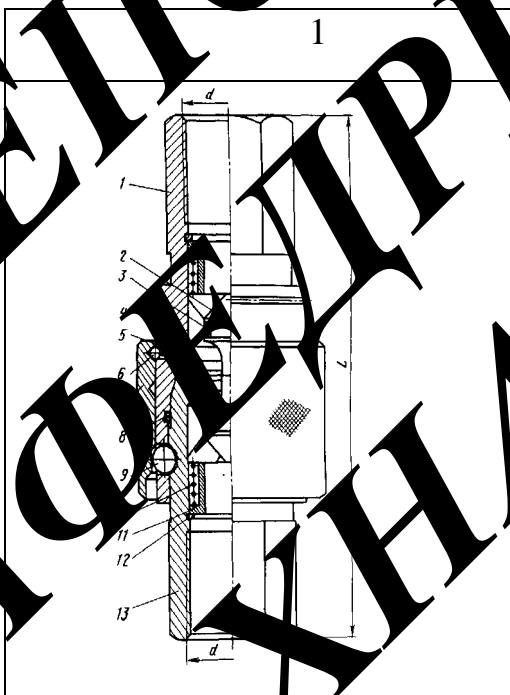
Бортове діагностування БДМ швидкопараметрическим методом дозволяє визначити технічний стан всіх основних гідроагрегатів і забезпечує: невелику трудомісткість, відсутність втрат і забруднення робочої рідини в процесі діагностування, необхідні екологічні показники.

Таблиця 1.3 - Швидкознімні швидкоз'єднувальні пристрої

Вид швидкознімних з'єднань	Опис швидкознімних з'єднань
1	2



Роз'ємне з'єднання, яке запобігає витіканню робочої рідини при під'єднуванні і роз'єднанні гідросилового і гнучких шлангів, що слугують засобів діагностування. Цей пристрій вимагає великого часу на відключення, запобігає витіканню рідини з однієї магистралі, проте воно простіше по конструктивному виконанню і надійніше в експлуатації.



Пристрій розроблений Внїїгідропріводом, умовними проходами від 4 до 32 мм. Це з'єднання розраховане на номінальний тиск від 20 до 32 Мпа. Недолік пристрою те, що з'єднання і роз'єднання лінії винне проводитися при непрацюючій гідросистемі.

При цьому використовуються діагностичні параметри і нормативи, встановлені стандартами [1, 2].

Проте в цьому випадку діагностичні пристрої встановлюються в гідропривід кожної машини і реалізувати ці переваги можна в тому випадку, якщо показ-

ники, що визначають загальні витрати на бортове діагностування, погрішність діагностування і надійність роботи гідроприводу будуть не гірша, ніж при знімному діагностуванні.

Діагностування гідроприводів здійснюється допоміжними і основними методами [1, 2].

Ефективність допоміжних методів при самостійному застосуванні не велика. Проте смороду служать хорошим, часто необхідним, доповненням основних методів.

Органолептичні методи [1, 2] передбачають зовнішнім оглядом перевірку герметичності гідроприводу, виявлення механічних пошкоджень (забоин, тріщин, потертостей шлангів) та також контролюється зношення люфтів шарнірних з'єднань гідроциліндрів, якість пломб, контрень. Об'єктивність діагностування підвищується при використанні спеціальних засобів і простої апаратури (термоіндикаторов, термошупов, стетоскопів).

Часовий метод [1, 2], заснований на визначенні часу виконання робочих операцій виконавськими органами гідроприводу, що діагностується, і використовується для неточної оцінки загального технічного стану гідроприводу. Діагностування здійснюється без порушення герметичності гідроприводу. Метод простий по реалізації і знаходить широке виробниче застосування.

По зусиллю або потужності [1, 2], що розвиваються виконавським робочим органом. Метод, як і у попередньому випадку, дозволяє визначити тільки загальний технічний стан гідроприводу, і знайшов певне застосування на заводах-виробниках. Тимчасовими і словесними методами не можна визначити технічний стан окремих гідроагрегатів, що значно знижує їх практичну цінність.

Кількість і склад продуктів зносу в робочій рідині [1, 2] також скрутно пов'язати з технічним станом конкретного гідроагрегату.

На кількість продуктів зносу в робочій рідині вплив робить час роботи гідроприводу від початку зміни, первинний ступінь забруднення, стан фільтрів і тому подібне

Діагностування основними методами здійснюється порівнянням певного діагностичного параметра з його еталонним значенням. За еталон технічного стану зазвичай беруться параметри, відповідні паспортним даним нового (справного) гідроагрегату.

Дослідження основних методів проведено по наступній схемі: опис методу і принцип дії пристроїв, що реалізують їх; їх достоїнства і недоліки; способи забезпечення точності діагностування; доцільність розробки на основі методу бортових засобів діагностування.

Найбільше розповсюдження, отримали стато-параметрические методи діагностування, [1, 2] засновані на вимірюванні функціональних параметрів сталого, задросселированного потоку робочої рідини.

Метод реалізується, наприклад, приладом ДР-10 (КИ-1097). Найвний в ньому дросель виконує одночасно функції нагрудителя і витратоміру. В'язкість масла контролюється по температурі в об'єкті за допомогою термометра, що входить в комплект цього пристрою.

Гідротестер простий по конструкції, надійний в роботі, володіє невеликою масою, невисокою вартістю, може діагностувати всі основні гідроагрегати. Проте гідротестер не має можливості визначати частоту обертання насоса і точність діагностування. Внаслідок цього, порівняно невисока (таблиця. 1.3).

Він розрахований на невелику витрату і тиск, що не дозволяє застосувати його для діагностування будівельних машин, що мають могутніший гідропривід. Подальше удосконалення статопараметрического методу і засобів, що реалізують його, проводилося по наступних напрямках [1, 2]:

розроблялися пристрої (гідротестери), розраховані на витрату і тиск гідроприводів будівельних машин і залежно від вимог виробництва змінювалося конструктивного виконання гідротестера (з плоским дроселем, найбільш надійним і довговічним в експлуатації; із запобіжним клапаном; варіант гідротестера з деталями, що є в основному тілами обертання, найбільш прості у виготовленні і т. ін.);

- розширювалися можливості гідротестерів по номенклатурі параметрів, що діагностувалися, і об'єктів діагностування (додатково вбудовувалися в ці пристрої прилади для вимірювання температури масла і частоти обертання насоса і частоті пульсації тиску; розроблений пристрій КИ-108, що діагностує і контролює ривід тракторів, і паливну апаратуру дизельних двигунів);

- автоматизувалася обробка результатів діагностування (гідротестер ГТ1)

Враховуючи це, а також перераховані достоїнства пристроїв, що реалізують методи, і ту обставину, що номенклатура діагностичних параметрів, необхідних при реалізації методів, збігається з номенклатурою параметрів, встановлених стандартами на правила приймання і випробувань гідроприводу і його складових частин [1, 2], - можна очікувати застосування статистично-параметричних методів в бортових діагностичних системах перспективним.

Термодинамічний метод діагностування [1, 2] заснований на залежності різниці температур на вході і виході насоса від величини внутрішніх витоків. До достоїнств методу можна віднести практичну відсутність гідравлічного опору і, отже, втрат тиску при вимірюванні; можливість вимірювання витрат в широкому діапазоні температур тиску; достатню механічну міцність чутливого елемента; можливість отримання одночасно двох діагностичних параметрів: витрати і температури робочої рідини.

Таблиця 4 - Методи діагностики гідроприводів машин і їх показники

Методи діагностики	Діагностичні параметри			середня погіршеність, %	діагностує- мий гідроагрегат
	відтворює- мий	назва	метод виміру		
1	2	3	4	5	6
статопараметричні	p, n, t	П, або Q	витрато- рами: дросельними, крильчатими, турбінними і ін.	2 1 0.5	Н, Р, Гц, Гм

термодинамічні	p, n, t	$\eta_{\text{ГМ}}$	по різниці температури на вході і виході насоса	0,1-0,1	Н
по перехідних процесах	n, t	П	по наростанню тиску	2-0,5	
по пульсації тиску	p, n, t	П	по параметрах пульсації тиску	-	Н
віброакустичні	p, n, t	П	по параметрах дорації або шуму	-	Н, Р, Гц, Гм

У таблиці прийняті наступні позначення: Н- насос, Р- розподільник, Гц- гідроциліндр, Гм- гідромотор, $\eta_{\text{ГМ}}$ - гідромеханічний ККД.

При діагностуванні необхідно встановлювати температурні вимірювальні перетворювачі на вході і виході насоса, що трієдомістко.

Щоб перевірити роз'єднані труопроводів вимірюють різницю температур на зовнішніх поверхнях. Для цього вибираються характерні крапки, виходячи з конструктивних особливостей насосів і розташування в них областей генерації тепла. Такий метод має нижчу точність визначення ККД, проте ця точність підвищується з поліпшенням технічного стану насоса і достатня для оцінки його граничного стану [1].

Температуру можна вимірювати приладами набагато вищого класу точності, чим витрата (на порядок більш). Це використовується для зменшення погрішності діагностування насосів найточнішим методом порівняння, що формують погрішність діагностування самим термодинамічним методом порівняно із статопараметричеськими методами дослідження, де піджег в даний час недостатньо. Потрібні також спеціальні дослідження для встановлення відповідності різниці температур стандартним діагностичним параметрам (коефіцієнту подачі, подачі).

Перераховані недоліки утрудняють розробку бортових діагностичних систем на основі термодинамічних методів.

Різниця температур на вході і виході насоса залежить від величини його внутрішніх витоків, на величину яких зменшується подача (продуктивність) насоса. Отже, термодинамічний метод є специфічним способом визначення дійсної подачі насоса.

Діагностування по перехідних процесах [1]. Зменшення подачі рідини в гідроприводі, унаслідок погіршення технічного стану гідроагрегатів, впливає на зміну параметрів перехідних процесів (амплітуди, періоду, швидкості наростання тиску, часу перехідного процесу, часу досягнення максимального тиску, часу першого узгодження, коли тиск рідини перший раз досягне свого номінального значення і тому подібне, рис. 1.1). По цих змінах можна визначити технічний стан гідроагрегату. Найбільш розповсюджене знайшло свій вид методу, що здійснює діагностування за часом між двома фіксованими рівнями тиску P_1 і P_2 (рис. 1.1).

Метод простоти пристроїв, що здійснюють його, аналогічний статопараметричному. Гідропривід може модернізуватися спеціальними заглушками, через які вимрювальні пробірники тиску встановлюються в гідропривід. Трубомасткість діагностування, в цьому випадку, декілька зменшується. Потік робочої рідини перекривається міною положенні золотника, і тиск зростає в об'ємі між насосом і розподільником. Параметри перехідних процесів визначаються сумою витоків в насосі, розподільнику і запобіжному клапані, не розділяючи ці витoki по довжині, що знижує ефективність діагностування. Істотний вплив на них надає час відкриття трубопроводу.

РЕШОЗВІТГАРІЙ
КАФЕДРИ ЕВСБДМ
ХНАДЦУ,
2025р.

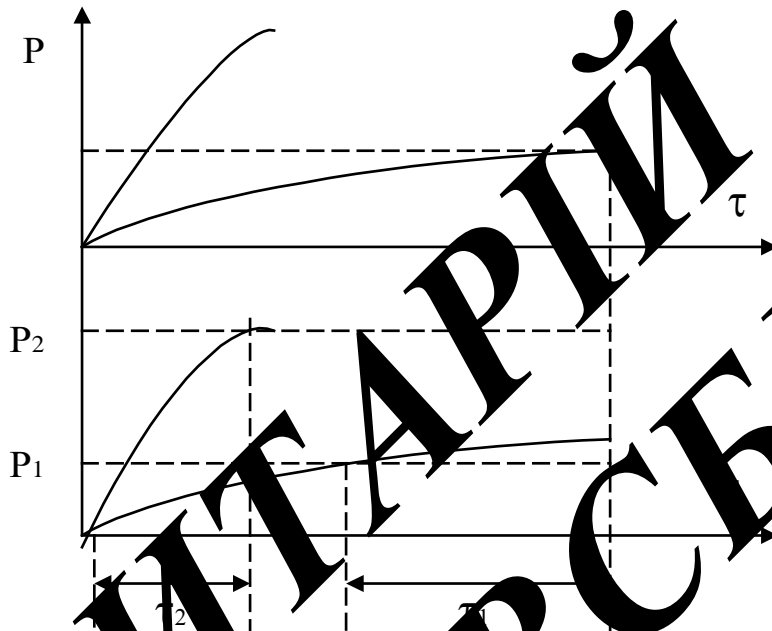


Рисунок 1. Діагностування по перехідних процесах

Ці методи вимагають складної індивідуальної тарировки для кожного типу машини і стану елементів на ній гідроагрегату. Тарировка порушується у міру зносу гідравліки, при заміні труб, провідів, шлангів і тому подібне. Погрішність діагностування зменшується як і у попередніх методах, за рахунок підвищення часу точності приладів, що вимірюють діагностичні параметри (таблиця..3, поз. 2). Все це утрудняє розробку бортових діагностичних систем на основі перехідних процесів.

Параметри перехідних процесів залежать, при незмінних інших умовах, від подачі (продуктивності) гідроагрегату. Отже, визначення цих параметрів також є специфічним способом вимірювання продуктивності гідроагрегату.

Методи діагностування по параметрах пульсації тиску [1, 2] застосовуються для визначення технічного стану вузькоаксіальних поршневіх насосів літакових і дорожно-будівельних гідроприводів, що кінчається, по наступних формулах

$$K_1 = \frac{\Delta P_{\max}}{\Delta P_{\text{ср}}}, \quad K_2 = \frac{\Delta P_{\max}}{\Delta P}, \quad K_3 = \frac{\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min}}{\Delta P_{\max}},$$

де ΔP_{\max} , ΔP_{\min} - максимальна і мінімальна амплітуди пульсації тиску в одній реалізації;

Δp_{cp} - середня амплітуда пульсації тиску;

p - тиск вантаження.

Гідність параметра K_1 - невелика чутливість до зміни температури і тиску робочої рідини, проте, він може бути використаний, якщо число несправних поршневих пар менше 3. На параметр K_2 робить вплив зміни тиску і температури робочої рідини, тому він може використовуватися, якщо режим роботи системи стабільний. На параметр K_3 слабо впливає зміна тиску і температури робочої рідини, і його діагностична цінність зростає тільки тоді, коли всі поршні пари несправні. Цим методом можна діагностувати тільки аксіально-поршні насоси. Використовується складне і дороге устаткування, застосовувати яке в польових умовах скрутно, а для обробляти результати вимірювань. Ці недоліки роблять методи діагностування по параметрам пульсації тиску малоперспективними для бортових діагностичних систем.

Вібраційні процеси [1, 2], що характеризуються амплітудою, швидкістю, прискоренням, частотою і іншими параметрами, залежать і від величини зазорів в з'єднаннях деталей гідроагрегатів, що дозволяє застосувати ці параметри як діагностичних. Власні коливання насоса скрутно відокремити від коливань, що генеруються іншими рухомими частинами машин. Тому насоси діагностують в польових умовах не по вібрації, а використовують акустичні шуми. Метод значно збільшує трудомісткість діагностування. Точність діагностування гідронасоса достатня, щоб визначити ступінь і граничні ступіні, не вдаючись до демонтажу гідронасоса з машини. Величину витоків в розподільниках і клапанах вимірюють по рівню гідродинамічного шуму, що виникає при перебігу рідини через зазори в цих гідроагрегатах. Метод застосовний до гідроприводів з гідроактуаторами. Проте, складність діагностичної апаратури у поєднанні з тим, що її тарировка легко порушується залежно від багатьох чинників, навіть від зусилля затягування кріплення, - перешкоджає широкому виробничому впровадженню цих методів і розробці на їх основі бортових діагностичних систем.

1.2 Прилади і пристрої для діагностики гідроприводів

На виробничих підприємствах використовують з'ємні і щільноз'ємні та бортові діагностичні устаткування (гідротестери) [1, 2].

Для оперативного діагностування гідроагрегатів широко використовуються переносні діагностичні пристрої. Ці пристрої повинні бути прості за конструкцією, мати мінімальні габарити і масу, число точок під'єднання до гідроприводу і невеликий час діагностування при достатній інформативності та достовірності визначених параметрів. Живитися прилад або його блок повинен від бортової мережі машини, де діагностується.

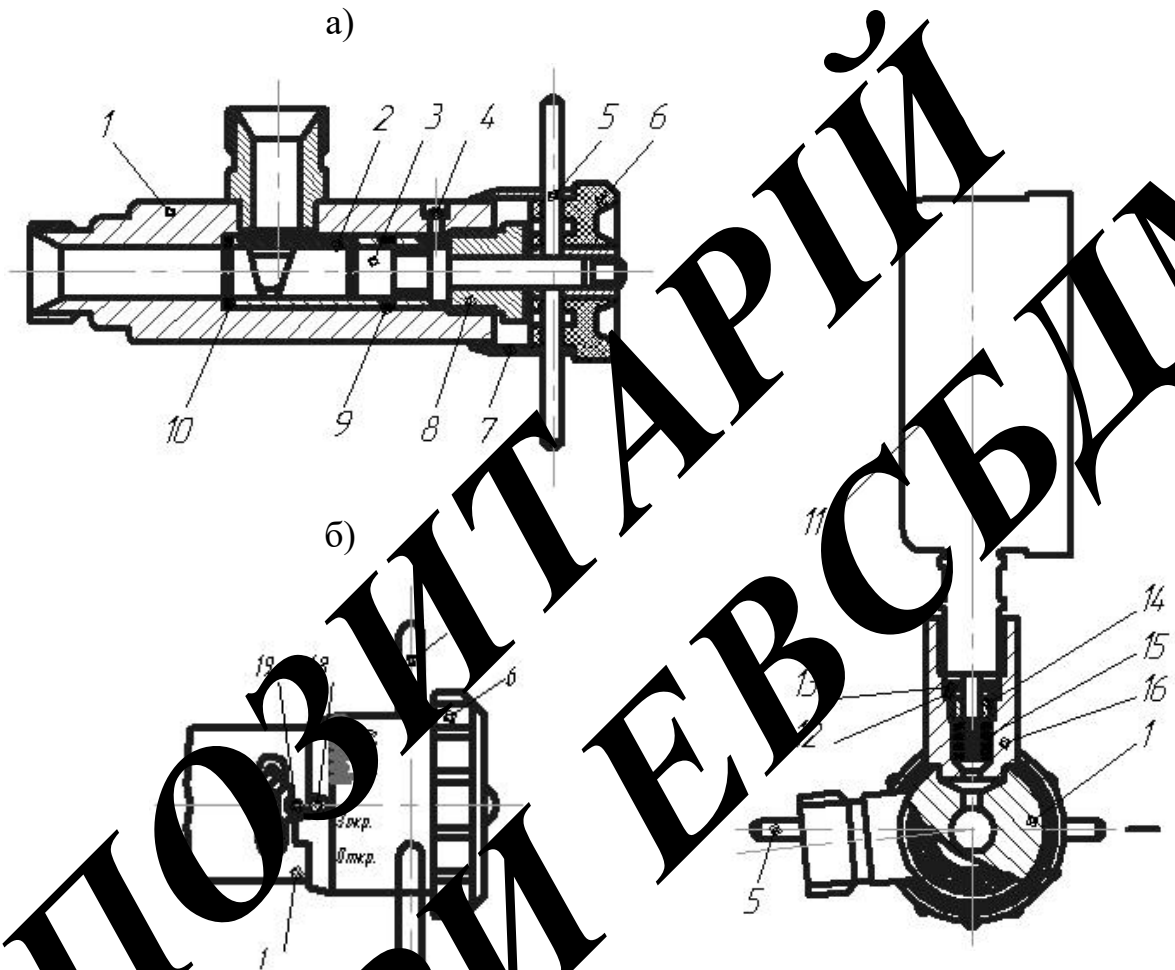
Найбільше поширення серед з'ємних надбалаштичних гідротестерів дросель – витратомірного типу. Гідротестер такого типу з підручником дроселем показано на рис. 1.2. Технічні характеристики визначають по його подачі на стендах або безпосередньо на машині за допомогою приладу КИ-107-І. Перед перевіркою прилад встановлюють на магнітній магістралі, використовуючи додаткові пристосування і підшцер. Міжку «відкрито» розташовують проти стрілки корпусу. Після вкочення двигуна і прогрівання робочої рідини до 50 °С встановлюють номінальну частоту обертання і повертають рукоятку у напрямі закриття до моменту, коли тиск по манометру досягне 10 МПа. При цьому подача насоса (л/хв) відповідатиме цифрі на шкалі лімба. Для вимірювання витрати робочих рідин, що проходять через прилад, при тиску, меншому або більшому 10 МПа, необхідно перерахувати слідуючи приладу по формулі

$$Q_d = 0,316 Q_{ш} \sqrt{p} \quad (1.1)$$

де Q_d — дійсна витрата через прилад;

$Q_{ш}$ — расход за шкалою (л/хв);

p — тиск, при якому перевіряємо продуктивність насоса (МПа)



1 - корпус; 2 — гілка; 3 — плунжер; 4 — установний гвинт; 5 — стрижень; 6 — рукоятка дроселя; 7 — лімба; 8 — затоплива гайка; 9, 10 — прокладки ущільнювача; 11 — манометр; 12 — спеціальна гайка; 15 — шайба демпфера; 16 — пружина демпфера; 17 — обмежувач; 18 — стрілка показник

Рис. 1.2 — Схема приладу КИ-1097-І

Подачу насоса (більше 90 л/хв) необхідно перевірити при зменшеній частоті обертання, контрольованій по струмінню потужності, і в подальшому привести у відповідність з номінальним і відкисним режимом двигуна, тобто

$$Q_d = Q_{ш} \cdot \frac{n_n}{n_y} \quad (1.2)$$

де n_n - частота обертання валу відбору потужності (ВВП) при номінальних оборотах двигуна;

n_y — зменшена частота обертання ВВП.

Технічний стан гідророзподільвачів залежить від витоків (зносів), тиску спрацьовування автоматів повернення і запобіжного клапана, стану переднього клапана.

Для визначення витоків в секціях розподільника приладом КИ-1097-1, його необхідно послідовно підключити до штуцерів виносних і основного гідроциліндрів, встановити важіль «Включення в положення «Піднято»» прогріти робочу рідину до температури $50\text{ }^\circ\text{C}$. Потім за допомогою регулятки приладу встановити тиск 10 МПа і за шкалою визначити витрату робочої рідини, що проходить через прилад. Витоки робочої рідини в розподільнику (окремої секції) знаходять як різницю між показниками витрати, одержаної при визначенні подачі насоса, і витрати через гідророзподільник при цьому ж режимі.

Так само перевіряють запобіжного клапана гідророзподільвача перевіряють при температурі робочої рідини $45\text{...}50\text{ }^\circ\text{C}$ і номінальній частоті обертання колінчастого валу.

Витоки в гідроциліндрі перевіряють при приєднаному приладі КИ-1097-1 до напірного трубопроводу гідроциліндра. У цьому випадку трубопровід зливу глушиться. При включеному важелі «Включення в положення «Піднято»» створюють за допомогою приладу тиск 10 МПа і через 3 хв знаходять усадку штока. Герметичність клапана об'єктивним способом поршня визначають по усадці штока протягом 3 хв при включеному за допомогою трітника приладу КИ-1097-1 магністраль нагнітання розподільник - штокова порожнина по вищевикладеній методиці. Проте при цьому потрібно відняти витоки в гідроциліндрі.

Пристрій ДУ-4, розроблений у СІБАДІ для оперативного діагностування гідроагрегатів простий за конструкцією, має мінімальні габарити, масу, число точок під'єднання до гідроприводу і невеликий час діагностування.

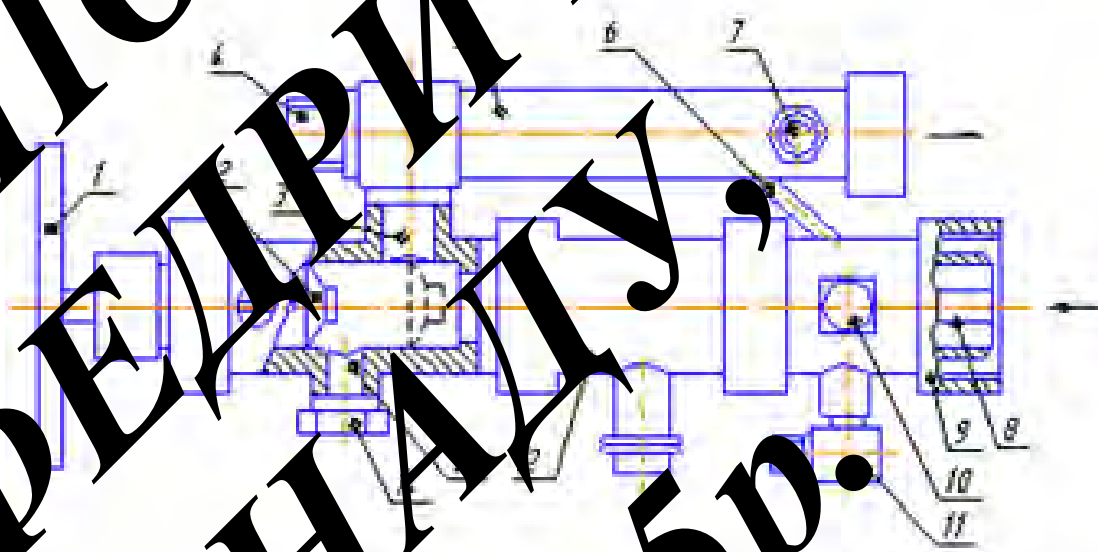
Живиться приладовий блок від бортової мережі машини, що діагностується. До нього входять блок датчиків і вимірювальний блок.

Схему включення діагностичного приладу в гідросистему машини показано на рисунку 1.3.

Тут одночасно можна визначити: подачу насоса, тиск спрацювання запобіжного клапана в системі діагностичного приладу, витоки в лінії, гідророзподільник, виконавчий механізм (гідропиліндр, гідромотор).

За вимірюваними діагностичними параметрами робиться оцінка поточного технічного стану гідросистеми, що перевіряється.

Приладовий блок діагностичного пристрою виконаний на базі приладу ИМД-11, в якому поєднуються властивості часографа й електронного вольтметра.



- 1-привід приладу; 2-золотник; 3 й 13- паралельні канали; 4 й 10- датчики температури; 5 - трубопровод; 6-золотник; 7-датчик витоку; 8-заспокоювач потоку; 9-вхідний патрубок; 11-підєднувальний канал; 12-турбінний витратомір; 14-штуцер

Рисунок 1.3 - Блок датчиків діагностичного пристрою

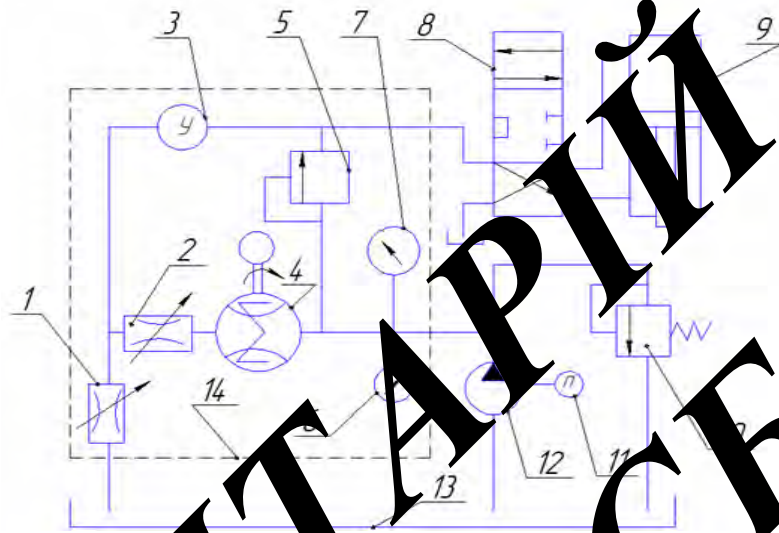


Рисунок 1.4 - Схема під'єднана діагностичного пристрою

гідроприводу машини

Значний вклад в розробку гідротестерів зробив ХНАДУ – ХАДИ, рис. 1.5.

Відомо, що для визначення технічного стану гідроагрегата необхідно при постійних частоті обертів насоса, температурі та тиску робочої рідини, визначити продуктивність гідроагрегату. Попередні гідротестери мали технічну можливість визначати тільки два параметра: тиск робочої рідини та витрати гідроагрегата при цьому тиску. У ХНАДУ – ХАДИ було розроблено гідротестер, що може визначати всі ці параметри (рис. 1.5, з).

Основним недоліком з'ємних приладів є висока трудомісткість діагностування (це викликає з необхідністю будування їх в магістраль гідроприводу, втрапи та обруднення робочої рідини, що супроводжує цей процес).

Бортове діагностування гідроприводів будівельних машин дозволяє визначити технічний стан основних гідроагрегатів і забезпечує: невисокі трудовитрати на діагностування, мінімальність втрат і забруднення робочої рідини, необхідні екологічні показники. [1, 2]. Однак цю задачу можливо реалізувати тільки в тому випадку, якщо показники, визначаючі ефективність бортової діагностики, будуть не гіршими, ніж при других методах. Для вирішення цієї задачі в роботі [9] було розроблено відповідну методику діагностування, основний зміст якої зложено в останньому підрозділі, а в наступному підрозділі описуються конструкції і робота

дизеля машини, що діагностується), які підключаються через кабель до мікропроцесорного перетворювача, постачені додатковим каналом (мало-поточною гідролінією) із швидкокороз'ємного з'єднального блоку для підключення рукава високого тиску із манометром, з метою індивідуального навантаження вторинних запобіжних клапанів без порушення тиску встроювання первинної клапана. Навантажувальний пристрій дозволяє вимірювати витрату робочої рідини у діапазоні тисків 0,5-40 Мпа.



Рисунок 1.6 - Гідродіагност ГТП-4(6)

На рисунку прийняті наступні позначення: 1 - гідродіагност з підсполучною лінійкою, блоком датчиків витрати, тиску, температури робочої рідини, частоти обертання валу дизеля, швидкокороз'ємним з'єднальним блоком, пристроєм навантаження, малопотоковою лінією з швидкокороз'ємним з'єднальним блоком і манометром, рукав високого тиску з $d_{\text{вн}} = 20 \text{ мм} \times 3 \text{ м}$ (1 шт.) і $D_{\text{вн}} = 12 \text{ мм} \times 3,5 \text{ м}$ (1 шт.), (на рисунку не показані), зливною пробкою з швидкокороз'ємним з'єднальним блоком, триходовим підєднальним краном, перехідником M42x42x2 з швидкокороз'ємним з'єднальним блоком; 2 - системний блок зі вбудованим акумулятором;

3 - сполучний кабель перетворювачів; 4 - інтерфейс 118-232; 5 - зарядний пристрій; 6 - СД-диск з програмним забезпеченням; 7 - футляр транспортування.

При діагностуванні гідротестер приєднують до переходного крана - пристрою повнопоточного відбору робочої рідини з умовним проходом $D_y = 20-25$ мм, що реалізує байпасну або Т-схему перерозподілу потоків робочої рідини. Пристрій установлений на виході кожної напірної секції насоса в розрив різьбових або фланцевих з'єднань. Гідротестер може бути комплектований перехідниками з елементами швидко роз'ємного з'єднального блоку для установки в контури гідроприводів з вторинними запобіжними клапанами після гідророзподільника. Гідротестером можна налаштувати вторинний запобіжний клапан через малопоточну гідролінію без порушення тиску налаштування первинного клапана.

Прилад БРК-01 (рис. 1.7) призначений для виміру витрати робочої рідини у гідролініях, порівняння значень витрати при різних варіантах підключення датчика витрати (додачі напірної секції насоса при різному тиску, сумарні витіки, відносна витрата робочої рідини при заданому тиску).

Він має наступні складові: 1 — системний блок прибоа; 2 — датчик витрати типу ГПР; 3 - з'єднальний кабель перетворювачів, інтерфейс 118-232; 4 - зарядний пристрій; 5 — сумка-футляр.

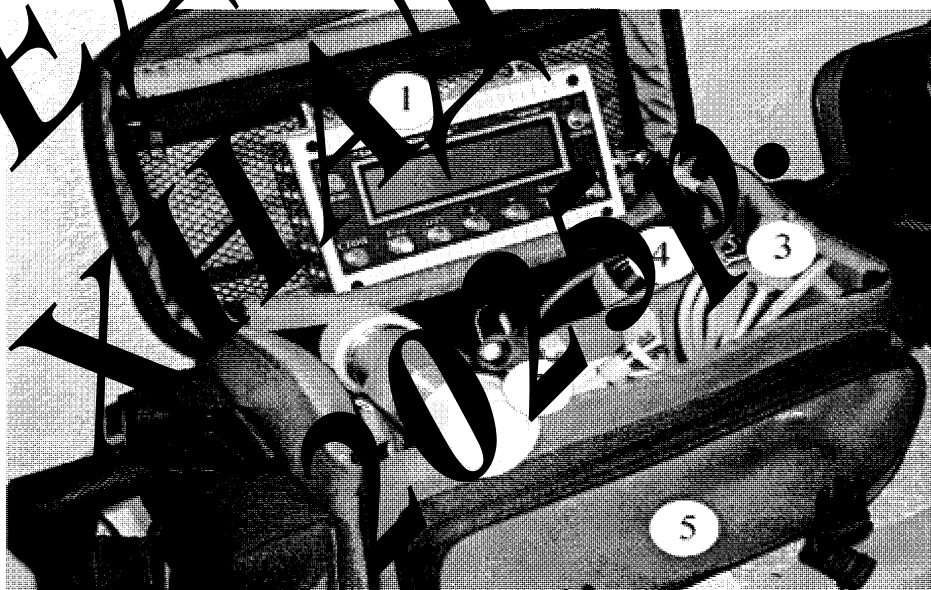


Рисунок 1.7 - Прилад БРК-01

Блок-вимірник малих витоків БРУ-РЖ (рис. 1.8) розроблений спеціально для випробувань гідророзподільників і гідроциліндрів.

Він містить вхідну й вихідну гідролінію, вимірювальний циліндр із убудованими на дев'яти рівнях світлодіодами інфрачервоного спектра випромінювання, електронного блоку.

Вхідна гідролінія обладнана мікро насосом, що підкачує, вихідна - містить електрокерований мікрогідророзподільник.

Блок комплектується також вимірювальною лінією приладу ІП-У-02 для визначення перетічок робочої рідини у зворотних клапанах гідророзподільників.



1 - корпус приладу; 2 - роз'єм 8-20; 3 - вхідна лінія з БРС; 4 - вимірювальний перетворювач

Рисунок 1.8 - Блок реєстрації витоків БРУ-РЖ

Прилад ИВУ-02/5 (рис. 1.9) призначений для ультразвукового контролю внутрішньої негерметичності (перетічок) в елементах гідроциліндрів, розподільників, запірних і запобіжних клапанів, у дренажних лініях.



1 - електронний мікропроцесорний індикатор; 2 - ультразвуковий щуп з кабелем; 3 - програмний продукт; 4 - інтерфейс 118-32; 5 - зарядний пристрій; 6 - сумка-футляр

Рис. 1.9 - Ультразвуковий витокощукач ИВУ-02/5

Прилад ИПФ-01 призначений для визначення в ручному режимі стану «стукучих» з'єднань або переміщуючих: підшипників, циліндропоршневої групи, форсунок, гідроагрегатів з електромагнітним регулюванням, арматури регулюючих вентилів турбін і ін.

Щупа приладів ИВУ й ИПФ містить п'єзокерамічний датчик, що забезпечує можливість виміру витоків або різкої вібросигналів з'єднань агрегатів, що стукають, в складній конфігурації й розташованих у важкодоступних місцях. Електронний блок індидує поліпшення поверхні контролю, для якої механічно притиснутий щуп, і показує на дисплеї приладу внутрішні витоків (у л/хв) гідравлічної рідини або стан з'єднання, що стукає.

При плановому контролі елементів приводів можна зафіксувати початок процесу їхнього ушкодження й запобігти аварійним відмовам. Погрішність діагностування не перевищує 1%. Час виміру кожного з параметрів на гідрофіцированной машині не перевищує 3-5 хв.

Висока точність показань приладів забезпечується вибірним посиленням сигналів, отриманих від ультразвукового щупа. Сигнали, частота яких відрізняється від резонансної частоти приладу більш ніж на 10%, ослаблюються не менш ніж в 50 разів стосовно сигналів резонансної частоти. У цьому й складається істотна відмінність приладів і методу виміру від численних видів вібродіагностических комплексів.

Прилад АЗЖ-02 (рис. 1.10) призначений для експрес-контролю відносної чистоти мастил (гідравлічних, трансмісійних, моторних), а також контролю в процесі випробувань двигунів, трансмісій і фільтрів. Електронний блок приладу дозволяє протягом 10 с. визначити й показати результати виміру (температуру середовища, відсоток місту домішок, клас чистоти робочої рідини за ДСТ 17216), а також запам'ятує результати 20 наступних вимірів 10 типів РЖ.

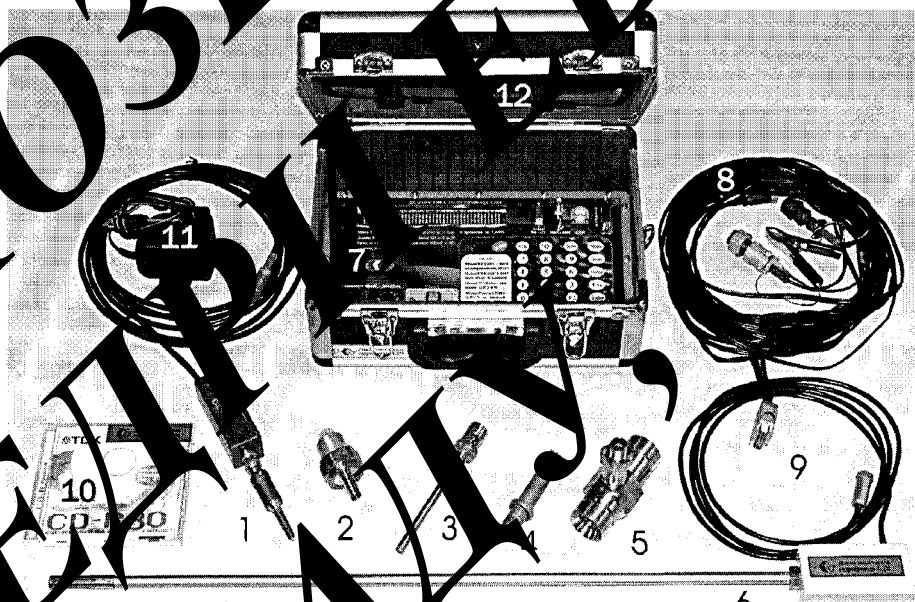


Рисунок 1.10 - Анализатор забруднення рідини АЗЖ-02

Він має наступний склад: 1 - електронний блок (1 шт.); 2 - датчик-щуп з кабелем (1 шт.); 3 – зарядний пристрій (1 шт.); 4 - футляр (1 шт.); 5 - інтерфейс 118-232 (1 шт.); 6 - програмний продукт (1 диск);

Мікропроцесорний перетворювач МП-2005/01 (рис. 1.11) поєднує в собі вимірювальну частину всіх датчиків перерахованих приладів і є універсальним діагностичним комплексом.

Всі перераховані прилади й перетворювач МП забезпечують вимір параметрів діагностування, зберігання первинної інформації в обсязі 32 Кб протягом 6 місяців, передачу її в комп'ютер з використанням 118-231. Програмне забезпечення дозволяє здійснювати перегляд на 2-рядковому 24-символьному дисплеї (для МП 4-рядковому 40-символьному) результатів вимірів і наступне збереження на жорсткому диску ПК, а також працювати в відладочному режимі, будувати графічні залежності.



первинні перетворювачі мікропроцесору.

- 1 — ультразвуковий з амплітером, 2 — тиску, 3 — температури, 4 — частоти обертання валів шестого валу двигуна, 5 — втрати РЖ;
- 6 — вимірювальний щуп, 7 — системний блок МП-2005 з вбудованим акумулятором; 8 — ручний кабель перетворювачів; 9 — інтерфейс 118-232; 10 — програмне забезпечення; 11 — зарядний пристрій; 12 — транспортувальний футляр-чемодан.

Рисунок 1.11 - Мікропроцесорний перетворювач МП-2005/01:

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОС-
НОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАКТОР «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10А



Рисунок 2.1 - трактор «Слобожанець» ХТА-200-10

Трактор «Слобожанець» ХТА-200-10 монтується на спеціальному шасі з шасійно-зчепленою системою повороту.

Вихідні дані:

Номінальна вантажопідйомність	$Q_H = 40$ кН
Конструктивна маса базового трактора	$m = 8,6$ т
Потужність двигуна	$N_{\text{emax}} = 130$ л/с
Робоча швидкість впровадження	$v_p = 0,81$ м/сек (2,92 км/год)
К.П.Д. трансмісії	$\eta_T = 0,75$
Коефіцієнт опору качання	$f = 0,08$
Розрахункове буксування	$\delta_p = 0,20$

Коефіцієнт зчеплення рушія	$\varphi = 0,7$
Номінальна частота обертання вала двигуна	$n_{\text{дв}} = 1700 \text{ об/хв}$
Ширина профілю шини	$d_{\text{ш}} = 0,61 \text{ м}$
Діаметр обода	$D_{\text{ш}} = 0,935 \text{ м}$
Коефіцієнт деформації шини	$\epsilon_{\text{д}} = 0,935$
Передаточне число трансмісії	$i = 167$
Радіус повороту ковша	$R_0 = 1,20 \text{ м}$
Ширина ковша	$B_0 = 2,60 \text{ м}$
Висота розвантаження ковша	$H_p = 3 \text{ м}$
Колія базового трактора	$B_k = 1,90 \text{ м}$

2.1 Розрахунок вагових показників

Вантажопідйомність трактор «Сільбожинець» ХТА-200-10а – припустима вага вантажу в ківші з урахуванням його додатка в центрі ваги основного ковша.

Номинальну вантажопідйомність Q_n визначають у центрі ваги основного ковша при максимальному вильоті (див. Вихідні дані).

Конструктивну вагу навантажувального устаткування G_0 визначають по силі тяжіння базового трактора G_T :

$$G_0 = G_T \cdot k_0 \quad (2.1)$$

де k_0 – безрозмірний коефіцієнт, $k_0 = 0,25-0,35$;

G_T – вага базового трактора, $G_T = 86 \text{ кН}$

$$G_0 = 86 \cdot 0,25 = 21,5 \text{ кН}$$

Раціональність використання ваги базової машини і досконалість ходової частини визначають за коефіцієнтом питомої вантажопідйомності:

$$q_n = \frac{Q_n}{(G_m + G_0)} \quad (2.2)$$

$$q_n = \frac{40}{(86 + 21,5)} = 0,3$$

Рекомендують наступні значення q_n для колісних трактор «Слобожанец» ХТА-200-10ів 0,25-0,3.

Номінальну місткість V_n сипучого ковша визначають по вантажопідйомності навантажувального устаткування з розрахунку роботи на сипучих і дрібно кускових матеріалах з об'ємною вагою $\gamma_c = 1,6 \text{ т/м}^3$:

$$V_n = \frac{Q_n \cdot \gamma_c}{\gamma_c \cdot K_n} \quad (2.3)$$

де K_n - коефіцієнт наповнення ковша, $K_n = 1,25$.

$$V_n = \frac{40 \cdot 0,1}{1,6 \cdot 1,25} = 2 \text{ м}^3$$

Коефіцієнт наповнення вибирають з оглядом того, що в експлуатаційних умовах ківш наповнюється матеріалом з калпкою, обсяг якої складає 25% його номінальної місткості.

Експлуатаційна вага трактора «Слобожанец» ХТА-200-10а дорівнює сумі експлуатаційних ваг базового трактора та навантажувального устаткування.

$$G_n = G_T + G_{\text{устатк.}} \quad (2.4)$$

$$G_n = 86 + 21,5 = 107,5 \text{ кН}$$

Напірне зусилля трактор «Слобожанец» ХТА-200-10а, тобто стискальне зусилля базового трактора з урахуванням вати вантажувального устаткування на робочій передачі визначають по тяговій характеристиці умови роботи трактор «Слобожанец» ХТА-200-10а на горизонтальній площі.

Напірне зусилля по двигуну приблизно визначають по формулі.

$$T_n = \frac{70 \cdot N_{emax}}{v_p \cdot 6 \cdot (1 - \delta_p)} \cdot \eta_m - G_n \cdot 100 \cdot f \quad (2.5)$$

де N_{emax} – найбільша ефективна потужність двигуна, $N_{emax} = 130$ к.с.;

v_p – робоча швидкість впровадження, $v_p = 92$ км/год;

η_m – Коефіцієнт корисної дії трансмісії, $\eta_m = 0,75$;

f – коефіцієнт опору катання, при колісній ходовій частині $f = 0,03-0,04$;

δ_p – обчислюване обчислення, $\delta_p = 0,20$.

$$T_n = \frac{270 \cdot 130}{2,92 \cdot 3,6(1 - 0,20)} \cdot 0,75 - 107,5 \cdot 100 \cdot 0,04 = 10425 \text{ кг} = 104,3 \text{ кН}$$

Напірне зусилля по зчпній вазі

$$T_{cч} = G_n \cdot \phi \quad (2.6)$$

де ϕ – коефіцієнт зчплення рушія коліс трактора, $\phi = 0,6-0,7$.

$$T_{cч} = 107,5 \cdot 0,7 = 75,25 \text{ кН.}$$

2.2 Розрахунок швидкостей руху робочого обладнання та трактор

Перевищення зазначених значень швидкості веде до збільшення буксування, уповільненню процесу наповнення ковша, підвищеної стомлюваності водія і зниженню ефективності трактор «Слобожанец» ХТА-200-10а. При гідромеханічній трансмісії передатне відношення робочої передачі ви-

бирають так, щоб швидкість руху машини на режим гідромуфти складала 6,5-8,0 км/год, а при оптимальних режимах гідротрансформатора (у зоні найбільших значень ККД) 3,0-4,0 км/год.

Динамічний радіус пневматичних шин визначають по навантажувальній характеристиці чи по формулі:

$$r_k = \frac{2 \cdot d_{ш} + D_{ш}}{2} \cdot \varepsilon_{ш} \quad (2.7)$$

де $d_{ш}$ – ширина профілю шини, $d_{ш} = 0,61$ м;

$D_{ш}$ – діаметр обода шини, $D_{ш} = 0,52$ м;

$\varepsilon_{ш}$ – коефіцієнт деформації шини $\varepsilon_{ш} = 0,935$;

$$r_k = \frac{2 \cdot 0,61 + 0,52}{2} \cdot 0,935 = 0,9 \text{ м}$$

Визначають значення швидкості:

$$v_m = 0,377 \cdot \frac{n_{об} \cdot r_k \cdot (1 - \delta_p)}{i \cdot 3,6} \quad (2.8)$$

де $n_{об}$ – номінальна частота обертання вала двигуна, $n_{об} = 1700$ об/хв;

i – передавальне число трансмісії, $i = 1,57$;

r_k – динамічний радіус колеса, $r_k = 0,9$ м.

$$v_m = 0,377 \cdot \frac{1700 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,20)}{1,57 \cdot 3,6} = 0,77 \text{ м/сек}$$

Швидкість зворотного холостого ходу вибирають на 25-40% вище робочій швидкості руху.

$$v_x = 1,3 \cdot v_m \quad (2.9)$$

$$v_x = 1,3 \cdot 0,77 = 1 \text{ м/сек}$$

Швидкість повороту ковша – середні лінійні швидкості запрокидання ($v_{зк}$) і перекидання ($v_{ок}$) ковша визначають на ріжучій кромці ковша.

При сполученому процесі розробки матеріалу співвідношення швидкостей запрокидання і впровадження.

Швидкість запрокидання ковша:

$$v_{зк} = 0,277 \cdot k_v \cdot \gamma_v \cdot v_p \quad (2.10)$$

де k_v – коефіцієнт зниження робочої швидкості в процесі впровадження за рахунок падіння частоти обертання ваги двигуна внаслідок зменшення продуктивності гідронасоса, буксування і т.д., $k_v = 0,5$;

γ_v – коефіцієнт зміщення, $\gamma_v = 0,8-1,2$.

$$v_{зк} = 0,277 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,8 = 0,12 \text{ м/сек}$$

Уточнюємо швидкість за прокидання ковша:

$$\omega_{зк} = \frac{v_{зк}}{R_0} \quad (2.11)$$

де R_0 – радіус повороту ковша (найкоротша відстань між віссю шарніра повороту ковша і ріжучою кромкою), $R_0 = 1,20$ м.

$$\omega_{зк} = \frac{0,12}{1,20} = 0,1 \text{ рад/сек}$$

Якщо при наповненні ковша працює порожнина гідроциліндра повороту ковша, то швидкість перекидання робочого органа більше швидкості в 1,5-2,25 рази. При роботі штокової порожнини швидкість перекидання складе 0,47-0,77 швидкості запрокидання.

Швидкості підйому стріли ($v_{с}$) вибирають так, щоб підйом вантажу був завершений до моменту закінчення операції відходу трактор «Слобожанец» ХТА-200-10а на розвантаження:

$$v_{nc} = \frac{S_n}{S_d} \cdot v_x \quad (2.12)$$

де S_n – довжина шляху шарніра кріплення ковша при підйомі стріли,
 $S_n = 4$ м;

S_d – середня довжина шляху робочого ходу трактора «Слобожанець»
ХТА-200-10, $S_d = 35$ м;

v_x – швидкість зворотного холостого ходу трактора «Слобожанець»
ХТА-200-10, $v_x = 1$ м/сек.

$$v_{nc} = \frac{4}{35} \cdot 1 = 0,11 \text{ м/сек}$$

Швидкості опускання стріли визначають по швидкості підйому з та-
ким розрахунком, щоб у порожнині циліндра гідроциліндрів стріли не
утворювався вакуум.

$$v_{oc} = 1,25 \cdot v_{nc} \quad (2.13)$$

$$v_{oc} = 1,25 \cdot 0,11 = 0,14 \text{ м/сек}$$

2.3 Розрахунок зусиль на робочому обладнанні

Вглядаючи зусилля N_b зусилля, що розвивається гідроциліндрами
попереду і прикладене до різьбової праці основного колеса

величину віднобляного зусилля визначають по стійкості машини ві-
дносно передніх коліс

$$N_b = \frac{G_m \cdot x_T \cdot (0,3 \cdot b)}{l} \quad (2.14)$$

де x_T , b , l – плечі зусиль.

$x_T = 1,70$ м, $b = 0,8$ м, $l = 2,64$ м.

$$N_e = \frac{86 \cdot (1,7 - 0,3 \cdot 0,8)}{2,64} = 47,56 \text{ кД}$$

Піднімальне зусилля N_n зусилля на ріжучій крайці ковша, що розвивається гідроциліндрами стріли й обумовлене по стійкості машини. Приблизно його визначають по номінальній вантажопідйомності:

$$N_n = 2 \cdot Q_H \quad (2.15)$$

де Q_H – номінальна вантажопідйомність, $Q_H = 40 \text{ кН}$

$$N_n = 2 \cdot 40 = 80 \text{ кД}$$

Питоме напірне зусилля на крайці ковша:

$$T_{\max} = F_{sc} \quad (2.16)$$

де T_{\max} – найбільше питоме зусилля по довжину по зчпній вазі, $T_{\max} = 75,3 \text{ кН}$;

B_k – зовнішня ширина ріжучої крайці ковша:

$$B_k = B_0 + 0,1 \quad (2.17)$$

$$B_k = 2,50 + 0,1 = 2,6 \text{ м}$$

$$q_z = \frac{T_{\max}}{B_k} \quad (2.18)$$

$$q_z = \frac{75,3}{2,60} = 27,8 \text{ кН/м}$$

Питоме виглибляюче зусилля на шарнір ковша:

$$q_e = \frac{T_e}{B_k} \quad (2.19)$$

$$q_e = \frac{47,56}{2,7} = 17,62 \text{ Н/м}$$

2.4 Висіть та розрахунок геометричних параметрів ковша

Внутрішню ширину B_0 приймають на 50-100 мм більше величини сліду чи ширини базового фактора, або по формулі:

$$B_0 = B_k + b + 2\Delta \quad (2.20)$$

B_k – колія базового трактора $B_k = 1,90$ м;

b – розмір шин $b = 0,61$ м;

Δ – додатковий зазор (0,05-0,10 м).

$$B_0 = 1,90 + 0,61 + 2 \cdot 0,05 = 2,52 \text{ м}$$

Розрахунковий радіус повороту ковша – відстань між віссю шарніра і ріжучою крайкою (рис. 2.2) визначається по формулі:

$$R_0 = \sqrt{\frac{V_H}{B_0 \left[0,5\lambda_0 (\lambda_z + \lambda_k \cos \gamma_1) \sin \gamma_0 - \lambda_r^2 \left[\operatorname{ctg} \frac{\gamma_0}{2} - 0,5\pi \left(1 - \frac{\gamma_0}{180} \right) \right] \right]}} \quad (2.21)$$

де V_n – номінальна місткість ковша, $V_n = 2 \text{ м}^3$;

B_0 – внутрішня ширина ковша, $B_0 = 2,52 \text{ м}$;

λ_d – відносна довжина днища ковша, $\lambda_d = 1,4-1,5$;

λ_z – відносна довжина задньої стінки, $\lambda_z = 1,1-1,2$;

λ_k – відносна висота козирка, $\lambda_k = 0,12-0,14$;

λ_r – відносний радіус сполучення днища і задньої стінки, $\lambda_r = 0,35-0,40$;

γ_1 – кут між площиною козирка і продовженням площини задньої стінки, $\gamma_1 = 5-10^\circ$;

γ_0 – кут між задньою стінкою і днищем ковша, $\gamma_0 = 45-52^\circ$.

$$R_0 = \sqrt{\frac{2}{\left[2,52 \cdot 0,5 \cdot 1,45 \cdot (1,15 + 0,13 \cos 10) \sin 45 - 0,37^2 \cdot \left(\frac{50}{2} - 0,5 \cdot 3,14 \cdot \left(1 - \frac{50}{180} \right) \right) \right]}} = 1,2 \text{ м}$$

Довжина днища (відсередньої передньої крайки ковша до його перетинання з задньою стінкою),

$$l_d = \lambda_d \cdot R_0 \tag{2.22}$$

$$l_d = 1,45 \cdot 1,2 = 1,7 \text{ м}$$

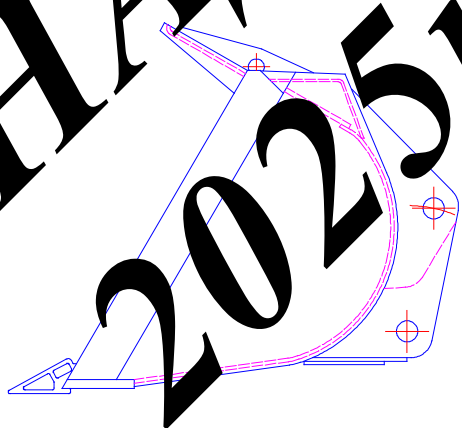


Рисунок 2.2 – Профіль ковша

Довжина задньої стінки (відстань від верхнього краю задньої стінки чи підстави козирка до перетинання з днищем ковша).

$$l_3 = \lambda_3 \cdot R_0 \quad (2.23)$$

$$l_3 = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ м}$$

Висота козирка:

$$l_k = \lambda_k \cdot R_0 \quad (2.24)$$

$$l_k = 0,12 \cdot 1,2 = 0,144 \text{ м}$$

Радіус сполучення:

$$r_0 = \lambda r \cdot R_0 \quad (2.25)$$

$$r_0 = 0,40 \cdot 1,2 = 0,47 \text{ м}$$

Висота шарнірного заплінення ковша до стріли:

$$h_u = 0,10 \cdot R_0 \quad (2.26)$$

$$h_u = 0,10 \cdot 1,2 = 0,12 \text{ м}$$

Кути ковша:

Кут розчилювання між днищем і задньою стінкою $\gamma_0 = 48-52^\circ$, кут нахилу ріжучих крайок бічних стінок відносно днища $\alpha = 50-60^\circ$; кут загострення ріжучих крайок бічних стінок, відносно днища $\alpha_0 = 50-60^\circ$; кут загострення ріжучих крайок $\delta_0 = 30-40^\circ$; кут між задньою стінкою і козирком $\gamma_1 = 5-10^\circ$.

При виборі кута γ_1 враховують, що між ріжучою крайкою бічної стінки, і козирком необхідно забезпечити кут 90° .

Приймаємо:

$$\alpha_0 = 55 \cdot \text{deg}$$

$$\delta_0 = 35 \cdot \text{deg}$$

РЕПОЗИТАРІЙ
КАФЕДРИ ЕВСБДМ
ХНАДУ,
2025р.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Розрахунок показників системи керованого робочим обладнанням

Розміри підйомної системи виражаються по показниках навантажувального устаткування та основного ковша, також обрано крапки підвіски з урахуванням компоновання базового трактора.

$$H_c = \lambda_{н.с} \cdot L \quad (3.1)$$

де $\lambda_{н.с}$ – відносна висота шарніра підвіски стріли, $\lambda_{н.с} = 1,2-2,0$ м.

$$H_c = 1,7 \cdot 1,2 = 2 \text{ м}$$

Кут нахилу радіуса ковша:

$$\varepsilon = \varepsilon_R + \frac{1}{\sin\left(\frac{h_u}{L}\right)} \quad (3.2)$$

де ε_R – найбільший кут розвантаження ковша, $\varepsilon_R = 50^\circ$.

$$\varepsilon = 50 + \frac{1}{\sin\left(\frac{0,12}{1,2}\right)} = 60$$

Довжина стріли.

$$l_c = \sqrt{(L - R_0 \cdot \cos(\varepsilon) + R_p)^2 + (H_p + R_0 \cdot \sin(\varepsilon) - H_c)^2} \quad (3.3)$$

де L – відстань від передніх виступаючих частин базового трактора до ріжучої крайки ковша, $L = 1,25$ м.

$$l_c = \sqrt{(1,25 - 1,20 \cdot \cos(60) + 1,25)^2 + (3 + 1,20 \cdot \sin(60) - 2)^2} = 2,80 \text{ м}$$

Кут повороту стріли φ_c звичайно складає 85-90°. Формальний виліт L , висота розвантаження H_p і кут розвантаження α повинні тримати за ДСТУ 12568-87.

Орієнтовно розміри елементів перехресних п'ядимових систем складають:

$$l_{uu} = 0,48 \cdot l_c \quad (3.4)$$

$$= 0,48 \cdot 2,80 = 1,34 \text{ м}$$

$$a_k = 0,12 \cdot l_c \quad (3.5)$$

$$= 0,12 \cdot 2,80 = 0,34 \text{ м}$$

$$b_k = 0,23 \cdot l_c \quad (3.6)$$

$$= 0,23 \cdot 2,80 = 0,64 \text{ м}$$

$$c_k = 0,29 \cdot l_c \quad (3.7)$$

$$= 0,29 \cdot 2,80 = 0,82 \text{ м}$$

$$d_k = 0,13 \cdot l_c \quad (3.8)$$

$$p_k = 0,13 \cdot 2,80 = 0,37 \text{ м}$$

Довжину тяги визначають графічно побудовою. Сектор руху стріли від нижнього до верхнього положення розбивають на п'ять рівних частин,

виділяють положення максимального вильоту й отримані два сектори поділяють навпіл. У нижнім положенні ківш установлюють під рекомендуємим кутом за прокидання ($\gamma = 42-46^\circ$), а у верхньому розвантажують під найбільшим кутом розвантаження ($\epsilon_R = 50^\circ$).

Приймаємо $\gamma = 45$ град

У положенні розвантаження між крапкою А та лінією В5Д5 з'являється визначена відстань. Величина цієї відстані:

$$\Delta_k = 0,125 \cdot R_0 \quad (3.9)$$

$$\Delta_k = 0,125 \cdot 1,20 = 0,15 \text{ м}$$

Кут ψ вибирають у межах $110-125^\circ$. Довжину поворотної тяги визначають у положенні розвантаження:

$$B5D5 = 2,2 \text{ м}$$

$$d_k = B5D5 - \Delta_k \quad (3.10)$$

$$d_k = 2,2 - 0,15 = 2,05 \text{ м}$$

3.2 Кінематичний розрахунок механізму у п'ятому ковша навантажувача

Розрахунок схеми механізму ковша приведена рис. 3.2. Для кінематичного розрахунку вибираємо праву систему координат Х0У. Початок координат вибираємо у вільній крапці 0.

Вісь 0Х направлено горизонтально від крапки 0 у бік робочого руху машини. Вісь 0У вертикально угору.

У цій системі координат завдаються координати нерухомих шарнірів: точка кріплення стріли до порталу – шарнір 1 ($X_1; Y_1$); точка кріплення гідроциліндру повороту ковша до порталу – шарнір 2 ($X_2; Y_2$).

Вибираємо рухоми систему координат $X^1_0 Y^1_0$. Початок координат 0^1 розміщуємо у шарнір 1. Вісь $0^1 X^1$ направлено від точки 1 і точки кріплення ковша. Вісь $0^1 Y^1$ направлено перпендикулярно до осі $0^1 X^1$ таким чином, щоб одержати праву систему координат.

У системі координат $X^1_0 Y^1_0$ завдаються точки кріплення гідроциліндра, підйому до стріли – шарнір 3 ($X^1_3; Y^1_3$); координата центру важеля механізму повороту – точка 4 ($X^1_4; Y^1_4$); точка кріплення важеля шарнір 5 ($X^1_5; Y^1_5$); точка кріплення ковша до стріли, шарнір 6 ($X^1_6; Y^1_6$).

Вибираємо рухоми систему координат $X^2_0 Y^2_0$ важеля повороту ковша. Початок координат 0^2 розміщуємо в точці кріплення важеля до стріли (шарнір 5).

Вісь $0^2 X^2$ направлено по верхньому плечу (відрізок 7.5). Від точки кріплення, ричала до гідроциліндру повороту і точки кріплення ричала до стріли (рис. 3.2). Вісь $0^2 Y^2$ направлено перпендикулярно до осі $0^2 X^2$ таким чином, щоб одержувалася права система координат (рис. 3.2).

У цій системі координат завдаються координати точки кріплення важеля до гідроциліндру повороту – шарнір 7 (X^2_7) та точки кріплення важеля до стріли – шарнір 8 ($X^2_8; Y^2_8$).

Вибираємо рухоми систему координат $X^3_0 Y^3_0$ ковша. Початок координат 0^3 розміщуємо у шарнір 6. Вісь $0^3 X^3$ направлено по лінії, яка з'єднує шарніри 9 кріплення тяги до ковша і шарнір 6 кріплення ковша до стріли. Позитивний напрям осі $0^3 X^3$ – від шарніру 9 до шарніру 6 (рис. 3.2). Вісь $0^3 Y^3$ направлено перпендикулярно до осі $0^3 X^3$ таким чином, щоб отримати праву систему координат.

Кут повороту φ рухомої системи координат $X^1_0 Y^1_0$

$$\varphi^1 = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad (3.11)$$

Координати точки стріли у початковій системі координат

$$X_i = X_i^1 \cos \varphi^1 - Y_i^1 \sin \varphi^1 + X_1 \quad (3.12)$$

$$Y_i = X_i^1 \sin \varphi^1 + Y_i^1 \cos \varphi^1 + Y_1 \quad (3.13)$$

де $X_{i1}; Y_{i1}$ – існуючі координати точки стріли (табл. 3-6),

$X_i^1; Y_i^1$ – координати цих крапок у початковій системі координат $X^1 O^1 Y^1$

Довжина гідроциліндра по відношенню до стріли:

$$L = \sqrt{(X_3 - X_0)^2 + (Y_3 - Y_0)^2} \quad (3.14)$$

Для визначення положень точки кріплення гідроциліндру повороту до важеля (шарнір 7) складемо систему рівнянь:

$$(X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 = (L_{2,7})^2 \quad (3.15)$$

$$(X - X_5)^2 + (Y - Y_5)^2 = (X_7^2)^2 \quad (3.16)$$

Вирішив систему, знайдемо координати точки перетинання кіл.

Виберемо пару координат, для яких координата по осі ординат більша. Це і є існуючі координати шарніру 7.

Кут повороту осей системи координат $X^2 O^2 Y^2$

$$\varphi^2 = \arctg \frac{Y_5 - Y_7}{X_5 - X_7} \quad (3.17)$$

Координати точки приєднання важеля повороту до тяги (шарнір 8)

$$X_8 = X_8^2 \cdot \cos \varphi^2 - Y_8^2 \cdot \sin \varphi^2 + X_5 \quad (3.18)$$

$$Y_8 = X_8^2 \cdot \sin \varphi^2 + Y_8^2 \cdot \cos \varphi^2 + Y_5 \quad (3.19)$$

Для визначення положення точки кріплення тяги до важеля (шарнір 9) складемо систему рівнянь, аналогічну формулам

$$(x - X_8)^2 + (y - Y_8)^2 = (L_{89})^2 \quad (3.20)$$

$$(x - X_6)^2 + (y - Y_6)^2 = (L_{69})^2 \quad (3.21)$$

Вирішив систему, знайдемо координати точок перетинання кіл. Виберемо пару координат, для якої координати по осі ординат більші. Це і є існуючі координати шарніру 9.

Кут повороту осей системи координат $X^3O^3Y^3$

$$\varphi^3 = \arctg \frac{Y_6 - Y_8}{X_8 - X_6} \quad (3.22)$$

Координати точок застосування сили Р (точка 10):

$$X_{10} = X_{10}^3 \cdot \cos \varphi^3 - Y_{10}^3 \cdot \sin \varphi^3 + X_6 \quad (3.23)$$

$$Y_{10} = X_{10}^3 \cdot \sin \varphi^3 + Y_{10}^3 \cdot \cos \varphi^3 + Y_6 \quad (3.24)$$

Знаючи координати точок механізму у даному положенні легко знайти усі допоміжні величини для силового розрахунку.

Кут нахилу гідроциліндру підйому до горизонту:

$$L_3 = \arctg \frac{Y_3 - Y_0}{X_3 - X_0} \quad (3.25)$$

Кут нахилу гідроциліндру повороту до горизонту

$$L_2 = 2\pi - \arctg \frac{(Y_7 - Y_2)}{(X_7 - X_2)} \quad (3.26)$$

Кут нахилу тяги до горизонту:

$$L_1 = \varphi^3 - \arctg \frac{(Y_9 - Y_8)}{(X_9 - X_8)} \quad (3.27)$$

Кут нахилу кромки ковша до горизонту:

$$C = \pi - \varphi^3 - \beta \quad (3.28)$$

Плече гідроциліндру підйому:

$$L_1 = -X_1 \cdot \sin_3 + Y_1 \cos_3 \quad (3.29)$$

Плече тяги:

$$L_2 = (X_9) \sin_1 \quad (3.30)$$

При вищевведених теоретичних залежностях розроблена програма кінематичного аналізу навантаження.

Умовні позначки, прийняті при кінематичному розрахунку.

α - кут повороту стріли, °;

L - довжина гідроциліндру підйому, мм;

ϵ - кут нахилу кромки ковша до горизонту (кут розгрузки), °.

L_1 - плече зусилля, яке діє у гідро циліндрі підйому відносно осі повороту стріли, мм;

L_2 – зусилля, яке діє в тязі відносно осі повороту ковша, мм

Розрахунок виконано за допомогою пакету Microsoft Excel, результати якого наведені у таблицях 3.1 та 3.2.

Кінематичний аналіз механізму в підйому навантажувачів (ківш запрокинутий).

існуючі дані:

кут нахилу кромки ковша $\beta = 102^\circ 10'$

координати шарнірів, мм

$x_0 = 0.0$ $y_0 = 710$ $x_1 = 0.0$ $y_1 = 0.0$

$x_2 = 290$ $y_2 = 1920$ $x_3 = 450$ $y_3 = 1300$

$x_4 = 0.0$ $y_4 = 0.0$ $x_5 = 130$ $y_5 = 1300$

$x_6 = 1900$ $y_6 = 1000$ $x_7 = 1900$ $y_7 = 1870$

$x_8 = 910$ $y_8 = 540$ $x_9 = 660$ $y_9 = 450$

$x_{10} = 140$ $y_{10} = 1590$

довжина гідроциліндра повороту ковша $L_{27} = 536.0$ мм

довжина тяги $L_{89} = 743.00$ мм

кут повороту стріли:

$\alpha_1 = 40^\circ 05'$ $\alpha_2 = 50^\circ 00'$ $\alpha_3 = 58^\circ 05'$ $\alpha_4 = 70^\circ 00'$

$\alpha_5 = 90^\circ 00'$ $\alpha_6 = 90^\circ 00'$ $\alpha_7 = 100^\circ 00'$ $\alpha_8 = 120^\circ 00'$

$\alpha_9 = 120^\circ 00'$ $\alpha_{10} = 120^\circ 40'$

Результати розрахунку наведені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

α , град	L, мм	e, град	L ₁ , мм	L ₂ , мм
46°05 ¹	1125,0	42°52 ¹	556,9	132,1
50°00 ¹	1163,4	45°51 ¹	568,4	140,5
58°00 ¹	1242,7	49°53 ¹	570,3	174,8
70°00 ¹	1361,2	53°11 ¹	558,1	242,2
80°00 ¹	1456,7	55°04 ¹	533,6	293,7
90°00 ¹	1546,9	56°29 ¹	498,6	331,2
100°00 ¹	1630,2	57°39 ¹	455,3	354,9
110°00 ¹	1715,3	58°36 ¹	404,4	362,1
120°00 ¹	1771,1	59°20 ¹	348,1	356,3
131°43 ¹	1815,0	59°51 ¹	276,6	337,2

Кінематичний аналіз механізму підйому навантажувача (ківш у положенні розвантаження).

Кут нахилу кромки ковша $\alpha = 10^\circ 40'$

координати шарнірів, мм

$x_0 = 0.0$ $y_0 = 710$ $x_1 = 0.0$ $y_1 = 0.0$ $x_2 = 290$ $y_2 = 1920$

$x_3^1 = 450$ $y_3^1 = 1600$ $x_4^1 = 0.0$ $y_4^1 = 0.0$ $x_5^1 = 1430$ $y_5^1 = 1300$

$x_6^1 = 1930$ $y_6^1 = 1000$ $x_7^2 = 1930$ $y_7^2 = 1870$

$x_8^2 = 930$ $y_8^2 = 540$ $x_9^3 = 1600$ $y_9^3 = 450$ $x_{10}^3 = 1440$ $y_{10}^3 = 1590$

довжина гідроциліндра повороту ковша $L_{27} = 1036,6$ мм

довжина тяги $L_8 = 71000$ мм

кут повороту стріли

$\alpha_1 = 46^\circ 05'$ $\alpha_2 = 50^\circ 00'$ $\alpha_3 = 58^\circ 00'$ $\alpha_4 = 70^\circ 00'$ $\alpha_5 = 80^\circ 00'$

$\alpha_6 = 90^\circ 00'$ $\alpha_7 = 100^\circ 00'$ $\alpha_8 = 110^\circ 00'$ $\alpha_9 = 120^\circ 00'$ $\alpha_{10} = 131^\circ 40'$

Результати розрахунку наведені у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків

α , град	L, мм	e , град	L_1 , мм	L_2 , мм
$46^{\circ}05^1$	1125,0	$-56^{\circ}41^1$	556,9	56,8
$50^{\circ}00^1$	1163,4	$-53^{\circ}43^1$	564,0	254,3
$58^{\circ}00^1$	1242,7	$-49^{\circ}00^1$	570,0	245,3
$70^{\circ}00^1$	1361,2	$-45^{\circ}23^1$	558,1	223,0
$80^{\circ}00^1$	1456,7	$-45^{\circ}32^1$	533,6	197,0
$90^{\circ}00^1$	1546,9	$-48^{\circ}24^1$	498,6	166,1
$100^{\circ}00^1$	1630,2	$-51^{\circ}14^1$	455,0	134,2
$110^{\circ}00^1$	1707,3	$-57^{\circ}58^1$	407,4	108,0
$120^{\circ}00^1$	1771,1	$-58^{\circ}46^1$	348,2	98,6
$131^{\circ}43^1$	1837,0	$-51^{\circ}08^1$	277,6	117,8

$131^{\circ}43^1$ $\alpha = 131^{\circ}40^1$ $e = 51^{\circ}08^1$ $\phi = 0^{\circ}00^150^{11}$

$L_2 = 1242,7$ 50° $\alpha = 50^{\circ}00^1$ $e = 53^{\circ}43^1$ $\phi = 250^{\circ}10^1$

$L_{27} = 1344,4$ $46^{\circ}5^1$ $\alpha = 46^{\circ}05^1$ $e = 56^{\circ}41^1$ $\phi = 247^{\circ}00^1$

РЕШО
КАФЕДРА
ХНАДУ,
2025р.

3.3 Розрахунок системи керування робочим обладнанням

3.3.1 Показники гідроприводу

Тиск запобіжного клапана p_k найбільший тиск у гідросистемі, що обмежується запобіжним клапаном, вибирається з урахуванням забезпечення заданої довговічності гідроустаткування.

Зусилля на штоках виконавчих гідроциліндрів визначається у сталому режимі роботи з величин найбільшого виглиблюючого зусилля N_b для гідроциліндрів ковша і піднявального зусилля N_d для гідроциліндрів стріли, прикладених на крайці ковша, що ріже, у положенні впровадження.

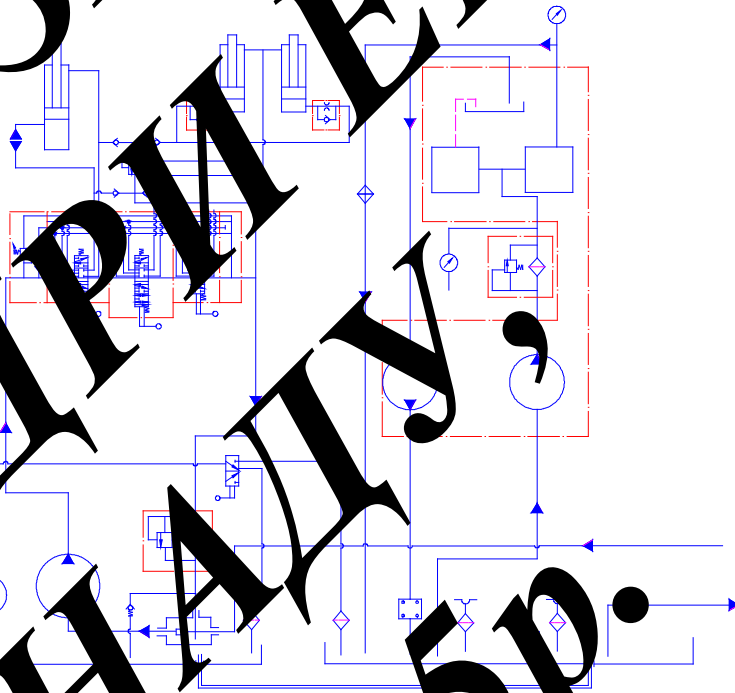


Рисунок 3.1 – Схем гідроприводу

Миттєві передаточні числа механізму обчислюють для положення ковша, відповідного впровадженню в матеріал:

$$l_6 = 1,146 \text{ м}; \quad l_8 = 0,82 \text{ м}; \quad l_7 = 0,38 \text{ м}; \quad l_9 = 0,63 \text{ м}; \quad l_{11} = 0,34 \text{ м};$$

$$l_5 = 0,09 \text{ м}; \quad l_4 = 1,35 \text{ м}; \quad l_3 = 3,58 \text{ м}; \quad n_n = 2; \quad k_1 = 1,25$$

Знаходимо миттєві передаточні числа:

$$i_n = \frac{l_6 \cdot l_8}{l_7 \cdot l_9} \quad (3.31)$$

$$i_n = \frac{1,11 \cdot 0,82}{0,18 \cdot 0,2} = 3,93$$

$$i_k = \frac{l_{11} \cdot l_8}{l_7 \cdot l_9} \quad (3.32)$$

$$i_k = \frac{0,14 \cdot 0,82}{0,3 \cdot 0,63} = 1,16$$

Маса ковша:

$$G_{ck} = 0,2 \cdot G_n \quad (3.33)$$

де G_n = маса навантажувача, $G_n = 86$ кН.

$$G_{ck} = 0,2 \cdot 86 = 17,2 \text{ кН}$$

$$G_k = 0,35 \cdot G_{ck} \quad (3.34)$$

$$G_k = 0,35 \cdot 17,2 = 6,2 \text{ кН}$$

Зусилля на шпоку одного гідроциліндра ковша:

$$S_k = \frac{G_n \cdot i_n + G_k \cdot i_k \cdot k_1}{n_n} \quad (3.35)$$

$$S_k = \frac{47,56 \cdot 3,93 + 6,2 \cdot 1,16}{2} \cdot 1,25 = 141,4 \text{ кН}$$

де G_k – сила тяжіння ковша;

n_n – число гідроциліндрів повороту ковша, $n_n = 2$;

i_n та i_k – миттєві передаточні числа механізму навантажувально-

устаткування;

k_1 – коефіцієнт запасу, що враховує втрати в гідроциліндрах і парні-рах ($k_1=1,25$).

l_i – плечі додатка сил у навантажених елементах механізму.

Зусилля на штоках гідроциліндрів стріли визначають по піднімальному зусиллю з урахуванням кінематики підіймальної системи і приводу. Величину піднімального зусилля для розрахунку гідроциліндрів стріли обчислюють з умов втрати стійкості, так само як і виглиблююче зусилля стріли без опорних лій.

Відомо кінематичною схемою механізму з перехресною системою зусилля в одному гідроциліндрі, сили визначають по формулі:

$$S^1_k = \frac{N_k \cdot l_n \cdot i_k}{n_n}, \quad (3.36)$$

$$S^1_k = \frac{47,56 \cdot 3,93 + 6,2 \cdot 1,16}{2} = 113,2 \text{ кН}$$

$$= \frac{G_p \cdot l_3 + G_p \cdot g \cdot l_{10}}{l_4 \cdot n_c} \cdot k_2 \quad (3.37)$$

де G_p – вага навантажу в момент устаткування, $G_p = 17,2$ кН;

S_k – зусилля циліндра ковша, $S_k = 113,2$ кН;

k_2 – коефіцієнт запасу, $k_2 = 1,25$;

n_c – число гідроциліндрів повороту стріли, $n_c = 2$;

l_i – плечі сил.

$$S_c = \frac{47,56 \cdot 3,58 + 17,2 \cdot 9,81 \cdot 1,39 - 113,2 \cdot 0,09 \cdot 2}{1,35 \cdot 2} \cdot 1,25 = 192,29 \text{ кН}$$

За отриманим значенням зусиль на штоках гідроциліндрів ковша (S_k) і стріли (S_c) і тиску попереджувального p_k клапана підраховують їх діаметр.

Швидкість руху поршнів гідроциліндрів ковша і стріли визначають виходячі з необхідних швидкостей руху ковша і стріли. Середню швидкість руху поршнів гідроциліндрів ковша обчислюють для положення вираження по формулі:

$$v_k = \frac{0,277 \cdot k_v \cdot \gamma_v \cdot v_p}{i_n} \quad (3.38)$$

де i_n – інтентивне передаточне число від ріжучій крайки ковша до циліндрів повзоту.

k_v – коеф-т зниження робочої швидкості, $K_v = 0,5$;

γ_v – коеф-т суміщення $\gamma_v = 1,1$.

$$v_k = \frac{0,277 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,8}{3} = 0,03 \text{ м/сек}$$

Середню швидкість руху поршня поршнів гідроциліндрів стріли визначають по формулі:

$$v_c = 57,3 \cdot v_k \cdot \frac{S_u}{l_c \cdot \phi_c} \quad (3.39)$$

де S_u – хід поршня гідроциліндра стріли, $S_u = 0,6$ м;

l_c – довжина стріли, $l_c = 2,8$ м;

ϕ_c – кут повороту стріли, $\phi_c = 85^\circ$.

$$v_c = 57,3 \cdot 0,03 \cdot \frac{0,6}{2,80 \cdot 85} = 0,02 \text{ м/сек}$$

6.2 Розрахунок діаметрів гідроциліндрів

Розрахунок діаметрів гідроциліндрів підйому стріли

$$D_{uc} = \sqrt{\frac{4S_c \cdot 10^3}{\pi \cdot p \cdot \eta \cdot (1 - 0,5^2)}} \quad (3.40)$$

де η - ККД, що враховує гідравлічні та механічні втрати, $\eta = 0,85$;

p – робочий тиск, $p = 16 \cdot 10^6$ Па;

S_c – зусилля гідроциліндру стріли, $S_c = 192,13$ кН.

$$D_{uc} = \sqrt{\frac{4 \cdot 192,13 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot 0,85 \cdot (1 - 0,5^2)}} = 0,15 \text{ м}$$

Приймаємо найближче стандартне: $D_{uc} = 0,160$ м.

Розрахунковий діаметр циліндра можна визначити по формулі:

$$d_{uc} = D_{uc} \cdot \varepsilon \quad (3.31)$$

$\varepsilon = 0,5$

$$d_{uc} = 0,160 \cdot 0,5 = 0,08 \text{ м}$$

Приймаємо найближче стандартне: $d_{uc} = 0,1$ м.

Розрахунок діаметрів гідроциліндрів повороту ковша:

$$D_{uc} = \sqrt{\frac{4S_k \cdot 10^3}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.32)$$

де S_k – зусилля циліндра ковша, $S_k = 141,4$ кН.

$$D_{uc} = \sqrt{\frac{4 \cdot 141,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,11 \text{ м}$$

Приймаємо найближче стандартне: $D_{uc} = 0,110$ м.

Розрахунковий діаметр штока можна визначити по формулі:

$$d_{шк} = D_{цк} \cdot \varepsilon \quad (3.43)$$

$$d_{шк} = 0,110 \cdot 0,55 = 0,06 \text{ м}$$

Приймаємо найближче стандартне: $d_{шк} = 0,07 \text{ м}$.

Подача насоса:

$$Q_n = \frac{\pi \cdot D_{цк}^2 \cdot v_c \cdot n}{4 \cdot 0,95} \quad (3.44)$$

$$Q_n = \frac{3,14 \cdot 0,16^2 \cdot 0,2 \cdot 2}{4 \cdot 0,95} = 0,0007 \text{ м}^3/\text{с}$$

РЕШОЗВИТАРІЙ
КАФЕДРИ ЕВСБДМ
ХНАДУ,
2025р.

3.4 Вибір розрахункових положень та розрахункових на міцність елементів робочого обладнання

3.4.1 Зовнішні зусилля та основні розрахункові сили

Розрахунковим положенням вважають впровадження в штабелі з кутом установи днища ковша 5° стосовно горизонтальної поверхні.

1 розрахункове положення. Ківці раптово упирається в перешкоду в зоні кріплення стріли навантажувача при русі по горизонтальній поверхні; циліндри знаходяться в заданому положенні.

Діюче на ківці навантажувача горизонтальне зусилля визначається залежністю:

$$R_{гг} = T_{ст} - W_1 + v \sqrt{Cm_{np}} \quad (3.45)$$

де $T_{ст}$ – стискальне зусилля навантажувача при зчепленню, $T_{ст} = 72,25$ кН;

W_1 – сила пересування навантажувача;

v – робоча швидкість;

C – приведена жорсткість металоконструкції навантажувача і перешкоди, подоланого робочим органом;

m_{np} – приведена маса навантажувача;

під пересуванням:

$$W_1 = G_n \cdot f \quad (3.46)$$

Де f – коефіцієнт опору пересуванню, $f = 0,08$.

$$W_1 = 107,5 \cdot 0,08 = 8,6 \text{ кН}$$

Робоча швидкість:

$$v = v_m \cdot (1 - \delta_p) \quad (3.47)$$

де δ_p – розрахункове буксування, $\delta_p = 0,20$;

V_T – розрахункове значення швидкості, $V_T = 0,77$ м/сек

$$v = 0,77 \cdot (1 - 0,20) = 0,62 \text{ м/сек}$$

Розрахуємо приведену жорсткість $C_{пр}$:

$$C_{пр} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (3.48)$$

де C_1 - жорсткість навантажувального устаткування

C_2 - жорсткість перешкоди, $C_2 = 10500$ кН/м.

Жорсткість навантажувального устаткування C_1 :

$$C_1 = k \cdot G_n \quad (3.49)$$

де k – коефіцієнт жорсткості, $k = 0,1$;

G_n – маса навантажувача, $G_n = 107,5$ кН.

$$C_1 = 0,1 \cdot 107,5 = 10,75 \text{ кН/см}$$

$$C_1 = 1075 \text{ кН/м}$$

$$C_{пр} = \frac{10,75 \cdot 10500}{10,75 + 10500} = 975 \text{ кН/м}$$

Приведена маса $m_{пр}$:

$$m_{пр} = 1,1 \cdot G_n \quad (3.50)$$

$$m_{пр} = 1,1 \cdot 107,5 = 118,25 \text{ кН}$$

Горизонтальне зусилля:

$$R_{x1} = 72,25 - 8,6 + 0,76 \cdot \sqrt{850,1 \cdot 118,5} = 132,68 \text{ кН}$$

2 розрахункове положення. Навантажувач вивішується на середній точці ковша при впровадженні ковша в масу матеріалу одночасному русі вперед по горизонтальній поверхні. Циліндри повороту ковша розвивають зусилля, достатнє для нахилу машини відносно точки А.

Вертикальна сила знаходиться з умови ввішування машини відносно передньої точки опори.

$$B = 2,3 \text{ м}; \quad a = 0,98 \text{ м}; \quad l = 2,7 \text{ м}$$

$$\Sigma M_A = 0 \quad R_Y \cdot l + G_0 \cdot a - G_T \cdot l = 0 \quad (3.51)$$

$$R_{Y2} = \frac{G_m \cdot b - G_0 \cdot a}{l} \quad (3.52)$$

де G_T – сила ваги базової машини, $G_T = 86 \text{ кН}$;

G_0 – сила ваги робочого устаткування, $G_0 = 21,5 \text{ кН}$;

a, b, l, L – відстані показані на рис.3.1

$$R_{Y2} = \frac{86 \cdot 2,3 - 21,5 \cdot 0,98}{2,7} = 65,46 \text{ кН}$$

Горизонтальна сила встановлюється по зчепленню з урахуванням дії сили R_{Y2}

$$R_{x2} = (G_n + R_{Y2}) \cdot \phi \quad (3.53)$$

$$R_{x2} = (107,5 + 65,46) \cdot 0,7 = 121,07 \text{ кН}$$

3 розрахункове положення. Навантажувач вивішується на середній точці ковша при виглибленні ковша й одночасному русі вперед по горизонтальній поверхні. Циліндри стріли розвивають зусилля, достатнє для нахилу машини відносно точки Б.

Вертикальна сила знаходиться з умови вивішування платини відносно задньої точки опори.

$$\Sigma M_B = 0 \quad R_Y \cdot (l+L) + G_0 \cdot (l+a) - G_T \cdot (l-b) = 0 \quad (3.54)$$

$$R_{Y3} = \frac{-G_T \cdot (l-b) - G_0 \cdot (l+a)}{l+L} \quad (3.55)$$

$$R_{Y3} = \frac{-107,5 \cdot (2,81 - 2,3) - 21,5 \cdot (2,7 + 0,8)}{2,8 + 2,7} = 2,83 \text{ кН.}$$

$$R_{X3} = (G_{II} - R_{Y3}) \cdot \phi \quad (3.56)$$

$$R_{X3} = (107,5 - 2,83) \cdot 0,27 = 28,87 \text{ кН}$$

3.2 Розрахунок на міцність в робочого устаткування

Розглядаючи розрахункові положення, ми установили, що найбільш важкий режим навантаження в першому розрахунковому положенні.

Небезпечний переріз 1-стрілка 1 у місця кріплення елементів гідроциліндра повороту ковша 2, (точка С). Цей перетин є небезпечним у наслідок того, що гідроциліндр робочого устаткування загерти (рис.3.2).

Згинальний момент визначається по діючим зусиллях, знайденим для розрахункового положення 1.

$$M = R_{X1} \cdot \cos 35 \quad (3.57)$$

де R_{X1} – горизонтальне зусилля, $R_{X1} = 132,68$ кН.

$$N = 132,68 \cdot \cos 35 = 108,69 \text{ кН}$$

$$M_{32} = N \cdot a \quad (3.58)$$

де a – плече від точки кріплення кота до точки С, $a = 1,58 \text{ м}$

$$M_{32} = 108,69 \cdot 1,588 = 172,38 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Визначимо момент опору:

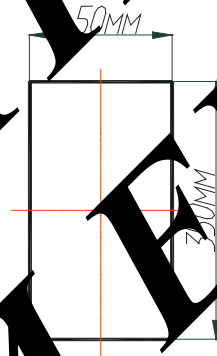


Рисунок 3.3

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (3.1)$$

де b – ширина прямокутника, $b = 0,05 \text{ м}$;

h – висота прямокутника, $h = 0,35 \text{ м}$.

$$W = \frac{0,05 \cdot 0,35^2}{6} = 0,001 \text{ м}^3$$

Згинальні напруження діюче в неоспеченому перерізі знаходять відповідно до вираження:

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} \quad (3.59)$$

$$\sigma_{зг} = \frac{157,6}{0,001} = 1,70 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$$

$$\text{або } \sigma_{зг} = 170,0 \text{ МПа.}$$

Стискаюче напруження:

$$\sigma_{сж} = \frac{T}{S} \quad (3.60)$$

де T – стискальне зусилля;

S – площа перетину.

$$T = R_{X1} \cdot \sin \alpha \quad (3.61)$$

$$T = 132,68 \cdot \sin 30^\circ = 69,58 \text{ Н}$$

$$S = b \cdot h \quad (3.62)$$

$$S = 0,05 \cdot 0,35 = 0,0175 \text{ м}^2$$

$$\sigma_{сж} = \frac{69,58}{0,0175} = 3975,71 \text{ Н/м}^2$$

$$\text{або } \sigma_{сж} = 3,98 \text{ МПа.}$$

Сумарні напруги в місцях зчеплення в перетині 1-1:

$$\sigma_{сум} = \sigma_{зг} + \sigma_{сж} \quad (3.63)$$

$$\sigma_{сум} = 170,00 + 3,98 = 173,98 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{сум} < [\sigma_{доп}]$$

Таблиця 3.1 - Характеристика матеріалу робочого устаткування

Параметри	Позначення і значення параметрів
Марка сталі	12ХСНД
Тимчасовий опір, МПа	$\sigma_{вр} = 600$
Границя текучості,	$\sigma_T = 400$
Границя витривалості, МПа	$\sigma_1 = 2 \cdot 10^6$
Допускаємо напруга на розтягання, МПа	$\sigma_{доп} = 400$

3.3 Розрахунок товщини стінки гідроциліндра

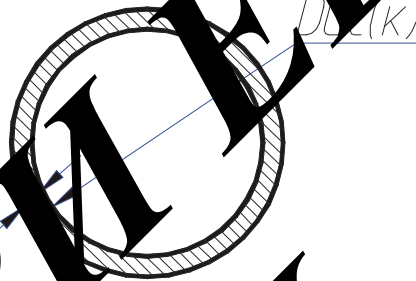


Рис. 3.4 – Перетин стінки гідроциліндра

Марка сталі 12ХСНД: $\sigma_{доп} = 400$ МПа

Товщина стінки гідроциліндра по формулі стріли:

$$s = \frac{D_{цс} \cdot p \cdot K_3}{\sigma_{доп} \cdot 10^6} \quad (3.64)$$

де $D_{цс}$ – діаметр циліндра стріли, $D_{цс} = 0,160$ м;

p – робочий тиск, $p = 1 \cdot 10^6$ Па;

K_3 - коефіцієнт запасу, $K_3 = 3$;

$\sigma_{доп}$ – допускаєма напруга, $\sigma_{доп} = 400$ МПа.

$$\delta_c = \frac{0,160 \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot 3}{400 \cdot 10^6 \cdot 2} = 0,009 \text{ м}$$

$$\delta_k = \frac{D_{цк} \cdot p \cdot K_3}{\sigma_{дон} \cdot 10^6 \cdot 2}$$

де $D_{цк}$ – діаметр циліндра ковша, $D_{цк} = 110$ м

$$\delta_k = \frac{0,110 \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot 3}{400 \cdot 10^6 \cdot 2} = 0,007 \text{ м.}$$

РЕПОЗИТАРІЙ
КАФЕДРИ ЕВСБДМ
ХНАДУ,
2025р.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Виробнича санітарія

На оператора при його роботі вплив казує:

- температура навколишнього середовища,
- шум,
- вібрація,
- освітлення.

Сильний шум шкідливо діє на здоров'я і працездатність людей. Людина, працюючи при шумі, звикає до нього, але тривала дія сильного шуму викликає загальне стомлення, може привести до погіршення слуху, а іноді і до глухоти, порушується процес травлення, відбуваються зміни внутрішніх органів. Сильний шум періодично викликає у людей головні болі, запаморочення, відчуття страху, дратівливість, прискорює процес старіння, ослабляє увагу і уповільнює психічні реакції. З цих причин сильний шум на робочому місці може сприяти виникненню травматизму.

Інтенсивний шум викликає зміни в серцево-судинній діяльності людини, з'являється аритмія, іноді змінюється артеріальний тиск, що ослабляє організм. Такий вплив шуму викликає небажану реакцію всього організму людини. Патологічні зміни, що виникають під впливом шуму, розглядають як шумову хворобу.

Вібрація також несприятливо впливає на організм людини.

Розрізняють загальну і локальну вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму. Локальна вібрація викликає струс окремих частин тіла.

Систематична дія загальних вібрацій, що характеризуються високим рівнем віброшвидкості, може бути причиною виникнення вібраційної хвороби - порушень фізіологічних функцій організму, обумовлених переважно дією вібрацій на

центральну нервову систему. Ці порушення виявляються у вигляді головних бо-лів, запаморочення, поганого сну, зниженої працездатності, поганого самопочу-тя, порушень діяльності серця.

Вібрація може не викликати хворобливих відчужень, але перешкоджає виконання роботи.

Локальна вібрація викликає спазми судин, які починаються в пальцях рук і розповсюджуються на всю кисть, передпліччя, захоплюють судини серця. Внаслідок цього відбувається порушення постачання кінцівок кров'ю.

Успішне лікування вібраційної хвороби можливе тільки на ранній стадії його розвитку. Важкі форми вібраційної хвороби ведуть до часткової або повної втрати працездатності.

4.2 Технічна безпека

Працювати слід тільки на спеціальному тракторі «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10, заправленому паливом, мащувальними матеріалами, робочою і охолоджуючою рідиною.

Необхідно попереджати порушення герметичності паливних і масляних систем і попадання масла і палива на розжарену поверхню випускних трубопроводів дизеля. Не допускайте підтікання палива і робочої рідини в з'єднаннях труб і шлангів.

Після заправки паливом робочою рідиною виділяється рідина, що випадково розлилася.

Перед початком роботи переконайтеся в надійному кріпленні вузлів і деталей машини, після цього на неодружену люду перевірте справність механізмів трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10.

При роботі трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 повинен стояти на рівному місці. Під час роботи трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 місце за-

бою не можна планувати бульдозером або іншими засобами. Вирівнювання можна проводити після зупинки трактора, опускання ковша на землю і лише з ініціативою машиніста трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10.

При роботі трактора всі операції повинні виконуватися плавно, різке включення механізмів і їх гальмування не допускаються.

При копанні нижче рівня стоянки не слід копати підпорним контуром трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10, оскільки ґрунт може обрушитися разом з трактором.

При виявленні в зоні каваля, трубопроводів або інших підземних комунікацій робота має бути негайно припинена, при необхідності продовження земляних робіт в зоні підземних комунікаційні споруди проводити у присутності представника відповідної організації.

Для забезпечення безпечної роботи трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 в кожному випадку необхідно враховувати стан ґрунту (кут природного укосу, в'язкість і інше) і вибирати глибину і мінімальний радіус копання, виходячи з цих умов.

При пересуванні трактора з об'єктом в початкове для роботи положення небезпечно знаходитися під грейфером.

Не можна запускати грейфер, не встановлений на об'єкт роботи.

Протягом всього часу роботи грейфер його робочий орган має бути пригнурженим.

Забороняється при роботі трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 з грейферним обладнанням присутність людей поблизу трактора в радіусі до 5 м.

У разі зупинки в нахилі або підйомі необхідно приймати заходи, що виключають мимовільний рух трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 (опустити грейферний ківш, при необхідності підсунути підкласти упори-черевики).

Проїзд трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 під лініями високовольтних електропередач допускається в тому випадку, якщо відстань по вертикалі

між верхньою точкою трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 і найближчим до неї дротом лінії електропередачі, що діє, складає: при напрузі лінії електропередачі до 1 кВ - 1 м; при 1—20 кВ — 2; при 35—100 кВ — 3 м; при 154—220 кВ — 4 м; при 330 кВ — 5 м і при 500 кВ — 6 м.

Випуск робочої рідини з системи через з'єднання трубопроводів і через інші елементи гідроприводу, не призначені для цього, не допускається.

Робота гідроприводу при стаій температурі робочої рідини, що перевищує значення, встановлені інструкцією з експлуатації не допускається.

Робота гідроприводу в режимах з параметрами, що перевищують значення, встановлені інструкцією з експлуатації, не допускається.

Запобіжні клапани гідравлічного приводу для регулювання мають бути опломбовані. Відомості про пломбування слід занести у формуляр на трактор.

Виробництво і експлуатація гідравлічного приводу і пристроїв повинні проводитися при строгому дотриманні заходів протипожежної безпеки.

На місці виробництва робіт має бути похідна аптечка з необхідними медикаментами.

При роботі в нічний час робоча зона і сам трактор «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 мають бути добре освітлені.

Необхідні для роботи інвентар і інструмент повинні знаходитися в інструментальному ящику. Сокиру і долота, лопату можна зберігати в інструментальному ящику.

При технічному обслуговуванні і ремонті трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 на будці управління укріплюють табличку з написом: „Двигун не пускати — працюють люди“.

Обслуговування акумуляторних батарей повинне обов'язково проводитися в рукавичках і у відповідному спецодязі.

Щоб уникнути короткого замикання не допускайте одночасного дотику металевим інструментом до різнополярних виводів акумулятора.

Демонтаж елементів гідравлічного приводу, що навантажуються під тиском, забороняється. Не рекомендується підтягати болти, гайки та інші з'єднання під час роботи гідравлічного приводу.

Трубопроводи можна зварювати тільки після ретельного видалення масла. Місце зварки необхідно обпалити паливом. Оброблення дефектного місця (тріщин, пір) проводиться на всю глибину механічною обробкою. Кінці тріщин засверлюються. Оброблення дефектних місць — V-образною. Зварка ведеться електродами типу Е-50а.

Виправлення одної тріщини місця допускається не більше двох разів. При подальшій появі дефектів трубу або ділянку труби необхідно замінити.

Пам'ятаєте, що при виробуванні, пробному пуску і роботі гідроприводу небезпечно знаходитися біля трубопроводів при високим тиском.

Машинист, на якому вмонтовують або демонтують трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10, має бути звільнена від сторонніх предметів і вирівняна.

Підйомні засоби і пристосування, вживані при розбиранні і збірці трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10, слід заздалегідь оглянути і випробувати. Талі і дричарти для підтягання і підйому частин потрібно міцно встановлювати і закріплювати.

При огляді підйомних ланцюгів і стропів особливо ретельно слід перевіряти місця з'єднання ланцюгів, а у сталевих канатів — місця прошення і кріплення їх. Канати замінюють новим, якщо виявлений знос або обрив ланки вище за норму.

При підйомі і опусканні грейферного обладнання трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 роботи повинні знаходитися на безпечній відстані. При цьому ніякі переміщення вантажу у ручному горизонталі не проводити.

Не допускається:

-включати механізм і починати роботу без подачі звукового сигналу і не переконавшись у відсутності на тракторі «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10і і поблизу нього в радіусі 12 м сторонніх осіб і обслуговуючого персоналу;

- проводити технічне обслуговування і ремонт механізмів трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 і грейферного обладнання при працюючому двигуні (за винятком перевірки роботи двигуна); проводити пуск двигуна без попередньої перевірки важелів управління трактора (важелі мають бути поставлені в нейтральне положення, а муфта зчеплення — вимкнена);

- залишати трактор «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 з працюючим двигуном;

- проводити обслуговування гідросистеми трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 знеопущеним на землю грейферним обладнанням і без зняття тиску в гідросистемі;

- встановлювати трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 і транспортні засоби на схилі обвалених скель;

- виконання однієї щелью ковша;
- подавати на трактор «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 з грейферним обладнанням або знімати з нього які-небудь матеріали і інструмент під час роботи трактора;

- залишати ківш і обладнання в разі під час огляду механізму;
- переміщати ківш на кабіню водія (при вантаженні в автотранспорт), а також завантажувати автотранспорт в той час, коли водій знаходиться в кабіні;

- залишати трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 в зоні вибухових робіт в забої. Трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 має бути виведений із забою і повернений до місця вибуху задньою частиною;

- експлуатувати трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 без справного вогнегасника.

У зв'язку з роботою, що постійно проводиться, по доопрацюванню комплектуючих виробів необхідно також звертати увагу на заходи безпеки, викладені в документації, що додається до справжньої інструкції, на комплектуючі вироби.

Місце експлуатації трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 повинне задовольняти вимогам вказівок безпеки. Майданчик для установки трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 повинен мати достатні розміри, які забезпечують маневрування машини, а при розвантаженні в транспорт— можливість під'їзду транспортних засобів. Грунт має бути достатньо міцним, щоб машина при роботі не „занурювалася" в нього. При роботі на слабких грунтах необхідно застосовувати щити, що перевищують ширину гусеничного ходу в 1,5 разу. Не можна підкладати щити під час пересування трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10. Перед переміщенням трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 майданчик має бути спланована.

У кельній породи перед початком розробки слід підготувати шляхом відриву від моноліту і подрібнення до розмірів, що забезпечують їх безперешкодну розробку трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10ом. Штатки породи, що перевищують 600 мм (небагато), відсовують трактором «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10ом убік для подальшого подрібнення.

При експлуатації трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 необхідно оберегти механізми вузли від дії атмосферних опадів (не працювати із знятими капотами, уникати попадання на механізми агресивних рідин (наприклад, електроліту), а також води, що викликає іржавію. Перед початком експлуатації на трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 слід встановити зняті при вантаженні зовнішні світлові прилади і сигнали, укладені в кабіні машини, а також повісити на місце вогнегасник.

До роботи на трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10х допускаються особи, що мають відповідну кваліфікацію і що пройшли інструктаж по техніці безпеки.

Стажування вчаться проводиться під безпосереднім наглядом майстра. Обслуговуючий персонал повинен працювати в спеціальному одязі, відповідно до кліматичним умовам. На машині повинна бути аптечка першої медичної допомоги.

Перед початок земляних робіт одержують довідку відсутності шумних комунікацій. На наявності таких комунікацій заголошують знаками.

У вечірній і нічний час місця роботи трактора «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10 в забої, місце розвантаження ґрунту і під'їзні шляхи повинні бути добре освітлено.

У населеній місцевості в забої і ділянці роботи трактора «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10 захищають встановлюють щити з попереджувальними написами. В нічний час огорожі світлюють.

Обслуговуючий персонал повинен одержувати кожного разу точні вказівки про порядок виконання нової роботи, а також про дотримання необхідних заходів обережності.

Перед пуском двигуна машиніст трактора «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10 уважно оглядає машину і переконується в повній справності. Робота на несправному тракторі «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10 забороняється. Про всі несправності машини або ненормальних умовах експлуатації, які можуть привести до аварії машиніст негайно доводить до уваги адміністрації підприємства.

В деталях (зубчаті колеса, ланцюгові передачі, механізми) що обертаються, захищають кожухами. Рух вмію механізмів при знятті кожухів не дозволяється.

Перед пуском вил двигуна і механізмів машиніст дає сигнал попередження.

При пуску двигуна важелі управління встановлюють в нейтральне положення, а насоси вимикають (якщо це передбачено конструкцією).

Пуск двигунів внутрішнього згоряє пусковою рукояткою щоб уникнути пошкодження руки в результаті зворотного ходу пошнв проводять при пізньому затисканні, а пускову рукоятку обхвачують так щоб всі пальці руки були з одного боку.

При пуску двигунів внутрішнього згоряє з допомогою шнура не можна намотувати шнур на руку, оскільки в разі раптового спадку поршень може піти у зворотний бік, що приведе до нещасного випадку.

На трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10і слід дотримувати чистоту, весь необхідний інвентар і інструмент берегти в призначеному їх місці. Сторонні предмети, що знаходяться на поворотній платформі, можуть послужити причиною аварії.

Під час роботи перебування на трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10і або в радіусі його дії сторонніх осіб забороняється. Небезпечною є зона, що представляє собою відстань з центру повертання поворотної платформи максимальним радіусом колання, збільшеною в 2-1,5 рази для трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 з грейферним обладнанням.

У період роботи двигуна і механізмів трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10ів не дозволяється кріпити як не будь частини, мастити їх і оглядати складальні одиниці розташовані в тісних і неоспечних місцях.

Забороняється регулювати гальма при піднятому коліні і працювати навісним трактором «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10ом без встановки фіксатора поворотної платформи в проміжне положення, що обмежує поворот на випадок обриву ланцюга.

Пересувний склад дозволяється завантажувати тільки після сигналу про його готовність під вантаження. Пересувний склад під час вантаження повинен переміщатися тільки по сигналу машиніста трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10. Не можна допускати перевантаження і нерівномірне завантаження транспортних засобів.

Під час вибухових робіт в забої трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 відводять на безпечну відстань і повертають до місця вибуху задньою частиною кабіни, а обслуговуючий персонал зобов'язаний підійти з укриття.

Відвал чистять опущеним на землю з відвалом дозами машиніста.

При виявленні в ґрунті електричних кабелю, підземного трубопроводу і т.п. негайно зупиняють роботу і сповіщають про це адміністрацію.

При роботі поблизу будівельних споруд допустима відстань від них об'єктів до трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 встановлює технічне керівництво будівництва. Установки на роботу трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 в під дротами діючих ліній електропередачі будь-якого напруги не дозволяється.

Працювати в місці зміну з несправним електроосвітленням і з не повною заправкою палива, масла і води забороняється.

Якщо дещо перегрітий, то щоб уникнути опіку відкривають заливну горловину радіатора в рукавицях, особистрим тримають далі від горловини. Спочатку кришку ослаблюють, вискакують її і тільки потім знімають її з горловини.

У разі аварійної обстловки негайно зупиняють двигун: вимикають подачу палива, включають декомпресію біля двигунів, що мають декомпресійний механізм, біля карбюраторних двигунів вимикають запалення.

Залишений працюючий двигун без нагляду забороняється.

Персонал, що змінюється, зобов'язаний попереджати змінників про всі несправності трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10, помічені під час роботи.

4.3 Протипожежні засоби

На тракторі «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10і повинні знаходитися протипожежні засоби. У кабіні машини повинен знаходитися вогнегасник.

Паливо і змащувальні матеріали беруть з дотриманням всіх протипожежних правил.

Відкриті склади пального повинні знаходитися на відстані не менше 20 м від місця роботи трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10.

Берегти в кабіні трактора «СЛОБОЖАНЕЦ» ХТА-200-10 бензин, гас та інші легкозаймисті речовини забороняється.

Масляні ганчірки і обтиральні кінці класти в спеціальні закриті щіпки з кришками і у міру наповнення ящиків вивозити.

Категорично забороняється підігрівати двигун внутрішнього згоряння взимку безпосередньо вогнем. Розігрівати двигун, заливаючи в радіатор гарячу воду, а в картер — підігріте масло.

Палити при заправці горючими і мастильними маслами і при контрольному огляді паливних баків і двигуна забороняється.

При використанні підігрівача необхідно пам'ятати, що неуважне поводження з ним, а також його несправність можуть служити причиною пожежі. Робота підігрівача без антифризу або води вказане не допускається. Під час роботи підігрівача машиніст не повинен відлучатися від машини.

4.4 Розрахункова частина

При перехідних процесах від одного сталого руху рідини до іншого в гідросистемах виникають гідравлічні удари. Щоб зменшити вплив цього фактора необхідно застосовувати відповідні запобіжні пристрої (запобіжні, перепускні і розвантажувальні гідропрани), а також трубопроводи, які при гідравлічному ударі не втратять свою міцність.

Ударне підвищення тиску може бути обчислено по формулі Н.Е. Жуковського:

$$\Delta p = \rho \cdot V_0 \cdot V, \quad (4.1)$$

де ρ - густина рідини, кг/м³;

V_0 - швидкість руху рідини в трубопроводі, м/с;

V - швидкість ударної хвилі в рідині, укладаній в трубу, для тих, що застосовуються в гідросистемах робочих рідин при $t = 20^\circ\text{C}$, $V = 1400\text{ м/с}$.

$$\Delta p = 900 \cdot 5 \cdot 1400 = 6300000 \text{ Па} = 6.3 \text{ МПа.}$$

Тиск в гідросистемі при гравітаційному ударі буде

$$P_{\text{дд}} = P + \Delta P, \quad (4.2)$$

де P - максимальний тиск, який може бути розвинене в гідросистемі, МПа;

ΔP - підвищення тиску при гравітаційному ударі, МПа.

$$P_{\text{дд}} = 10 + 6.3 = 16.3 \text{ МПа.}$$

Напруження в трубопроводі при гравітаційному ударі визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{P_{\text{дд}} \cdot Dn}{2 \cdot \delta}, \quad (4.3)$$

де D - діаметр трубопроводу, м;

δ - товщина стінки трубопроводу, $\delta = 3$ мм;

n - коефіцієнт запасу міцності $n = 3$.

$$\sigma = \frac{16.3 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 3}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 97.8$$

Одержана напруга $\sigma = 97.8$ МПа менше допустимого $\sigma = 110 - 120$ МПа, значить вживані в гідросистемі трубопроводів вибрані правильно

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Усі надзвичайні ситуації (НС) можна класифікувати по трьох основних принципах – масштабу поширення, темпу розвитку та природі походження.

Розглянемо класифікацію НС за масштабом поширення.

При класифікації надзвичайних ситуацій за масштабом поширення слід враховувати не лише розміри території, що піддалась дії НС, але і можливі її непрямі наслідки. До них відносяться важкі порушення організаційних, економічних, соціальних та інших сторони зв'язків, діючих на значних відстанях.

Крім того, береться до уваги тяжкість наслідків, яка і при невеликій площі НС може бути величезною і трагічною.

Локальні (приватні) НС не виходять територіально і організаційно за межі робочого місця або ділянки, малого відрізка дороги, усадьби або квартири. До локальних відносяться НС, в результаті яких постраждало не більше 10 чоловік, або порушені умови життєвільності не більше 100 чоловік, або матеріальний бітток складає не більше 0,5 тис. мінімальних розмірів оплати праці.

Якщо наслідки НС обмежені територією виробничого або іншого об'єкту (тобто не виходить за межі санітарно-защитної зони) і можуть бути ліквідовані його силами і ресурсами, то ці НС називаються об'єктовими.

Надзвичайні ситуації, поширення наслідків яких обмежене межами населеного пункту, міста (району), області, краю, і усуваються їх силами і засобами, називаються місцевими.

До них відносяться НС, в результаті яких постраждало понад 10, але не більше 50 чоловік, або матеріальний збиток складає понад 0,5 тис. але не більше 1,5 тис. мінімальних розмірів оплати праці.

Регіональні НС – такі НС, які поширюються на територію декількох областей (країв) або економічний район. Для ліквідації наслідків таких НС потрібні об'єднані зусилля цих територій, а також участь держави. До регіональних відносяться НС, в результаті яких постраждало від 50 до 500 чоловік, або порушені умови життєдіяльності від 50 до 1000 чоловік, або матеріальний збиток складає від 0,1 до 4 млн. мінімальних розмірів оплати праці.

Національні НС охоплюють великі території країни, але не виходять за її межі. Тут задіюються сили, засоби і ресурси цієї держави. До національних відносяться НС, в результаті яких постраждало понад 500 чоловік, або порушені умови життєдіяльності більше 1000 чоловік, або матеріальний збиток складає більше 4 млн. мінімальних розмірів оплати праці.

Глобальні (трансграничні) НС виходять за межі країни і поширюються на інші держави. Їх наслідки усуваються силами і засобами як постраждалих держав, так і міжнародного співтовариства.

РЕПЕТИТОРІЙ
КАФЕДРИ
ХНАДУ,
2025р.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Визначення ціни модернізованої машини

Визначення економічної ефективності заходів, здійснених в проєкті підсилюється, в основному, на основі методичних вказівок [5].

Для визначення ціни машини, що модернізується, використовуємо метод «експертних оцінок». Проводимо розбивку екскаватора на складові одиниці: трансмісія, основна рама, силова установка, робоче обладнання, гідробладнання. Проводимо оцінку складових частин машини аналога і машини, що модернізується по п'ятибальній шкалі для кожної одиниці (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Оцінка складових одиниць екскаватора

№ одиниці	Складова одиниця екскаватора	Оцінка машини аналога	Оцінка нової машини
1	Трансмісія	2	2
2	Основна рама	1,5	1,5
3	Силовa установка	3	3
4	Робоче обладнання	2	2
5	Гідробладнання	4,5	4,7

Визначаємо суму оцінок для машини аналога

$$N_a = 2 + 1,5 + 3 + 2 + 4,5 = 13$$

Визначаємо суму оцінок для машини, що модернізується

$$N_i = 2 + 1,5 + 3 + 2 + 4,7 = 13,2$$

Визначаємо ціну модернізованого екскаватора

$$C_M = \frac{C_a \cdot N_M}{N_a}, \quad (5.1)$$

де C_a – ціна машини аналога, грн..

$$C_M = \frac{1265000 \cdot 13,1}{100} = 1287461 \text{ грн.}$$

Розрахунок кількості машино-годин роботи техніки протягом року

Визначаємо кількість машино-годин роботи техніки в році

$$T_p = \frac{T_\phi - 2 \cdot T_{co}}{\frac{1}{t_{зм}} + D} \cdot \frac{d_n}{T_{об}}, \quad (5.2)$$

де T_ϕ – річний фонд робочого часу, дні;

T_{co} – тривалість сезонного обслуговування, дні;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, маш.-год.

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності

D – простої в усіх видах ремонтів і технічного обслуговування, дні маш.-год.;

d_n – тривалість одного переобладнання, дні;

$T_{об}$ – час роботи на об'єкті, маш.-год.

$$T_p = \frac{255 - 2 \cdot 1}{\frac{1}{6,67 \cdot 1,5} + 0,15} \cdot \frac{0,5}{358,6} = 982,14 \text{ маш.-год.}$$

Визначаємо простої в усіх видах ремонту та техобслуговуванні

$$D_p = \left[\frac{\sum_{i=1}^m (d_{pi} + d_{ni}) \cdot a_i}{T_k} + \frac{t_{вдм}}{t_{зм} + t_{вдм}} \cdot K_{Г} \right] \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

де d_{pi} – тривалість перебування техніки в i -м ремонті або технічному обслуговуванні, дні;

d_{ni} – тривалість чекання ремонту, доставки в ремонт і обслуговування, дні;

a_i – кількість i -х ремонтів і технічних обслуговувань (ТО) за міжремонтний цикл;

T_k – середній ресурс до капітального ремонту, мото-год.;

$K_{Г}$ – коефіцієнт переведення мото-години у машино-години;

$t_{вдм}$ – середній час на усунювання однієї відмови, маш.-год.;

$t_{зм}$ – наробіток на відмову, мото-год.

$$D_p = \left[\frac{0,3 \cdot 160 + 0,1 \cdot 30 + 0,2 + (5 + 10) \cdot 6}{1000} + \frac{6,0}{6,0 + 0,05} \cdot 0,45 \right] \cdot 10^{-3} = 0,157 \text{ маш.-год.}$$

Визначимо тривалість одного перебазування машини

$$t_{пб} = 0,1 \cdot \left(\frac{Z_1}{V_{ср}} + t_{пр} + d_{дм} \right) \quad (5.4)$$

де $V_{ср}$ – середня швидкість переїзду, км/год.

$t_{пр}$ – середня тривалість навантаження і розвантаження перевозимої техніки на автотранспортній розвантаженні, маш.-год.;

$d_{дм}$ – час демонтажних-монтажних робіт, доба;

Z_1 – середня відстань перебазування, км.

$$d_{\Pi} = \frac{15}{30} = 0,5 \text{ маш.-год.}$$

Визначаємо час роботи на об'єкті

$$T_{об} = 0,85 \cdot \frac{(T_{\text{пл}} - 2 \cdot d_{\Pi}) \cdot k_{\text{ЗМ}} \cdot t_{\text{ЗМ}}}{\Pi_{\Pi}} \quad (5.5)$$

де Π_{Π} – кількість перебування машини за рік.

$$T_{об} = 0,85 \cdot \frac{(2,5 - 2 \cdot 0,5) \cdot 1,5 \cdot 6,7}{6} = 3,6 \text{ маш.-год.}$$

Визначення річної експлуатаційної продуктивності аналогового екскаватора

Визначаємо річну експлуатаційну продуктивність машини

$$\Pi'_{pe} = B_e \cdot T_{об} \quad (5.6)$$

де B_e – годинна експлуатаційна продуктивність;

$T_{об}$ – кількість годин роботи машини за рік.

$$\Pi'_{pe} = 17,25 \cdot 982,14 = 16932,13$$

Визначаємо технічну експлуатаційну продуктивність

$$B_e = k_T \cdot B_T \quad (5.7)$$

де B_T – годинна технічна продуктивність, од. прод. /маш.-год.;

k_T – коефіцієнт переходу від технічної продуктивності до експлуатаційної.

$$V_e = 43,13 \cdot 0,4 = 17,25 \frac{\text{м}^3}{\text{маш. год}}$$

Розрахунок річних поточних витрат для даного екскаватора

Визначаємо річні поточні витрати споживача з урахуванням відрахованні на реновацію

$$Z_p = C_M \cdot T_p, \quad (5.8)$$

де C_M – собівартість машино-години експлуатації машин, грн/маш.-год.

$$Z_p = 15,82 \cdot 982,14 = 16283,45 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість машино-години експлуатації будівельних і дорожніх машин

$$C_M = (S_1 + S_2 + \dots + S_{11}) \cdot (1 + H_{\text{НВ}}), \quad (5.9)$$

де S_1 – витрати на ТО-1 ТР;

S_2 – витрати на ТО-2 ТР;

S_3 – амортизаційні відрахування;

S_4 – заробітня плата робітників керуючих технікою;

S_5 – витрати на соціальне страхування;

S_6 – витрати на майнове страхування;

S_7 – витрати на енергоносії;

S_8 – витрати на мастильні матеріали;

S_9 – витрати на робочу рідину;

S_{10} – витрати на заміну елементів машин, що швидко зношуються;

S_{11} – витрати на перебазування;

$H_{НВ}$ – норма накладних витрат, пов'язаних з експлуатацією БДМ.

$$C_M = (15,68 + 3,75 + 1,4 + 20,63 + 7,74 + 0,14 + 1,4 + 0,03 + 17,85 + 37,0 + 11,8) + (1 + 42,73) = 165,82 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо заробітну плату робітників, виконуючих обслуговування і точні ремонти машин

$$S_1 = C_p \cdot \lambda_p \cdot k_p \cdot \left[k_m \left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i \cdot \tau_i}{T_k} + \frac{t_{вдм} \cdot N}{T_{вдм}} \right) \frac{2 \cdot \tau_{co}}{T_p} \right] \cdot (1 + 1,2 \cdot k_{np}), \quad (5.10)$$

де C_p – середня тарифна ставка робітника по ремонту машин, грн/год;

λ_p – коефіцієнт, що враховує премії ремонтним робітникам;

k_p – поправочний коефіцієнт до тарифної сітки заробітної плати, $k_p = 1,07 \dots 1,10$;

k_m – коефіцієнт переведення мото-году маш.-год., $k_m = 0,3 \dots 0,6$;

a_i – кількість i -х ТО і ремонтів за мототревожний цикл;

m – різновиди ТО і ремонтів за міжремонтний цикл;

τ_i – трудомісткість i -го ТО або ремонту;

$t_{вдм}$ – середній час усунення відмов, маш.-год.;

T_k – середній ресурс до капітального ремонту;

$T_{вдм}$ – середній наробіток на відмову, мото-год.;

N – кількість робітників, зайнятих усуненням відмови, чол.;

τ_{co} – трудомісткість сезонного обслуговування, чол.-год.

$$S_1 = 7,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot \left[0,5 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^m 160 \cdot 9,6 + 30 \cdot 28 + 6 \cdot 875}{10000} + 0,001 \right) + \frac{2 \cdot 38}{982,14} \right] \times (1 + 1,2 \cdot 1,35) = 15,68 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Витрати на виконання капітальних ремонтів

$$S_2 = S_2' + S_2'' \quad (5.11)$$

де S_2' – заробітна плата робітників виконуючих капітальний ремонт машин;

S_2'' – вартість запасних частин необхідних для виконання капітального ремонту машини.

$$S_2' = 1,4 + 2,35 = 3,75 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо заробітну платню робітників виконуючих капітальний ремонт машин

$$S_2' = \frac{C_p \cdot k_p \cdot \lambda_p \cdot \tau}{T_p} \cdot k_M, \quad (5.12)$$

де C_p – середня тарифна ставка робітника, що виконує ремонтні роботи БДМ, грн/год;

$\tau_{кр}$ – трудомісткість капітального ремонту;

k_M – коефіцієнт переведення мото-год у маш.-год., $k_1 = 0,3 \dots 0,6$.

$$S_2' = \frac{7,5 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2240}{10000} \cdot 0,5 = 1,4 \frac{\text{грн}}{\text{маш. год.}}$$

Визначаємо вартість запасних частин, необхідних для виконання капітального ремонту машини

$$S_2'' = 1,2 \cdot S_2' \quad (5.13)$$

де S_2' – витрата запасних частин на один капітальний ремонт.

$$S_2'' = 1,2 \cdot 1,96 = 2,35 \frac{\text{грн}}{\text{маш. год.}}$$

Визначаємо витрати на запасні частини на один капітальний ремонт

$$C_2 = k_{\text{пр}} \cdot S_2'' \quad (5.14)$$

де $k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт переходу від витрат на зарплатню до витрат на запасні частини для капітального ремонту, $k_{\text{пр}} = 1,4 \dots 1,6$.

$$C_2 = 1,4 \cdot 2,35 = 3,29 \text{ грн.}$$

Визначаємо балансову вартість введених в експлуатацію основних фондів

$$B_0 = C_{\text{со}} \cdot k_{\text{д}} \quad (5.15)$$

де $C_{\text{со}}$ – ціна придобання техніки

$k_{\text{д}}$ – коефіцієнт переходу від ціни до балансової вартості, $k_{\text{д}} = 1,09$.

$$B_0 = 1265000 \cdot 1,09 = 1378850 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування

$$S_3 = \frac{H_p \cdot B_0}{T_p \cdot 100}, \quad (5.16)$$

де H_p – норма амортизаційних відрахувань

$$S_3 = \frac{0,1 \cdot 378850}{982,4 \cdot 100} = 1,4 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо заробітні плати робітників, що працюють технікою

$$S_4 = k_{\text{доп}} \cdot \sum_{i=1}^m C_{M_i}, \quad (5.17)$$

де $k_{\text{доп}}$ – коефіцієнт, що враховує доплати за роботу в другу і третю зміни,

$$k_{\text{доп}} = 1,1;$$

C_{M_i} – годинні тарифна ставка робочого i -го розряду, грн/ч;

m – кількість робітників, зайнятих керуванням в одну зміну, чол.

$$S_4 = 1,1 \cdot 19 \cdot 12,5 = 20,63 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на пенсійне і соціальне страхування

$$S_5 = k_c \cdot S_4, \quad (5.18)$$

k_c – коефіцієнт, що враховує обов'язкове соціальне страхування.

$$S_5 = 0,375 \cdot 20,63 = 7,74 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на майнове страхування

$$S_6 = \frac{N_{mc} \cdot B_a}{T_p \cdot 100}, \quad (5.19)$$

де N_{mc} – норма на майнове страхування.

$$S_6 = \frac{0,011378810}{982,41 \cdot 100} = 0,14 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати енергосії для двигунів внутрішнього згорання

$$S_7 = C_p \cdot W_p, \quad (5.20)$$

де C_p – ціна палива, грн/кг;

W_p – годинна витрата палива, кг/маш.-год..

$$S_7 = 6 \cdot 0,74 = 4,44 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо годинну витрату палива

$$W_p = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot N_n \cdot g_n \cdot k_p \cdot k_{ch} \cdot k_N, \quad (5.21)$$

де N_n – номінальна потужність двигуна, к.с.,

g_n – питома витрата палива при номінальній потужності двигуна, $\frac{\text{грн}}{\text{к.с.} \cdot \text{год}}$;

k_p – коефіцієнт, що враховує зміну витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна по потужності;

k_{ch} – коефіцієнт використання двигуна за часом, $k_{ch} = 0,55$;

k_N – коефіцієнт використання двигуна по потужності.

$$W_{II} = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 186 \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 0,74 \frac{\text{кг}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на мастильні матеріали:

$$S_8 = k_{зм} \cdot S_7 \quad (5.22)$$

де $k_{зм}$ – ефіцієнт переходу від витрат на паливо до витрат на мастильні матеріали.

$$k_{зм} = 0,22 \cdot 4,44 = 0,98 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на робочу рідину:

$$S_9 = k_d \frac{V_r \cdot Q_{pp} \cdot C_{pp}}{t_{pp}} \quad (5.23)$$

де k_d – коефіцієнт допозивів, $k_d = 1,5$;

V_r – ємність гідросистеми машини, л;

Q_{pp} – об'ємна маса робочої рідини, г/л;

t_{pp} – періодичність заміни робочої рідини, маш.-год.;

C_{pp} – ціна робочої рідини, грн/кг.

$$S_9 = 1,5 \cdot \frac{1000 \cdot 0,85 \cdot 7}{50} = 17,85 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на заміну елементів машин, що швидко зношуються

$$S_{10} = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{ш_i} \cdot n_{ш_i})}{T_{сл}} \quad (5.24)$$

де m – число видів частин що швидко зношуються;

$C_{ш_i}$ – ціна частин, що швидко зношуються, грн/шт.;

$n_{ш_i}$ – кількість одночасно замінних частин, що швидко зношуються;

$T_{сл}$ – нормативний термін служби частин, що швидко зношуються, маш.-год..

$$S_{10} = \frac{3140 \cdot 6}{500} = 37,68 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначимо витрати на перебування машини автопоїзди (тягачі з великогазовим причепом)

$$S_{11} = \frac{1}{36} \cdot (Z_{mt} + C_{ант} + C_{кр}), \quad (5.25)$$

де Z_{mt} – заробітна плата машиністів і такелажників за час перебування

$C_{ант}$ – вартість використання автомобілів, тягачів, причепів;

$C_{кр}$ – вартість використання монтажних кранів

$$S_{11} = \frac{1}{36} \cdot (275 + 3952,8) = 118,72 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год}}$$

Розрахуємо заробітну плату машиністів і такелажників

$$Z_{mt} = 10 \cdot d \cdot \left(\sum_{i=1}^{B_m} C_{M_i} + \sum_{i=1}^{B_T} C_{T_i} \right), \quad (5.26)$$

де B_m – кількість машиністів;

B_T – кількість такелажників

C_{mi} – годинна тарифна ставка машиніста i -го розряду, грн/маш-год.;

C_{ti} – годинна тарифна ставка такелажників i -го розряду, грн/маш-год.;

$$Z_{mt} = 10 \cdot (1 \cdot 15 + 12 \cdot 1) = 27 \frac{\text{грн.}}{\text{год.}}$$

Якщо в роботі беруть участь два такелажники, для одного з них розряд і тарифна ставка визначаються з додатка табл. 1.22, для другого приймається другий розряд

$$C_{amt} = \left(\frac{L_{tr}}{V} + t_{np} \right) \times C \times N_p + L_{tr} \cdot C_e \cdot N_p, \quad (5.27)$$

де L_{tr} – середня відстань перебазування машини;

V – середня швидкість перебазування машини;

C – вартість одного автомобіля-години в залежності від вантажно-підйомності автомобіля, грн/год.

N_p – кількість транспортних одиниць;

C_e – плата за один кілометр пробігу, грн/км.

$$C_{amt} = \left(\frac{30}{15} + 1 \right) \cdot 405,4 \cdot 1 + 50 \cdot 50,68 \cdot 1 = 3952,8 \text{ грн.}$$

Зрештою ціни одиниці продукції аналогового екскаватора

$$C'_{од} = \frac{C_M}{V_e} \cdot (1 + N_{пр}), \quad (5.28)$$

де C_M – собівартість машино-години експлуатації будівельних і дорожніх машин, грн/маш.-год;

V_e – годинна експлуатаційна продуктивність, од.прод/маш.-год;

$N_{пр}$ – норма планових і інших накопичень до повної собівартості.

$$\Pi'_{\text{од}} = \frac{165,82}{17,25} \cdot (1 + 14,96) = 153,42 \frac{\text{грн}}{\text{м}}$$

Розрахунок економічного ефекту аналогового екскаватора

Визначаємо економічний ефект для аналогового екскаватора за рік його роботи

$$E = E_p - Z_p, \quad (5.29)$$

де E_p – вартісна оцінка результатів за рік використання, грн/р.

$$E_p = 2599229,37 - 162858,45 = 2436370,9 \frac{\text{грн}}{\text{р}}$$

Визначаємо вартісну оцінку результату

$$E_p = P_p^0 + P_p^c, \quad (5.30)$$

де P_p^0, P_p^c – вартісні оцінки основних і супутніх результатів відповідно, грн/р.

$$P_p = 219916,12 \frac{\text{грн}}{\text{р}}$$

Визначаємо вартісну оцінку основних результатів

$$P_p^0 = \Pi'_{\text{од}} \cdot \Pi'_{\text{ре}}, \quad (5.31)$$

де $\Pi'_{\text{од}}$ – ціна одиниці продукції, виробленої технікою, грн/од.прод.;

$\Pi'_{\text{ре}}$ – річна експлуатаційна продуктивність машини, од. прод./р.

$$P_p^0 = 153,42 \cdot 16941,92 = 2599229,37 \frac{\text{грн}}{\text{р}}$$

Визначення річної експлуатаційної продуктивності модернізованого екскаватора

Визначаємо річну експлуатаційну продуктивність машини

$$P_{pe} = V_e \cdot T_e, \quad (5.32)$$

Визначаємо годинну експлуатаційну продуктивність

$$V_e = V_T \cdot k_T, \quad (5.33)$$

$$V_e = 60,82 \cdot 0,4 = 24,33 \frac{\text{м}^3}{\text{маш.-год.}}$$

Розрахунок річних поточних витрат для модернізованого екскаватора

Визначаємо річні поточні витрати споживача з урахуванням відрахувань на оновлення

$$C_p = C_M \cdot T_p, \quad (5.34)$$

$$C_p = 166,02 \cdot 82,14 = 163054,88 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість машино-години експлуатації будівельних і дорожніх машин

$$C_i = (S_1 + S_2 + \dots + S_{11}) \cdot (1 + H_{i\hat{a}}), \quad (5.35)$$

$$C_M = (15,68 + 3,75 + 1,52 + 20,63 + 7,74 + 0,17 + 4,44 + 0,98 + 17,85 + 37,68 + 11,8 + (1 + 42,78)) = 166,02 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо заробітну плату робітників виконуючих операції по догляду за машинами і поточні ремонти машин

$$S_1 = C_p \cdot \lambda_p \cdot k_p \cdot k_M \left[\frac{\sum_{i=1}^m a_i \cdot \tau_i}{T_K} + \frac{t_{ВДМ} \cdot N}{T_{ВДМ}} + \frac{\tau_{СО}}{T_{ВДМ}} \right] \cdot (1 + 1,2 \cdot k_p), \quad (5.36)$$

$$S_1 = 7,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 0,5 \left[\frac{\sum_{i=1}^2 60 \cdot 9,6 + 28 \cdot 30 \cdot 0,8 \cdot 5}{10000} + \frac{2 \cdot 38}{982,14} \right] \cdot (1 + 1,2 \cdot 1,3) = 15,68 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Витрати на виконання поточних ремонтів

$$S_2 = S_2' + S_2'' \quad (5.37)$$

$$S_2 = 1,4 + 2,35 = 3,75 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо заробітну плату робітників виконуючих капітальний ремонт машин

$$S_2' = \frac{C_p \cdot k_p \cdot \tau_{кр}}{T_{ВДМ}} \quad (5.38)$$

$$S_2' = \frac{7,5 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2200}{982,14} \cdot 0,5 = 1,4 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо вартість запасних частин необхідних для виконання капітального ремонту машини

$$S_2'' = 1,2 \cdot C_2 \quad (5.39)$$

$$S_2'' = 1,2 \cdot 1,96 \cdot 2,35 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на запасні частини на один капітальний ремонт

$$C_2 = k_{\text{пр}} \cdot S_2'' \quad (5.40)$$

$$C_2 = 1,4 \cdot 4 \cdot 1,96 \text{ грн.}$$

Визначаємо балансову вартість введену в експлуатацію основних фондів

$$B_0 = Ц_{\text{со}} \cdot k_{\text{д}}, \quad (5.41)$$

$$B_0 = 1268500 \cdot 1,05 = 1332665 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування

$$S_3 = \frac{H_{\text{р}} \cdot B_0}{T_{\text{р}} \cdot 100}, \quad (5.42)$$

$$S_3 = \frac{1 \cdot 1332665}{982,14 \cdot 100} = 1,35 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо заробітну плату робітників, що управляють технікою

$$S_4 = k_{\text{доп}} \cdot \lambda_{\text{р}} \cdot \sum_{i=1}^m C_{M_i}, \quad (5.43)$$

$$S_4 = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 12,5 = 20,63 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на медичне і соціальне страхування

$$S_5 = k_d \cdot S_4, \quad (5.44)$$

$$S_5 = 0,375 \cdot 20,63 = 7,74 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на пенсійне страхування

$$S_6 = \frac{H_{\text{м}} \cdot F_0}{T \cdot 100}, \quad (5.45)$$

$$S_6 = \frac{0,01 \cdot 382665}{821 \cdot 100} = 0,17 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати енергосії для двигунів внутрішнього згорання

$$S_7 = I_{\text{п}} \cdot W_{\text{п}}, \quad (5.46)$$

$$S_7 = 5 \cdot 0,74 = 4,44 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо годинну витрату палива

$$W_{\text{п}} = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot N_{\text{п}} \cdot g_{\text{н}} \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{N}}, \quad (5.47)$$

$$W_{\text{п}} = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 86 \cdot 1,15 \cdot 1,1 \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 0,74 \frac{\text{кг}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на мастильні матеріали

$$S_8 = k_{3M} \cdot S_7, \quad (5.48)$$

$$S_8 = 0,22 \cdot 4,44 = 0,98 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на робочу рідину

$$S_9 = k_{\text{рр}} \frac{V_{\text{рр}} \cdot C_{\text{рр}} \cdot \rho_{\text{рр}}}{\rho_{\text{рр}}}, \quad (5.49)$$

$$S_9 = 15 \cdot \frac{1000 \cdot 0,85 \cdot 7}{500} = 17,85 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на заміну елементів в машин, що швидко зношуються

$$S_{10} = \frac{C_{\text{ш}_i} \cdot n_{\text{ш}_i}}{T_{\text{сл}}}, \quad (5.50)$$

$$S_{10} = \frac{3140 \cdot 6}{500} = 37,68 \frac{\text{грн}}{\text{маш.-год.}}$$

Визначаємо витрати на перебування машини автопоїзді (тягачі з великогабаритним причепом)

$$S_{11} = \frac{1}{S_{1a}} \cdot (C_{1a} + \tilde{N}_{1a} + 1 \cdot e_{1a}), \quad (5.51)$$

де Z_{MT} – заробітна плата машиністів та елажніув за час перебування

$C_{\text{атп}}$ – вартість використання автомобілів, тягачів, причепів;

$C_{\text{кр}}$ – вартість використання монтажних кранів

$$S_{11} = \frac{1}{358,14} \cdot (275 + 3952,8) = 11,8 \frac{\text{грн}}{\text{маш} \times \text{год}}$$

Розрахуємо заробітню плату машиністів і такелажників:

$$C_{1\delta} = 10 \times d \times \left(\sum_3^{\dot{A}_1} \tilde{N}_{1\delta} + \sum_3^{\dot{A}_\delta} \tilde{N}_{\delta} \right), \quad (5.52)$$

де B_m – кількість машиністів;

B_t – кількість такелажників

C_{m_i} – годинна тарифна ставка машиніста i -го розряду, грн/маш-год.;

C_{t_i} – годинна тарифна ставка такелажника i -го розряду, грн/маш-год.;

$$C_{1\delta} = 10 \cdot (1 \cdot 15 + 1 \cdot 5 \cdot 1) = 275 \frac{\text{грн}}{\text{год}}$$

Якщо в роботі беруть участь два такелажники, для одного з них розряд і тарифна ставка визначаються з додатка табл. 1.23, для другого – приймається другий розряд

$$\tilde{N}_{\delta i} = \left(\frac{L_{\delta\delta}}{V} + t_{i\delta} \right) \cdot \dot{Q} \cdot \Gamma_{\delta} + L_{\delta\delta} \cdot \dot{Q}_y \cdot N_{\delta}, \quad (5.53)$$

$L_{\delta\delta}$ – середня відстань переміщення машини;

V – середня швидкість переміщення машини;

Γ_{δ} – вартість одного автомобіле-години в залежності від вантажно-підймальності автомобіля-причепа;

N_p – кількість транспортних одиниць;

C_e – плата за один кілометр пробігу, грн/км.

$$C_{амп} = \left(\frac{30}{15} + 4 \right) \cdot 405,4 \cdot 1 + 30 \cdot 50,68 \cdot 1 = 3952,8 \text{ грн.}$$

Розраховуємо ціну одиниці продукції модернізованого екскаватора

$$C_{\text{од}} = \frac{C_{\text{м}}}{B_{\text{е}}} (1 + H_{\text{п}}), \quad (5.54)$$

$$C_{\text{од}} = \frac{166,02}{24,35} (1 + 14,98) = 109,04 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3}.$$

Розрахунок економічного ефекту для модернізованого екскаватора.

Визначаємо економічний ефект для модернізованого екскаватора за рік його роботи

$$E_1 = P_{\text{р}} - Z_{\text{р}}, \quad (5.55)$$

$$E_1 = 2605562,05 - 118054,88 = 2442507,17 \frac{\text{грн}}{\text{р}}.$$

Визначаємо вартісну оцінку результату

$$P_{\text{р}} = P_{\text{р}}^0 + P_{\text{р}}^{\text{с}}, \quad (5.56)$$

$$P_{\text{р}} = 2605562,05 \frac{\text{грн}}{\text{р}}.$$

Визначаємо вартісну оцінку основних результатів

$$P_{\text{р}}^0 = C_{\text{од}} \cdot \Pi_{\text{п}} \quad (5.57)$$

$$P_{\text{р}}^0 = 109,04 \cdot 23395,47 = 2605562,05 \frac{\text{грн}}{\text{р}}.$$

Визначаємо приріст економічного ефекту

$$\Delta E = E_1 - E, \quad (5.58)$$

$$\Delta E = 2442507,17 - 2436370,9 = 6126,27 \frac{\text{грн}}{\text{р}}$$

Визначаємо позитивний економічний ефект

$$E = C'_{\text{од}} \cdot (P'_{\text{р}} - P_{\text{р}}), \quad (5.59)$$

$$E = 153,42 \cdot (23895,47 - 16941,92) = 1066813,6 \frac{\text{грн}}{\text{р}}$$

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

№п/п	Показник	Одиниці виміру	Новий варіант машини	Базова машина (аналог)
1	Технічні характеристики машини: потужність двигуна	кВт	186	186
	маса	кг	67500	67500
2	Ціна одиниці продукції	грн/м ³	109,04	153,42
3	Кількість машино-годин роботи техніки в році	мащ.-год.	982,14	982,14
4	Річна експлуатаційна продуктивність	м ³ /р	23895,47	16941,92
5	Собівартість машино-години	грн/мащ.-год.	166,02	165,82
6	Вартісна оцінка результату		2605562,05	2599299,37
7	Економічний ефект	грн/р	2442507,17	2436370,9
8	Приріст економічного ефекту		6139,27	

ВИСНОВКИ

Метою роботи було підвищення ефективності роботи екскаватора шляхом вдосконалення і розробки швидкозмінного обладнання екскаватора.

З багатосторонньої і складної проблеми забезпечення швидкої зміни робочого обладнання будівельних машин достатньої номенклатури, в даному дипломному проекті, з метою підвищення ефективності роботи екскаватора, розробляється наступні питання:

- аналізується основні складові робочі устаткування екскаватора на основі аналізу загального його устрою;
- розглядається замовлення основного і допоміжного робочого обладнання екскаватора і визначається основні уніфікаційні складові змінного обладнання;
- вдосконалюється швидкозмінне робоче обладнання екскаватора;
- розглядаються питання економії праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- здійснюється оцінка економічного ефекту.

Виконаний проект і його результати дають змогу значно прискорити зміну робочого обладнання, що особливо важливо в сучасних умовах роботи екскаватора, коли необхідно здійснювати реконструкцію в стисненіх умовах сучасного будівництва.

РЕПОЗИТОАРІЙ
КАФЕДРИ ЕВ
ХНАДУ,
2025р.