

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет

Кафедра будівельних і дорожніх машин

ПОДСИГОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
магістра

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЕКСКВАТОРІВ ВДОСКОНАЛЕННЯМ СИСТЕМ
ЖИВЛЕННЯ І ПРАВИЛНИХ НАСОСІВ

Відповідач кафедри, докт. техн. наук, проф.. Наталія ФІДРОВСЬКА

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доцент Заір МУСАЄВ

Керівник, канд. техн. наук, доц.. Олег ЩЕРБАК

Консультант, канд. техн. наук, професор Олег БОГАТОВ

Здобувач М-62-24 Єгор ПІСОНОВ

Харків – 2025

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний

Кафедра будівельних і дорожніх машин

Освітній рівень другий (магістерський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри

Наталя ФІДРОВСЬКА
«29» серпня 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Піменов Станіслав Ігоровичу

Тема роботи: «Підвищення ефективності експлуатації екскаваторів
вдосконаленням систем живлення гідравлічними насосів»

Керівник роботи ЩЕРБАК Олег Віталійович, к.т.н., доцент

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

2. Строби завдання студентом роботи від 12.2025 р.

3. Визначені до роботи: колосбаритний екскаватор, додаткове робоче
обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (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	
		вдання идав	завдання прийняв
Основна частина	Олег ЩЕРБАК, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Олег ЩЕРБАК, 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 публікаційної роботи	Строк виконання етапів КР	Примітка
1	Аналіз інформаційних джерел	01.09.2025- 01.10.2025	
2	Науково-дослідна частина	16.09.2025- 03.11.2025	
3	Розрахункова 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	

Здіймач

Єгор ПІМОНОВ

Керівник роботи

Олег ЩЕРБАК

РЕФЕРАТ

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

Об'єкт роботи є комбінована система очистки робочої рідини гідроприводу екскаватора EO - 5124 від забруднення.

Мета роботи є підвищення ефективності роботи гідроприводу екскаватора шляхом поліпшення якості очистки робочої рідини. Для досягнення цієї мети вирішуються задачі розробки магістрального фільтру і фільтру, що очищається сам, а також іншого необхідного обладнання на основі існуючих патентів.

В результаті проектування розроблена комбінована маслоочищувальна система, яка забезпечує комплексне очищення робочої рідини екскаватора EO - 5124.

Будівництвом розробки забезпечення якості очистки робочої рідини. Економічний ефект складає близько 10000 грн. в рік на кожну машину.

ЕКСКАВАТОР ГІДРОПРИВОД, ОЧИСТКА РОБОЧОЇ РІДИНИ, ФІЛЬТР

РЕШЕНО ЗМІТОВАРІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІВ,
2025р.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз літературних джерел за методами і засобами очистки робочої рідини	
1.1 Значення чистоти робочої рідини та основні джерела її забруднення	
1.2 Основні методи і обладнання для очистки робочої рідини	
2 Вдосконалення гідروприводу екскаватора	
2.1 Призначення , технічна характеристика, загальний пристрій та робота екскаватора	
2.2 Пристрій і робота гідроприводу екскаватора	
2.3 Використання екскаватору при спорудженні дамби	
2.4 Силовий блок екскаватора	
2.5 Розробка блоку системи маслоочисної системи екскаватора з ежекторним живленням насосів	
2.6 Розрахунок параметрів і розробка конструкції подільника потоку	
2.7 Визначення параметрів і розробка на основі пластичного матеріалу конструкції фільтру, що очищається сам	
2.8 Розробка конструкції приводу механізму самоочистки фільтра	
2.9 Розрахунок параметрів і розробка конструкції відцентрового фільтру	
2.10 Оцінка забруднення робочої рідини	
3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4 Оцінка економічної ефективності проекту	
Висновки	
Перелік посилань	
Додатки	

ВСТУП

Машинний парк будівельно-дорожніх машин (БДМ) в даний час складається з тисяч тисяч машин. Підтримка цього парку машин в працездатному стані вимагає величезних витрат. Виконанням робіт по ремонту БДМ в даний час зайнята велика кількість працівників. Витрати металу за повний термін служби машини близькі до її маси, а вартість всіх заходів щодо підтримки машини в працездатному стані за той же період в 8—15 разів перевищує вартість самої машини.

Будівництво нових доріг і реконструкція діючих в Україні є масштабною економічною задачею без вирішення якої неможливий подальший розвиток держави. Намічено побудувати і реконструювати автомобільні дороги з твердим дорожнім покриттям.

Підвищення надійності БДМ і зниження витрат на їх утримання складає одну з проблем державного значення.

Одним з найбільш дорогих вузлів БДМ є гідропривід. Завдяки ряду переваг, гідравлічний привід в останні роки швидко застосовується в різних БДМ. На частку гідроприводу залежно від складності машини доводиться від тридцяти до восьмидесяти відсотків всіх відмов. Тому забезпечення надійності гідроприводу, забезпечує надійність всієї машини і підвищує ефективність роботи всієї будівельної організації.

Ефективність експлуатації гідроприводу будівельних машин, а, як наслідок, і самих машин залежить від комплексу заходів, серед яких важливіше значення має чистота і робочої рідини [1, 5, 13].

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПО МЕТОДАМ І ЗАСОБАМ ОЧИСТКИ РОБОЧОЇ РІДИНИ

1.1 Значення чистоти робочої рідини та основних джерел її забруднення

Рідини, що містять тверді частинки, є дисперсними системами і утворюють суспензії, процес розділення яких залежить від властивостей самої рідини і властивостей твердої фази. Основні властивості рідини при її очищенні - щільність, в'язкість, електрична провідність, хімічна активність. Неefективність процесів очищення від механічних забруднень впливають також властивості частинок, складових твердої фази: форма, розмір, щільність, хімічний склад. Крім того, процеси очищення залежать і від інших чинників: концентрації забруднень, наявності розчинених в рідині хімічних речовин, присутності води і емульсій, температури і т.д. Чистота робочих рідин є одне з найбільш важливих експлуатаційних властивостей, оскільки від нього у вирішальній ступені залежить надійність роботи елементів гідроприводу. З міру зростання робочого тиску в гідроприводі вимоги до чистоти робочих рідин неухильно підвищуються, тому що ця експлуатаційна властивість є одним з основних, що визначає показники надійності не тільки гідроприводу, але і машини в цілому.

Екскватор EO – 5124 має для очистки робочої рідини фільтр, тонкість фільтрації якого не забезпечує надійної роботи гідроприводу.

Забруднення робочих рідин під час поставки відбувається в результаті недостатнього очищення при виготовленні і нестримання правил чистоти під час поставки рідин до місця споживання. Так, внаслідок відсутності забруднень в чистому маслі (стан поставки) в тому випадку, якщо вміст механічних домішок в маслах складає до 0,005% включно по масі. В рідинах з таким змістом механічних домішок припускає вміст в кожному літрі до 40 мг частинок забруднень.

Забруднюються рідини і при транспортуванні в результаті підвищеної корозії внутрішніх поверхонь цистерн і незадовільного їхнього очищення, забруд-

нення пилом відбувається на пунктах наливання або зливу з відкритими люками, а також при недостатній герметизації люків цистерн з рідиною.

Під час транспортування рідин від заводу-виробника до споживача забруднена рідина може значно підвищитися. При атмосферному тиску вміст повітря в маслах досягає 8% від всього об'єму [21], що також є серйозним джерелом забруднень.

Обстеження забрудненості масел показало, що при транспортуванні, зберіганні і заправлянні в умовах польових робіт кількість механічних домішок може досягати 0,14%.

Забруднення в процесі зберігання і заправлення гідросистем. На забруднення робочих рідин при зберіганні і заправці впливають умови і тривалість зберігання, матеріал з якого виготовлені резервуари, їхня герметичність, запиленість оточуючого повітря, інтенсивність корозії складського і заправного устаткування, стабільність рідини. При тривалому зберіганні мастил відбувається повільне накопичення продуктів окислення і органічних сполук, до складу яких входять високкомолекулярні смолы і присадки. При окисленні масел утворюються, наприклад, нафтенові кислоти, які викликають корозію деталей. При заправлянні і дозаправці гідросистем, а також при заміні рідини після відпрацьованого терміну відкритим способом, наприклад, відромом, де є велике заповнення повітря, спостерігається значна забрудненість рідини, оскільки при відкритому способі на заправлянні, дозаправку і заміну рідини потрібний час — 10 хв. Такий метод заправлення приводить, крім того, до забруднення навколишнього середовища.

Забруднення в процесі виготовлення і вимірювання елементів гідросистем. При виготовленні, збірці і випробуванні забруднення в робочу рідину попадали в таких випадках, якщо для ущільнення робочих з'єднань застосовують:

- неправильно вибрані матеріали (текстильні матеріали, фарба, густе змащування і др.); збірку елементів гідросистеми (насоси, золотники, клапани), а також відладку і регулювання (іноді з розбиранням і збіркою окремих елементів) проводять в приміщеннях із заповненою атмосферою і на забруднених робочих

місцях; зібрані елементи погано обчищені від змащувачів і наявних на поверхнях забруднень.

- неправильно вибрані інструменти і пристосування можуть порушити цілісність ущільнень або робочих поверхонь деталей, в результаті в рідину попадають металеві частинки.

При монтажі трубопроводів їх доводиться підгинати або виправляти за допомогою неправильно вибраних інструментів або місцевого нагріву. В цих випадках від поверхонь труб можуть відділятися металеві частинки, окисина.

При механічній обробці окремих деталей в процесі зорки (свердлення отворів під штифти, нарізка різьблення, притирання) в рідину також попадали частинки металів.

При роботі гідросистеми всі ці забруднення, а особливо продукти притирання (паста парафін, стеарин, віск, в'язкі бору, кремнію, електрокорунд, алмазні зерна.), поступово вимиваються рідиною і починають разом з нею циркулювати в гідросистемі, збільшуючи знос поверхонь, що труть.

Визначення джерел забруднень на заводах виготовників елементів гідрообднання показало, що наряді заводів випробувальні стенди відкриті і в них попадали різні механічні забруднення. Зміст таких забруднень може коливатися в межах 0,004—0,024% по масі; гранулометричний склад забруднюючих частинок в стендах до 10 мкм — 80—92%; від 10 до 20 мкм — 3—10%; від 20 до 30 мкм — 1—5%.

На складальних ділянках заводів не завжди дотримуються правила чистоти. В більшості випадків збірка гідросистем проводиться в загальному складальному цеху. Мазтила для випробування гідросистем застосовуються неочищені і багато разів використані.

Забруднення в процесі експлуатації гідросистем. Щонайбільша кількість забруднень попадає в робочі рідини в процесі експлуатації гідросистем.

За рахунок зносу елементів гідросистеми робочі рідини забруднюються безперервно самими різними видами забруднювачів. При нагріванні рідин в процесі експлуатації збільшується кількість опадів.

Залежно від якості очищення робочої рідини термін служби гідромашин може бути збільшений або знижений у декілька разів [1, 8 – 12]. Сміття в гідроприводі забруднюючих речовин викликає стирання поверхні гідроагрегатів. В результаті знос швидко прогресує і термін служби машин скорочується.

Найбільш небезпечні для гідроприводу неорганічні частинки, що є частинками кварцу, польового шпату, оксидів алюмінію, заліза. Твердість цих частинок, особливо кварцу і оксидів алюмінію істотно вище за твердість металів, з яких виготовлені деталі самого гідроприводу, в т.ч. пари, крестовина (наприклад, золотник - корпус гідророзподільника, деталі гойдають вузла гідромотора або насоса).

Процес дії цих частинок простий. Частинки разом з потоком робочої рідини, потрапляючи в зазор пари, що труться, розривають масляну плівку і своїми гострими кінцями висікають на поверхні пари, що труться, як абразив наждачного паперу на оброблювану поверхню. Звичайно, цей процес розтягнутий в часі, але чим брудніше рідина, тим інтенсивніше до допустимого зносу скорочується, ресурс зменшується, матеріальні витрати збільшуються. Якщо ж частинки більше 45 мкм, то «внутрішні млинні жорна»: золотник і корпус, що гойдають вузли, дроблять їх своїми кромками, одночасно зношуючи самі. Якщо до експлуатації нових гідророзподільників радіальний зазор в прецизійних парах складає від 6-8 мкм, то в процесі експлуатації він збільшується до 32-46 мкм. Важливо за який час роботи екскаватора прийде до цієї межі: через рік або через 10 років і відповідно цілком фінансово вигідно понесемо мінімум або ремонтуємо зношені вузли за весь період експлуатації техніки аж до її списання на металобрухт.

При цьому ці середні числа можуть суттєво виходити за вказані межі в залежності від умов навколишнього середовища, стану і якості системи захисту гідроприводу від забруднення [10, 11]. Багато дослідників мають думку, що найбільша кількість забруднень потрапляє в робочі рідини в процесі експлуатації гідросистем. За рахунок зносу елементів гідросистеми робочі рідини забруднюються безперервно самими різними видами забруднювачів. При нагріванні рідин в процесі експлуатації збільшується кількість опадів.

1.2 Основні методи і обладнання для очистки робочої рідини

Очищення робочих рідин гідроприводів здійснюється двома основними методами: у силовому полі і фільтруванням. Прочому такі методи використовуються як в стаціонарних, мобільних установах по очищенню робочих рідин, так і на вбудованих системах, що фільтрують безпосередньо в гідроприводі.

Гравітаційне очищення (рис. 1.1). Для твердої частинки, що знаходиться в робочій рідині, діють сили гравітаційна і виштовхуюча (архимедові), направлені вертикально в протилежні сторони.



а – статичний ; б – статичний з плавучим приймачем ; в – динамічний ; г – багатоярусний ; д – гнотостійкий

Рисунок 1.1 - Схеми основних типів відстійників

Час, необхідний для очищення робочої рідини в статичному відстійнику, залежить від її рівня

$$\tau_{oc} = \frac{h}{v}, \quad (1.1)$$

де h - висота рівня рідини у відстійнику; v - швидкість осадження частинок, знайдена по залежності.

При використанні динамічних відстійників на очищення рідини витрачається значно менше часу, оскільки рідина з цих пристроїв видається безперервно. У простому динамічному відстійнику невідбезперервного дія (рис. 1.1, в) механічні забруднення повністю осідають за умови

$$\tau_n \geq \tau_{oc}, \quad (1.2)$$

де $\tau_n = \frac{V_{OT}}{a}$ - час перебування рідини у відстійнику,

$V_{OT} = S_{OT} \cdot h$ - об'єм рідини у відстійнику;

S_{OT} - площа поверхні відстійника.

Для лінійного руху рідини в динамічному відстійнику можна знайти умову, при якій в ній осідають частинки забруднень:

$$S_{OT} \geq \frac{V}{v} \quad (1.3)$$

Продуктивна спроможність динамічного відстійника пропорційна площі його поверхні і не залежить від рівня рідини.

Недоліками цього способу очищення робочої рідини є:

- тривалість процесу очищення, оскільки цикл роботи відстійників включає повнення ємкості рідиною, її відстоювання до повного осідання механічних забруднень в осад, видалення осаду;

- необхідність термостатування (покриття теплоізоляцією екранування від сонячних променів і так далі) відстійників, так як при наявності градієнта температур проміж різними точками об'єму рідини виникають конвекційні струми, що перешкоджають осадженню частинок

Такий спосіб очищення можна рекомендувати тільки на випадок механізації при одночасному поєднанні зберігання і очищення робочих рідин.

Відцентрове очищення. При використанні цього способу механічні забруднення віддаляються з робочої рідини під дією відцентрової сили, погортає переміщає частинку від центру поля до його периферії. На частинку в цьому випадку діє виштовхуюча сила (архимедова), невідмінна протилежно відцентровою. Сила, що діє на частинку при відцентровому очищенні:

$$T = G_{\text{ц}} \cdot A_{\text{ц}} = C_{\text{об}} \cdot l^3 \cdot a_{\text{ц}} (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ч}}), \quad (1.4)$$

де $C_{\text{об}}$ - коефіцієнт об'єму, залежний від форми частинки і характеризує її відхилення від форми кулі;

l - характерний лінійний розмір частинки (діаметр кулі);

$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$ - відцентрове прискорення;

$v = \omega r = 2\pi n r v$ - окружна швидкість частинки;

r - радіус обертання частинки;

n - частота обертання.

На частинку діє також гравітаційна сила, але значно менше, ніж відцентрова і тому при розрахунку процесів очищення нею можна ігнорувати.

Опір руху частинки чинить сила опору робочої рідини, яка визначається законом Ньютона - Петрова:

$$R = C_n \cdot v_{\text{ж}}^2 \cdot \rho_{\text{ж}} \frac{dv}{dn}, \quad (1.5)$$

де C_n - коефіцієнт, залежний від форми частинки, характеризує відношення між її поверхнею і поверхнею рівнооб'ємної кулі;

$v_{\text{ж}}$ - кінематична в'язкість рідини;

$\frac{dv}{dn}$ - зміна швидкості руху частинки щодо рідкого середовища в напрямі,

перпендикулярному до напрямку руху частинки;

v - швидкість руху рідини в кожній точці середовища;

n - відстань від частинки до даної крапки.

Швидкість осадження механічних забруднень у рідині при відцентровому очищенні

$$v = \frac{dr}{d\tau}, \quad (1.6)$$

де τ - час.

Звідси час осадження

$$\tau = \frac{r_{\text{вн}} - r_{\text{вн}}}{v}, \quad (1.7)$$

де $r_{\text{вн}}$ - радіус відповідно внутрішньої і зовнішньої стінки відцентрового очищувача.

Вирішення виразу у загальному вигляді аналітичним методом неможливо, тому використовують графічний метод і знаходять час осадження частинок.

Відцентрове поле при очищенні рідини створюють двома способами: у першому потік рідини обертається навколо нерухомого корпусу апарату (гідроциклони), в другому потік робочої рідини рухається з ротором апарату (центрифуги). Розглянемо принцип дії і області застосування гідроциклонів і центрифуг.

У гідроциклоні відцентрова сила виникає внаслідок об'єднаного руху рідини в нерухомому корпусі циліндрової, циліндро-конічної або конічної форми.

Достоїнствами цих апаратів є компактність і простота обслуговування.

Проте вони мають ряд серйозних недоліків, що обмежують їх застосування.

Гідроциклони створюють досить високий гідравлічний опір потоку рідини, а швидкість руху частинок в них значно менше, чим в центрифугах, тому при малих розмірах частинок ефективність очищення низька, а застосування гідроциклонів, як вбудованих засобів очищення робочих рідин в гідросистемах поки не

набуло поширення. Принципова схема роботи гідроциклона з тангенціальним завихрювачем зображена на рис. 1.2.



1 - корпус; 2 - конус; 3 - грязьова камера; 4 - вихреуловитель; 5 - камера відведення очищеної робочої рідини

Рисунок 1.2. Схема роботи гідроциклона з тангенціальним завихрювачем

Через ряд достоїнств, як зробили очищення робочих рідин в стаціонарних, мобільних і вбудованих в гідросистему установка, в даний час широко застосовуються центрифуги. Їхніх відцентрова сила виникає внаслідок обертання рухомої частини центрифуги - ротора. За типом приводу ротора центрифуги діляться на активних і реактивних. У першому випадку ротор приводиться в рух від стороннього джерела енергії, в другому використовується енергія потоку рідини.

Ефективність очищення робочих рідин від механічних забруднень в центрифугі визначають параметри створюваного динамічного поля. На практиці зручніше розглядати не відцентрове прискорення, а його відношення до приско-

рення вільного падіння. Ця безрозмірна величина в гідравліці отримала назву критерію Фруда, а в техніці центрифугування її іноді називають коефіцієнтом розділення

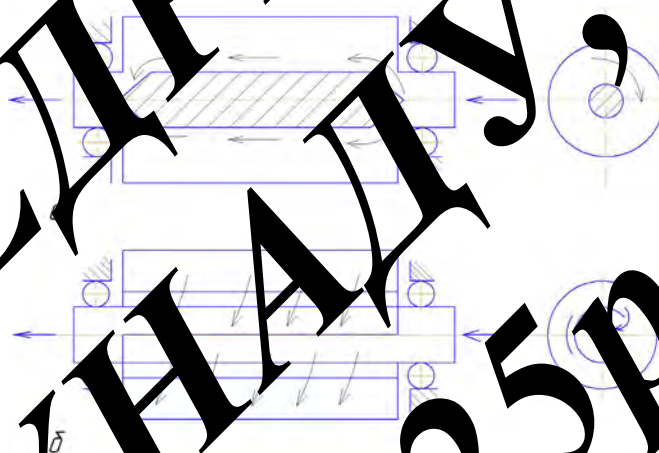
$$F_r = \omega^2 \cdot R / g = v^2 / r \cdot g \quad (1.8)$$

де R - радіус ротора центрифуги.

Із залежності видно, що критерій Фруда змінюється в прямо пропорційній залежності від швидкості, отже, ефективність очищення збільшується. Проте в цьому випадку зростають вимоги до міцності, стійкості ротора, що приводить до ускладнення конструкції і тому подібне.

Конструкції центрифуг велими різноманітні і розрізняються принциповими схемами пристрою самого апарату, так і компоновкою його окремих вузлів.

Найбільш простими по пристрою є товстошарові (трубчасті) центрифуги, частина яких ротора, що обертається, виконана у вигляді порожнистого циліндра, а рідина може рухатися уздовж його осі (рис.1.3, а) або в поперечному напрямі (рис.1.3, б).



а – ось надведення рідини, б – по всій довжині ротора

Рисунок 1.3 - Товстошарова (трубчаста) центрифуга

Товстошарові центрифуги придатні тільки для грубого очищення рідин, оскільки частинки забруднень з внутрішніх шарів рідини повинні пройти великий шлях, перш ніж зможуть осадитися на стінці центрифуги, тому дрібні частинки не досягають стінки і несуться потоком рідини. Для підвищення тонкості очищення розроблені тонкошарові (камерні) центрифуги, в яких ротор за допо-

могою різного роду вставок (циліндрових, конічних, спіральних, так далі) розділений на декілька камер і шлях частинки значно менше, ніж при традиційному центрифугуванні (рис. 1.4).

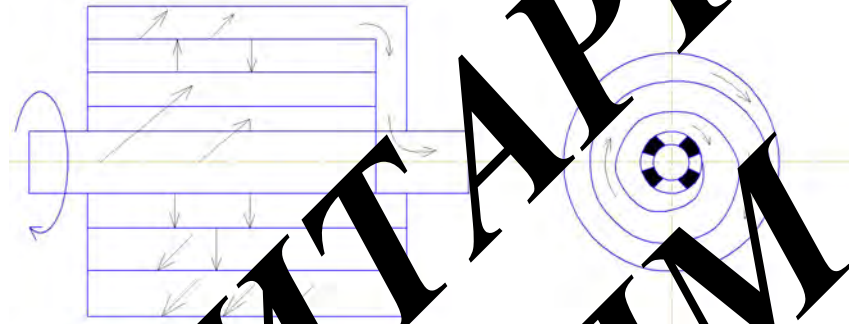


Рисунок 1.4 - Тонкошарова центрифуга з аксіально-спіральною вставкою

Широкого поширення набули центрифуги, ротор яких або вставки мають конічну форму, а рідина рухається вздовж створюючої конуса (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 - Центрифуга з конічними вставками

Існує багато і інших конструкцій центрифуг. Великий вплив на ефективність роботи центрифуги надає конструкція пристроїв для утримання уловлених механічних домішок і для їх відділення.

Магнітне очищення. При використанні цього способу з робочої рідини можна уловлювати тільки феромагнітні частинки, тому даний спосіб може застосо-

уватися у поєднанні з іншими способами. Основна його гідність полягає в тому, що феромагнітні частинки розміром менше 0,5 мкм практично неможливо виділити іншими засобами, окрім магнітного очищення.

При русі частинки в робочій рідині на неї діє сила гідравлічного опору і вона осідає в тому випадку, якщо магнітна сила більше сил гідравлічного опору. Цей процес теоретично вивчений недостатньо, проте проведені експериментальні дослідження вже дозволили використовувати цей метод на практиці. Як показує досвід використання даного методу як джерело створення магнітного поля використовують постійні магніти або електромагніти. Перші дозволяють отримати вищу напруженість магнітного поля, чим електромагніти при однакових габаритних розмірах і масі.

Як матеріал для магніта використовують магніто (АНКО-4) і ферритно-барієві магніти. Головний недолік цього способу очищення рідин полягає в тому, що він дозволяє відділити тільки феромагнітні забруднення, тому рекомендується його використовувати у поєднанні з іншими способами очищення.

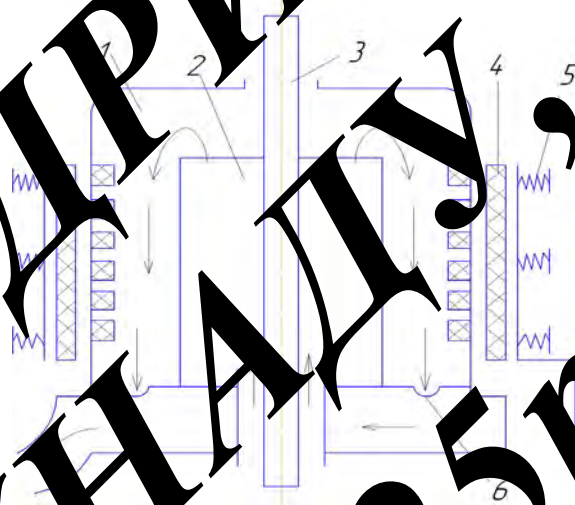
Вібраційне очищення. Цей спосіб заснований на використанні поля пружних коливань, що створюються вібраційними перетворювачами. При накладенні поля пружних коливань на робочу рідину відбувається коагуляція механічних забруднень, що сприяє надалі їх видалення з робочої рідини шляхом гравітаційного осідання або іншим способом.

Використовують два типи очищувачів: високочастотні і низькочастотні. У першому випадку джерело пружних коливань застосовують магнітострикційні або п'єзоелектричні перетворювачі, а другому - електродинамічні або електромагнітні вібратори. Слід зазначити, що вібраційне очищення робочих рідин поки не отримало практичного втілення. Процес розульці механічних домішок забруднення в робочій рідині гідроприводів при використанні цього способу вивчений недостатньо, а експериментальні дослідження на інших рідинах показують, що тривала дія поля пружних коливань приводить не до коагуляції, а до диспергування механічних забруднень.

Комбіновані методи очищення. Ці методи очищення засновані на застосуванні одночасно декількох силових полів або силового поля фільтрування. Розглянемо ряд запропонованих технічних рішень по використанню комбінованих методів очищення. Найбільший інтерес представляє сумісна дія відцентрового і електричного полів, яке застосовується в центрифугах з електризатором.

Тут електричне поле створюється підключенням напруги від стороннього джерела або ж в результаті трибоелектричного ефекту, що виникає при терті ротора, виготовленого з діелектричного матеріалу (фторопласт, органічного скла і тому подібне), об спеціальні електризуючі колодки. Ефективність очищення рідини в центрифугах з трибоелектризаторами можна підвищити і створенням неодноразового електричного поля.

На рис. 1.6 зображена тонкошарова реактивна центрифуга, в якій електричне поле створюється при терті ротора об електризуючі накладки, а конфігурація внутрішньої поверхні стінки ротора збільшує нерівномірність цього поля.



1 - корпус ротора; 2 - стінка; 3 - вісь; 4 - електризуюче обладнання;
5 - нажимний пристрій; 6 - форсунка

Рисунок 1.6 - Відцентровий електроочищувач

Сумісна дія відцентрового і магнітного полів застосовується у відцентрових пристроях, в роторі яких встановлені постійні магніти для утримання феромагнітних частинок.

Представляють інтерес фільтри з магнітним екраном фірми Morvel (США), створеним магнітними стрижнями, що встановлюються в рядки гофрованого паперового або сітчастого елемента, що фільтрує.

Магнітні стрижні, рівні по довжині висоті елемента, що фільтрує, не збільшують його габаритних розмірів і забезпечують створення рівномірного магнітного поля по всій поверхні, що фільтрує.

Відомі і інші конструкції по очищенню робочих рідин на основі комбінованих методів, проте належного поширення вони ще не набули. Це пояснюється, в першу чергу, слабким теоретичним дослідженням процесів очищення і складністю конструкцій на основі цих методів.

1.3 Патентний поступ і основні напрямки розвитку обладнання для очистки робочої рідини [2, 11]

У гідролізованих будівельних і дорожніх машинах робоча рідина (РР) виконує функцію робочого тіла, мастильним і охолоджувальним агентом пар тертя, середом, що видаляє з пар тертя продукти зношування й деталей, що забезпечує при тривалій експлуатації захист, від корозії [1]. Забруднення РР, особливо твердими (механічними) частками, що попадають у РР ззовні або утворилися в результаті зношування деталей пар тертя гідроагрегатів, знижує ресурс роботи гідроагрегатів і гідроприводу в цілому.

Очищення РР від механічних включень, що затримуються в них, використовують фільтри, які за принципом дії діляться на механічні фільтри (з фільтруючими перегородками) і глибокі фільтри, які були розглянуті в попередньому підрозділі.

У механічних фільтрах частки забруднень затримуються в основному на поверхні фільтруючої перегородки (поверхневі механічні фільтри) або в порах капілярів фільтруючої перегородки, розташованих на більшій або меншій глибині від поверхні (глибинні механічні фільтри).

Для виготовлення фільтруючих перегородок використовуються металева сітка, профільований дрiт, металеві пластини, папір, повсть (пер), пористий метал, пластмаса, кераміка, металокераміка, комбіновані матеріали й т.д. Фільтруючий матеріал для перегородок вибирають із обов'язковими наступними основними характеристиками: необхідної тонкості фільтрації, гiдрравлічного опору й терміну служби до регенерації (очищення) або заміни.

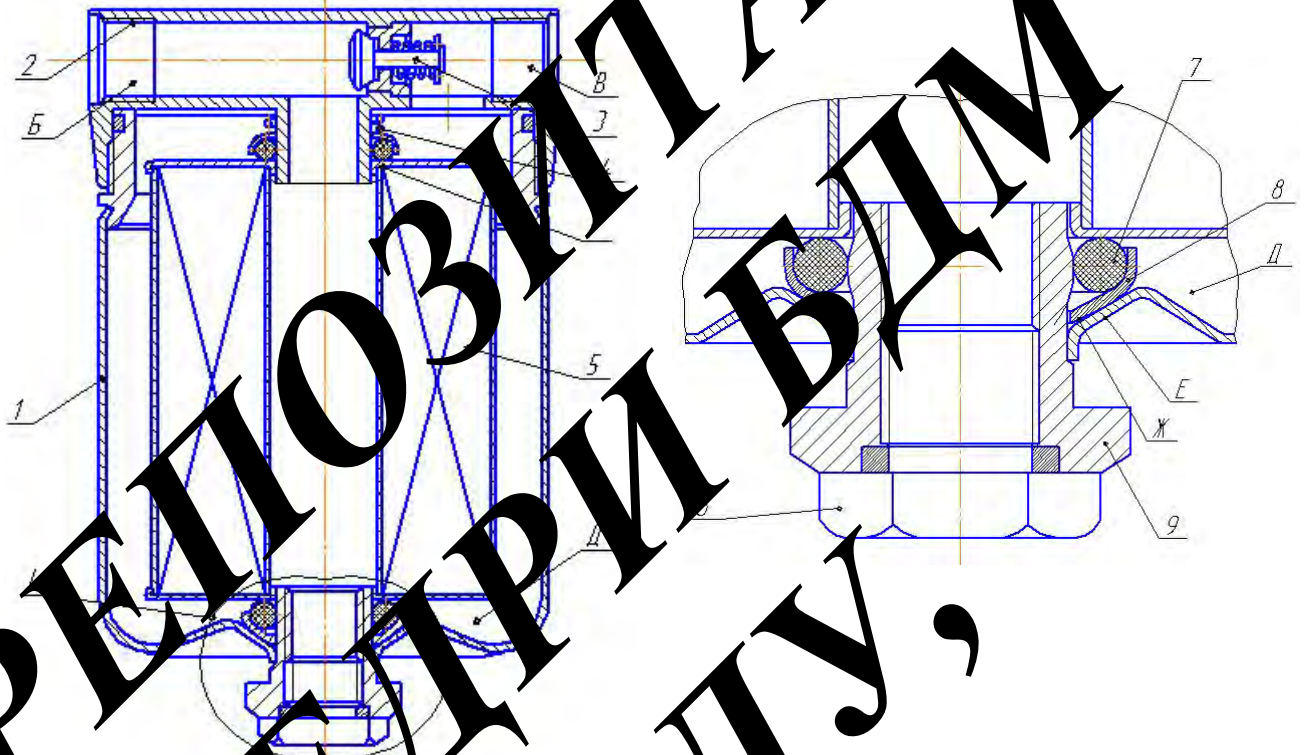


Рисунок 1.7 – Механічний фільтр відстійного типу з пропусним клапаном

Підвищеним ресурсом зручністю експлуатації вирізняється механічний фільтр [2] із пропусним клапаном 3 (рис. 1.7), що спрацьовує при досягненні певного перепаду тиску між вхідною й вихідною порожнинами фільтра, при цьому РР, минаючи фільтруючий елемент з'являється на злив. Гiдрравлічний фільтр відстійного типу містить корпус з різьбовою кришкою із вхідним В і вихідним А різьбовими отворами для РР і штуцер 9, закритий різьбовою пробкою 6. Днище корпуса виконане у вигляді кільцевого гофра Е з опуклістю у бік порожнини Д корпуса. На штуцері зі сферичною ділянкою Ж, центр якого розташований на осі штуцера, установлена опукла шайба 8, взаємодіюча з гофром Е. Між

шайбою й нижнім торцем фільтруючого елемента розміщений вимове ущільнювач-ное кільце 7 круглого поперечного перерізу. Фільтруючий елемент зафіксований у корпусі за допомогою упору Г кришки 2 і пружини 4. При перекосі фільтруючого елемента шайба 8 з, компенсуючи невідповідності розташування опорних поверхонь і забезпечуючи постійний притиск нижнього торця фільтруючого елемента до ущільнювального кільця по всьому периметрі, крім тих самим розгерметизацію чи порожнин відносно одне одного.

Частки механічних забруднень, закріпані на стінках фільтруючого елемента, осідають на дно корпусу. При експлуатації фільтра механічні забруднення, що скопилися на дні корпусу, видаляють із корпусу, а фільтруючий елемент промивають або заміняють новим.

Компактну конструкцію зі зручним кріпленням мають гідравлічні механічні фільтри серії FM [4], що випускаються фірмою Hydac Filtrertechnik GmbH (Німеччина). Фільтри використовуються в силових гідросистемах і відрізняються більшим терміном служби.

Малими гідравлічними вратами й масою відрізняються механічні фільтри типу 0FZDK0008-0120 [4], що випускаються фірмою EPF GmbH (Німеччина). Фільтри розраховані на тиск, що очищається PP, до 0,1 Мпа.

Зручна в експлуатації, невеликих розмірів й маси фільтраційна установка [5], що випускається фірмою FSP Fluid systems Partners GmbH (Німеччина), призначена для очищення PP гідросистем від механічних забруднень. Установка містить у собі механічний фільтр такого очищення F1001 й насосний агрегат продуктивністю до 16 л/хв і систему трубопроводів.

Фірма Mahle Filtertechnik GmbH (Німеччина) випускає надійні в роботі механічні фільтри для очищення PP систем гідросистем [6], у яких для фільтруючих перегородок (фільтроелементов) використовують скловолокнисті матеріали, пластмасу, целюлозу й різні тканини. Фільтри випускають трьох типів: для роботи в гідросистемах з тиском PP до 6,3; 6,3...21 і 21...45 Мпа. Фільтри постачені реєстраторами забруднень. Конструкція фільтрів відповідає вимогам норм DIN 24550.

Високий ступінь очищення великої кількості РР забезпечує механічний фільтр [7], що містить корпус 3 (рис. 1.8), усередині якого встановлені 12 фільтроелементів 4, оточених сітчастими металевими склянками 2. Корпус закритий металевою кришкою 8 і має вхідний 11 і вихідний 13 патрубки. Фільтроелементи встановлені у фланцях 9 і 12, закріплені на центральній трубі 1 за допомогою осьової шпильки 6, упору 5 і внутрішньої кришки 7. Вхідний патрубок має відбійник 10 для рівномірного розподілу потоку, що очищає РР у корпусі фільтра.

Робоча рідина надходить на очищення через патрубок 11 у корпус фільтра, проходить через сітчасті склянки і фільтроелементи і збирається в колекторах Б і В. Потім очищена РР, проходячи через трубу й через отвір в упорі 5, виходить із фільтра через патрубок 13.

Фірма Milatron Marketing 3. (США) випускає фільтраційні установки серії Simclean M марок MA358, MA359, MA322, MA360 [8] для очищення РР від механічних забруднень. Установки працюють під високим тиском РР і зручні в експлуатації.

Ефективне очищення РР силових гідросистем від механічних часток забезпечує каскадний фільтр [9], що складається з п'яти ступенів 12 (рис. 1.9); патрубками, що підводять 9 і відводять 7 РР, з'являючись на циліндричному корпусі 77, розділової перегородки 14 з кільцевою канавкою 4 і кільцевим виступом 5, запірного пристрою з кільцевих гумових прокладок 10, 11, 13, 15, 18, зовнішнього фільтруючого елемента 3, встановленого в кільцевій канавці 4 і ущільненого по торцях кільцевими виступами 5 і 7, чотирьох фільтруючих елементів 16, встановлених у гнізда розділової перегородки.

До розділової перегородки приєднана трубка 19, через яку проходить потік РР, що фільтрується і на яку нагвинчується ганг 20, що служить для притиску пристосування 21. У підставі виконано кільцеву проточку 8, що є зливальною камерою.



Рисунок 1.8 - Механічний фільтр з фільтроелементами

Кільцеве ущільнення 11 герметизують внутрішні фільтруючі елементи 16 у гніздах розділової перегородки; ущільнення 10 перешкоджає прямому переливанню РР, що фільтрується у зливальну камеру, минаючи фільтруючі елементи 3 і 16; ущільнення 18 перешкоджає проходженню РР вразі по внутрішніх фільтруючих елементів 16, минаючи фільтруючий елемент 3, а кільцеві прокладки 13 і 15 герметизують зовнішній контур фільтра.



Рисунок 1.9 - Механічний каскадний фільтр

Фильтруемая РР від насоса під тиском надходить через патрубок, що підводить, і трубу в циліндричний корпус. Далі РР, проходячи через зовнішній фільтруючий елемент і внутрішні фільтруючі елементи, надходить у зливальну камеру підстави й виходить через патрубок, що відводить. Зовнішній фільтруючий

елемент виконаний з більшими порами, чим внутрішні фільтруючі елементи, тому спочатку затримуються більші частки забруднень, а потім – більше дрібні. Тим самим підвищується гря-земкість фільтра, поліпшується якість фільтрування й збільшується ресурс фільтруючих елементів. Завдяки тому, що внутрішні фільтруючі елементи встановлені в гніздах розділової перегородки з кільцевими ущільненнями, а зовнішній фільтруючий елемент ущільнений по торцях кільцевими виступами, підвищується надійність фільтра.

Фірма Hydac Filbertechnik GmbH (Німеччина) випускає ефективні в роботі фільтраційні установки [10], які не тільки витягають з РР силових гідросистем тверді частки розміром більше 10 напівтемних, але й знижують зміст у ній повітря. Установки зручні в експлуатації й мають великий термін служби.

Зручну в роботі пересувну (на коліщата) установку Alfa Pure Z3, за допомогою якої очищаються від механічних включень РР силових гідросистем [11], випускає фірма Alfa Laval & S. (США). Установка займає площу 1,67 м². У системі керування установкою використовується програмувальний контролер, і очищення РР здійснюється автоматично.

Фірма Sanborn Technologies & S. (США) випускає зручні в експлуатації пересувні фільтраційні установки типу Turbo T-4-3P [12] для очищення РР відцентровим силовим колесом від часток забруднень крупніше 5 напівтемних і мають продуктивність до 15 л/хв.

Фірма Internormen Technologie GmbH (Німеччина) випускає систему безперервного відстеження ступеня забруднення твердими частками РР об'ємного гідроприводу машин і механізмів [13]. Датчики, установлені в різних крапках силової гідросистеми, реєструють частки розміром більше 20 напівтемний. Система має клавіатуру й придатна для настінного монтажу.

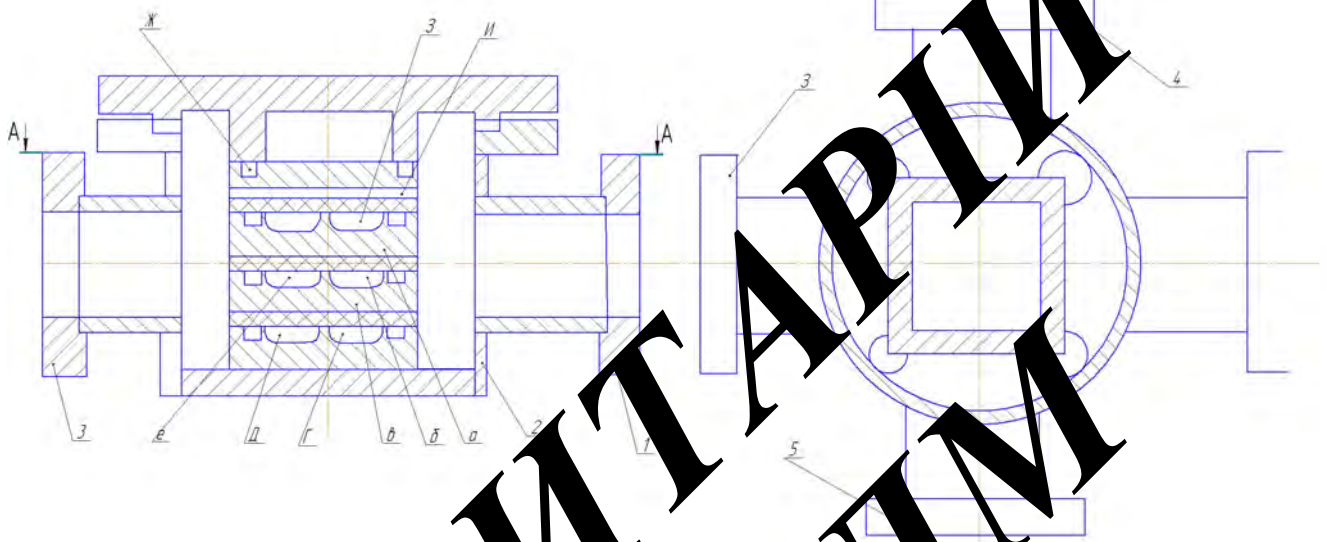


Рисунок 1.10 - Механічний фільтр прямиоточного типу

Механічний фільтр прямиоточного типу [14], (рис. 1.10), дозволяє фільтрувати РР із одразу ж очищенням частини фільтруючих поверхонь. Забруднена РР подається в циліндр із чотирьох патрубків фільтра, наприклад у патрубок 7, і попадає в канали а, в, і, заповнені фільтруючим матеріалом. Очищена РР виводиться через патрубок 3. При повороті корпуса 2 на 90° за годинниковою стрілкою (тобто по напрямку потоку забрудненої РР) РР очищається фільтруючим матеріалом, розташованим у каналах б, г - з, а регенерація фільтруючого матеріалу в каналах а, в, і здійснюється подачею РР у патрубок 4 і відводом її із забруднюючими частинками через патрубок у спеціальну ємність. Фільтр відрізняється невеликими розмірами й масою й дозволяє здійснювати безперервне очищення РР.

Для очищення РР від твердих часток розроблений механічний фільтр [15], що відрізняється простотою конструкції, рівномірністю відпрацьовування фільтруючих патронів, швидкістю їхньої заміни, великою металоємністю. Фільтр містить у собі фільтруючі патрони 4 (рис. 1.11), вхідний 13 і вихідний патрубки подачі й відводу РР; раму, що містить обід 8 з регульованими по висоті стійками 7; фігурні пластини Р, що опираються на обід; центральну опору 5, нижня й верхня частини якої постачені відповідно до вхідних 11 і вихідних колекторами, з'єднаними променеподібними трубопроводами 6 з фільтруючими патронами. При цьому трубопроводи з'єднані з колекторами нероз'ємними з'єднаннями, а з фільт-

руючими патронами за допомогою накладних гайок 2. Крім того, фігурні пластини з'єднані ребрами 10 із вхідним колектором 11, а на вхідному патрубку 13 змонтований штуцер 12 зливу РР із фільтруючих патронів. Робоча рідина, що підлягає очищенню, подається по вхідному патрубку (при закритому штуцері) у вхідний колектор, з якого, автоматично рівномірно розподіляючись по трубопроводах, надходить у фільтруючі патрони. Проходячи шар фільтруючого матеріалу в патронах, РР очищається від домішок і по верхніх трубопроводах надходить у вихідний колектор, з якого придіється через патрубок 6. При заміні фільтруючих патронів припиняють подачу, що очищається РР, через відкритий штуцер зливають із фільтра РР. Потім відкрутують накладні гайки, знімають фільтруючі патрони й замінюють їх новими.

Фірма J.Giebel Kerttechnik GmbH (Німеччина) розробила спеціальний адсорбер Duo-Ment на основі активованого вугілля, що поглинає із РР вологу й водяні пари й надійно захищає РР на молекулярній основі в різних гідросистемах від прискореного старіння [12].

Самоочисний механічний фільтр [12] має великий ресурс і характеризується низькими експлуатаційними витратами. Вступний патрубок 2 (рис. 6) забруднена РР входить у внутрішні порожнини фільтруючих елементів 1 і 6 (у лівій половині фільтра) із двох сторін, залишає забруднення на їхніх внутрішніх стінках і виходить із патрубка 4. Завдяки двосторонньому входу РР у фільтруючі елементи інтенсивність потоку через фільтруючу поверхню вирівнюється, і в значній мірі вирівнюються шари забруднень. При реверсній промивці фільтра за допомогою всмоктувача 3 і системи каналів частина відфільтрованої РР зворотним потоком надходить усередину фільтруючих елементів зсередини (у правій половині фільтра), змиваючи з їхньої внутрішньої поверхні забруднення, і виходить через патрубок 5. Змивання забруднень відбувається рівномірно завдяки двосторонньому напрямку потоку РР. Така організація потоків поліпшує ефективність промивання фільтруючих елементів зменшує витрату РР на промивання й подовжує періоди між заміною фільтруючих елементів.

КАФЕДРА ЗИТАРІЙ,
РЕШОЗНАТІРІЙ,
ДНАДУ,
2025р.

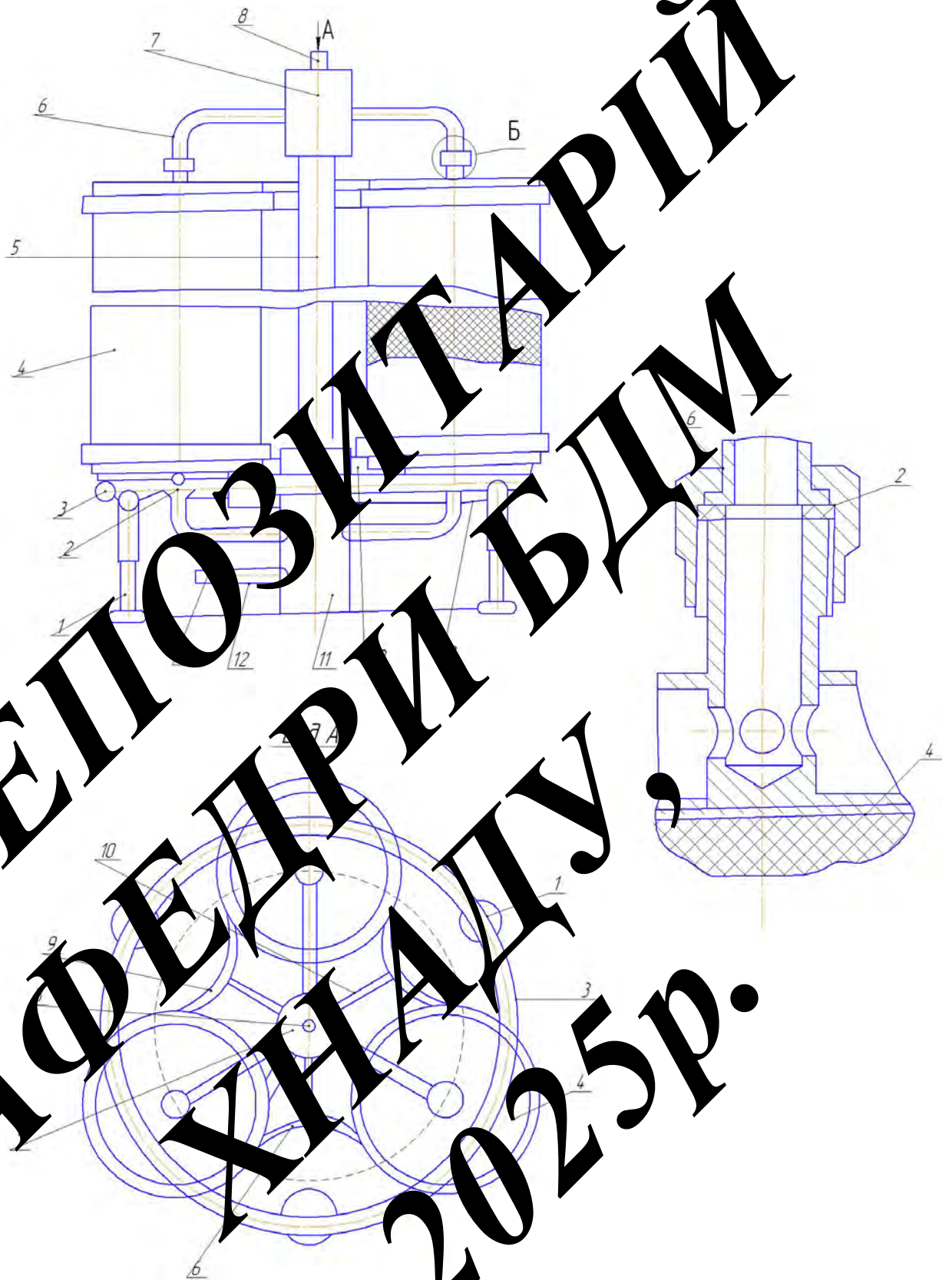


Рисунок 1.11 - Механічний фільтр з фільтруючими патронами

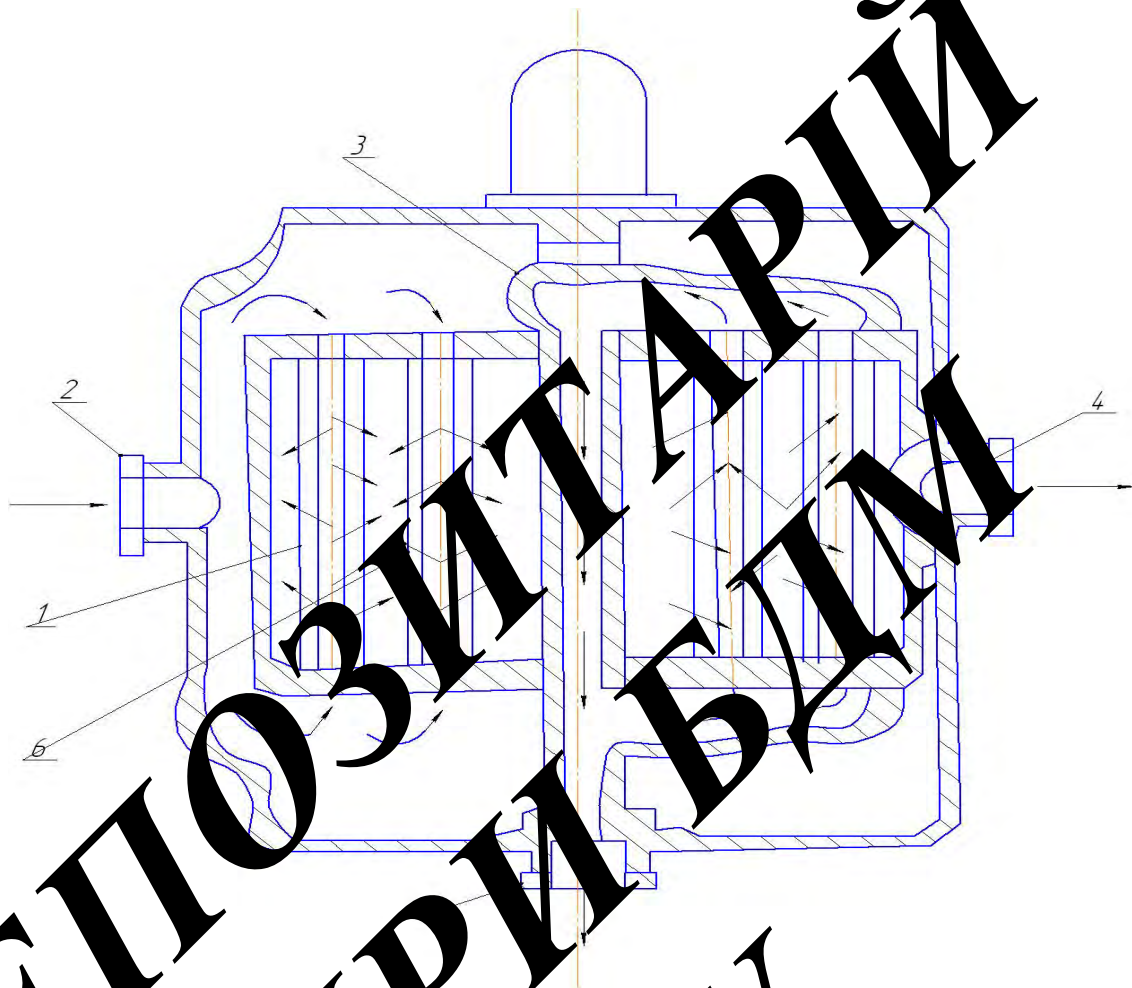


Рисунок 1.2 - Самоочищувальний механічний фільтр

Аналіз патентних матеріалів і науково-технічної літератури промислово розвинених країн показує, що створення нових конструкцій фільтрів для робочих рідин основано на гідроприводу багівельних і дорожніх машин спрямовано на забезпечення заданих характеристик по очищенню, а також на збільшення ресурсу фільтра, зменшення його габаритних розмірів, спрощення конструкції, зручності в експлуатації, застосування нових високотехнологічних матеріалів.

Метою роботи є забезпечення ефективності роботи екскаватора шляхом поліпшення:

- якості очистки робочої рідини від забруднень, включаючи повітря і воду;
- показників по втраті тиску (потужності) на очистку робочої рідини;
- живлення насосу.

Для досягнення цієї мети в дипломному проекті розглядається, розробляється і вдосконалюється бортова маслоочищувальна система електричного живлення насоса як єдина система з використанням конструктивних ідей, що запатентовані винахідниками.

РЕПОЗИТАРІЙ
КАФЕДРИ БДМ
ХНАДУ,
2025р.

2 ВДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОПРИВОДУ ЕКСКАВАТОРА

2.1 Призначення, технічна характеристика, габаритні параметри і робота екскаватора

Гідравлічний одноківшевий екскаватор ЕО-5124 (рис. 2.1, 2.2 [4]) на гусеничному ходу тракторного типу призначений для земляних робіт значного обсягу в ґрунтах I—IV категорій, а також розробки вивалених скельних і мерзлих ґрунтів з шматками розміри не більше 1/3 ширини ковша при температурі повітря від -40 до +40°С. Екскаватор використовується також в умовах кар'єрів при видобутку корисних копалин, в промисловому, транспортному і меліоративному будівництві та інш.

Екскаватори є універсальною одноківшовою повноповоротною машиною на гусеничному ході з індивідуальним гідравлічним приводом всіх механізмів, з гусеничною підвіскою робочого устаткування, з ковшами ємністю 1,0—2,8 м³.

Екскаватор складається з трьох основних частин: поворотної платформи з механізмами і канотами, ходової частини і робочого устаткування.

На поворотній платформі розміщені дизельний привід гідронасосів, привід повороту гусеничного приводу і інші елементи гідробладнання. У лівій передній частині платформи знаходиться кабіна машиніста, в якій зосереджено все управління машиною.

Ходова частина складається із зварної рами, двох приводів гусениць, гусеничних стрічок, опорних і підтримуючих катків і направляючих коліс з натяжним механізмом. До середньої рами платформи кріпиться поворотна опора. Гусеничний хід — багатоопорний, жорсткого типу.

На екскаваторі може встановлюватися наступне змінне робоче устаткування: пряма лопата, уніфікована зворотна лопата, зворотна лопата з моноблочною стрілою, навантажувач, грейфер, розпушувач, гідромолот, захватно-кліщове устаткування

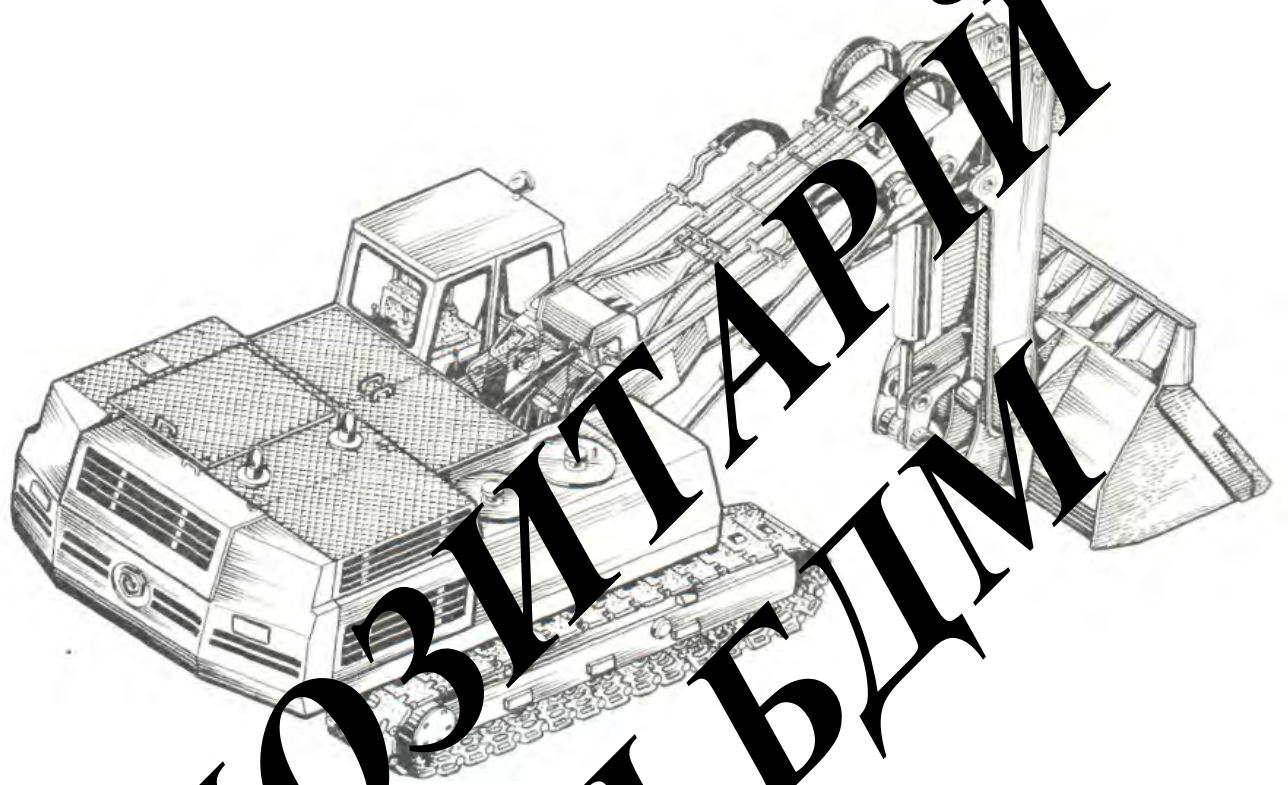


Рисунок 2.1 - Екскаватор ЕО - 5111 з робочим устаткуванням пряма лопата



Рисунок 2.2 - Екскаватор з робочим устаткуванням зворотна лопата

Екскаватор відвантажується із заводу-виробника з робочим устаткуванням: пряма лопата з ковшем ємністю $1,6 \text{ м}^3$ або зворотна лопата з ковшем ємкі-

стю 1,25 м³, або універсальна лопата (пряма з ковшем 1,6 м³ і уніфікована зворотна з ковшем 1,25 м³)

Кінематична схема екскаватора складається з окремих кінематичних ланцюгів. Привід гідронасосів, насоса і вентилятора масляного насоса здійснюється через роздаточний редуктор дизеля ЯМР-238Г.

Лівий і правий ходи отримують привід від гідромоторів через муфту, триступінчасту передачу.

Механізм повороту призначений для обертання поворотної платформи з робочим устаткуванням і складається з гідромотора і триступінчатого редуктора, максимально уніфікованого редуктором приводу ходів.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика екскаватора

Марка.	ЕО – 5124
Тип приводу	гідравлічний
Ємність коша, м ³	1,0—2,8
Максимальна частота обертання платформи, хв ⁻¹	5,9
Максимальна швидкість поресування, км/год	2,4 - 2,2 *
Подоланий ухил твердого сухого шляху, град (°)	0,349 (20°)
Найбільше зусилля копання: прямої лопати кН (кгс) уніфікованої зворотної лопати	182,3 (18,6) 185,3 (18,9)
Гідромотори: аксіально-поршневі, нерегульований реверсний, марка	210.25.13.21Б
Кількість	3
момент, що крутить. Н·м (кгс·м):	
номінальний при P=15,7 Мпа (160 кгс/см ²)	254 (26)
максимальний при P=24,5 Мпа (250 кгс/см ²)	401 (41)

Продовження таблиці 2.1

Гідроциліндри стріли: кількість (їх параметри — діаметр циліндра/діаметр штока, довжина ходу L, мм):	2 (60/90, L = 1400)
рукояті: кількість діаметр циліндра/діаметр штока, довжина ходу, мм	2 (160/90, L=1250)
Тип	золотниковий
Кількість	3
Найбільший радіус копання R, м	8,93
Найбільша кінематична висота копання, м	9,65
Засіб очистки робочої рідини	фільтрами
Найбільша висота вивантаження, м	5,10
Радіус вивантаження в транспорт при висоті вивантаження 5 м, м	5,10
Довжина планованої ділянки нерівні стоянки L, м	4,0
Маса конструктивна, т	35,5 – 36,2
Середній тиск на ґрунт, кПа (кгс/см ²)	77,4 – 82,4 (0,79...0,84)
Тривалість робочого циклу,	25

Екскаватор 1 у своєму складі має: робоче обладнання 2, силову установку 3, бак 4, кабінку 5, гідроапарат гідромоторів 7, гідромотори 8, гідроапарат гідроциліндрів 9, колектор центральний 10, гідроапарат регулювальний 11, бак фільтрів 12 (рис. 2.3, 2.4).

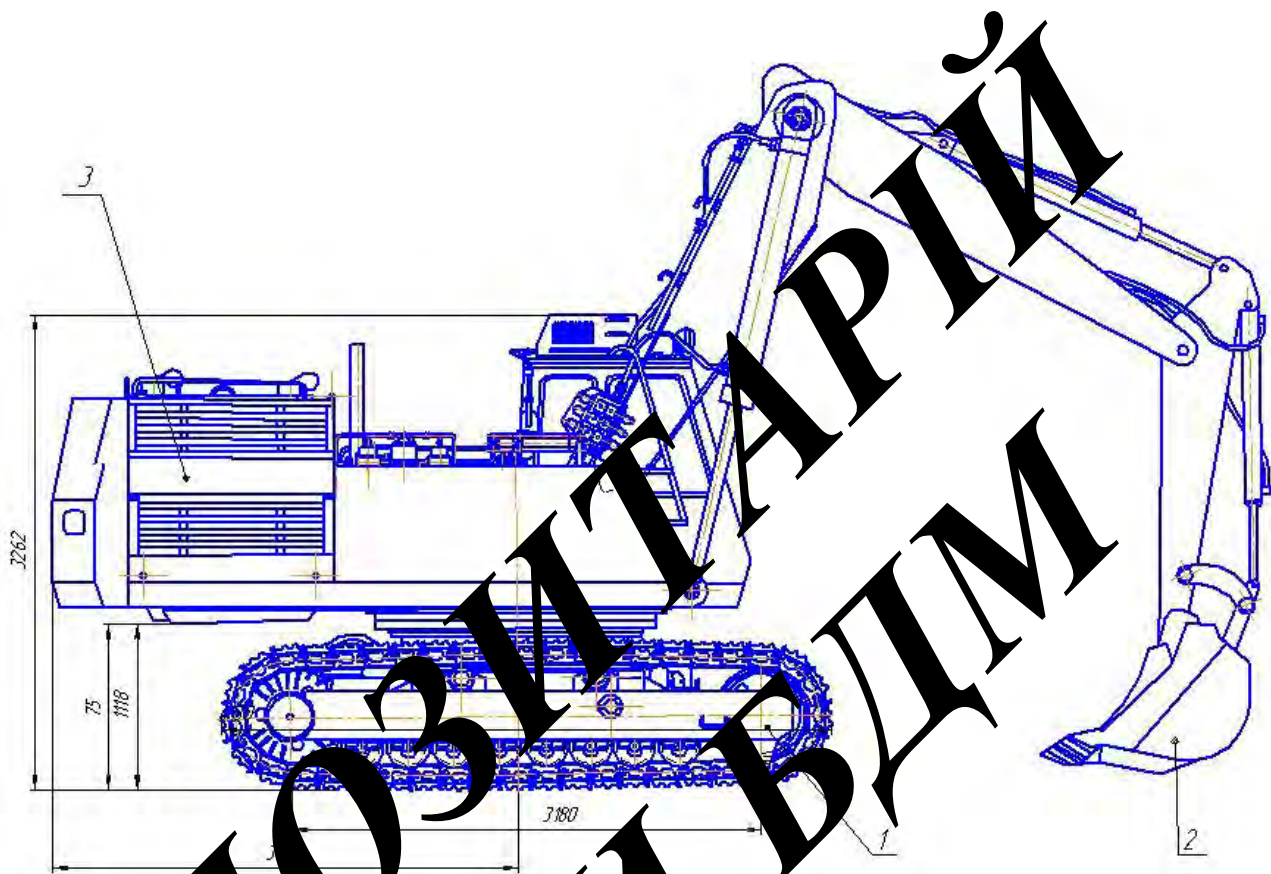


Рисунок 2.3 - Загальний устрій екскаватора

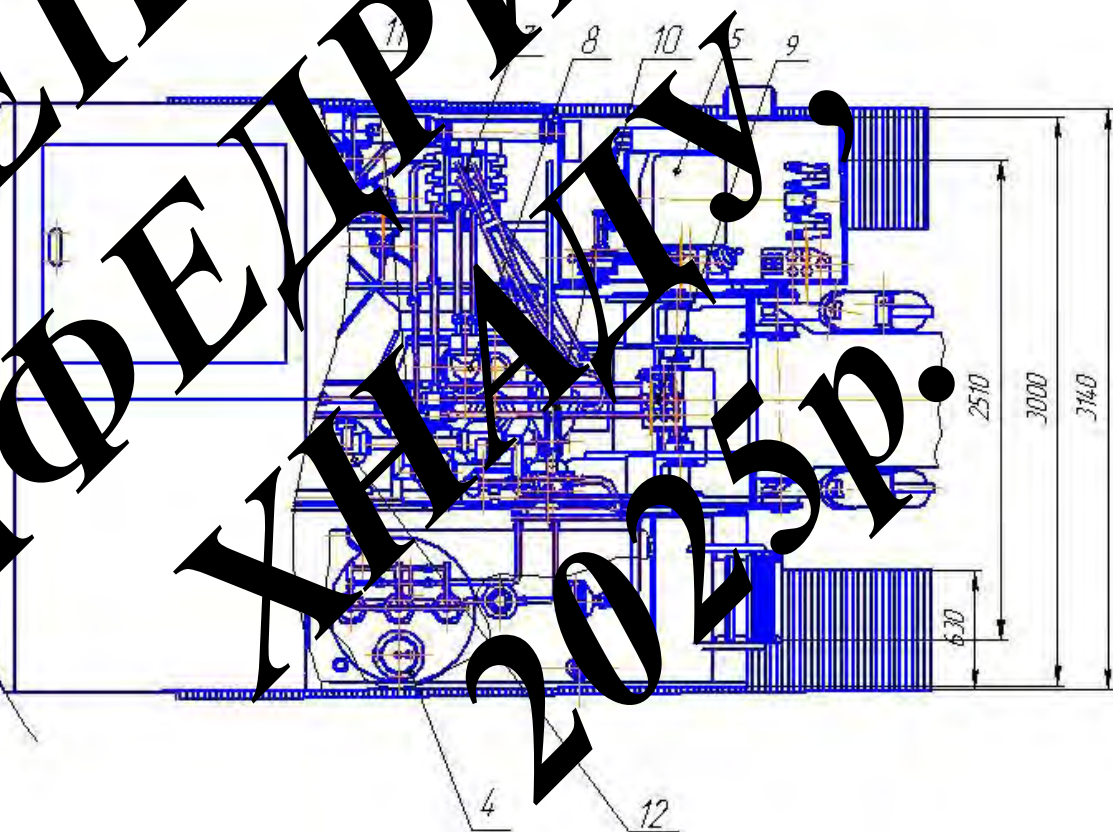


Рисунок 2.4 - Загальний устрій екскаватора
(вид зверху, продовження рисунку 2.3)

2.2 Пристрій і робота гідроприводу екскаватора

Принципова гідравлічна схема екскаватора приведена на рисунку 2.5.

Робоча рідина з гідробака насосами 16 і 19 подається двома потоками до золотників гідроапаратів 27 гідроциліндрів, гідромоторів 23 і гідроапарата регулюючого 25. На напірних лініях перед гідроапаратом гідроциліндрів встановлені зворотні клапани 26, що запобігають просіданню робочого устаткування в початкові моменти включення рукояток на блоках управління.

При нейтральному положенні рукояток блоку управління напірні лінії в гідроапаратах гідроциліндрів і гідромоторів перекриті робоча рідина проходить через відкриті золотники гідроапарата регулюючого до бака фільтрів 10, а потім через маслоохолоджувач в бак. Паралельно маслоохолоджувачу встановлений запобіжний клапан 9 маслоохолоджувача. При включенні золотників гідроапарата (розподільника) гідромоторів або гідроциліндрів, золотники гідроапарата (розподільника) регулюючого одночасно перекривають прямий злив насосів і робоча рідина по напірних лініях прямує в гідроциліндри або гідромотори.

У порожнині циліндрів або гідромоторів робоча рідина зливається через гідроапарат регулюючий в гідробак. Швидкість робочих рухів (переміщення штока циліндрів, обертання платформ і пересування екскаватора) залежить від величини переміщення золотників гідроапарата регулюючого. Система гідрокерування призначена для управління золотниками гідроапарата всіх робочих механізмів екскаватора і гальмами ходу.

Основними елементами гідрокерування схеми є: пневмогідроаккумулятор 11 з блоком гідроклапанів для однакових блоків управління, один — стрілою і повшем, інший — поворотом платформи і рукояттю, третій — ходом; педальний блок управління 18 для безнасосного опускання стріли; блок клапанів 17 для управління ходом; блок клапанів 2, що забезпечує блокування включення механізмів робочого устаткування; клапани „Або" 24, що забезпечують включення кожного золотника гідроапарата регулюючого від однієї з двох ліній управління, що підводяться до клапана; два двозолотникові блоки 12, один трьохзолот-

никовий блок 15. Магнітний фільтр 5 очищає робочу рідину в з'єднанні магістралі управління.

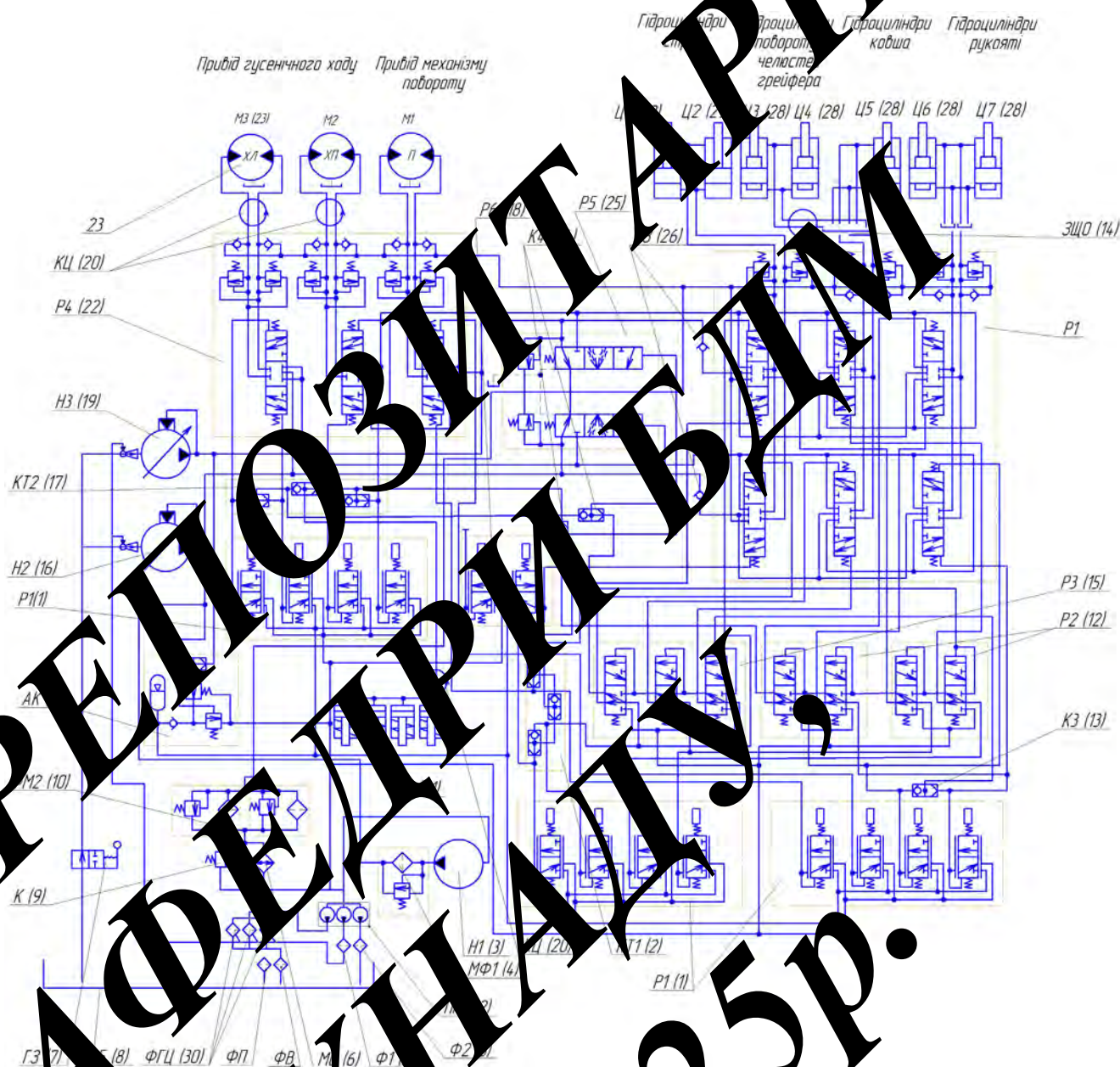


Рисунок 2.5 - Схема гідравліки принципова

На схемі (рис. 2.5) використовуються наступні позначення: I — механізм пересування лівий; II — механізм пересування правий; III — механізм повороту платформи; IV — механізм повороту стріли; V — механізм повороту щелеп грейфера; VI — механізм повороту ковша; VII — механізм повороту рукояті 1 — блок управління; 2, 17 — блоки клапанів; 3 — насоса закачування; 4, 10 —

фільтри магістральні; 5 — фільтр магнітний; 6 — маслоохолоджувач; 7 — гідросасув; 8 — установка блоку баків; 9 — клапан; 11 — пневмогідрокумулятор з блоком клапанів; 12, 15 — блоки золотників; 13, 24 — клапан; 14 — з'єднання обертається; 16, 19 — насоси; 18 — блок управління; 20 — колектор центральний; 21 — гідророзмикач; 22 — гідроапарат гідромоторів; 23 — гідромотор; 25 — гідроапарат регулюючий; 26 — клапан зворотний; 27 — гідроапарат гідроциліндрів; 28, 29 — гідроциліндри і клапан „Або” 13.

Ручний насос 3 типу „Джерело” з фільтром магістральним 4 служить для заправки гідробака очищеною робочою рідиною.

Гідророзмикачі 21 регулюють гальма приводів гусениць екскаватора при його пересуванні.

Блоки управління 11 мають по чотири золотники, що працюють за принципом результуючого редуційного клапана. Блок управління 18 має два таких же золотника, один з яких не використовується.

Буд робочих відведень золотників блоку управління стрілою, рукояттю і ковшем при включенні тільки одного руху тиск передається до двох золотників цього руху гідроапарата гідроциліндрів і обох золотників гідроапарата регулюючого. Виняток становить опускання стріли, коли включається по одному золотнику в кожному напрямку.

При поверті платформи одночасним підйомом стріли відбувається паралельне включення двох рухів від одного і того ж живильного потоку, оскільки золотник повороту платформи і один золотник механізму стріли гідроапарата гідроциліндрів приєднані до насоса 19 забезпечують в сукупності можливість включення двох рухів робочого устаткування від різних насосів або підсумовування силових потоків при включенні одного руху.

Частина гідроліній управління, відповідних до групи силових золотників, підключених до насоса 19 (лівий ряд гідроапарата гідромоторів), сполучені з їх порожнинами управління безпосередньо. Решта гідроліній цієї групи пов'язана з іншими порожнинами силових золотників за допомогою дискретних золотни-

ків блоків 12. Подібний зв'язок передбачений для групи золотників, підключених до насоса 16 (правий ряд гідроапарата гідроциліндрів), де порожнини управління золотника рукояті підключені до робочих ківшок блоку управління безпосередньо, а порожнини управління золотників дрифта і стріли сполучені за допомогою дискретних золотників блоку 15. Система блокування побудована таким чином, що при включенні золотників основних робочих рухів, пов'язаних з насосом 19, поворот і стріла не блокуються. При включенні будь-якого з цих рухів стріла блокує ківш рукояті, а ківш блокує рукояті. При включенні золотників, пов'язаних з насосом 16, рукояті блокує ківш і стрілу, ківш блокує стрілу.

При поєднанні двох рухів, наприклад підйому стріли і підйому рукояті, стріла піднімається під дією насоса 19, при цьому блокуються пов'язані з цим насосом золотники ківш рукояті, а рукояті працює від насоса 16, при цьому блокуються ківш і стріла.

Насоси з регулятором потужності 207.32. Насоси є силовими вузлами обертального гідроприводу, що перетворюють механічну енергію обертання в енергію потоку робочої рідини. Використання насоса в комплекті з регулятором потужності дозволяє забезпечити постійну потужність на приводному валу насоса при зміні навантаження в заданих межах.

2. Використання екскаваторів при спорудженні доріг

Машиніст екскаватора, що виконує ґрунтові роботи, повинен мати певний запас знань про ґрунти і будівельні споруди.

Ґрунти - будь-які гірські породи або кувши, а також тверді відходи виробничої і господарської діяльності людини, що є багатоконпонентною системою, яка змінюється в часі і використовувану як основа, середовище або матеріал для зведення будівель і інженерних споруд. До основних фізичних властивостей ґрунтів відносять пористість, щільність, розпушуваність, клейкість, воло-

гість, пластичність, консистенцію. Ґрунти характеризуються коефіцієнтами тєртя ґрунту по сталі і ґрунту по ґрунту.

При виробництві земляних робіт по трудності їх розробки ґрунти класифікують по двох системах.

У першій системі критерієм характеру ґрунту є опір впровадженню в ґрунт металевого стержня динамічного щільноміра. Динамічний щільномір - це прилад, що складається з круглого стержня з двома упорами, між якими розміщений циліндричний вантаж певної маси. Категорію ґрунту визначають по числу ударів вантажу при його падінні до повного занурення в ґрунт робочої частини стержня площею 1 см^2 і довжки 10 см. У цій системі усі ґрунти (талі і мерзлі) розбиті на вісім категорій.

У другій системі усі ґрунти по трудності їх розробки розділені на групи для не мерзлих і мерзлих ґрунтів. Цю систему використовують для нормування часу, необхідного на розробку ґрунту в будівництві.

Земляні споруди є групами інших споруд, що утворюються в ґрунтовому масиві або зводяться з ґрунту, укладеного на поверхні землі.

Земляну споруду, розташовану нижче за поверхню землі, називають виїмкою; над поверхнею - насипом; на визначеній глибині під поверхнею землі - підземним.

За призначенням земляні споруди бувають:

- гідрозахисними (греблі, чеблі, канали, набережні);
- іригаційними і меліоративними (ставки, водоупорні споруди, водопідводи, розподільні і осушувальні канали, очисні споруди та ін.);
- дорожніми (земляні слоти для автомобільних доріг);
- спорудженнями промислового та цивільного будівництва (площадки промислових підприємств, міст, спорудження трубопроводів, каналізації та ін.);
- підземними спорудами (тунелі, метро, шахти, штольні).

По службовому призначенню земляні споруди розділяють тимчасові і постійні.

Місце роботи екскаватора називають робочою зоною або забоем. У нього входять майданчик, на якому стоїть екскаватор, поверхню з якої виймають ґрунт, а також майданчик установки транспортних засобів. Зробий переміщується у міру розробки ґрунту екскаватором. Розміри і форми забою залежать від розмірів екскаватора, виду робочого обладнання, його розмірів і виду транспортних засобів. При усіх екскаваторних роботах робий проектують і організують так, щоб краще використовувати устаткування, домагатися вищої продуктивності праці і зниження вартості робіт.

Установка екскаватора і засобів регламентується технологічними картами, в яких вказують розміри забою, постановку транспортних засобів, величину пересувань та ін.

Введення екскаватора в експлуатацію. Введення екскаватора в експлуатацію включає його приймання, закріплення за машиністом і експлуатаційною ділянкою, постановку на облік і виробництво експлуатаційної обкатки. Екскаватор, що поступив в організацію із заводу - виготівника або ремонтних заводів має бути прийнятий спеціальною постійно діючою комісією, затвердженою на зон керівника організації. У комісію, як правило, повинні входити головний механік організації, механік ділянки, в якій працюватиме екскаватор, і машиніст, якому екскаватор буде переданий після приймання.

В процесі приймання екскаватора, що поступив із заводу-виготівника, перевіряють його комплектність, працездатність, забезпеченість безпечної експлуатації і повноту експлуатаційних документів. Комплектність і технічний стан екскаватора оцінюють по його відповідності експлуатаційної документації, а також шляхом зовнішнього огляду і опробування на холостому ходу. Після закінчення приймання складають приймальний-здавальний акт. При виявленні некомплектності або несправності екскаватора в процесі його приймання складають акт-рекламацію і пред'являють його підприємству-виготівникові.

Екскаватор, що поступив в організацію після капітального ремонту, приймає комісія відповідно до встановлених правилами. Вказана комісія приймає також і ті екскаватори, які поступають з інших будівельних організацій.

Екскаратор, що поступив в організацію, розконсервують, монтують і регулюють відповідно до вимог експлуатаційної документації.

Виявлені при прийманні несправності і некомплектність нового ескаратора усуває завод-виготівник, а відремонтованого - ремонтний завод. Допускається усунення несправностей організацією, що обримує ескаратор, але при цьому необхідно дістати письмову згоду постачальника про компенсацію витрат.

Прийнятому комісією ескаратору має бути присвоєний інвентарний номер не пізніше за п'ять днів від дня його приймання. Номер наносять фарбою на видному місці ескаратора. Не пізніше за десять днів після приймання ескаратора має бути зроблена заповнена його формулярі про дату вступу в організацію і введення в експлуатацію. Ескаратор, прийнятий комісією і маючий інвентарний номерний знак, вводять в експлуатацію за письмовим розпорядженням або наказом керівника підприємства. У наказі вказують ділянку за яким закріплюють ескаратор, а також машини та відповідної кваліфікації. Дані про закріплення машини ста заносять у формуляр не пізніше за п'ять днів з дня видання наказу.

Усі нові або капітально відремонтовані ескаратори перед їх використанням з робочим навантаженням підлягають експлуатаційній обкатці. Контроль за дотриманням режимів обкатки ескаратора і правил його технічного обслуговування в цей період покладається на механіка ділянки.

Обкатка ескаратора. Після підготовки ескаратора до роботи його обкатують 50 годин. У початковий період обкатки ескаратора відбувається основне прироблення поверхонь деталей, що поличаються, що труться, по-цьому роботу на новому або такому, що поступив, капітального ремонту ескараторі здійснюють в цей час з неповним навантаженням і уважно стежать за станом його механізмів і вузлів. При виникненні несправностей вони мають бути негайно усунені.

Механізми ескаратора обкатують в холостому режимі 4 години, плавно включаючи рухи кожного робочого органу, повороту платформи і механізмів

пересування. У перші 2-3 ч обкатки не допускають стопорних режимів роботи робочих органів і механізмів пересування (не повинні спрацювати запобіжні клапани гідросистеми). Потім обкатують екскаватор під навантаженням в різних режимах, вказаних в таблиці 2.2.

В процесі обкатки пересувають екскаватор на кутах 5-10°. При пересуванні гусеничні стрічки повинні попадати на зв'язки без забігу і заїдання в шарнірах - це досягають правильним нагнуттям стрічок. В період обкатки щодня підтягує болти кріплення опоро-поворотного устрою.

Таблиця 2.2 - Режими обкатки

Показник	Етапи обкатки			
	1	2	3	4
Категорія ґрунту	I	II	III-IV	III-IV
Наповнення ковша, %	50	100	50	100
Час обкатки, г	10	10	10	20

Після закінчення обкатки проводять обслуговування екскаватора :

провіряють дизель до тих пір поки рідина, що охолоджує, не досягне температури 80-90°С;

підтягують тарованим ключем гайки кріплення циліндрів дизеля моментом 240-260 Н·м (24-26 кгс·м);

підтягують усі зовнішні різьбові з'єднання на дизелі, звернувши особливу увагу на кріплення паливного насоса, насоса гідросистеми, корпуси приводу вентилятора, картера зчеплення до картера крутного і підвіски дизеля до рами;

регулюють проміжки клапанного механізму дизеля;

при необхідності регулюють кут випередження уприскування палива в паливній системі дизеля;

перевіряють натягнення приводних ременів на механізми установки дизеля;

промивають повітряний фільтр дизельної установки;

замінюють масло в мастильній системі дизеля;

промивають фільтри грубого і відцентрового очищення масла в мастильній системі дизеля;

підтягують болти стяжних хомутів кріплення стартера моментом 27-33 Н/м (2,7-3,3 кгс/м);

знімають пломбу з паливної насоса і вивертають його контр-обмежувач до упору;

замінюють масло в привідному редукторі і редукторах механізмів повороту платформи і чересування, заздалегідь промивши їх дизельним паливом;

перевіряють затягування болтів кріплення гідроапаратів і соединень труб і провідників;

виконують технічне обслуговування ТО - I екскаватора; перевіряють вміст робочої рідини (у лабораторії) і при необхідності замінюють її [чистота рідини має бути не є 12-го класу (ГОСТ 17216-71)].

Робочу рідину рекомендується замінювати в умовах, коли навколишньому повітрю відповідає мінімальна кількість вилу. Перед зливом робочу рідину розігрівають до 60-70 °С і зливають через нижню пробку гідробака. З фільтрів робочу рідину зливають через пазубок, розташований під платформою ззаду, елементи, що фільтрують, при цьому замінюють новими. З насосів робочу рідину зливають через нижні пробки.

Перед зливом робочої рідини з метою усунування опускають на ґрунт, штоки гідроциліндрів рукояті і ковша північттю всувають.

Нову робочу рідину закачують насосом, розташованим над інструментальним ящиком. Перед заправкою ретельно промивають зовнішню частину шланга і опускають його в гідробак, не доводячи до дна на 100-150 мм. Робоча рі-

дина, що подається в гідросистему, повинна мати документ на відповідність її стандарту або технічним умовам.

Гідробак заповнюють до рівня $\frac{2}{3}$ оглядового скла, випускають повітря з насосів і включають дизель. При номінальній частоті обертання валу дизеля по черговим включенням золотників гідророзподільників заповнюють робочою рідиною трубопроводи, гідроциліндри і гідромотори, після чого дозакрапляють гідробак.

Після обкатки і огляду складають акт, роблять відмітку у формулярах (паспортах) екскаватора, а також його дизеля, гідронасосів, гідромоторів і інших комплектуючих виробів, після чого здають екскаватор в експлуатацію.

Без акту і записів у формулярах (паспортах) про проведену обкатку заводи-виготівники екскаватора і його комплектуючих виробів претензій не приймають.

Управління екскаватором. Екскаватором управляють за допомогою двох руків'я управління на пульті кріслі двох важелів і двох здвоєних педалей, розташованих в кабіні машиніста (рис. 2.5).

Два руків'я на пульті крісла призначені для управління робочим устаткуванням і поворотом платформи. Пересування і розворот екскаватора здійснюють за допомогою важелів, розташованих праворуч від пульта-крісла. Педаль призначена для гальмування повороту платформи і для безнасосного опускання стріли (плаваюче положення). Дві педалі зарезервовані для можливої появи нової роботи устаткування. З правої сторони від сидіння знаходяться важелі управління подачею палива і управління муфтою зчеплення дизеля.

Призначення важелів і педалей. Важіль 1 управління подачею палива. При переміщенні його вперед збільшується частота обертання валу дизеля, назад - зменшується частота обертання валу дизеля. Важіль 2 управління муфтою зчеплення. При пересуванні від себе включається муфта; на себе - вимикається муфта.

Важелі 3 і 4 управління гусеничним ходом. Якщо обидва важелі висунено вперед відбувається хід вперед; якщо обидва важелі назад - хід назад; якщо ва-

жіль 3 висунуть вперед, важіль 4 назад, відбувається розворот у право, якщо важіль 3 назад, важіль 4 вперед - розворот вліво.

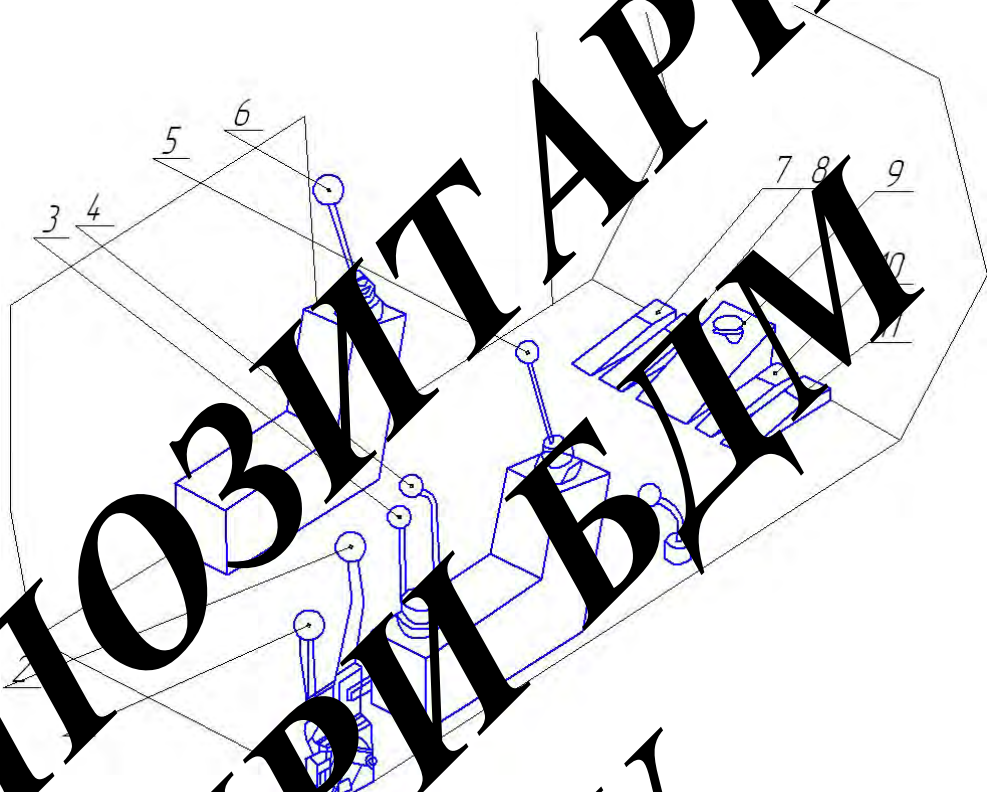


Рисунок 2.5 - Управління екскаватором

Руків'я 3 управління рукояттю і поворотом платформи. Якщо її відвести від себе, відбувається підйом рукояті; якщо на себе - опускання рукояті; при відхиленні руків'я 5 вліво - платформа обертається вліво, при відхиленні руків'я 5 управо платформа обертається управо.

Руків'я 6 управління стрілою і ковшом. При відхиленні її вліво ківш копає від себе, при відхиленні її управо ківш опускається на себе; якщо руків'я відвести від себе, стріла опускається в насосному режимі, якщо на себе - стріла піднімається.

Педаль 7 натиснута - відбувається гальмування повороту платформи. Педалі 8 а 11 - резервні.

Кнопка 9 натиснута - включений звуковий сигнал .

Педаль 10 натиснута - відбувається опускання стріли під дією власної сили тяжіння (плаваюче положення).

Важіль 12 управліннь стопором платформи. При опусканні його вниз стопориться платформа 154

У управлінні екскаватором передбачена можливість поєднання різних операцій (одночасного включення руху стріли ковша; рукояті і ковша та ін.). Поєднання руху від одного руків'я здійснюється її включенням на діагоналі.

Техніку управління екскаватором зводять до поступових ходів від окремих рухів до поєднання операцій. Робочий цикл екскаватора складається з наступних операцій: копання і опускання стріли, поворот на навантаження, вивантаження, поворот в забій і опускання стріли в забій.

При копанні кінці заповнюють рівномірно, уникаючи пікових навантажень і стопових режимів. Не слід доводити поршні гідроциліндрів до упору. При роботі на липких ґрунтах періодично очищають ківш від налиплого ґрунту. Під час виконання операції повороту не можна допускати зачіпання елементів робочого устаткування об'єктом.

При роботі устаткуванням зворотна лопата ківш підводять к забою, працюючи гідроциліндром рукояті, а процес копання здійснюють, працюючи гідроциліндром ковша. При роботі обладнанням з лопатою лопата розробку ґрунту виробляють двохшарово, починаючи з верхнього шару забою. Впровадження ковша в ґрунт здійснюють працюючи гідроциліндрами рукояті ковша при одночасному натисненні на педаль 10 плаваючого покладений.

Поворот платформи здійснюють плавним включенням рукояті 5 у відповідне положення, а гальмування - плавним поверненням руків'я в нейтральне положення, при цьому можна притримувати платформу натисненням на педаль 7. Не можна допускати гальмування повороту платформи протиковчювачем.

Для скорочення часу циклу при повороті на вивантаження слід піднімати стрілу з одночасним підйомом рукояті, при повороті в забій - опускання стріли

з опусканням рукояті. Для кращого впровадження в ґрунт ківі встановлюють так, щоб не було тертя його днища об ґрунт.

При виконанні робочих операцій не рекомендується допускати стопорні режими роботи (спрацьовують запобіжні клапани гідросистеми), оскільки в цьому випадку втрачається потужність дизеля, витрачаючись на нагрів робочої рідини.

Технологія і організація виробництва робіт. Технологічна схема виробництва земляних робіт складається з чотирьох основних робочих процесів: розробки і виїмки ґрунту, транспортування його до місця укладання, укладання ґрунту в насип або відвал, обробки земної споруди, тобто проведення виїмки і насипу до проектного профілю.

Основну долю земляних робіт по розробці і виїмці ґрунту виконують одноковшовими екскаваторами. При розробці великих котлованів, траншей пристрої виїмки для доріг і каналів та ін. одноковшовими екскаваторами зазвичай єтим розробки і виїмки ґрунту виробляють його транспортування і укладання у відвал.

При виробництві земляних робіт екскаваторами з транспортуванням ґрунту на відстані, що перевищує можливість робочих органів екскаватора, застосовують комплекс машин для комплексної механізації виконуваних робіт.

До цього комплексу входять автомобілі-самоскиди і інші машини. Цим способом роблять великі котловани, виїмки для доріг і каналів, виконують вскришні роботи в траншеях та ін. При розробці ґрунту екскаватором з навантаженням в транспортні засоби, транспортні машини необхідних типів рекомендується підбирати з обліком місткості кузова екскаватора.

Екскаваторний спосіб комплексної механізації земляних робіт є найбільш поширеним, оскільки технологічна універсальність одноковшового екскаватора, а також можливість його роботи з різними видами транспортних засобів дозволяють застосовувати екскаваторні комплекси машин для земляних робіт майже усіх видів при ґрунтах різних категорій.

Ефективність використання екскаватора в значно залежить від правильної організації робіт на об'єкті, особливо транспортування ґрунту та кваліфікації машиніста. Машиністові екскаватора перед початком робіт видають технологічну карту і вбрання на виконання робіт.

Норми вироблення і розцінки при виконанні екскаваторних робіт встановлюють залежно від групи ґрунту. Єдиними нормами і розцінками передбачене розподіл усіх ґрунтів по групам залежно від трудності їх розробки. Групу трудності розробки ґрунту встановлюють з урахуванням його властивостей.

Глибину (м) розташованих вище за рівень ґрунтових вод котлованів і траншей, що мають вертикальні без криплень стінки, приймають не більш:

піщаних і крупнообломчатого ґрунту.....	1
супісках.....	1,25
суглинках і глинах, окрім дуже м'яких	1,5
дуже м'яких суглинках і глинах (щільністю $2,15 \text{ т/м}^3$).....	2

Мокрими слід рахувати ґрунти, що знаходяться нижче за рівень ґрунтових вод, а також ґрунти, розташовані вище (м) за рівень ґрунтових вод:

великий, середній і дрібний пісок	0,3
пилеватий пісок і супісок	0,5
суглинок, глина і лесовий ґрунт	1

Крутизна укосів в котлованах і траншеях завглибшки до 5 м можна приймати згідними таблиці.

При глибині виїмок більше 5 м в неперезвожених ґрунтах і менше 5 м в ґрунтах за несприятливих гідрогеологічних умов і в ґрунтах, не передбачених, крутизну укосів визначають розрахунком згідно з проектами робіт.

У забої ґрунт розробляють декількома проходками. Параметри проходок і забоїв повинні забезпечувати можливість роботи екскаватора з найменшими витратами часу на виконання робочого циклу екскавації (копання, поворот платформи з навантаженим ковшем, розвантаження ковша, поворот платформи в забій і опускання ковша в положення копання). Тривалість циклу екскавації - один з основних чинників, що впливають на продуктивність екскаватора. При

цьому особливе значення мають операції повороту платформи, що займають до 60% часу циклу.

Для зниження часу на виконання робочого циклу екскаваторний ґрунту виконують наступне:

ширину проходок приймають такою, щоб екскаватор міг працювати при середньому куту повороту в межах 70° ;

довжину проходок встановлюють з урахуванням можливого меншого числа введень екскаватора в забій і виведів його із забою;

радіус копання вибирають в межах 0,7-0,9 найбільшого радіусу копання;

копають ґрунт при повній потужності двигуна;

по можливості максимумом поєднують робочі операції;

при розробці ґрунтів I-II категорії застосовують ківші місткістю 2 м^3 .

Робота з устаткуванням пряма лопата. Ґрунт розробляють вище за рівень стоянки екскаватора лобовими або бічними проходками (рисунк 2.6). При ширині лобової проходки екскаватор переміщається по центру проходки, при великій ширині зигзагоподібно. При розробці ґрунту з вантаженням в транспортні засоби рекомендується приймати наступні розміри проходок:

Місткість ковша, м^3 1,25 1,6

Ширина забою, м від осі екскаватора

до лобового укосу 5 6,3

до місця вантаження ґрунту при вантажному шляху, розташованому

на рівні підосви забою 3,6 4,5

Для м'яких ґрунтів розробляють так, щоб кожне наступне копання перекривало попереднє, тверді ґрунти - шахівним порядком, глибокі виїмки - уступами. Підосва кожного уступу повинна мати ухил у бік розробки для відведення зливових вод.

Робота з устаткуванням зворотна лопата. Ґрунт розробляють в основному нижче за рівень стоянки екскаватора лобовими, а при очищенні каналів, зачистці укосів котлованів - бічними проходками (рисунк 2.7). При розробці широ-

ких котлованів ґрунт розробляють лобовими проходками, при цьому екскаватор переміщають зигзагоподібно або паралельно.



Рисунок 2.6 - Розробка забою екскаватором, обладнаним прямою лопатою

РЕПОЗИТАРІЙ КАФЕДРИ БДМ, ХНАДУ, 2025р.

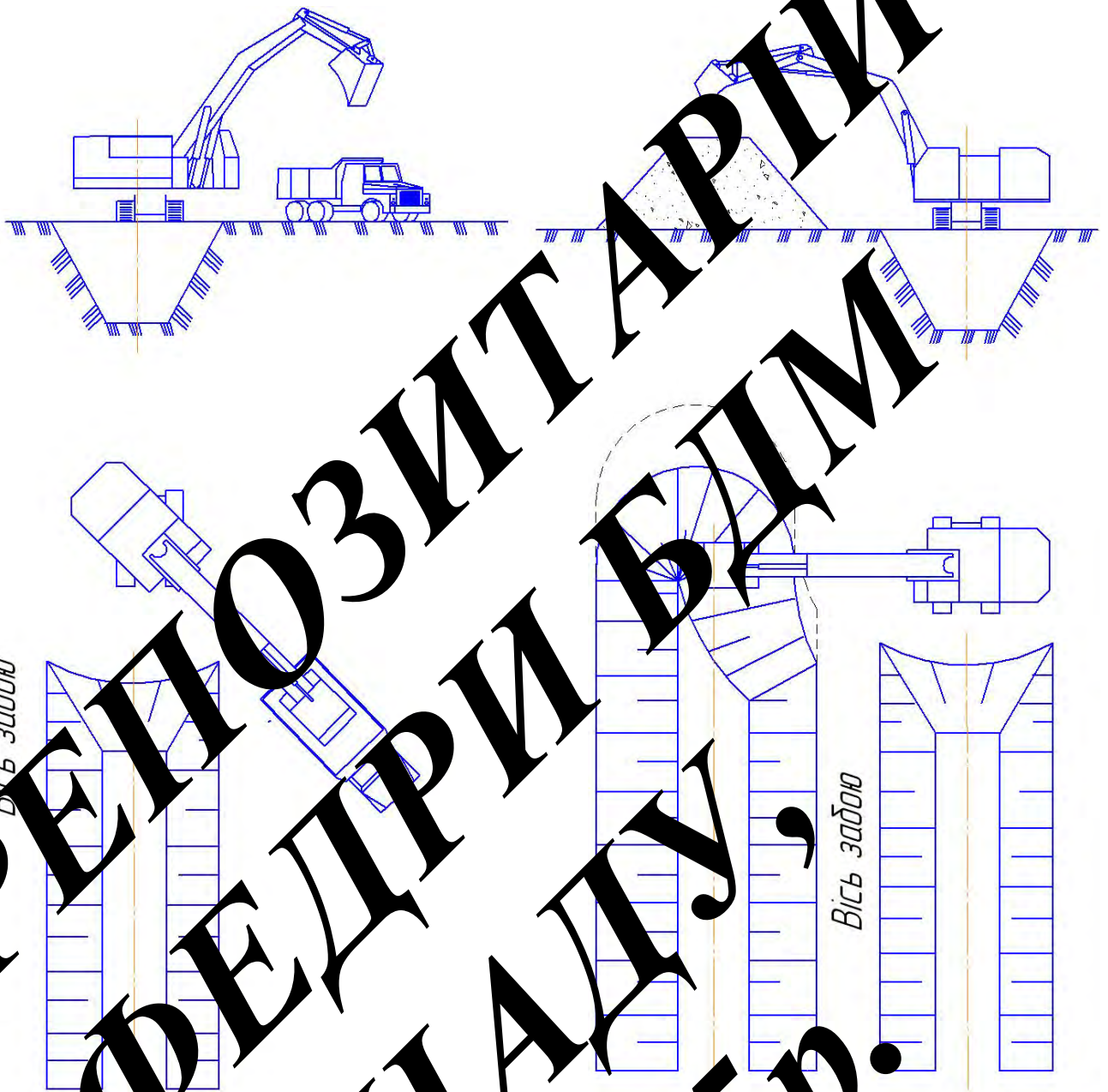


Рисунок 2.7 - Розробка забою екскаватором, обладнаним зворотною лопатою

Найменшу глибину забою вибирають з урахуванням наповнення ковша, ширину проходки – в залежності від найбільшого радіусу різання зворотної лопати і вантаженню ґрунту в транспортні засоби ширина проходки дорівнюється

1,2-1,3 найбільшого радіусу копання, а при відсипанні в відвал - 0,7-0,8. При вантаженні в транспортні засоби вісь робочого переміщення екскаватора зміщують у бік підходу транспортних засобів. Екскаватор і транспортні засоби в час розвантаження ковша встановлюють так, щоб кут між віссю екскаватора і подовжною віссю транспортного засобу був не більше 40° а кут повороту екскаватора - не більше 70° .

2.4 Силовий блок екскаватора

На поворотній платформі екскаватора ЕО – 3124 розташовані наступні агрегати, що складають силову його установку (рис. 2.8, 2.9): два гідронасоса 2, які здійснюють поставлення гідравлічної енергії всьому гідроприводу; двигун 5, з'єднаний з насосами мафтами 9; системи керування 3, підігріву 4, охолодження 6, живлення 7 та випуску двигуна 1. Положеннями 7 показано розташування на екскаваторі маслоочищувального блоку з маслоохолоджувачем 8.

За допомогою гідроагрегатів, що складають гідропривод, забезпечуються наступні робочі рухи екскаватора: пересування екскаватора вперед, пересування екскаватора назад, розворот екскаватора у право та вліво, розворот екскаватора навколо своєї осі обертання платформи, підйом стріли, опускання стріли, яке можна здійснювати двома способами: насосним і безнасосним; рух "копання ковшом".

На рисунках (рис. 2.8, 2.9) показано конструктивне розташування маслоочищувальної системи з ежекторним живленням насосів в силовій установці екскаватора.

На рисунку 2.8, а, показано фронтальне зображення силової установки; на рисунку 2.8, б, - вид на цю установку в плані; на рисунку 2.9, в, - вид на цю установку зі сторони двох насосів екскаватора; на рисунку 2.9, г, - установка цих насосів показано в декілька збільшеному масштабі.

a)

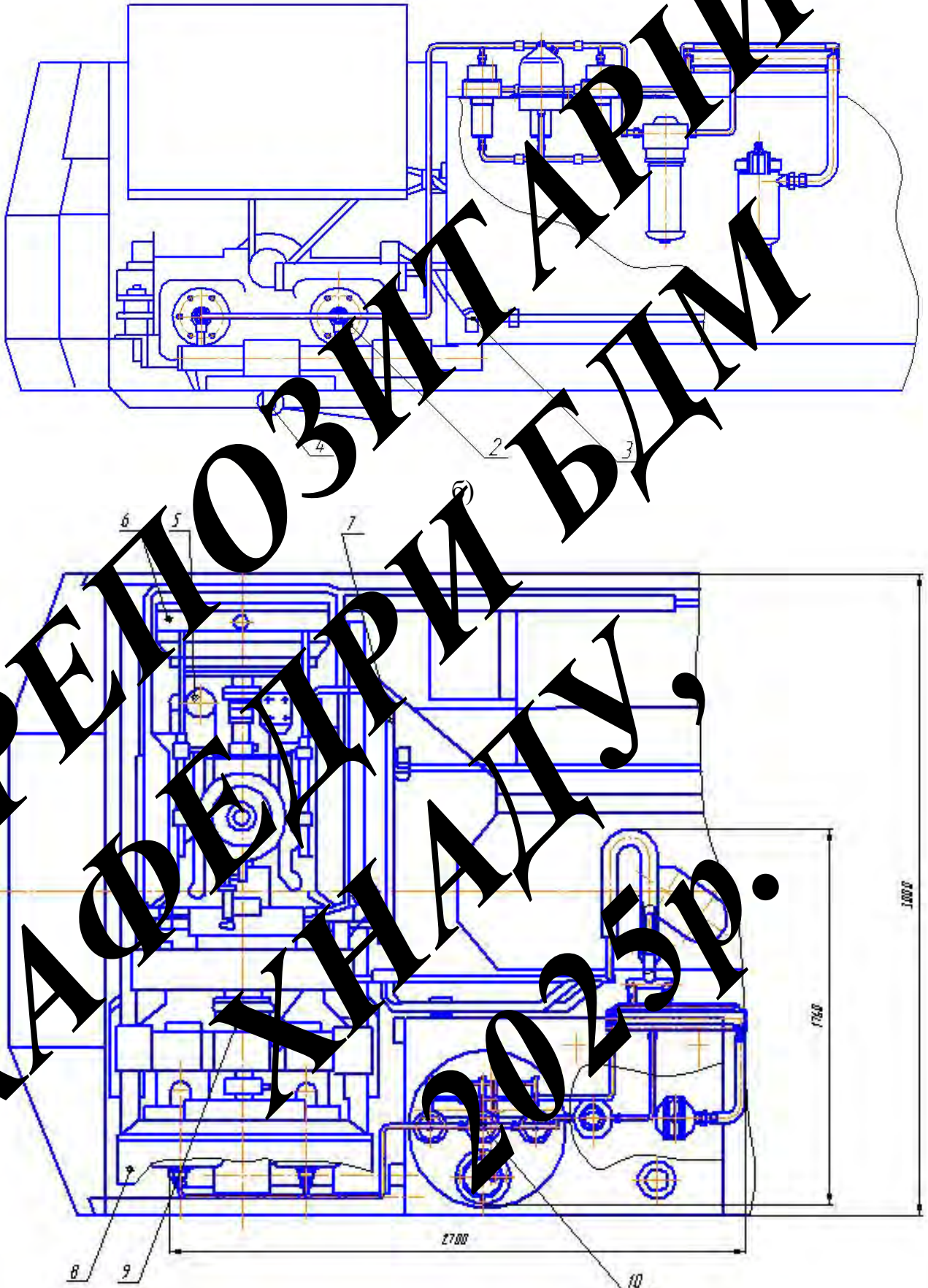


Рисунок 2.8 – Розташування складових гідроприводу в силевій установці

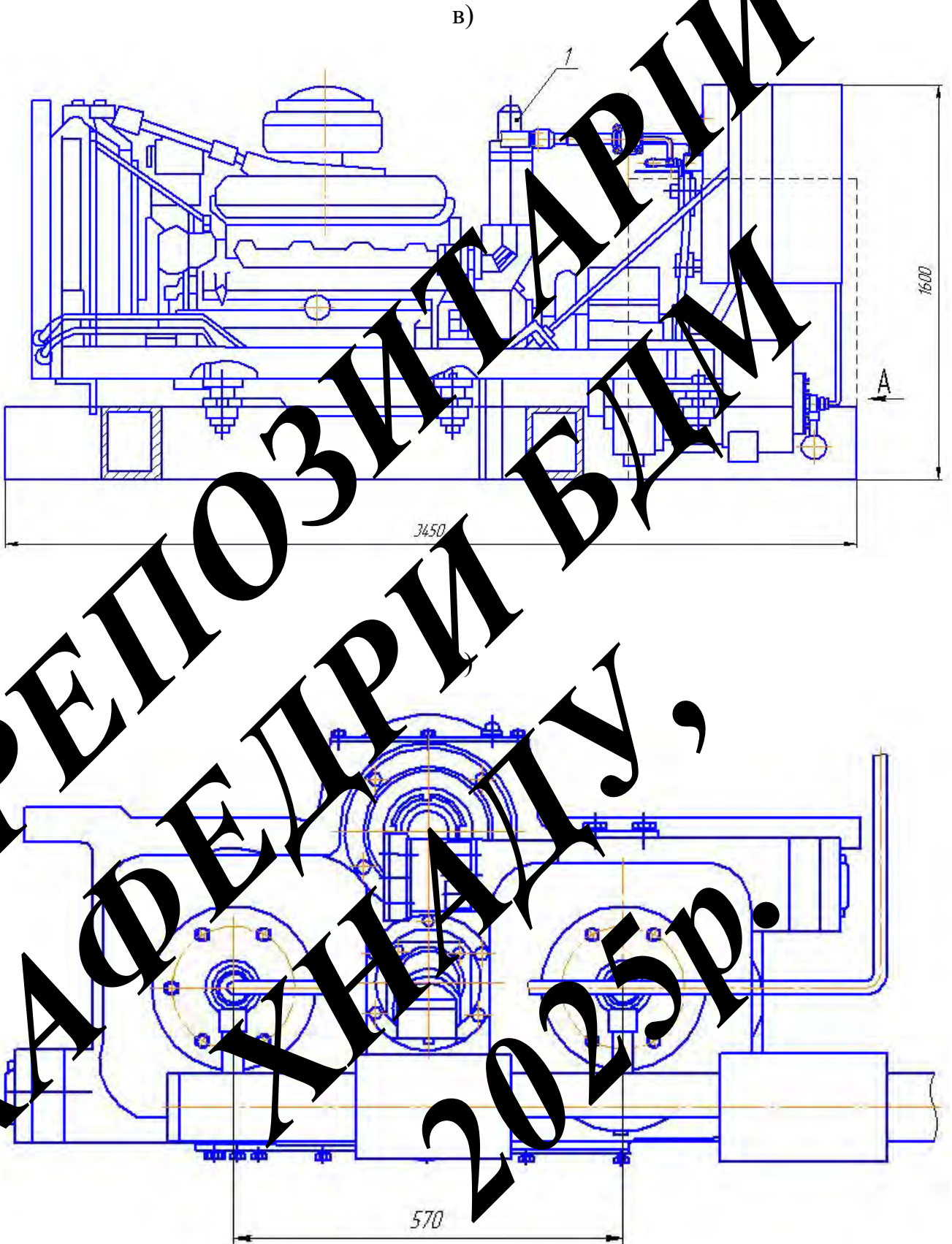


Рисунок 2.9 – Розташування складових гідроприводу в силовому блоці
(продовження рисунку 2.8)

Два насоса 2, через розподільний редуктор і з'єднану муфту 9 отримують потужність від двигуна 5 екскаватора і направляють потік робочої рідини в гідросистему (рис. 2.8, а, б, в, г). На зливній магістралі гідропривода через гумовий шланг встановлюється подільник потоку робочої рідини на першій гільці якого встановлено магістральний магнітний фільтр, на другій фільтр тонкої очистки, на третій гільці встановлюється гідроциклонний блок з відцентровим очищувачем.

Очищена гідроциклонами робоча рідина прямує до ежекторів, які подають робочу рідину безпосередньо в вхід насоса, поповнюючи її живлення.

2.5 Розробка блоку системи маслоочищувальної системи екскаватора з ежекторним живленням насосів

Устрій системи фільтрування робочої рідини в гідроприводі залежить від цілого ряду чинників: розміру устаткування, чутливості окремих видів гідравлічних устаткування до забруднень, необхідного ступеня експлуатаційної надійності виду робочої рідини, напругі, від умов експлуатації.

Для гідравлічних приводів невеликих розмірів (з насосом, що має подачу до 5 л/хв), що працюють періодично при тиску, що не перевищує 63—100 кгс/см², достатньо встановити один фільтр на лінії всмоктування. В більшості випадків можна обмежитися сітчастим фільтром з розміром отворів порядку 100—200 мкм, який дозволяє запобігти попаданню в гідросистему застуднень, небезпечних для нормальної роботи гідроприводу. Для гідравлічних приводів середніх розмірів (з насосом, що має подачу 200 л/хв), що працюють при тиску до 200 кгс/см² (20 МПа), і при довгих трубопроводах, окрім фільтрів на лінії всмоктування, необхідно встановлювати ще фільтр на лінії зливу. Для крупних гідравлічних приводів з ємністю резервуару понад 1000—2000 л (крупні преси, прокатні стани і т. д.) необхідно передбачати ще незалежну систему фільтрування робочої рідини. У цих випадках доцільно також встановлювати спеціальні баки-відстійники, в які зливають масло з гідросистеми. Баки-відстійники повинні

мати достатні розміри, оскільки інакше забруднення не встигнуть осісти і знов потраплять в систему. Фільтрування рідин слід проводити регулярно через певні проміжки часу. У кожній гідросистемі слід передбачити також заливні і повітряні фільтри.

Необхідно ретельно підходити до вибору фільтру на всмоктуванні, оскільки величина вакууму на всмоктуванні насоса не повинна перевищувати певної величини протягом всього періоду експлуатації насоса. Якщо розрідження на всмоктуванні перевищує допустиму величину, необхідно збільшити діаметр всмоктуючого трубопроводу, поменшити витрату робочої рідини через фільтр за рахунок зменшення подачі насоса (у регульованому насосі — максимальну подачу обмежують за допомогою встановленого регулювання, в нерегульованому — зменшенням частоти обертання або застосування насоса з меншою подачею); встановити елемент, що фільтрує, з більшою пропускнуною спроможністю; зменшити висоту всмоктування насоса; встановити фільтр більшої пропускнуною спроможності або збільшити кількість фільтрів.

Передчасний вихід з ладу насосів настає унаслідок кавітації, яка в більшості випадків є результатом неправильного встановлення всмоктуючого фільтру. При застосуванні дорогих насосів високого тиску і великої подачі доцільно застосовувати дешеві підпорочні насоси (зазвичай центрові), які подають масло через фільтр безпосередньо у всмоктуючу лінію основного насоса. При цьому окрім підпорочного підпора на всмоктуванні можна зберегти тонше фільтрування масла, що поступає в основний насос. Фільтри, встановлені на всмоктуванні, відрізняються високою ефективністю. Після численних досліджень, проведених Внп «Гідропровод», а також залученими фірмами (наприклад, фірмою Розайн), доведено, що установка всмоктуючих фільтрів з тонкістю фільтрування 74 мкм по своїй ефективності еквівалентна установці фільтрів на лінії нагнітання з тонкістю фільтрування 25 мкм. Встановлювати на лінії всмоктування фільтри з тонкістю фільтрування менше 74 мкм недоцільно.

У автоматизованих гідравлічних приводах, що мають складний цикл роботи і дорогі системи регулювання, необхідно передбачити установку фільтрів

тонкого очищення в лініях, що знаходяться під тиском робочої рідини. Установка фільтрів тонкого очищення високого тиску необхідна для захисту чутливої розподільної і контрольно-регулюючої гідроапаратури.

Найбільш поширеним способом фільтрування робочої рідини в гідросистемах є установка фільтрів на зливних лініях. На рис. 2.10 показані можливі місця установки різних типів фільтрів, проте у кожному конкретному випадку потрібний індивідуальний підхід до найбільш раціонального вибору місця установки фільтрів робочої рідини.

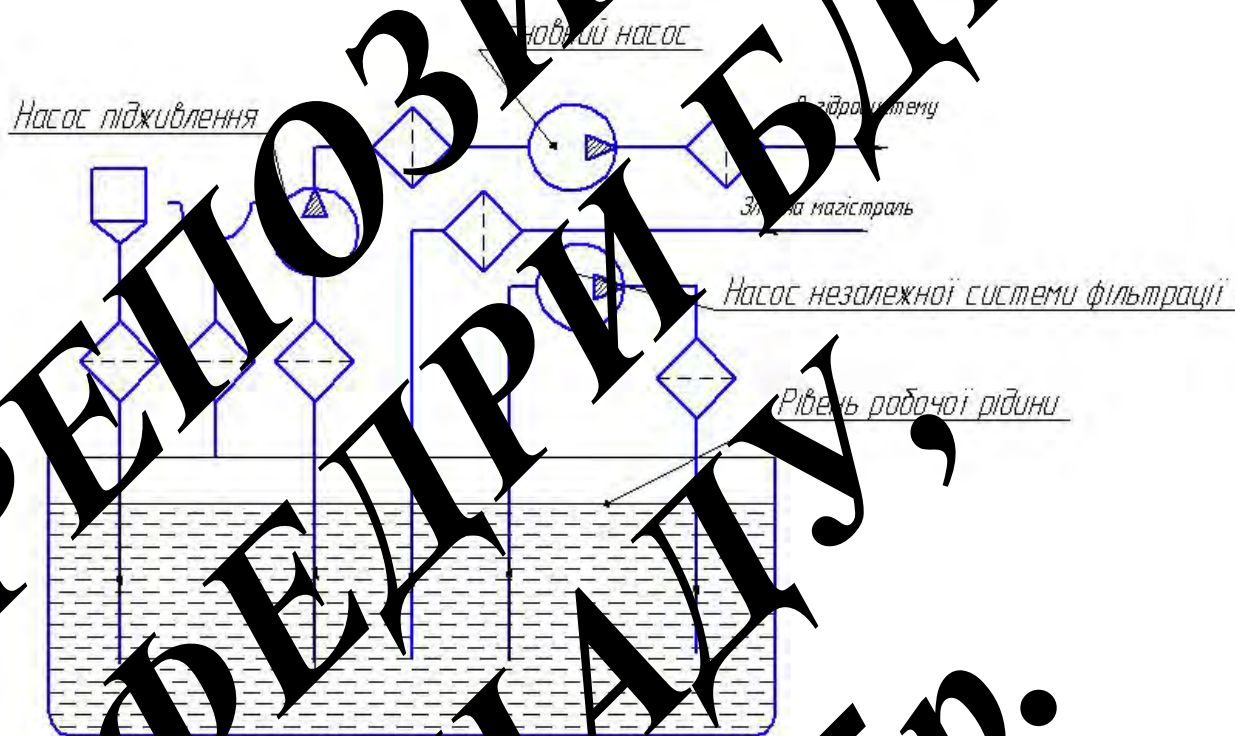


Рисунок 2.10 - Варіанти установки фільтрів в гідроприводах

При створенні гідроприводів слід врахувати, що фільтрувальні системи в сучасному гідроприводі повинні забезпечувати постійне фільтрування робочої рідини з тонкістю не більше 25 мкм, а в окремих випадках — 2—5 мкм (електрогідравлічні стежачі системи управління). Тільки в цьому випадку може бути забезпечена довговічна і надійна робота гідравлічних систем різного призначення.

Окрім фільтру на заливній горловині маслобака і повітряного фільтру в гідросистемі обов'язково повинно бути ще не менше одного фільтра.

Фільтри в гідравлічних системах можуть проводити фільтрування повного потоку рідини або його частини. У першому випадку фільтри включаються в гідросистему послідовно, в другому - паралельно. Є також велике число комбінованих схем включення фільтрів, наприклад, коли фільтри попереднього очищення включаються послідовно, а фільтри тонкого очищення — паралельно н ін.

На рис. 2.11 приведені типові схеми включення фільтрів в гідравлічних системах. На рис. 2.11, а показана схема для повнопоточкового фільтрування. Паралельно фільтру підключений перепускний клапан, який оберігає фільтр від руйнування при забрудненні. Перепускний клапан може бути змонтований безпосередньо у фільтрі або як самостійний вузол в гідросистемі. На рис. 2.11, б показана схема включення фільтру для часткового фільтрування потоку робочої рідини. Від лінії нагнітання частинка потоку рідини через дросель підводиться до фільтру і, пройшовши через нього, зливається в бак. Для оберігання фільтру встановлений перепускний клапан.

На рис. 2.11, в фільтр встановлений на сливі запобіжного клапана системи і забезпечує часткове фільтрування потоку робочої рідини. Схема фільтрування робочої рідини на сливі (рис. 2.11, г) забезпечує фільтрування всього потоку робочої рідини, що поступає в бак із зливної магистралі. Для оберігання фільтру встановлений перепускний клапан.

Ефективність фільтрування робочої рідини в гідроприводах залежно від виду фільтрів приведена нижче.

Тонкість фільтрування (мкм) фільтра:	
заливними	100—200
повітряними	5—40
всмоктуючими	63—200
низького тиску	25—63
високого тиску	5—63

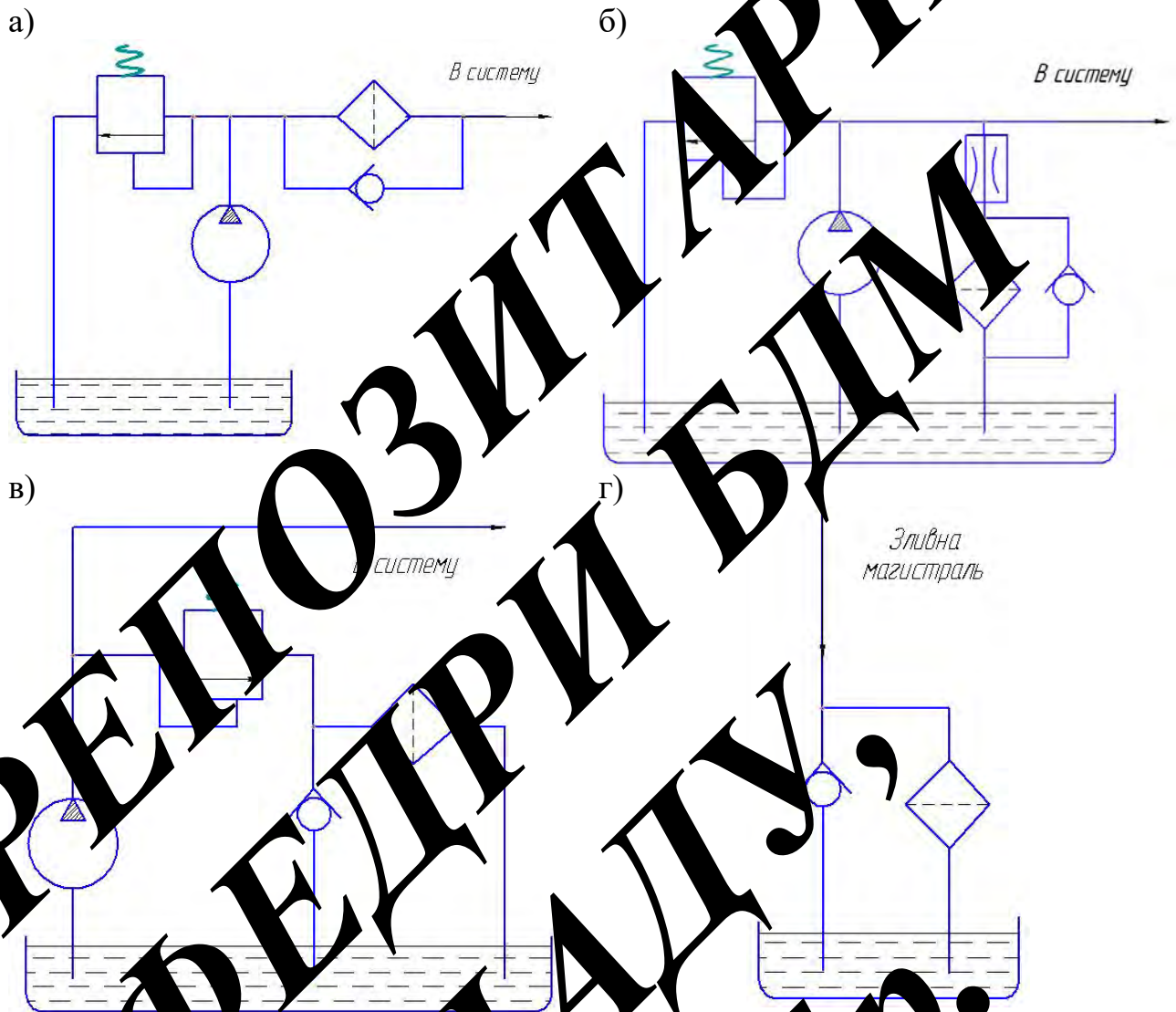


Рисунок 2.17 - Типові схеми включення фільтрів в гідропривод

Рекомендуються наступні значення допустимого перепаду тиску (p) на фільтрі: для фільтрів високого тиску з перепусковим клапаном $p = 1,05 \dots 1,4$ кгс/см²; для фільтрів високого тиску без перепускового клапана $p = 1,05 \dots 1,8$ кгс/см²; для зливних фільтрів $p = 0,35 \dots 0,70$ кгс/см². При застосуванні метало-кераміки і інших аналогічних матеріалів ці значення можуть бути підвищені, але вони не повинні перевищувати 6 кгс/см². Максимальний робочий тиск для

корпусів фільтрів високого тиску не повинен перевищувати величини, визначеної по формулі

$$P_{\max} = \frac{f p_{\text{доєї}}}{n}$$

де p_{\max} — максимальний робочий тиск для корпусу фільтру, кгс/см²;

$p_{\text{руйн}}$ — руйнівний тиск для корпусу фільтру, кгс/см²;

f — якісний коефіцієнт ($f=1$ — для корпусів без застосування зварки і відливань; $f=0,8$ — для корпусів із застосуванням зварки та неспунних відливань; $f=0,7$ — для корпусів із чашкованих відливань);

n — коефіцієнт безпеки ($n=4$ — для тиску 0—20 кгс/см²; $n=3,5$ — для тиску 20—63 кгс/см²; $n=3$ — для тиску >63 кгс/см²).

При розрахунку необхідного розміру фільтру слід враховувати насамперед перепад тиску p , витрату Q , в'язкість робочої рідини ν . Ці дані приведені в каталогах і проспектах на фільтри, що випускаються, але вони, як правило, відрізняються від робочих характеристик фільтру, необхідних для конкретної гідросистеми. Позначимо робочі характеристики фільтру p' , Q' і ν' . Тоді зв'язок між даними по каталогу і дійсними робочими характеристиками фільтру можна визначити приблизно по формулах:

$$\Delta p = \Delta p' \frac{Q'}{Q} \left[\frac{\nu' + \sqrt{\frac{\nu'}{\nu}}}{2} \right] \quad (2.1)$$

$$Q' = \frac{2Q\Delta p'}{\Delta p \left(\frac{\nu'}{\nu} + \sqrt{\frac{\nu'}{\nu}} \right)} \quad (2.2)$$

$$Q = \frac{\Delta p}{\Delta p'} Q' \left[\frac{\nu' + \sqrt{\frac{\nu'}{\nu}}}{2} \right] \quad (2.3)$$

При виборі всмоктуючого фільтру необхідно визначати максимально допустимий перепад у всмоктуючій лінії насоса

$$\Delta p_{\max} = p_{\text{е}} - \Delta p - \Delta p_1 - \frac{\rho \cdot h}{10}, \quad (2.4)$$

де p_{\max} — максимально допустимий перепад тиску у всмоктуючій лінії (тиск налаштування перепускного клапана фільтру), кгс/см²;

$p_{\text{н}}$ — максимально допустиме розрідження всмоктування насоса, кгс/см²;

Δp — втрата тиску у всмоктуючому трубопроводі по всій довжині прямих ділянок, кгс/см²;

Δp_1 — втрата тиску у всмоктуючому трубопроводі, визначувана місцевими опорами (вигини труби, косинці, зворотні клапани, втрати на вході і виході і т. п.), кгс/см²;

ρ — щільність рідини;

h — висота стовпа рідини на всмоктуванні, м.

Висота стовпа рідини на всмоктуванні визначається залежно від місця розташування насоса відносно маслобака (рис. 2.12, а).

При розташуванні насоса на маслобаці (рис. 12.8, а) формула (2.4) має вигляд

$$\Delta p_{\max} = p_{\text{е}} - \Delta p - \Delta p_1 - \frac{\rho \cdot h}{10}. \quad (2.5)$$

При розташуванні насоса усередині маслобака (рис. 2.12, б) формула (2.4) набере вигляду

$$\Delta p_{\max} = p_{\text{е}} - \Delta p - \Delta p_1 \quad (2.6)$$

При розташуванні насоса під маслобаком (рис. 2.12, в) формулу (2.4) запишемо у вигляді

$$\Delta p_{\max} = p_{\text{е}} - \Delta p - \Delta p_1 + \frac{\gamma h}{10} \quad (2.7)$$

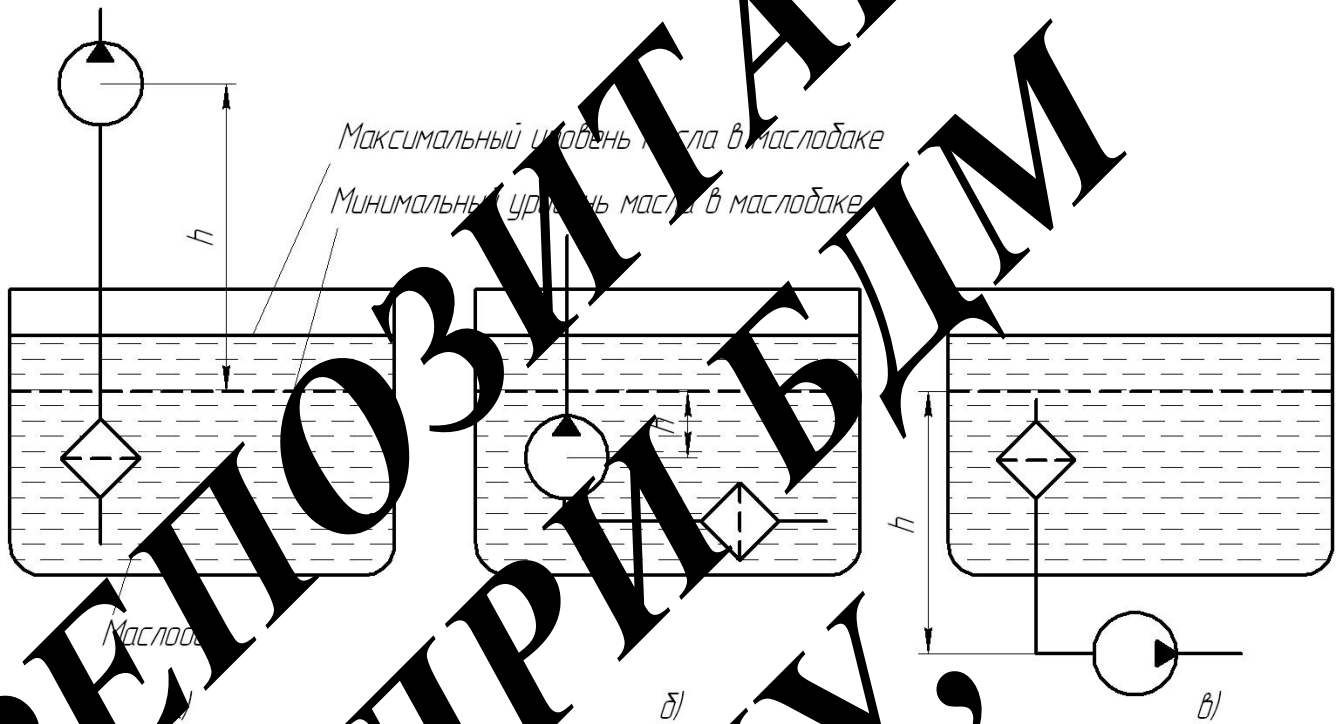


Рисунок 2.12. Різні положення насосів відносно маслобаків

Найменший тиск слід настраювати перепусковий клапан фільтру. Для практичних розрахунків величину знижують на 20%.

Перепад тиску r пряма пропорційний в'язкості, щільності рідини, довжині труби, витраті і згаданий пропорційний внутрішньому діаметру труби в 4-му ступені при ламинарному потоці робочої рідини. Чим менше швидкість руху рідини у всмоктуючому трубопроводі, тим більше сприятливі умови для роботи всмоктуючого фільтру. Для всмоктуючих трубопроводів можна набувати орієнтовного значення швидкості робочої рідини, рівного 1,2 м/с при в'язкості робочої рідини 32 сСт.

При визначенні втрати тиску на ділянках місцевих опорів (Δp_1) їх зазвичай замінюють еквівалентною довжиною прямого трубопроводу. Еквівалентну довжину прямого трубопроводу знаходять по формулі

$$l_y = K \frac{Q}{50v}, \quad (2.8)$$

де l_y — еквівалентна довжина трубопроводу, м;

Q — витрата, $\text{см}^3/\text{с}$;

v — кінематична в'язкість, $\text{с}^2/\text{м}$;

K — коефіцієнт.

Значення коефіцієнта K залежно від виду місцевих опорів на всмоктуючому трубопроводі приведені нижче:

Вид місцевого опору:

згин труби під кутом 90°	1,2
згин труби під кутом 45°	0,42
кутове з'єднання труби (косець)	2,2
зворотний клапан	1,65
трийник	0,8
замкнений вентиль повністю відкритий	0,19
замкнений вентиль відкритий на $1/4$	1,1
замкнений вентиль відкритий на $1/2$	1,6
зачинаний вентиль відкритий на $1/4$	2,4
втрати на вході	0,5
втрати на виході	1,0

При користуванні формулою (2.8) слід мати на увазі, що вона дійсна тільки для ламинарного руху робочої рідини при швидкості 1,2 м/с.

На основі аналізу перспективних напрямків вдосконалення гідроприводу екскаватора розроблена наступна поліпшена його схема (рис. 2.13). Гідропри-

вод складається з двох насосів 311.224 (Н1 і Н2, з регулятором потужності), які подають робочу рідину в гідравлічну систему екскаватора. На живній магістралі гідроприводу розташовані послідовно самоочисний фільтр Ф1 магістральний магнітний фільтр Ф2. Робоча рідина, що використовується для самоочистки фільтру Ф1 прямує через подільник потоку ПП та відцентровий очищувач Ф3 в бак. Основний потік робочої рідини, що пройшов двоступеневу очистку фільтрами Ф1 і Ф2, розподіляється наступним чином. Більша частина робочої рідини потрапляє в бак через праву секцію подільника потоку ПП. Через середню невелика кількість робочої рідини, який створює подільник потоку, йде на живлення ежекторів ЕЕ двошляхового насосу Н1, які подають робочу рідину безпосередньо на вхід насоса, поліпшуючи його живлення і, як наслідок, - технічну характеристику.

Керування поворотом самоочисного фільтру здійснюється за допомогою редукційного клапану КР7, який, незалежно від тиску в гідросистемі екскаватора, забезпечує подачу до механізму керування поворотом самоочисного фільтру тиску 1,2 Мпа. Розподільник керує рухом гідроциліндру ГЦ 14, який і здійснює безпосередньо поворот фільтру.

Застосування подільника потоку ПП дає можливість використати для очистки робочої рідини комбіновану маслянисто-вакільну систему, в складі якої використовуються:

- самоочисний фільтр і магістральний фільтр з невеликою робочою тиску для основного потоку робочої рідини;
- відцентрові фільтри тонкої очистки для меншої частки робочої рідини, що дає можливість не витрачати надлишкові потужності на роботу цих пристроїв;

ежекторне живлення насоса, яке поліпшує його технічну характеристику.

Така комбінована система очистки робочої рідини суттєво зменшує витрати матеріалу на фільтрування.

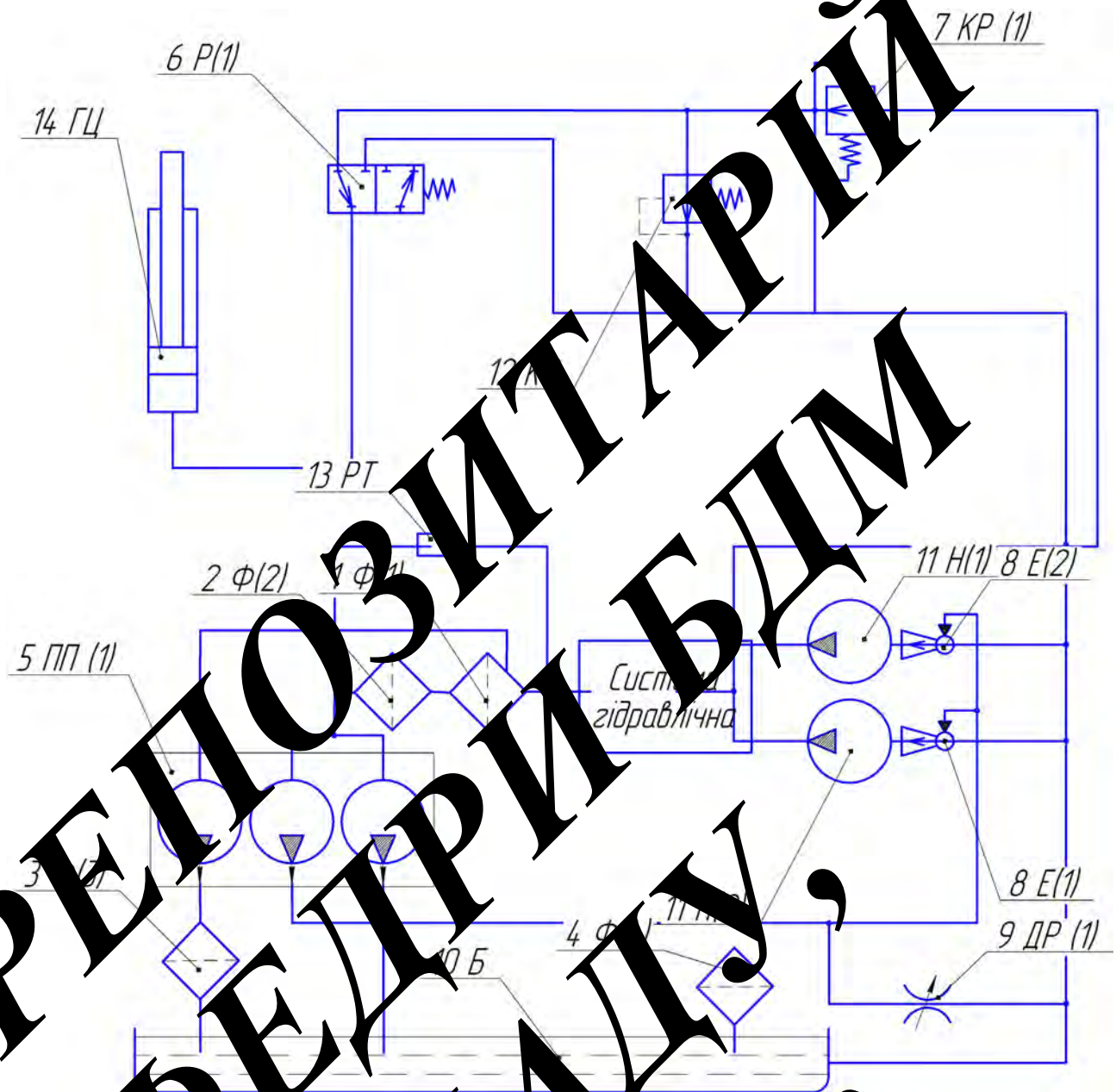


Рисунок 2.13 – загальна структура гідроприводу.

Подільник потоку в цій схемі використовується як джерело гідравлічної потужності для ежектора, який встановлюється на шкіді в насос екскаватора і поліпшує його технічну характеристику.

Ці переваги розробленого гідроприводу екскаватора необхідно втілити в конкретні конструкції його складових і розташувати на екскаваторі.

2.6 Розрахунок параметрів і розробка конструкції подільника потоку

Визначення втрат тиску відбувається на основі наступних залежностей:

$$\begin{aligned} N_1 &= p_1 \cdot Q_1, \\ N_2 &= p_2 \cdot Q_2, \end{aligned} \quad (2.9)$$

де N_1, N_2 – гідравлічна потужність на лівому та правому проходах подільника,

p_1, p_2 – перепад тиску на лівому та правому проходах подільника,

Q_1, Q_2 – витрати на лівому та правому проходах подільника.

Сходячи з того, що $N_1 = N_2 = N_3$ витрати тиску визначаються

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot Q_1}{Q_2}, \quad (2.10)$$

$$p_2 = \frac{1.5 \cdot 26.7}{240} = 0.1575 \text{ МПа},$$

Визначення потужностей по секціям розподільника:

$$\begin{aligned} N_1 &= p_1 \cdot Q_1 = p_1 \cdot V_1, \\ N_2 &= p_2 \cdot Q_2 = p_2 \cdot V_2, \\ N_3 &= p_3 \cdot Q_3 = p_3 \cdot V_3. \end{aligned} \quad (2.11)$$

де N_1, N_2, N_3 – гідравлічна потужність на лівому, середньому та правому проходах подільника,

p_1, p_2, p_3 – перепад тиску на лівому, середньому та правому проходах подільника,

Q_1, Q_2, Q_3 – витрати на лівому, середньому та правому проходах подільника.

Сходячи з того, що частота обертів в усіх секціях подільника, що зеднані єдиним валом, однакова, - втрати тиску визначаються

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot Q_1}{Q_2}, \quad (2.12)$$

$$p_2 = \frac{1.5 \cdot 26.7}{240} = 0.17 \text{ МПа}$$

Використання розробленого фільтруючого блоку дає втрати тиску, значення яких не перевершують, і вимагається в кращих вітчизняних та закордонних зразках фільтрів. При цьому забезпечується якість очистки.

Основні елементи маслоочищувального блоку випускаються або серійно або в своєму складі мають переважно стандартні деталі.

Перевагою об'ємних подільників потоку робочої рідини є практично відсутність втрат тиску, що є важливою перевагою, в порівнянні з дросельними подільниками, які при своїй роботі втрачають тиск. Тому в гідроприводі екскаваторів доцільно використовувати об'ємні подільники потоку (рис. 2.14). Звичайно подільники потоку використовуються для синхронізації швидкості декількох гидродвигунів (силових циліндрів або гідромоторів), що живляться від одного (забачного) насоса. При цьому від синхронізацією дії декількох агрегатів розуміється забезпечення як рівності, так і співвідношення швидкості гидродвигунів.

Звичайно як подільні пристрої можуть бути застосовані лише гідромотори з високим об'ємним КПД (малими втратами). Але в нашому випадку необхідно щоб пристрій мав, в першу чергу, невеликі механічні втрати і невелику вартість, а точність поділення робочої рідини, яка прямує на фільтри може бути невеликою.

В об'ємному дільнику потоку застосовують шестерневі, поршневі, гвинтові, роликові, лопатні гідромотори.

Досить простими в виготовленні і невисокими за вартістю є лопастні подільниками об'ємного типу (зв'язані валами). Гідромотори в даній схемі є витратомірними пристроями (дозаторами), що подають за один оборот об'єм рідини, рівний без урахування витоків в гідромоторі його робочому об'єму.

При рівних робочих об'ємах гідромоторів по об'єму рідини між гідродвигунами розділятиметься в даній схемі на рівні частини $Q/2$. При рівності зовнішнього навантаження гідродвигунів ($P_1 = P_2$) перепад тиску в гідромоторах буде обумовлений лише тертям, тобто гідромотори в цьому випадку практично працюватимуть в холостому режимі.

При зміні зовнішнього навантаження гідродвигунів ($P_1 \neq P_2$) рівність тиску в них буде порушена ($p_1 \neq p_2$), в результаті у лінії недовантаженого гідродвигуна з'явиться надлишок потужності. Гідравлічний мотор, що знаходиться на цій лінії, вступить в роботу як привід другого гідромотора в лінії переобтяженого гідродвигуна, який в цьому випадку працюватиме в режимі насоса, що підвищить тиск понад тиск живлення (не входить в гідромотори) p_n до величини, необхідної для подолання опору лінії переобтяженого гідродвигуна.

Очевидно, що в цьому режимі ($P_1 \neq P_2$ або $p_1 \neq p_2$) перепад тиску в обох гідромоторах буде обумовлений не тільки механічними втратами, але і різницею навантажень циліндрів P_1 і P_2 , яка компенсується роботою (як насос) гідромотора встановленого в гілці переобтяженого гідродвигуна. Перепад тиску на цьому гідромоторі, в цьому випадку рівний без урахування сил тертя в системі.

$$\Delta p = K p_t = K \frac{P_{\max} - P_{\min}}{F}, \quad (2.13)$$

де P_{\max} і P_{\min} - максимальна і мінімальна поточні навантаження гідродвигунів;

F - площа циліндрів;

K – коефіцієнт поділу потоку;

$$p_t = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{F} - \text{тиск в лінії живлення (тиск перед гідромоторами)}.$$

Якщо коефіцієнт $K = 0,5$, то потужність для компенсації різниці в навантаженнях ($P_{\max} - P_{\min}$) ділиться порівну між обома гідромоторами.

При нульовому навантаженні одного з гідромоторів обидва гідромотори працюватимуть (без урахування втрат тиску в системі) з перепадом тиску, рівним $0,5 p_n$, де p_n — тиск в лінії живлення відповідне навантаження P_{\max} .

Подільник робочої рідини (рис. 2.14) уявляє собою трисекційний роликотворний гідромотор в якій з лівої сторони зі зливної магістралі потрапляє робоча рідина і ділиться на три потоки пропорційно об'ємам секцій подільника незалежно від навантаження. Подільник робочої рідини складається з корпусу 1, фланцевого корпусу 2, з'єднального корпусу 3, середнього корпусу 4, кришки правої 5, кришки лівої 6, основного валу 7, з'єднального валу 8, трьох пружин 9, малих пружин 10, піджимної втулки 11, дистанційної втулки 12, малих піджимних втулок 13, малих дистанційних втулок 14, ротора 15, роликів 16, малих роликів 17, лопатів 18, а також впускного і випускного колектора. По краях і по середині валу встановлюються підшипники. На з'єдальному валу послідовно встановлюються три ротори з довжиною, відповідної витратам секції. Між секціями встановлюються дистанційні втулки. Вал обертається на трьох підшипниках. Лопаті розташовані в пазах роторів. Зверху і знизу підшипника його підшипники прикриваються кришками.

Внаслідок ексцентриситету роторів відносно корпусів подільника відбувається подача робочої рідини при роботі пристрою в режимі насоса.

При роботі пристрою в режимі мотора навпаки, потік робочої рідини обертає насос.

Відмінністю подільника потоку є застосування в двох крайніх секціях гідромоторів двократної дії з двома нерухомими пластинами (1.14, а) розташованих в пазах нерухомого статора (корпусу середнього 4).



Рисунок 2.14 – Подільник потоку

Фігурний ротор 17 виготовлено так, що дві діаметрально протилежні сторони мають форми дуг кола, описаного із центра ротора r_1 радіусом, рівним радіусу r_2 розточки корпусу середнього 4. Дві другі сторони описані дугами меншої кривизни ($r_1 > r_2$). При обертанні ротор, при контакті одночасно зі статором і двома пластинами, буде засмоктувати рідину з двох протилежних камер і нагнітати її.

Максимальна розрахункова продуктивність, яку потребує гідроторний гідромотор визначається з виразу

$$Q = 2 \cdot n \left[\pi (r_2^2 - r_1^2) - (r_2 - r_1) 2s \right], \quad (2.14)$$

де r_1, r_2 - велика і мала півувісі ротора;

b, s - ширини ротору і товщина пластинки (пласті)

2.7 Визначення параметрів розробки на основі патентного матеріалу конструкції фільтру, що описується сам

до опису устрою фільтра (Патент 2103145 Росія, МПК В01Д 19/00 Уст-
ройство для очистки жидкости от частиц / Семеновский В.Л. Опубл. 27.01.1998.
Бюл. №3) і рисунку (1.12), що наведено в журналі, розроблена наступ-
на конструкція фільтру, що описується там. Самоочисний механічний фільтр
[11] має великий ресурс і характеризується низькими експлуатаційними витратами
(2.15).

Фільтр складається з наступних елементів: фільтр елемент – 1, патрубок вхід-
ний - 2, верхня частина золотника - 3, патрубок вихідний - 4, патрубок злив-
ний - 5, внутрішня порожнина фільтроелемента - 6, нижня частина золотника -
7, втулка - 8, вісь золотника - 9, корпус - 10, ущільнення кришки - 11, пружина -
12, стакан - 13, кришка фільтру – 14, мембрана - 15, штирь 16, пружина 17, ви-
микач 18, ущільнюючі і крипіжні вироби 19 - 23.

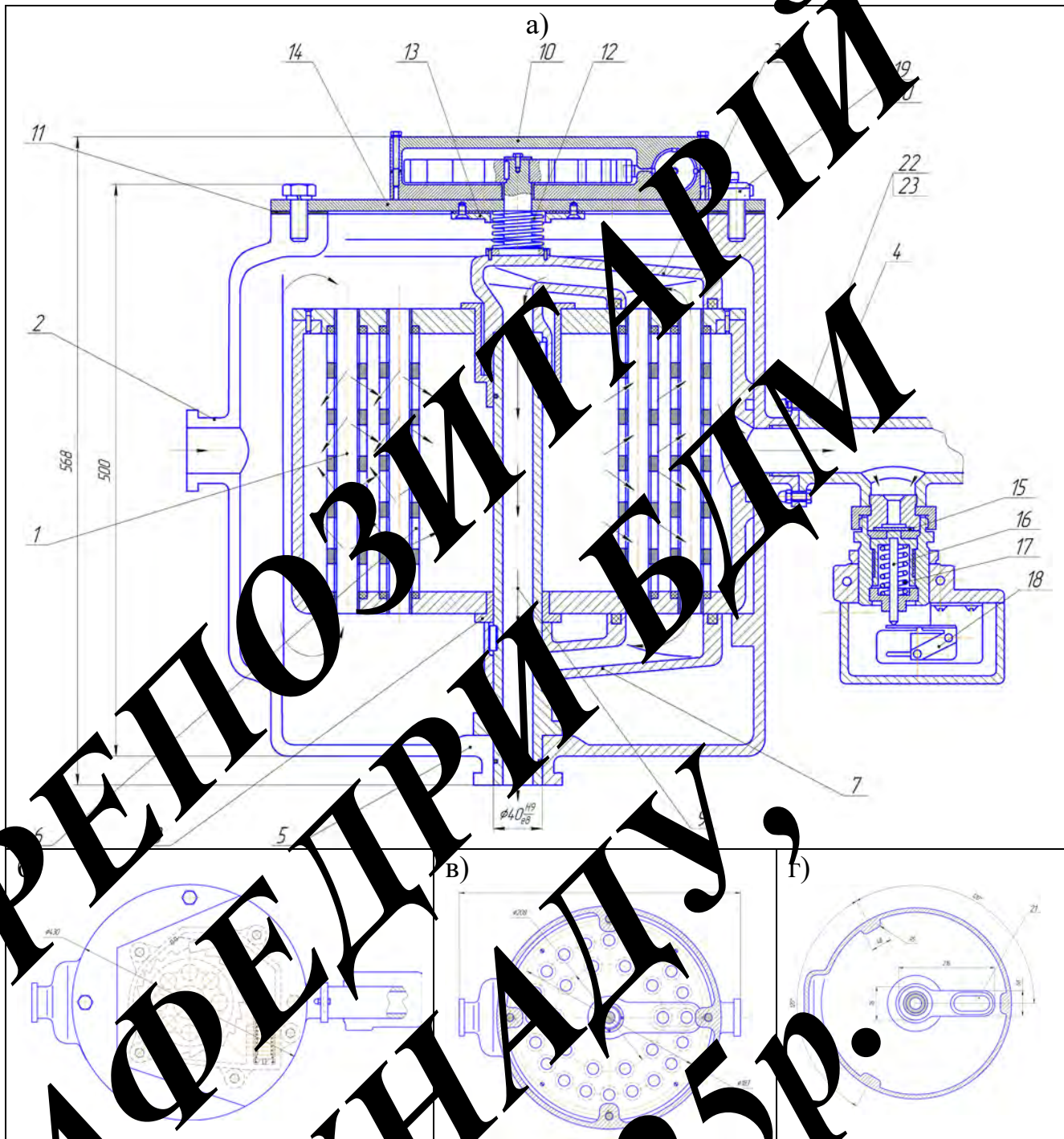


Рис. 2.1 – Фільтр, що очищається сам

Через вхідний патрубок 2 забруднена робоча рідина входить у внутрішні порожнини фільтруючих елементів 1 і 6 (у лівій половині фільтра) із двох сторін, залишає забруднення на їхніх внутрішніх стінках і виходить із патрубка 4.

Завдяки двосторонньому входу робочої рідини у фільтруючі елементи інтенсивність потоку через фільтруючу поверхню вирівнюється, і в значній мірі вирівнюються шари забруднень.

При регенерації фільтра за допомогою золотника 3 системи каналів частина відфільтрованої робочої рідини зворотним потоком надходить усередину фільтруючих елементів зовні (у правій половині фільтра), змиваючи з їхньої внутрішньої поверхні забруднення, і виходить через патрубок 4. Змивання забруднень відбувається рівномірно завдяки двосторонньому напрямку потоку робочої рідини.

Така організація потоків збільшує ефективність промивання фільтруючих елементів, зменшує витрату робочої рідини на промивання й подовжує періоди між заміною фільтруючих елементів.

2.8 Розробка конструкції приводу механізму самоочистки фільтра

Відомину від прототипу, механізований фільтр має у своєму складі механізм повороту, який і дозволяє здійснювати керування роботою фільтра з кабіни оператора.

Механізм повороту, конструктивне виконання якого показані на рис. 2.16, складається з корпусу 1, який через ущільнювальну прокладку 12 зверху закривається кришкою 2. Корпусі 1 містить храпове колесо 3, яке через спеціальний вал 5 з'єднується з розподільником самоочищуючого фільтру.

За кождого кроку храпового колеса здійснюється зміна робочого положення розподільника фільтру, кожний шаг якого здійснюється за допомогою фіксатора 6 і першенька. Поршень 9, в свою чергу, опирається з циліндра, штока 10 і пружини 11. Шток під тиском робочої рідини пересувається вперед і робочою пружиною 8 повертає храпове колесо на один шаг. Фіксатор 6 з пружиною 7 фіксує храпове колесо в такому положенні. Поршеньок за допомогою пружини 11 повертається в початкову позицію. Упор 9 додає жорсткості робочій пружині 8 при здійсненні повороту храпового колеса.

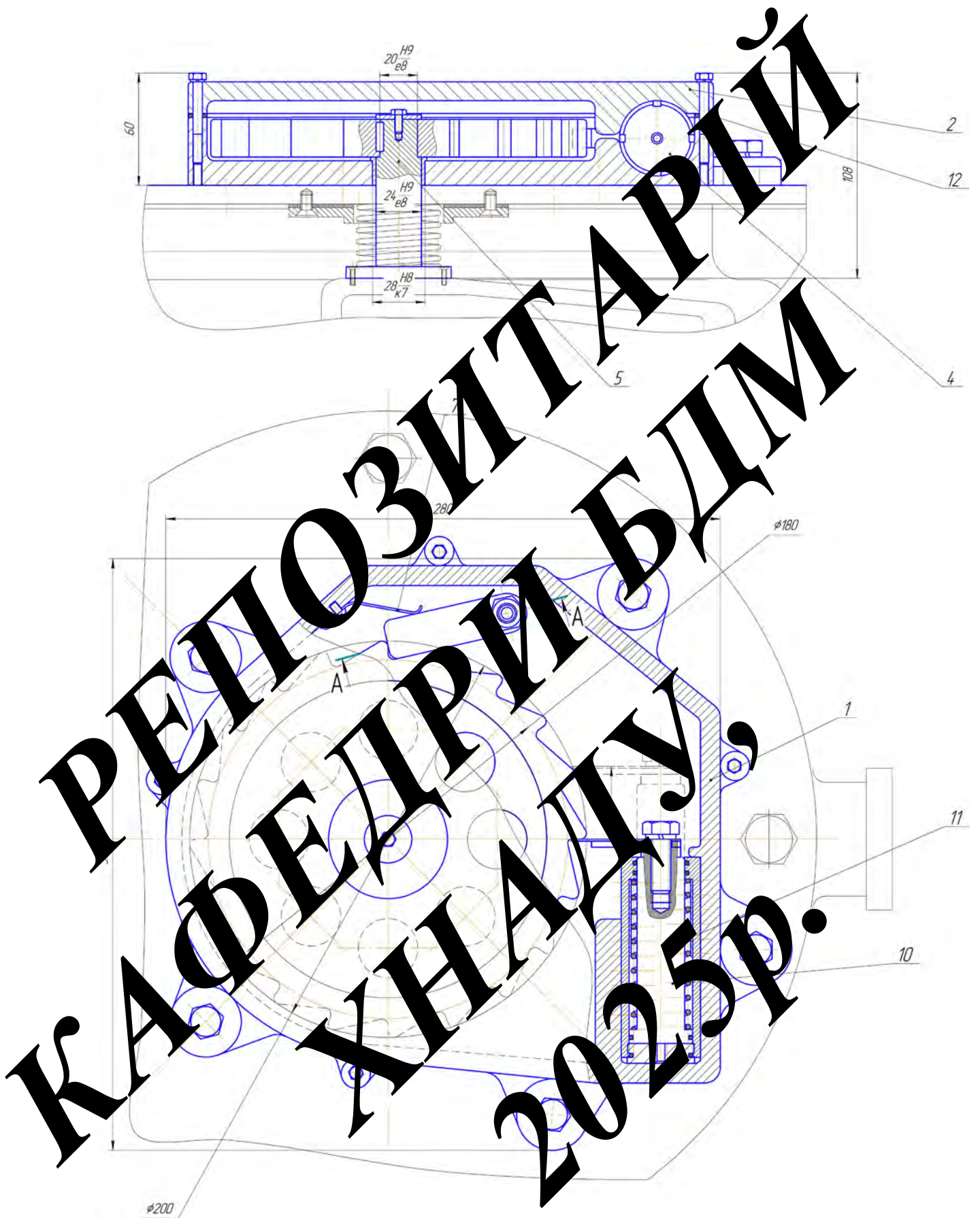


Рисунок 2. 16 – Привод механізму самоочистки фільтра

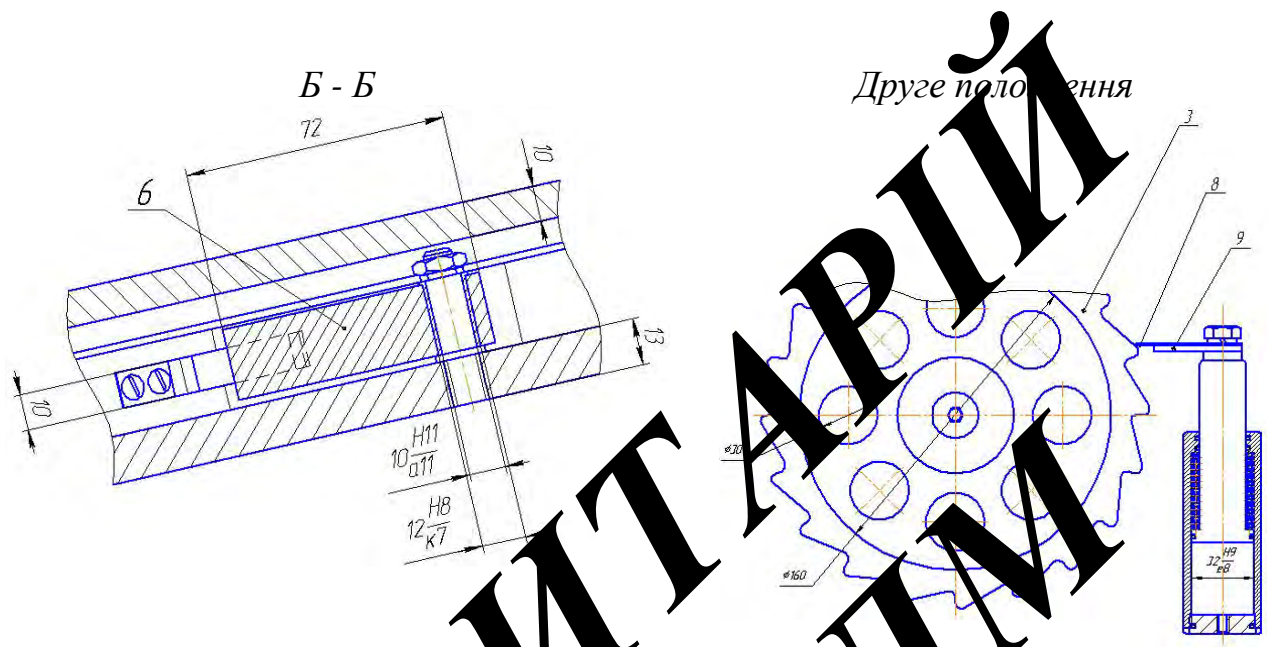


Рисунок 2.17. Принцип механізму самоочистки фільтра
(продовження рисунка 2.16)

2.9 Розрахунок параметрів і робота конструкції відцентрового фільтру

Фільтр відцентрового очищення (рис. 2.18) складається з корпусу 1, кошика центрифуги з гідророз'єктивним приводом.

Робоча рідина від подільовача потоку по каналу подається під вставку 9 центрифуги, звідки невелика частина масла, пройшовши сітчастий фільтр 5, надходить до двох жиклерів 2 (соплів), створи яких спрямовані в протилежні сторони. Робоча рідина, що викидається з жиклерів у двох протилежних напрямках створює крутний момент, що приводить ротор 6, усталовлений на упорному підшипнику, в обертання із швидкістю 5000—6000 об/хв. При цьому основна частина масла, що надходить у порожнину ковпака 7 (кришки) ротору, піддається відцентровому очищенню.

Продукти зношування, нагару й смолісті відкладення, що перебувають у робочій рідині, відкидаються під дією відцентрової сили до внутрішньої поверхні ковпака і рівномірно розподіляються по ній у вигляді осаду, що видаляють при чищенні центрифуги.

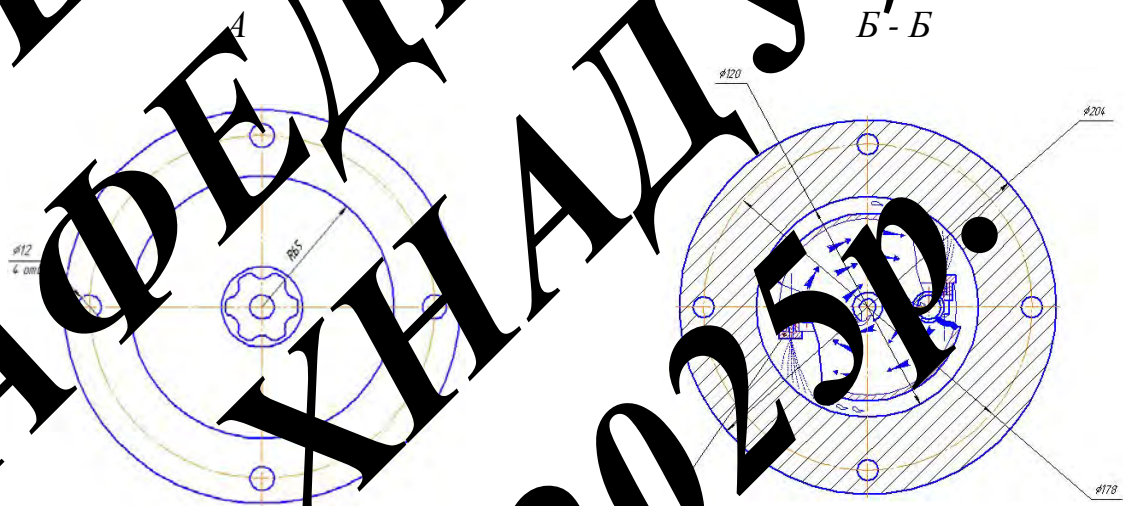
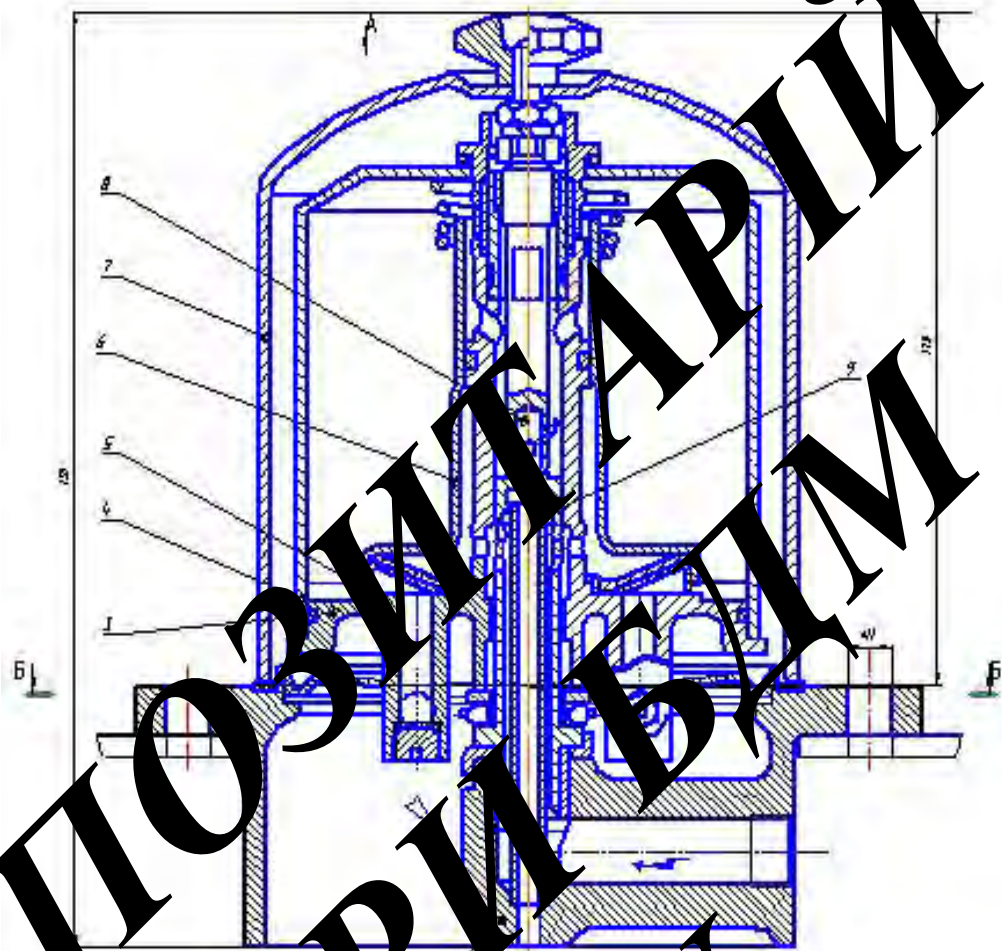


Рисунок 2.18 – Фільтр відцентровий

Очищене масло через радіальні отвори осі ротора, трубку і канал надходить у розподільну камеру масляної магістралі. Канал з'єднаний із пропускним клапаном.

2.10 Оцінка забруднення робочої рідини

Для оцінки чистоти робочої рідини гідроприводів розроблений ГОСТ 17216-71. Цей стандарт встановлює 19 класів чистоти робочої рідини. Кожному класу відповідає певне число розливних розмірів забруднень, що містяться в 100 см³ рідини (табл.2.3).

Проте при визначенні забрудненості рідини в експлуатаційних умовах число частинок в різних розмірних групах часто відповідає різним класам чистоти і визначення класу чистоти викликає труднощі.

Тому для робочих рідин з метою, відповідною 8-14 класам, Внїгідропривод розробив методику, яка дозволяє визначити клас чистоти по індексу забрудненості рідини, який має наступні значення:

клас чистоти	8	10	11	12	13	14	
індекс забрудненості	105	210	415	830	1645	3275	6520

Індекс забрудненості визначається по формулі

$$Z = 0.001(n_{10} \cdot 10 + n_{25} \cdot 25 + n_{50} \cdot 50 + n_{100} \cdot 100 + n_{200} \cdot 200 + n_b \cdot 400) \quad (2.15)$$

де $n_{10}, n_{25}, n_{50}, n_{100}, n_{200}, n_b$ - відповідно концентрація частинок у 100л³ в інтервалах розмірів 5-10, 10-25, 25-50, 50-100, 100-200 мкм і волокон.

Граничні значення показників властивостей робочих рідин є випадковими величинами, визначаються швидкістю зміни значень даного показника залежно від напрацювання.

Для будівельних і дорожніх машин характерне велике розсіяння швидкості зміни основних показників властивостей вживаних робочих рідин. Це пов'язано з впливом на реальний процес зміни показників такого числа конструктивних і експлуатаційних чинників.

Потрібно відзначити що показники якості робочих рідин, досягаючи свого граничного значення, визначають її відмову. Під відмовою розуміють такий технічний стан робочої рідини, при якому вона повністю або частково втрачає працездатність і не може виконувати задані функції зі встановленими параметрами.

Таблиця 2.3 - Клас чистоти робочої рідини згідно ГОСТ 17216-71

Клас чистота	Число частинок в об'ємі						Зміст забруднень %
	5-10	10-25	25-50	50-100	100-200	200-500	
00	8	4	1	A0	A0	A0	Не нормується
1	16	8	2	A0	A0	A0	Не нормується
2	32	16	3	A0	A0	A0	То ж
3	63	32	4	1	A0	A0	“
4	250	125	12	1	A0	A0	“
5	500	250	25	4	1	A0	“
6	1000	500	50	6	2	1	0,0002
7	2000	1000	100	12	4	2	0,0002
8	4000	2000	200	25	6	3	0,0004
9	8000	4000	400	50	2	4	0,0006
10	16000	8000	800	100	25	5	0,0008
11	31500	16000	1600	200	50	10	0,0016
12	63000	31500	3150	400	100	20	0,0032
13	Не нормується	63000	6300	800	200	40	0,005
14	То ж	125000	12500	1600	400	80	0,008
15	“	Не нормується	25000	3150	800	160	0,016
16	“	–	50000	6300	1600	315	0,032
17	“	“	Не нормується	12500	3150	630	0,063

На підставі експертного опиту і результатів експериментальних досліджень на першому етапі можна рекомендувати наступні граничні показники властивостей робочих рідин СДМ (табл. 2.4)

Таблиця 2.4 - Граничні показники властивостей робочих рідин БДМ

Сорт робочої рідини	Кінематична в'язкість		Зміст механічних домішок (клас чистоти по ГОСТ 17216-71)		Зміст води %		Кислотне число, міліграм КОН на 1г масла	
	Зберігання	Експлуатація	Зберігання	Експлуатація	Зберігання	Експлуатація	Зберігання	Експлуатація
ВМГЗ	10	8	0,005 (13)	0,008 (14)	0,005	0,5	0,05	0,55
МГЕ-46В	25	20	0,005 (13)	0,008 (14)	0,005	0,5	0,9-1,5	1,55
АУ	12-14	10,4-15,6	0,005 (13)	0,008 (14)	0,03	0,5	0,07	0,25
І-30	12-33	24-36	0,005 (13)	0,008 (14)	0,03	0,5	0,05	0,25

Примітка. Значення в'язкості приведенні при t=50 °С

При експлуатації робочих рідин необхідно контролювати їх фізико-хімічні властивості:

кінематичну в'язкість при 50 °С робочих рідин або при 100 °С (моторних мастил);

кислотне число, що характеризує ступінь окисленості робочої рідини;

зміст води;

гранулометричний склад забруднень і клас чистоти по ГОСТ 17216-71;

масовий зміст механічних домішок.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Виробнича санітарія. На екскаваторника, при його роботі, вплив оказує - температура навколишнього середовища, шум, вібрація, освітлення.

Відомо, що відмова дорожньо-будівельної машини в польових умовах приводить не тільки до економічних втрат, але і вимушує оператора шукати несправність і потім її усувати в умовах безпосередньої метеорологічної. З погляду охорони праці і навколишнього середовища, удосконалена бортова система очистки робочої рідини гідротривалу спрямована на зменшення відмов в експлуатації тому поліпшує умови праці оператора і захищає навколишнє середовище. Але шкідливі фактори які присутні при роботі самого екскаватора, необхідно розглянути.

Робочим місцем оператора екскаватора є кабіна. Його робота потребує постійного зосередження уваги і швидкої реакції на зміну протікання робочого процесу, тому вона належить до категорії важких.

Параметри мікроклімату впливають на психологічний стан оператора, тому кабіна екскаватора сконструйована так, щоб ці параметри відповідали вимогам.

До основних параметрів відносять температуру, вологість, швидкість руху повітря та барометричний тиск у робочій зоні. Так, тривалий вплив високої температури в поєднанні із значною вологістю призводить до накопичення теплоти в організмі і до гіпертермії - стану при якому температура тіла піднімається до 38-40%.

Згідно з нормами в теплий період температура повітря в кабіні не повинна перевищувати 28°C при відносній вологості 40-60 %. В холодний період температура повітря в кабіні машини повинна бути не менше +14°C при температурі навколишнього повітря мінус $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$. Перепад температури повітря на рівні ніг

і голови не повинен перевищувати 4°C. Швидкість повітря в кабіні при повітрообміні не повинна перевищувати 1,5 м/с.

З метою забезпечення комфортності мікроклімату кабіни її обладнано системою опалення та вентиляції, що також приводить до уникнення запотівання та обмерзання скла при низьких температурах.

Так при русі екскаватора система обігріву забезпечує температуру повітря в кабіні не менше 15°C при навколишній температурі до -25°C та більше 10°C при навколишній температурі до -40°C. Система вентиляції кабіни забезпечує доступ свіжого повітря в кількості не менше 30 м³/год.

В теплий період року для захисту оператора від перегріву передбачено вентиляційний люк, який відкривається з кабіни трактора, сонцезахисний козирок. В літній період температура в кабіні може перевищувати температуру зовнішнього повітря на 10°, при максимальній допустимій для самого жаркого місяця 33°C, а в умовах зашквеності зовнішнього повітря, коли вікна кабіни зачиняють, температура в кабіні перевищує зовнішню на 10 - 15°. Тому для створення нормальних умов роботи в кабіні екскаватора встановлено повітроохолоджувач, який при температурі зовнішнього повітря 30-35°C має холодопродуктивність 1455-2095 Вт і створює поверхневий потік в зоні дихання в межах 1,5-3 м/с. охолоджувач, крім того очищує повітря від пилу.

Для зручності екскаватора в темний період доби він має освітлювальні пристрої (зовнішні та внутрішні), які відповідають вимогам "Правил дорожнього руху України" і забезпечують нормальні умови спостереження шляху, зони взаємодії робочого органа з середовищем, екскаватор в цілому і його вузлів, контрольно-вимірювальних приладів.

Для забезпечення нормальних умов в огляду за приладами їх освітленість повинна бути в межах 0,3-1,1 лк, яка забезпечується індивідуальним підсвіченням, а плафон повинен створювати освітленість на рівні панелі приладів не менше 5 лк. В темний період доби освітленість зони взаємодії робочого органа з об-

роблюваним середовищем повинна бути не менше 5 лк, а діяння шляху на відстані 10 м перед машиною - не менше 10 лк .

При роботі екскаватора у повітря робочої зони, в результаті згоряння дизпалива, викидається значна кількість шкідливих речовин та газів (таблиця 3.1). Згідно з , концентрація окису вуглецю в кабіні не повинна перевищувати 20 мг/м³

Таблиця 3.1 - Токсичність відпрацьованих газів дизельного двигуна

№ п/п	Токсична речовина	Кількість токсичних речовин на 1000 л палива, яке згоряє
1	Окис вуглецю CO	25
2	Вуглеводні СН	8
3	Окис азоту NO ₂	36
4	Сажа	3
5	Суміш з'єднань SO _x	30
	Всього	102

Привале перебування у запылених умовах призводить до професійних захворювань органів дихання, зору і слуху. Вихлопні відпрацьованих газів призводить до отруєння організму, порушення роботи внутрішніх органів.

З метою зниження кількості токсичних речовин, що потрапляють в кабінку, на тракторі встановлений фільтр-вентиляційний пристрій, ефективність пиловловлення якого становить 2 %. Так як екскаватор працює на малих швидкостях його вихлопна труба розташована на такій висоті, яка забезпечує швидке розсіювання випускних газів і мінімальне потрапляння токсичних речовин в кабінку.

Основним джерелом шуму при роботі машини є двигун внутрішнього згоряння та вихід відпрацьованих газів. З метою зменшення цього шуму на вихлопну трубу двигуна встановлюють глушник, який значно знижує рівень шуму. Для зменшення рівня шуму в кабінці трактора використовують лицювальні панелі та інші матеріали з великим внутрішнім тертям. Вони здатні сприймати звукові на-

вантаження та демпрувати їх. Звукоізоляція вузлів і агрегатів машини забезпечується за допомогою встановлення звукоізоляційних кожухів.

Ці заходи обмежують рівень шуму на робочому місці в дБ відповідають вимогами .

Під час підйом та опускання робочого обладнання, розроблюванні ґрунту виникають динамічні навантаження у вигляді струсів. Струсів і вібрації зазнає машина і внаслідок нерівностей шляху, яким вона пересувається. Джерелом вібрації є також працюючий двигун і органи керування.

Відповідно до оператор експлуатора в основному підпадає під дію транспортної вібрації. Максимально допустимі рівні вібрації на робочому місці не повинні перевищувати: віброрискрення у вертикальній площині - $0,56 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$ і $0,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$ - в горизонтальній, вібршвидкість - $1,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ та $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, відповідно.

Для створення безпечних умов праці двигун і кабіна кріпляться до рами через гумові амортизатори, підлога в кабіні покрита гумовим килимком, органи керування - шаром мікропористої гуми. Крісло водія - еластичне з пружинною підвіскою.

Сильний шум шкідливо для здоров'я і праездатності 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 нерідко викликає у людей головні болі, запальні процеси, відчуття страху, дратівливість, прискорює процес стомлення, ослаблює увагу, 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. Таким чином шум 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 болів, запаморочення, поганого сну, зниженої працездатності, поганого самопочуття, порушень діяльності серця.

Вібрація може не викликати хворобливих відчуттів, але перешкоджувати виконання роботи.

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

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

Техніка безпеки. Підготовка до роботи. Для підготовки екскаватора до роботи необхідно:

- змастити екскаватор відповідно до марки мастила;
- перевірити наявність мастила в опорних і підтримувальних катках, при необхідності змастити їх;
- перевірити наявність мастила в редукторах ходу, повороту, роздаточному редукторі, при необхідності долити;
- перевірити стан акумуляторної батареї, при необхідності зарядити;
- перевірити по оглядовому склу рівень робочої рідини в гідробаці (рідина повинна заповнювати не менше 2/3 оглядового скла), при необхідності долити робочу рідину, перевірити рівень масла в картері дизеля, при необхідності долити масло;
- перевірити наявність палива в баку по покажчику рівня палива, розташова-

ному на щитку управління в кабіні;

перевірити положення заслінки всмоктуючого патрубка в гідрообаці (заслінка має бути повністю відкрита) і кріплення хомутів на смокочних патрубках гідробака і насосів;

випустити повітря з насосів, відвернувши пробку, розташовану зверху насосів.

Заміна робочої рідини в гідропроводі. У початковий період експлуатації робоча рідина перший раз замінюється через 300 ч роботи екскаватора, надалі — через 3500—4000 ч, але не рідше, а один раз на два роки (згідно інструкції на насоси і гідромотори).

Масло веретенне АУ ГОСТ 1642—75, масло індустріальні МІ-30 ГОСТ 20799—75 замінюють перше через 250 ч, а надалі — через 1700—2000 ч, але не рідше один раз на рік.

Як робоча рідина гідроприводу можуть застосовуватися тільки наступні мінеральні масла при температурі навколишнього повітря від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище — ВМ-ГЗ або масло веретенне АУ ГОСТ 1642—75; при температурі навколишнього повітря від $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище — МІЛД ПАМ-30 або масло індустріальне МІ-30 ГОСТ 20799—75.

Робоча рідина повинна мати документ про відповідність її стандарту або технічним умовам.

Категорично забороняється використовувати робочу рідину, що містить механічні домішки, воду або суміш різних сортів масел.

Вчасна заміна відпрацьованій робочій рідині чисту і свіжу збільшує термін служби агрегатів приводу і забезпечує безперебійну роботу екскаватора.

Заміну робочій рідині необхідно проводити в умовах, де повітря по можливості очищене від пилу.

Перед зливом робоча рідина розігрівається до $60\text{—}70\text{ }^{\circ}\text{C}$. З гидробака робоча рідина зливається через кулькову пробку, розташовану знизу гидробака.

Робоча рідина з бака фільтрів зливається через зливний патрубок розташований під платформою ззаду. Елементи, що фільтрують, замінюються на нові.

З насосів злив проводиться через нижні пробки.

Робоча рідина замінюється при повністю вичерпаних потоках гідроциліндрів рукояті і ковша, при цьому робоче устаткування має бути опущене на ґрунт.

В процесі експлуатації екскаватора якість робочої рідини знижується, при цьому чистота робочої рідини має бути не нижче за дванадцятий клас по ГОСТ 17216—71.

Для грубої оцінки якості робочої рідини періодично відбирайте пробу із зливного патрубка гідробака і зберігайте пробу в герметичному стані протягом тривалого часу (2—3 дні).

Ступінь забруднення робочої рідини можна визначити по наступних ознаках:

1. При сильному забрудненні робочої рідини механічними домішками на дні судини при пробі в процесі відстоювання утворюється щільний осад.

2. Робоча рідина, що має замутинений молочно-білий колір, містить повітряні бульбашки або воду.

У разі попадання повітряних бульбашок в процесі відстоювання робоча рідина через 1—2 години стає прозорою, починаючи з нижнього шару.

У разі попадання води навіть через 24 години відстоювання робоча рідина стає прозорою лише у верхньому шарі. При нагріванні проби в пробірці, охолоджуваної волою ганчіркою, на стінках пробірки конденсується краплі води.

При зміні прозорості та також кольори робочої рідини в порівнянні із спочатку заправленою рідиною досліджуйте її в лабораторних умовах для визначення змісту забруднюючих речовин.

Робоча рідина в гідробак закачується насосом, розташований в передній частині екскаватора над інструментальним ящиком. Перед заправкою огорожну частину шланга промийте. Заповнивши гідробак на 2/3 оглядового скла, випустите повітря з насосів і запустите силову установку. При малій частоті обертання

валу дизеля почерговим включенням золотників гідроапаратів зловните трубопроводи, гідроциліндри, гідромотори робочою рідиною і після цього до заправте гідробак.

Рекомендується огорожну частину заправного плану не доводити до дна ємності на 100—150 мм.

При роботі екскаватора з робочим устаткуванням зворотна лопата при копанні на великих глибинах не допускайте викинення бічних навантажень і випадкового включення повороту платформи щоб уникнути пошкодження робочого устаткування.

Не залишайте ківі піднятим після закінчення роботи опустите його на землю.

Щоб уникнути рідіння робочого устаткування не користуйтеся одночасним включенням рукоюки лівої колодки на опускання стріли і педаллю опускання стріли.

Техніки безпеки при роботі екскаватора. Перед початок земляних робіт одержуйте довідку відсутності підземних комунікацій. На наявності таких комунікацій наголошують знаками.

У вечірній і нічний час місце роботи екскаватора в забої, місце розвантаження ґрунту і підземні шлюзи повинні бути добре освітлено.

У небезпечній місцевості забої відмінні роботи екскаватора захищають і встановлюють щити з попереджувальними написами. В нічний час огорожі освітлюють.

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

Перед пуском двигуна машиніст екскаватора уважно оглядає машину і переконується в повній її справності. Робота на несправному екскаваторі забороняється. Про всі несправності машини або ненормальних умовах експлуатації, які можуть привести до аварії, машиніст негайно доводить до зведення адміністр-

рації підприємства.

Всі деталі (зубчаті колеса, ланцюгові передачі, маховики) що обертаються, захищають кожухами. Пуск в дію механізмів при знятті кожухів не дозволяється.

Перед пуском в хід 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 поршня, 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 передчасного спалаху поршень може піти у зворотний бік, що приведе до нещасного випадку.

На екскаваторі слід дотримувати чистоту, всі необхідний інвентар і інструмент берегти в призначеному їх місці. Сторонні предмети, що знаходяться на поворотній платформі, можуть послужити причиною аварії.

Робота екскаватора в забої.

Під час роботи перебування на екскаваторі або в радіусі його дії сторонніх осіб забороняється. Небезпечною є зона, що представляє собою написаний з центру об'єкта поворотної платформи, максимальним радіусом об'єкта, збільшеним в 1,2 рази (більше значення для зворотної лопати і драглайна).

У період роботи двигуна і механізмів екскаваторів не дозволяється кріпити які-небудь частини, мастити їх і складати спадальні одиниці, розташовані в тісних і небезпечних місцях.

. Забороняється регулювати гальма при піднятому ковші і працювати навислим екскаватором без установки фіксатора поворотної колони в проміжне положення, що обмежує поворот на випадок обриву ланцюга.

При роботі екскаватор повинен стояти на горизонтальному майданчику, який вирівнюють до початку роботи. На пневмоколісному екскаваторі без виносних опор перед початком робіт повинні бути включені гальма коліс і стабілізатори.

Робота навісним екскаватором допускається тільки при опущених виносних опорах і відвалі бульдозера. На повноповоротному екскаваторі виносні опори і відвал бульдозера повинні бути опущені на ґрунт.

При розробці високого забоя впадають ті, що знаходяться на верху забоя крупне каміння і інші предмети, оскільки може обсипатися, пошкодити екскаватор і бути причиною випадку. Якщо сипкий ґрунт з яких-небудь причин обсипається від куту природного укосу, цей кут слід створити майстерним шляхом. Щоб уникнути нещасного випадку не дозволяється підкопувати лопатою стіни у напрямі сповзання його, оскільки ґрунт може обрушитися. Працівників забой, що має «козилов», забороняється.

При вантаженні ґрунту з автомашини забороняється проносити ківш екскаватора людиною і кабіною шoferа. При завантаженні автомашини, що не має надбійного запобіжного бронювання щита, шofer повинен, виходити з кабіни і знаходитися на безпечній відстані.

Пересувний склад дозволяється завантажувати тільки після сигналу про його готовність до вантаження. Пересувний склад під час вантаження повинен переміщатися тільки по сигналу машиніста екскаватора. Не можна допускати перевантаження нерівномірне завантаження транспортних засобів.

Щоб уникнути пошкодження робочого устаткування платформу екскаватора з наповненим ковшем повертають тільки після опускання ковша із забоя.

Під час вибухових робіт в забой екскаватор відводять на безпечну відстань і повертають до місця вибуху задньою частиною кабіни, а обслуговуючий персонал зобов'язаний піти в укриття.

Перед зупинкою машини стрілу розташовують уздовж осі екскаватора, а ківш опускають на землю.

Ківші чистять опущеним на землю з відомої і дозволеної машини.

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

При роботі поблизу будівель і споруд допускати встановлення від цих об'єктів до екскаватора встановлює технічне керівництво будівництва. Установка і робота екскаваторів під дротами діючих ліній електропередачі будь-якої напруги не дозволяється.

При роботі навісного екскаватора бульдозером робота з устаткування і поворотну колону ставлять в транспортне положення, а часом на редукторі вимикають.

Працювати в нічну зміну з несправним електроосвітленням і з не повною заправкою паливом, маслом і водою забороняється.

Якщо дизель перевернутий, то щоб уникнути опіку відкривають заливну горловину рідкого палива в рукавицях, а бачок тримають далі від горловини. Спочатку кришку ослабляють, випускають пар, тільки потім знімають її з горловини.

У разі аварійної об'єкції негайно зупиняють двигун: вимикають подачу палива, вимикають декомпресор біля двигунів, вимикають декомпресійний механізм, біля карбюраторних двигунів вимикають заслінку.

Залишати працюючий двигун без нагляду забороняється.

Персонал підприємства, зобов'язаний попереджати змінників про всі несправності екскаватора, помічені під час роботи.

Робота з крановим устаткуванням

Екскаватори, призначені для роботи з устаткуванням крана, повинні бути зареєстровані в органах державного нагляду і можуть бути допущені до навантажувально-розвантажувальних і монтажних робіт тільки після отримання відповідного дозволу від цих органів.

Машиністи, помічники машиніста, елюсарі, монтери, стропальники і зачіпники повинні бути навчені роботі з устаткуванням крана за відповідною програмою і атестовані кваліфікаційною комісією, організовуваною керівництвом

підприємства. В роботі комісії по атестації машиністів і їх помічників повинен брати участь інспектор органів Держміськтехнагляду. Допуск до роботи вказаних вище осіб оформляють наказом по підприємству і вкладають на руки посвідчення про закінчення навчання.

Машиніст зобов'язаний знати, позначення сигналів, масу вантажу, що піднімається, і стежити, щоб маса не перевищувала допустимої по показчику вильоту стріли.

У одиничних випадках допускається підйом важкого вантажу декількома екскаваторами з устаткуванням крана, але тільки під безпосереднім керівництвом відповідального інженера-технічного працівника. Навантаження, що доводиться на кожний кран, повинне перевищувати його вантажопідйомності.

Перед першим підйомом вантажу перевіряють стійкість крана на місці його установки, піднімаючи задалегідь опору висотою 10...20см. На пневмоколісному екскаваторі не дозволяється проводити підйом вантажу без включення і фіксації у відповідному положенні стабілізаторів.

Екскаватори з устаткуванням крана можна встановлювати на краю укосу або на скли тільки з дозволу адміністрації, після того, як машиніст упевниться, що сповзання ґрунту під краном або вантажем не спостерігається.

Вантажі, обв'язуванні до крюка крана, повинні надійно обв'язують канатами або іншими органами належної міцності такої довжини, щоб кут між їх гілками при підйомі на крюк крана був не більш 90°.

При обв'язуванні вантажу, що має гострі виступи або різкі переходи, між стропами і вантажем поміщають прокладки з м'якого матеріалу (дерева, мішкової і т. п.), що оберігають стропи або ланцюг від перетлів і перетирання.

Застосовувати для того, що з великою вагою випадкові закладки (ломи, штирі і т. п.) забороняється.

Для підйому довгомірних вантажів застосовують траверси. Піднімати - їх у вертикальному положенні забороняється.

При обв'язуванні вантажів складної конфігурації (верстатів і іншого устат-

кування) чалочні канати накладають на основний масив вантажу або вантаж підвищують за спеціально призначені для цього пристроєм рами. Обв'язувати вантаж за виступаючі кронштейни, вали і інші частини машини не дозволяється.

Якщо на вантажі, що піднімається, є якісь не надійно закріплені частини (наприклад, маховик, барабан, шків), перед підйомом їх знімають або надійно укріплюють щоб уникнути падіння при підйомі.

При накладенні на крюк чалочного ланцюга або каната потрібно уникати утворення вузлів, перекручень і звивих ланць, оскільки це може привести до обриву ланцюга або каната.

Працювати стропами сплутаними з окремих ділянок каната, забороняється.

Вузли і петлі в натягнутих вантажем канатах і ланцюгах поправляють за допомогою металевого стрижня або іншого пристосування. Робити це руками забороняється.

Стоячи біля нахиленого вантажу, братися за нього під час перевертання краном або кантування для обв'язування забороняється. Для кантування потрібно користуватися важелями, клинами або іншими пристосуваннями.

Обв'язують вантаж тільки в брезентових рукавицях.

Вантаж піднімають тільки по сигналу стропальника. Стропальник дає сигнал після того, як вантаж обв'язав, добре зачеплений крюком крана і всі робітники відійшли від нього на безпечну відстань.

Перед тим піднімати вантаж, піднімають його на висоту не більше 0,5м, оглядають обв'язування і підйому вантажу на крюку. Якщо вони виявляються ненадійним, опускають вантаж і, коли стропа ослаблишимуть, роблять потрібні виправлення.

Вантаж, що примерзнув або закопався в ґрунт, відривати краном забороняється.

Стропальникам або іншим робітникам не дозволяється вирівнювати вантаж власною вагою.

Підтягати вантаж крюком від куди-небудь із сторони або переміщати вагони, платформи, візки крюком при косому натягненні канатів забороняється. Вантаж підвішують і піднімають строго вертикально.

Виконувати за допомогою крана технологічні операції (наприклад, гнути балки, рейки, рихтувати вали) забороняється.

Одночасно переміщати дрібноштучні вантажі на крюку допускається тільки в спеціальних плетених сітках, в спеціальній тарі (корзині, ящику) або в спеціальній траверсі.

Одночасно переміщати вантажі різної категорії та різній улаковці (пакунок тканини з бочкою змащування м'яса і т. п.) забороняється щоб уникнути псування одного з цих вантажів.

При переміщенні в горизонтальному напрямі вантаж повинен бути заздалегідь піднятий на 0,5 м за тих, що вище зустрічаються на шляху предметів.

Перед пересуванням екскаватора з устаткуванням (як з вантажем, так без нього) кран струну встановлюють уздовж шляху. Пересувати ці крани з одночасним поворотом стріли забороняється.

При повороті з піднятим вантажем різко гальмувати поворотну платформу забороняється.

Грузнув, маса якого близька до максимальної дозваної вантажопідйомності, заздалегідь піднімають на висоту близько 100 мм для перевірки надійності гальма.

При спуску вантажу гальмо включають плавно, без ривків.

Переміщати вантажі на людях, а також знаходитися або проходити під піднятим вантажем категорично забороняється.

На місці переміщення тяжкості, а також на екскаваторі забороняється знаходитися особам, що не мають прямого відношення до виконуваної роботи.

Екскаватор повинен бути забезпечений якими позначеннями реєстраційного номера, вантажопідйомності і дати наступного випробування.

Встановлювати екскаватори і працювати на них під дротами та діючих ліній, електропередачі будь-якої напруги забороняється.

Встановлювати екскаватори для роботи на свіжому випадаючому ґрунті забороняється.

Техніка безпеки під час обслуговування екскаваторів. Майданчик, на якому проводять монтаж або демонтаж екскаватора, повинен бути вільною від непотрібних предметів і рівної.

Клітки з дерев'яних шпал або брусків для рукояті з ланцюгом, стріли, поворотної платформи і інших деталей ретельно укладають і скріплюють у відповідних місцях сталевими скіпками.

Підйомні засоби і приладування, вжиті при розбиранні і збірці екскаватора, заздалегідь оглядають і випробовують.

Талі і домкрати для підтягання та підйому частин міцно встановлюють і закріплюють.

Перед вживанням рейкових домкратів необхідно переконатися в справності зубчатих коліс, храповика, опорної головки і кріплення рукояті на домкраті. Домкрати встановлюють без перекосів щоб уникнути вигинів рейок або гвинтів.

Лебідку міцно встановлюють і надійно закріплюють. При огляді лебідки перевіряють правильність навівки каната на барабан, справність зубчатих передач і пристроїв храпіння.

При огляді блоків і полічастих перевіряють, чи не зачепив канат за обійму блоку і чи не переплітаються канати при переході з одного блоку на інший.

При огляді підйомних ланцюгів і строп ретельно перевіряють місця зварки ланцюгів, а біля решіток канатів — місця зрушення і кріплення їх. Канат заміняють новим, якщо знайдений знос зосереджений проволікає зверху норм, що допускається правилами Держміськтехнагляду.

Під час запасовки канатів ніяка робота механізмів екскаватора не допускається. При намотуванні канатів на барабани шляхом включення двигуна спрямовувати канат руками забороняється.

При підйомі і опусканні частин екскаватора робітники повинні знаходитися на безпечній відстані. При цьому ніякі переміщення вантажу по горизонталі не допускаються. Ставати на вантаж для створення ривка категорично забороняється.

У момент опускання вантажу встановлювати підкладки не дозволяється. Необхідні підкладки готують наперед або після незначного вторинного підйому.

Після закінчення робіт вантаж опускають на землю, заличити його в підвищеному поляганні забороняється.

Переміщати вантаж по рейках або металевих балках допускається в тому випадку, якщо останні ретельно закріплені шпильками і болтами. Ковзаючи по рейках або балках вантаж підтримують, лебідкою або доміром, але не руками.

При установці на залізничній платформі під частини екскаватора, що демонтуються, укладають дерев'яні підкладки. Щоб уникнути зсувів в дорозі всі вузли, що лежать окремо, ретельно закріплюють розтяжками.

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

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

$$\Delta p = \rho \cdot V_0 \cdot V \quad (3.1)$$

де ρ - густина рідини, кг/м³;

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

V - швидкість ударної хвилі в рідині, укладеній в трубі, 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 гідравлічному ударі буде

$$P_{гд} = P + \Delta P, \quad (3.2)$$

де P - максимальний тиск, який може бути розвинене в гідросистемі, МПа;
 ΔP - підвищення тиску при гідравлічному ударі, МПа.

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

Напруга в трубопроводі при гідравлічному ударі визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{P_{гд} \cdot Dn}{2 \cdot \delta}, \quad (3.3)$$

де D - діаметр трубопроводу, м;

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

коефіцієнт запасу міцності $n = 3$.

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

Оскільки напруга $\sigma = 97.8 \text{ МПа}$ менше допустимої $\sigma = 10 - 120 \text{ МПа}$, значить об'єкти в гідросистемі та трубопроводи вибрані правильно.

Протипожежні заходи. В кабіні машини повинен знаходитися вогнегасник.

Паливо і змащувальні матеріали беруть з дотриманням всіх протипожежних правил.

Відкриті склади пального повинні знаходитися на відстані не менше 20м від місця роботи екскаватора.

Берегти в кабіні екскаватора бензин, гас і інші легкозаймісті речовини забо-

роняється.

Масляні ганчірки і обтиральні кінці складають в спеціальні лізні ящики з кришками і у міру наповнення ящиків видаляють.

Категорично забороняється підігрівати двигун і внутрішнього згоряє взимку безпосередньо вогнем. Розігрівають двигун, заливаючи в радіатор гарячу воду, а в картер — підігріте масло. Палити при заправці горючими і змащувальними маслами і при контрольному огляді паливних баків і двигуна забороняється.

Безпека в надзвичайних ситуаціях. Усі надзвичайні ситуації (НС) можна класифікувати по трьох основних принципах – масштабу поширення, темпу розвитку і природі походження.

Розглянемо класифікацію НС за масштабом поширення.

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

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

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 життєдіяльності не більше 100 чоловік, або матеріальний збиток становить не більше 0,1 тис. мінімальних розмірів оплати праці.

Якщо наслідки НС обмежені територією виробничого або іншого об'єкту (тобто не виходить за межі санітарно-захисної 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 0,1 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 500 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, ресурси 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.

**РЕПЕОЗВИТТЯРІЙ
КАФЕДРИ БУДМ
ХНАДУ,
2025р.**

4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

В результаті виконання дипломного проекту поліпшилась якість очистки робочої рідини і за рахунок цього:

- підвищився термін служби гідроприводу;
- середня продуктивність екскаватора підтримується на більш високому рівні;
- скорочуються витрати на ремонт та технічне обслуговування.

В основному, маслоочищувальний блок складається з частин і елементів, надійність яких ретельно перевірено в експлуатації. Висока надійність складових конструкцій маслоочищувального блоку підтверджується досвідом експлуатації ітчизняних та закордонних підприємств [5].

Маслоочищувальний блок уявляє собою комбіновану конструкцію, в склад якої входить гідроциклон, відцентровий фільтр, магнітний фільтр, фільтр тонкої очистки та поділювач потоку. Використання поділювача потоку дає змогу зменшити втрати тиску, що дає пряме збереження енергії машини, яка йде на виконання корисної роботи.

Як базовий варіант приймемо експлуатацію екскаватора EO – 5124 з існуючою системою бортової очистки робочої рідини..

Використовування бортового маслоочищувального устаткування дозволяє підтримати технічний стан гідроприводу і забезпечити річну експлуатаційну продуктивність машин на високому рівні меншими витратами, ніж при існуючій системі.

Річний економічний ефект визначається за формулі [5]:

$$E_p = P_p - Z_p \quad (4.1)$$

де E_p - річний економічний ефект, грн;

P_p - вартісна оцінка результатів роботи машини за рік, грн;

Z_p - вартісна оцінка витрат на експлуатацію машини за рік, грн;

Вартісна оцінка основних результатів визначається з врахуванням

$$P_p = P_p \cdot C_p, \quad (4.2)$$

де C_p - ціна одиниці продукції, виробленої за допомогою будівельної машини, грн/м³;

P_p - річна експлуатаційна продуктивність будівельної машини в розрахунковому році, м³/рік.

Балансову вартість машини візьмемо однаковою $K_6 = K_6$; (витрати на модернізацію машини бортовим маслоочищувальним блоком урахуємо потім.

Очистка робочої одиниці дозволяє зменшити витрати на виконання ТО і ТР на 15 ... 29% за рахунок підвищення надійності гідроагрегатів гідроприводу і зменшення відмов в експлуатації. Крім того, це дасть додатковий економічний ефект.

Приріст результату викликаний застосуванням бортового маслоочищувального устаткування

$$\Delta P = P_n - P_6, \quad (4.3)$$

де P_n - ціна результатів роботи по новому варіанту;

P_6 - оцінка результатів роботи по базовому варіанту.

$$P_n = P_e \cdot C_{o.n.} \cdot T_p \quad (4.4)$$

де, P_e - експлуатаційна продуктивність будівельної машини в розрахунковому році, м³/рік.;

$C_{o.n.}$ - ціна одиниці продукції, що вироблюється за допомогою будівельної машини, грн/м³.;

T_p - кількість часів роботи машини на рік.;

$$П = \frac{Q \cdot K_p \cdot K_i}{t_u}, \quad (4.5)$$

t_u - время цикла.

$$П = \frac{2,5 \cdot 1,05 \cdot 0,8}{33} = 0,06 \text{ м}^3/\text{с} = 216 \text{ м}^3/\text{р}$$

$$P = 216 \cdot 7,9 \cdot 2000 = 3382080 \text{ грн/р}$$

Підставляємо чисельні значення і визначаємо приріст результату, викликаний застосуванням бортового маслоочищувального устаткування. З урахуванням іносу гідропива, реальна продуктивність екскаватора за базовим варіантом складас 3,06. При закінченню кожного року експлуатація в середньому зменшується на 1,8%.

$$P_{\text{н}} = 216 \cdot (1 - 0,018) \cdot 7,9 \cdot 2000 = 3351369,6 \text{ грн/р}$$

$$P_{\text{р}} = 216 \cdot (1 - 0,009) \cdot 7,9 \cdot 2000 = 3382084,8 \text{ грн/р.};$$

Приріст результату, викликаний застосуванням бортового маслоочищувального устаткування

$$\Delta P = 3351369,6 - 3382084,8 = -30715,2 \text{ грн/р.}$$

Використовуючи цініники, інформація за ринковими цінами і інформація за цінами на аналогічні вироб, визначимо вартість бортового маслоочищувального устаткування (таблиця 4.1)

Таблиця 4.1 - калькуляція одноразових витрат на бортове маслоочищувальне устаткування

Найменування складових	Кількість	Вартість (грн)	
		одиниці	загальна
Поділювач потоку	1	200	200
Гідроциклонний фільтр	3	90	180
Магнітний фільтр	1	190	190
	Всього		570

Використовуючи данні приведені в таблиці 4.1, визначаємо приріст витрат, викликаний застосуванням бортового машинно-інструментального устаткування.

$$\Delta Z = Z_n - Z_0, \quad (4.6)$$

де - Z_n - оцінка витрат для нового варіанту;

Z_0 - оцінка витрат для базового варіанту.

$$Z = \sum S + H_{\text{н}} = \sum S \cdot 1,35 \quad (4.7)$$

$$\sum S = S_a + S_M$$

де S_a - амортизаційні витрати

S_M - витрати на майнове страхування

$$S_a = \frac{P \cdot 1,1 \cdot 18}{100} \quad (4.8)$$

$$S_M = \frac{0.1}{100} \cdot P_{\text{ек}} \cdot 16 \quad (4.9)$$

де $P_{\text{ек}}$ - ціна експлуатації

Після підстановки чисельні значення знайдемо різницю оцінок витрат роботи машини:

$$S_a = \frac{851000 \cdot 1,1 \cdot 18}{100} = 168740 \text{ (грн./р.)}$$

$$S_M = \frac{0.1}{100} \cdot 851000 \cdot 16 = 136160 \text{ (грн./р.)}$$

$$S_{a0} = \frac{850000 \cdot 1,1 \cdot 18}{100} = 168300 \text{ (грн./р.)}$$

$$S_{M6} = \frac{0.1}{100} \cdot 850000 \cdot 1,1 = 930 \text{ (грн./має.р.)}$$

$$Z_n = (168140 + 940) \cdot 1,35 = 228700 \text{ (грн./р.)}$$

$$Z_6 = (168300 + 930) \cdot 1,35 = 228000 \text{ (грн./р.)}$$

$$\Delta Z = 228700 - 228000 = 700 \text{ (грн./р.)}$$

Визначаємо економічний ефект:

$$E = 30015 - 700 = 30015 \text{ (грн./р.)}$$

При цьому необхідно зауважити, що в запас зросту економічної ефективності не враховувалися підвищення терміну служби гідроприводу екскаватора, зменшення витрат на ремонт.

+

РЕШОЗВІТАРІЙ
КАФЕДРИ БДМ
ХНАДУ,
2025р.

ВИСНОВОК

Метою роботи було забезпечення надійної роботи екскаватора шляхом підвищення якості очистки робочої рідини.

Для досягнення цієї мети в роботі здійснено розробку бортової маслоочищувальної системи, яка своїми технічними властивостями вирішила наступні задачі:

- підвищила якість очистки робочої рідини;
- зменшила втрати тиску (протужності), що витрачається на очистку робочої рідини.

Якість очистки робочої рідини вдалося підвищити шляхом розробки устрою маслоочищувального блоку, який являє собою комбіновану конструкцію, в складі якого є ідремішон, відцентровий фільтр, магнітний фільтр, фільтр тонкої очистки та поділювач потоку. Використання поділювача потоку дає змогу зменшити втрати тиску, що дає певне збереження енергії машини, яка йде на виконання корисної роботи.

В основному, маслоочищувальний блок складається з частин і елементів, надійність яких детально перевірено в експлуатації.

**РЕШО ЗВІТАРІЙ
КАФЕДРИ БДМ,
ХНАДУ,
2025р.**