

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІГМ-21м
Спеціальності 133 – Галузеве машинобудування
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шевченко В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор каф. ГМ

Іскович-Лотоцький Р. Д.

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2022 р.

Опонент: *д.т.н., професор каф. АТМ*

Кашканов А. А.

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Поліщук Л. К.

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – механічна інженерія

Спеціальність – 133-Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
Поліщук Л. К.
« » 2022 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шевченку Василю Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках»

керівник роботи

д.т.н., професор Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» вересня 2022 року № 203

2. Строк подання студентом роботи «12» грудня 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1) Номінальний тиск в гідроструменевій системі – 16-20 МПа; 2) Номінальна подача насосу високого тиску – 150 л/хв; 3) Область занурення паль – ґрунти Вінницької області; 4) Номінальна глибина занурення паль – 0,5-2 м.

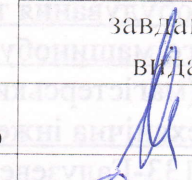
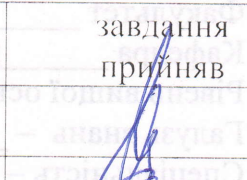
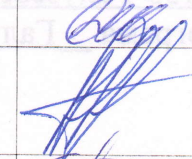
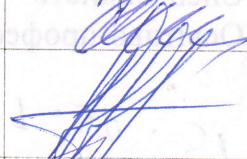
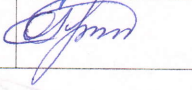
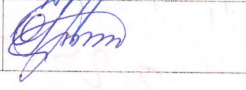
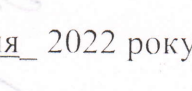

4. Зміст текстової частини:

Вступ; Теоретичний аналіз стану питання, опис існуючих конструкцій; Гідроструменева технологія занурення паль, детальний опис процесу занурення паль, характеристики ґрунтів; Розрахунок гідросистем установки для гідроструменевого занурення паль, вибір гідроагрегатів для водяної системи подачі води в робочу зону та для гідравлічної системи приводу стріли, яка керує виконавчим органом; Математична модель руйнування ґрунту гідроструменем; Розділ з Охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях; Економічна частина; Висновки; Перелік використаних джерел

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників)

Аналіз відомих технічних рішень (1 пл. ф. А1); Обладнання, яке використовується для занурення паль (1 пл. ф. А1 та 1 пл. ф. А2); Властивості ґрунтів (1 пл. ф. А1); Схема гідравлічна принципова водяної системи установки (1 пл. ф. А2); Схема гідравлічна принципова приводу стріли робочого органу (1 пл. ф. А2); Складальний кресленик виконавчого органу установки (1 пл. ф. А1); Математична модель процесу руйнування ґрунту гідроструменем (2 пл. ф. А1);

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Іскович-Лотоцький Р. Д., д.т.н., професор		
Охорона праці	Дембіцька С. В., д.пед.н., професор		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Поліщук О. В., к.т.н., доцент		
Економічна частина	Ратушняк О. Г., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання « 15 » вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ етапу	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	29.09.2022	
2	Теоретичний огляд та аналіз стану питання	12.10.2022	
3	Опис процесу занурення паль	18.10.2022	
4	Розробка установки для занурення паль	24.10.2022	
5	Розроблення математичної моделі руйнування ґрунту гідроструменем	28.10.2022	
6	Оформлення рисунків, формул та інших матеріалів за основною частиною	04.11.2022	
7	Консультавання з основних питань охорони праці	09.12.2022	
8	Виконання та оформлення матеріалів розділу з охорони праці	11.12.2022	
9	Консультавання з основних питань безпеки в надзвичайних ситуаціях	14.10.2022	
10	Виконання та оформлення матеріалів пункту з безпеки в надзвичайних ситуаціях	19.12.2022	
11	Консультавання з основних питань економічної частини	25.11.2022	
12	Виконання та оформлення матеріалів економічної частини	01.12.2022	
13	Підготування ілюстративної частини МКР	10.12.2022	
14	Попередній захист на кафедрі	15.12.2022	

Студент


(підпис)

Шевченко В. В.

Керівник роботи


(підпис)

Іскович-Лотоцький Р. Д.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.22

Шевченко В. В. Спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма – галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2022. 150 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 30 назв; рис.: 28; табл. 26.

У магістерській кваліфікаційній роботі підвищено продуктивність процесу занурення паль в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології. У основній частині роботи розглянутий поетапний процес занурення паль від розмітки та планування ділянки до отримання готового результату. Розглянуті особливості побудови сучасних палезанурюючих пристроїв, а також обґрунтована доцільність їх розробки.

У розрахунковій частині представлені розрахунки гідроліній та гідроагрегатів установки для занурення паль, виконана математична модель руйнування ґрунту за допомогою гідроструменя, також запропонований варіант струменеформуючого пристрою, який дозволить з більшою ефективністю здійснювати процес підмиву та руйнування ґрунту.

Графічна частина складається з 10 плакатів із процесом та результатами розробок.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуті питання забезпечення безпечної експлуатації пристосування та особливу увагу приділено безпеці в надзвичайних ситуаціях.

У розділі «Економічна частина» був проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи.

Ключові слова: спеціальне мобільне обладнання, гідрострумінь, занурення паль, ґрунт, сади та виноградники.

ABSTRACT

Shevchenko V. V. Special mobile equipment with a hydrojet device for immersing piles in orchards and vineyards. Master's qualification work on specialty 133 - industrial mechanical engineering, educational program - industrial mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 150 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 30 titles; fig.: 28; tabl. 26.

In the master's qualification work, the productivity of the process of sinking piles in orchards and vineyards was increased by using hydrojet technology. In the main part of the work, the step-by-step process of sinking piles from the marking and planning of the site to obtaining the finished result is considered. The peculiarities of the construction of modern paleo-immersion devices are considered, as well as the justified feasibility of their development.

The calculation part presents the calculations of hydraulic lines and hydraulic aggregates of the pile-sinking installation, a mathematical model of soil destruction using a hydrojet is performed, and a variant of the jet-forming device is also proposed, which will allow the process of soil washing and destruction to be carried out with greater efficiency.

The graphic part consists of 10 posters with the development process and results.

In the section "Occupational safety and safety in emergency situations" the issues of ensuring the safe operation of the device are considered and special attention is paid to safety in emergency situations.

In the "Economic part" section, a commercial and technological audit of scientific research work was conducted.

Keywords: special mobile equipment, hydrojet, pile sinking, soil, orchards and vineyards.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	9
1.1 Існуючі конструкції пристроїв для занурювання паль.....	9
1.2 Опис існуючих конструкцій гідропривода палезанурюючих молотів.....	11
1.2.1 Гідравлічні молоти.....	14
1.2.2 Дизельні молоти.....	16
1.3 Гідроструменевий спосіб занурення	19
1.4 Висновки.....	21
2 ГІДРОСТРУМЕНЕВА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ	22
2.1 Гідроструменева технологія.....	22
2.2 Опис процесу занурення паль.....	23
2.3 Взаємодія струменя рідини з ґрунтом.....	26
2.4 Характеристики ґрунтів.....	31
2.4.1 Фізичні властивості ґрунтів.....	35
2.4.2 Механічні властивості ґрунтів.....	37
2.5 Висновки.....	42
3 РОЗРАХУНОК ГІДРОСИСТЕМ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГІДРОСТРУМЕНЕВОГО ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ	43
3.1 Розрахунок системи подачі води у робочу зону.....	43
3.1.1 Розрахунок втрат тиску в гідролініях подачі води.....	49
3.1.2 Вибір гідроліній для системи подачі води.....	51
3.2 Вибір зворотних клапанів.....	55
3.3 Вибір запобіжно-переливного клапану.....	56

3.4 Розрахунок місткості бака водяної установки.....	59
3.5 Вибір насосу високого тиску для системи подачі води в робочу зону.....	61
3.6 Розрахунок гідравлічної системи приводу стріли.....	62
3.6.1 Розрахунок втрат тиску в гідролініях приводу стріли.....	68
3.6.2 Вибір гідроліній приводу стріли.....	71
3.7 Розрахунок гідроциліндрів приводу стріли.....	73
3.7.1 Розрахунок конструктивних параметрів гідроциліндрів.....	74
3.8 Вибір фільтрів.....	78
3.9 Розробка конструкції струменеформуючого пристрою для гідравлічних потоків.....	80
3.9.1 Струменеформуючий пристрій для руйнування ґрунту високошвидкісним струменем рідини.....	81
3.10 Висновки.....	84
4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУЙНУВАННЯ ҐРУНТУ ГІДРО – СТРУМЕНЕМ.....	85
4.1 Перша стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем.....	85
4.2 Друга стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем.....	87
4.3 Висновки.....	94
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	95
5.1 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	96
5.2 Електробезпека.....	96
5.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	98

5.3.1 Мікроклімат.....	99
5.3.2 Склад повітря робочої зони.....	100
5.3.3 Виробниче освітлення.....	102
5.3.4 Виробничий шум.....	103
5.3.5 Виробничі вібрації.....	104
5.3.6 Виробничі випромінювання.....	105
5.3.7 Психофізіологічні фактори.....	106
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	106
5.5 Висновки	114
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	115
6.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	115
6.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково - технічної розробки.....	117
6.3 Розрахунок витрат на здійснення науково - дослідної роботи.....	119
6.3.1 Витрати на оплату праці.....	120
6.3.2 Відрахування на соціальні заходи.....	124
6.3.3 Сировина та матеріали.....	125
6.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі.....	126
6.3.5 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт.....	127
6.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень.	128
6.3.7 Паливо та енергія для науково – виробничих цілей.....	130
6.3.8 Службові відрядження.....	131
6.3.9 Інші витрати.....	131
6.3.10 Накладні (загальновиробничі) витрати.....	132
6.4 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи	133

6.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	134
6.6 Висновки.....	140
ВИСНОВКИ.....	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	144
ДОДАТКИ.....	148
ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	149
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	155
ДОДАТОК В – СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	165
ДОДАТОК Г – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	168

ВСТУП

Актуальність теми

Необхідність вирішення проблеми зниження трудомісткості, зменшення об'єму земляних робіт, а також скорочення часу процесу по зануренню палів в садках та виноградниках. На теперішній час теоретичні питання динаміки палів при їх зануренні в ґрунт розроблені далеко не в тій мірі, в якій цього вимагає практика. Першочерговим завданням тут є дослідження процесу занурення палів в ґрунт з метою досягнення необхідної глибини занурення з мінімальним ушкодженням самої конструкції палів, та щоб вона виконувала роботу, яка перед нею поставлена.

Природно, в процесі занурення палів в ґрунт проявляються не лише пружні, але і в'язкі, пластичні властивості ґрунту і відбувається його руйнування. Теоретичні завдання занурення палів в ґрунт з урахуванням в'язких, пластичних властивостей ґрунтового середовища і деформаційних характеристик матеріалу палів нині не досліджені.

В наш час, у зв'язку з обставинами, які зараз відбуваються в країні, у Вінницькій області значно зростає відсоток задіяності людей у сільськогосподарських справах, а саме: у засадженнях нових садових та виноградних плантацій та угідь. З'являється попит на палезанурююче обладнання, яке зможе швидко та якісно виконати поставлені завдання. Тому підвищення продуктивності процесу занурення палів в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології є надзвичайно актуальною тематикою.

Мета роботи

Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – підвищення продуктивності процесу занурення палів в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології.

Завдання

Щоб досягти зазначеної мети поставлено наступні завдання:

- провести аналіз сучасного стану питання, розглянути, що є на ринку та оцінити вартість, практичність і функціональність;
- провести розрахунок гідросистем установки для гідроструменевого занурення паль та розробити струменеформуєчу головку для підвищення ефективності процесу;
- провести математичне моделювання процесу руйнування ґрунту під дією гідроструменя;
- розробити заходи охорони праці та безпеки життєдіяльності, які знадобляться під час використання та експлуатації спеціального мобільного обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках;
- виконати економічний аналіз розробленого пристрою для занурення паль з орієнтовним визначенням кошторису витрат на виготовлення дослідного зразка пристрою для занурення паль та впровадження його у виробництво, а також визначити термін окупності цих витрат.

Об'єктом дослідження – процес занурення паль в садках та виноградниках.

Предмет дослідження – спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосування для занурення паль в садках та виноградниках.

Новизна одержаних результатів

- отримала подальший розвиток технологія гідроструменевого руйнування ґрунтів;
- розроблено та проаналізовано математичну модель процесу руйнування ґрунту гідроструменем.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Апробація результатів дослідження і дослідно-конструкторських розробок опубліковані на Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції «Молодь в науці: дослідження проблеми, перспективи».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Тези на тему «Гідроструменева технологія занурення паль в садках та виноградниках» опубліковані на Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження проблеми, перспективи».

1 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Існуючі конструкції пристроїв для занурювання паль

На рис. 1.1 представлені принципові схеми занурюючих машин, що в достатній степені відображають конструктивно-технологічну класифікацію. Так як в основному палезанурюючі машини працюють у вібраційному режимі, тому особливістю принципового пристрою в значній степені визначається за групою конструктивних ознак приводу: гідроприводи з безнасосним перетворювачем; гідропривод палебійного молота з механічним перемиканням; гідропривод палебійного молота з гідравлічним перемиканням. На рис. 1.1, варіант а) представлений палебійний гідромолот, який складається з кулачка 11, встановленого на валу 1 двигуна, приводить до руху плунжер 2 через ролик 9. Плунжер направляється втулкою 7 і ущільнюється пристроєм 5 в корпусі 4 насоса, закритому кришкою 3. Через трубопровід 6 рідина подається через порожнистий шток 8 в робочий циліндр для підйому ударної частини 10 [1].

Управління числом ходів в даному гідроприводі досягається зміною частоти обертання приводного двигуна, що ускладнює електропривод. Управління висотою підйому ударної частини неможливо. Гідроприводом групи палебійного молота з механічним перемиканням є гідропривід палебійного молота, схема якого показана на рисунку 1, варіант б особливість схеми - перемикання реверсивного золотника 1 двома рейками 2, пов'язаними з ударною масою 3 і мають виступи з скосами, пересуватися золотник. Золотник в цьому випадку розташований

перпендикулярно осі приводного циліндра 5, що дозволяє обійтися без додаткових передач. Відносно велика в порівнянні зі звичайними гідроприводами швидкість руху робочого органу дозволяє не застосовувати пристрої для переключення золотника через середнє положення в разі реверсу по шляху робочого органу. Управління молотом гранично спрощено, застосовано диференціальне включення, при якому тільки одна верхня порожнина поперемінно з'єднується то з насосом (аккумулятором 4), то з баком. Змінювати величину ходу можна тільки, зупиняючи молот і переставляючи рейки зі скосами, що знижує експлуатаційну маневреність молота.

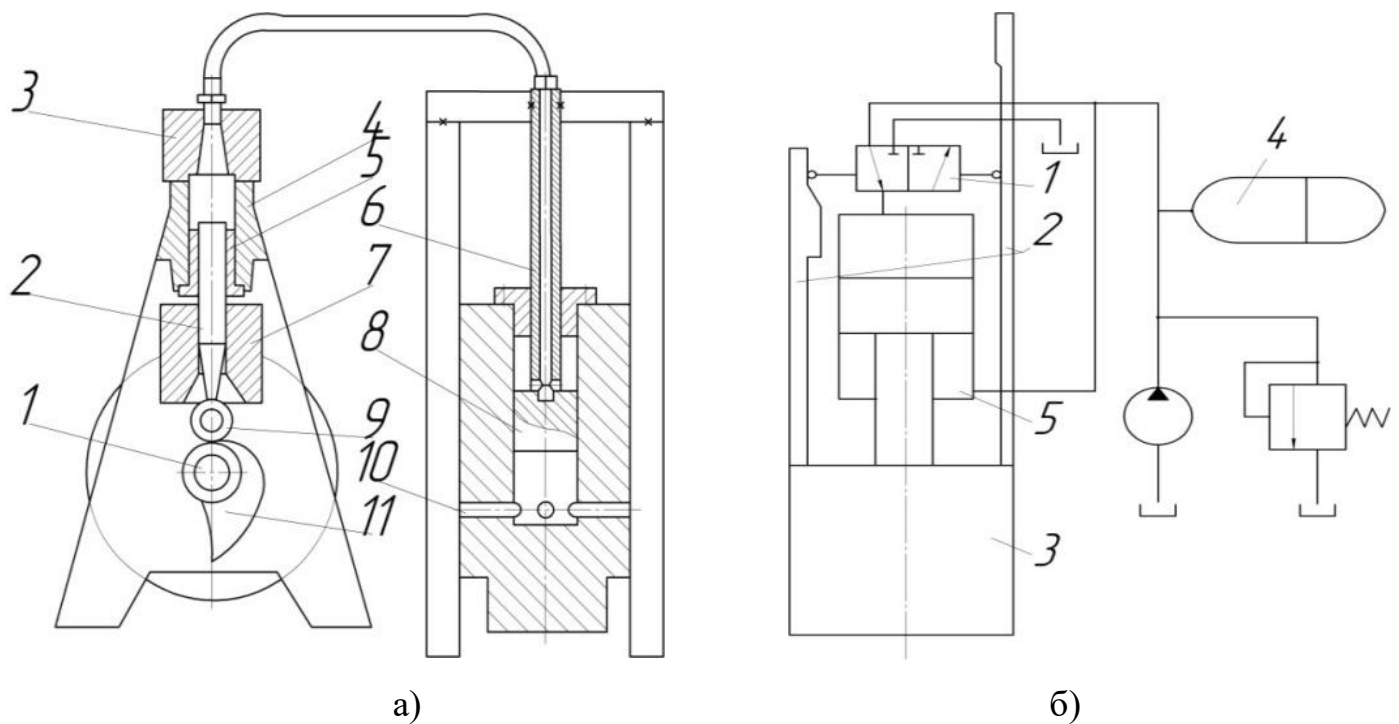


Рисунок 1.1 – Принципові схеми палезанурюючих машин:
 а – схема молота з ексцентриковим гідроприводом; б – схема гідроприводу палебійного молота з механічним перемиканням напрямку ходу по шляху ударної маси;

1.2 Опис існуючих конструкцій гідропривода палезанурюючих молотів

Створення сприятливих умов для інтенсифікації процесу виробництва та застосування ефективних методів дії на його об'єкт; безперервна реалізація технологічного руху; зменшення та усунення взагалі використання непродуктивної праці; зокрема при здійсненні допоміжних операцій; керування динамічним станом системи, в якій відбувається технологічна дія; багатофункціональність технологічного процесу та гармонійне поєднання його основних структурних складових становлять, здебільшого, тенденції розвитку технічного прогресу при реалізації занурення палі. По напрямних 1 стаціонарного копра або самохідного палезанурюючого пристрою переміщується ударна маса 2, яка піднімається при подачі рідини під тиском в робочий гідроциліндр 3. При вільному падінні маса 2 вдаряє по наголовнику 4 палі 5. Для того щоб міг відбутися робочий хід ударної маси вниз, повинен відкритися клапан-пульсатор 6 і з'єднати із зливною лінією насос 7 і робочий гідроциліндр 3. Під час падіння ударної маси за рахунок перетікання рідини з робочого гідроциліндра в гідробак встановлюється певний тиск p_2 , який повинен бути достатнім для утримання клапана-пульсатора в відкритому стані. Як тільки відбувається удар, тиск в гідросистемі падає, клапан-пульсатор закривається, відключаючи зливну гідролінію. Тиск в гідросистемі зростає, і ударна маса під дією штока гідроциліндра, в який подається робоча рідина від насоса, рухається вгору, тобто починається наступний цикл.

Відкривається клапан-пульсатор при підвищенні тиску в гідросистемі до розрахункового значення p_1 , що відповідає досягненню ударної маси упору,

встановленого на напрямних. Положення упору визначає висоту підйому ударної маси і, отже, енергію удару при робочому ході.

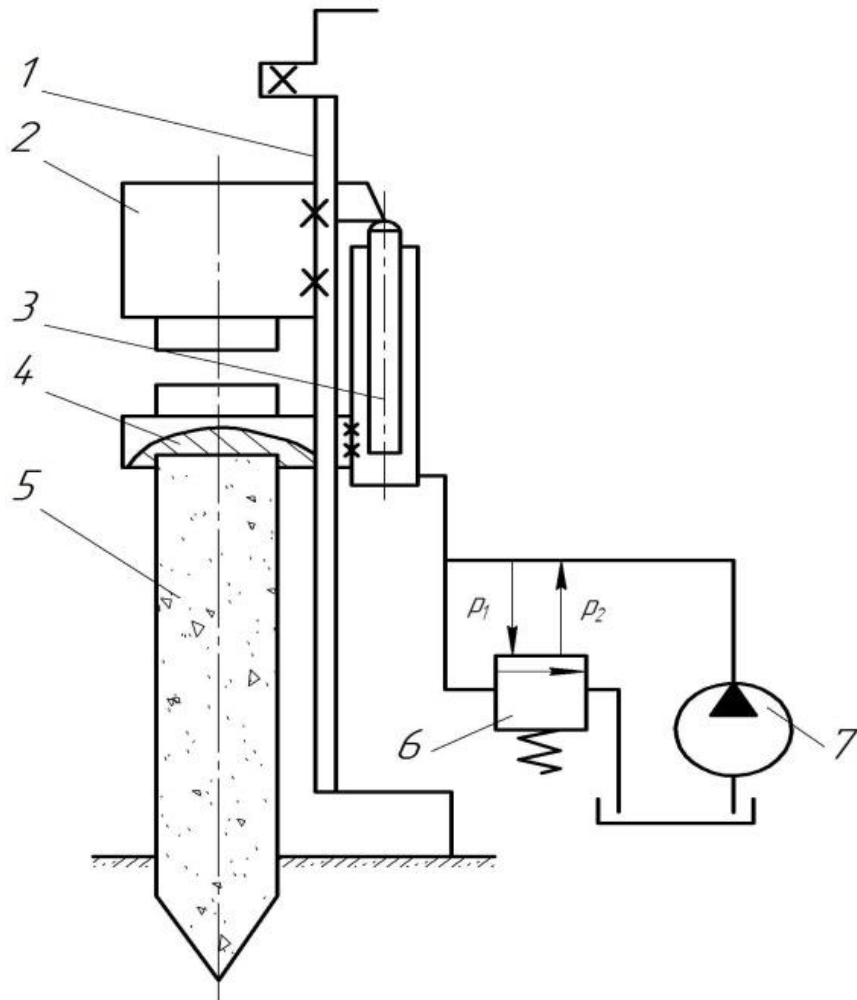


Рисунок 1.2 – Принципова схема гідроприводу палезанурюючого молота простої дії: 1 – напрямні; 2 – ударна маса; 3 – гідроциліндр; 4 – наголовник; 5 – паля; 6 – клапан-пульсатор; 7 – насос

Наступна схема рис 1.3 являє собою гідропривод палезанурюючого молота подвійної дії і має такі частини робочий гідроциліндр має звичайний поршень 1 з потовщеним штоком 2, жорстко пов'язаним з ударною масою 3. Порожнина під поршнем постійно з'єднана з насосом 6. Клапан-пульсатор 7 по аналогії з

попередньою схемою автоматично з'єднує верхню порожнину циліндра то із зливною лінією, то з одноходовим акумулятором 8, енергія зарядки якого в сумі з енергією, що повідомляється насосом 6 за час, протягом якого клапан - пульсатор відключає зливну лінію, визначає енергію удару. Ця схема приводу, незважаючи на її простоту, має істотний недолік, що полягає в труднощі конструктивного виконання пристрою для регулювання частоти удару маси 3 по наголовнику 4, закріпленому на палі 5, при повному використанні потужності. У зв'язку з цим в роботі більш детально розглянуті схеми варіантів конструкцій, що забезпечують більшу технологічність при виготовленні та експлуатаційну надійність [2].

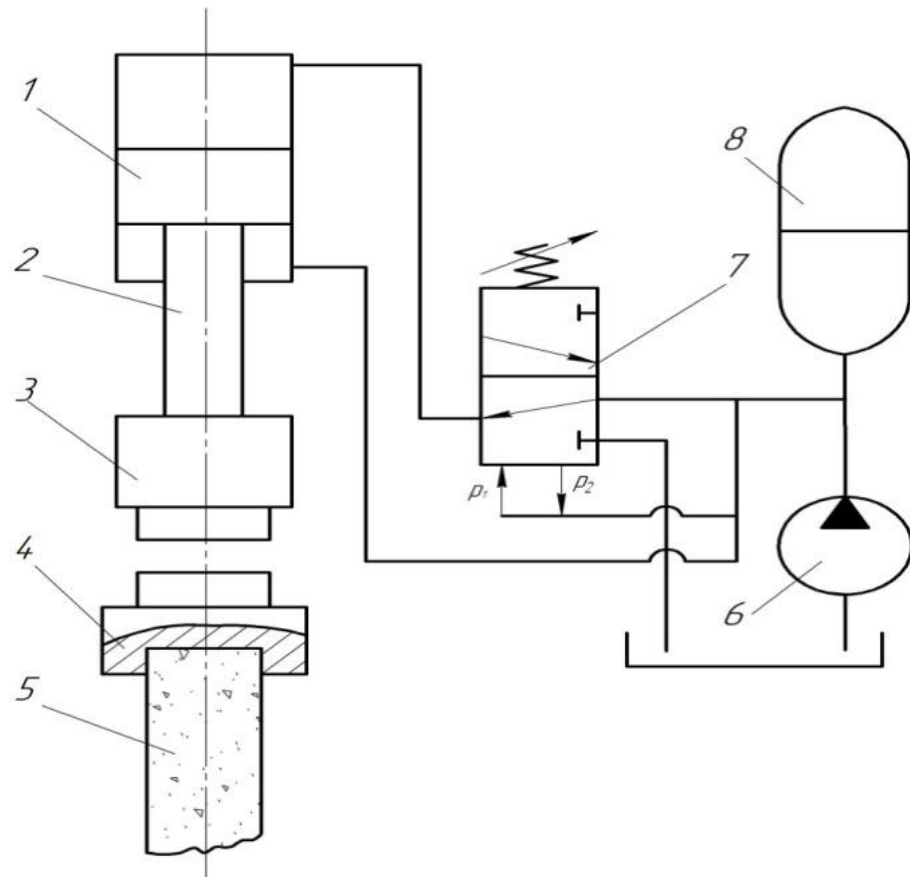


Рисунок 1.3 – Принципова схема гідроприводу палезанурюючого молота

подвійної дії: 1 – поршень; 2 – шток; 3 – ударна маса;

4 – наголовник; 5 – паля; 6 – насос; 7 – клапан – пульсатор; 8 – акумулятор

1.2.1 Гідравлічні молоти

Гідравлічні молоти (гідромолоти) представляють собою різновид ударних машин простої або подвійної дії, у яких в якості робочого тіла використовується рідина, що подається під тиском від гідронасоса. За принципом дії гідромолоти аналогічні пароповітряним, але відрізняються від них компактністю і автономністю джерела енергії. Замість парового котла або компресора, які необхідні для пароповітряних молотів, гідромолоти можуть працювати від гідросистеми базової машини (екскаватора) або приводної станції, яка підключається до електромережі. Гідромолоти мають порівняно високий ККД (0,55-0,65), відрізняються слабким шумом при роботі.

Розгін ударної частини цих гідромолотів відбувається при ході вгору, рівному 0,15-0,3 від повного ходу, після чого вона рухається вгору за інерцією. Під час цього руху на палю яка занурюється діє імпульс, що дорівнює добутку маси ударної частини на прискорення при її розгоні. Так як цей імпульс діє на палю, ще не зупинився після попередньої дії, то ефект занурення палі збільшується, як це має місце при роботі дизельного молота.

Висота підкидання ударної частини залежить від сили опору палі занурення. Висоту підкидання і, отже, частоту і енергію удару молота з імпульсним підйомом регулюють зміною ходу поршня акумулятора, керуючого розподільним золотником. Важкі гідромолоти простої дії знаходяться поки ще в стадії розробки і освоєння. Найбільш перспективним слід вважати створений у ВНИИСтройдормаше гідромолот з масою ударної частини 7500 кг (рис. 1.4).

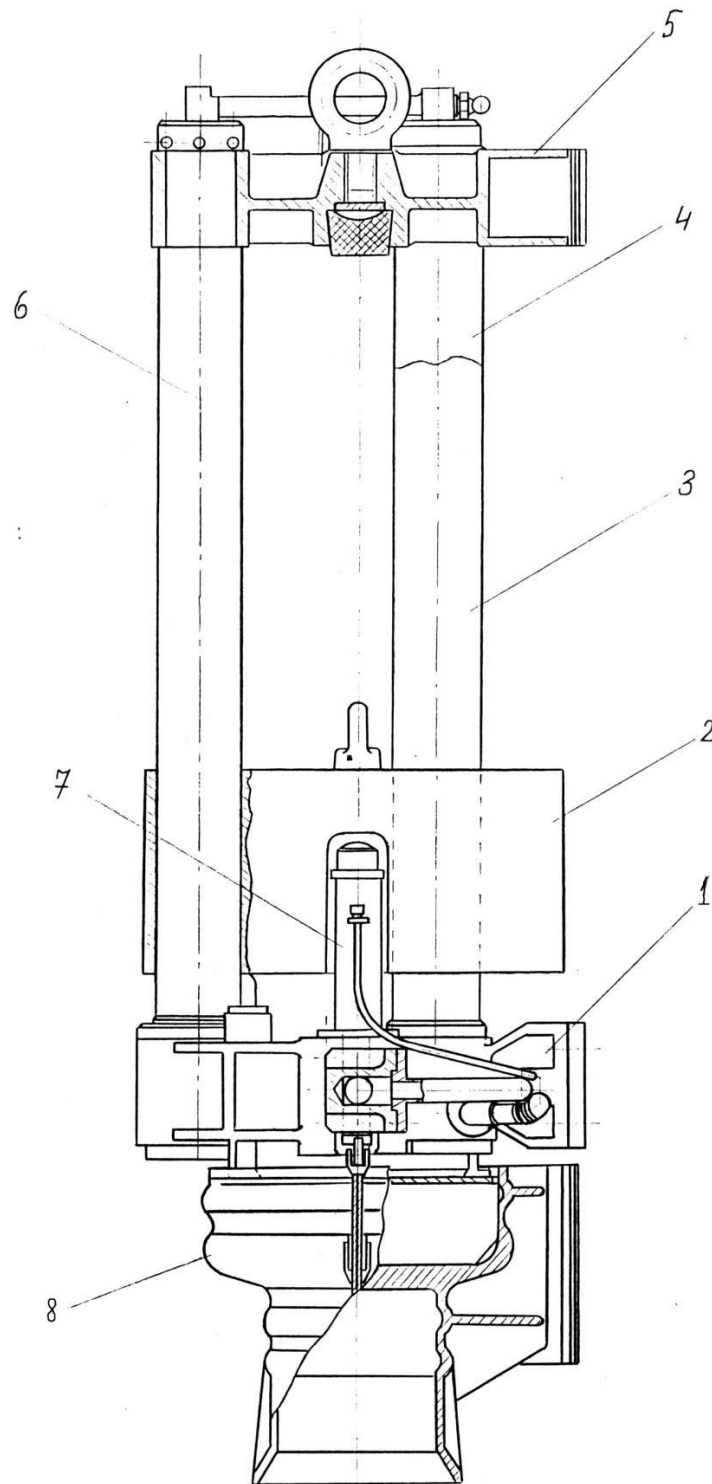


Рисунок 1.4 – Гідромолот простої дії: 1 – нижня траверса; 2 – ударна частина; 3 – штанга; 4 – штанга; 5 – верхня траверса; 6 – штанга; 7 – штовхач; 8 – наголовник

Основними вузлами гідромолота є: ударна частина, три штанги, нижня і верхня траверси, два штовхача (робочі гідроциліндри), наголовник.

Ударна частина при ударі по наголовнику передає на палю енергію, накопичену при її підйомі.

Штанги є напрямними для ударної частини. Крім того, в штангах встановлені механізм управління, механізм закачування, зливний акумулятор.

У нижній траверсі закріплюються штанги, до неї підвішується на канатах наголовник, на ній встановлені штовхачі.

У верхній траверсі закріплюються верхні кінці штанг. Вона також обмежує висоту підкидання ударної частини. Рим-болт, встановлений у верхній траверсі, служить для підйому молота.

Штовхачі призначені для розгону ударної частини при її підйомі.

Наголовник служить для установки палі по осі ударної частини. У наголовники встановлені дерев'яні амортизатори, що запобігають руйнування верхньої частини палі при ударі.

У гідромолотах подвійної дії робоча рідина використовується для підйому ударної частини. Розгін ударної частини вниз відбувається під дією власної ваги і тиску робочої рідини на поршень. Для збільшення подачі рідини в молот перед нанесенням ударів до насоса під'єднують гідравлічний акумулятор, який заряджається під час зворотного ходу поршня. Розподіл подачі рідини в періоди підйому, гальмування в верхньому положенні і руху для нанесення удару здійснюється автоматичною системою з гідророзподільником, поршнем, зворотним клапаном і поршнем гідроакумулятора.

1.2.2 Дизельні молоти

Дизельними молотами називаються пальові занурювачі, що використовують в процесі роботи енергію згорають газів. Вони відносяться до групи прямодійних

двигунів внутрішнього згоряння, у яких відсутній кривошипно-шатунний механізм і тиск газів, що утворюються при згорянні горючої суміші, передається безпосередньо робочому органу – ударної частини. Ударна частина являє собою рухливий циліндр (або рухливий поршень) двигуна, який в процесі роботи падає на поршень (або на робочий поршень - шабот), встановлений на палі.

За типом направляючих ударної частини пальові дизельні молоти можна розділити на три групи: штокові, штангові і трубчасті. Направляючої ударної частини штокової молотів є шток поршня, закріплений в шаботи.

Штоковий дизельний молот по проекту І.А. Агатова вперше був виготовлений в 1929 р. Пізніше штокові молоти випускалися фірмами «Дельмаг» і «Джонсон». В даний час штокові дизельні молоти не випускаються. Тому розглядати їх конструкції і принцип дії недоцільно.

У штангових молотів направляючої ударної частини служать дві штанги, закріплені в підставі поршневого блоку і з'єднані вгорі траверс. Напрямна ударної частини трубчастих молотів - труба, що представляє собою робочий і продувний циліндр молота. Практичне застосування отримали два типи дизельних молотів - штангові і трубчасті.

За способом розгону ударної частини при її ході вниз дизельні молоти бувають з вільним падінням ударної частини і з буфером, що акумулює частину енергії розширення, яка потім використовується на розгін ударної частини, збільшення енергії і частоти ударів. Такі буфери поділяються на пневматичні і механічні (пружинні). Вітчизняна промисловість випускає один тип штангових дизельних молотів з пружинним буфером.

За способом розпилення палива в камері згоряння розрізняють дизельні молоти з ударним і форсунковим розпиленням.

До першої групи належать трубчасті молоти, до другої - штангові. Стосовно довжини L робочого ходу до діаметру циліндра D дизельні молоти підрозділяються на довгохідні, у яких відношення L/D становить 1,9-1,5, і

короткохідні з $L/D = 1-0,5$. Основними перевагами дизельних молотів є: незалежність від стороннього джерела енергії, невелика вартість виготовлення, простота і зручність експлуатації, стійка робота при низьких температурах, високі надійність в роботі і продуктивність. Недоліки – низька енергія удару (складова 25-35% потенційної енергії ударної частини), відкрита конструкція молота (поршень, внутрішня порожнину циліндра і напрямні штанги), що сприяє інтенсивному зносу деталей, що ускладнюється відсутністю системи мастила. Тому ці молоти використовуються для забивання паль, труб і шпунта масою не більше 2000 кг в слабкі і середньої щільності ґрунти.

Штангові дизельні молоти за способом закріплення штанг діляться на молоти з рухомими штангами і молоти з нерухомими штангами.

Молоти з рухомими штангами відносяться до молотів легкого типу з масою ударної частини до 250 кг. Вони призначені для занурення дерев'яних паль діаметром 0,18-0,22 м, довжиною 6-8 м і масою 300-500 кг.

До переваг легких дизельних молотів слід віднести зменшення «мертвої» ваги молота і ваги ударної частини і підвищення ефективності молота, так як маса штанг використовується для передачі енергії удару. Недоліками молота з рухомими штангами є: підвищена вібрація всього молота і швидший знос і розлад його вузлів і деталей, що викликаються коливаннями вільних кінців штанг; обмеження глибини забивання паль, так як вільні кінці штанг, що опускаються нижче голови палі на 1,5-2,0 м, не дозволяють здійснити забивання палі в один рівень з поверхнею землі.

З метою усунення зазначених недоліків молоти з рухомими штангами роблять укороченими, а для отримання достатньої енергії удару застосовується пружинний буфер.

Типовим представником молота з рухомими штангами є дизельний молот СП60 (ДМ-240), схема якого представлена на рис. 1.5.

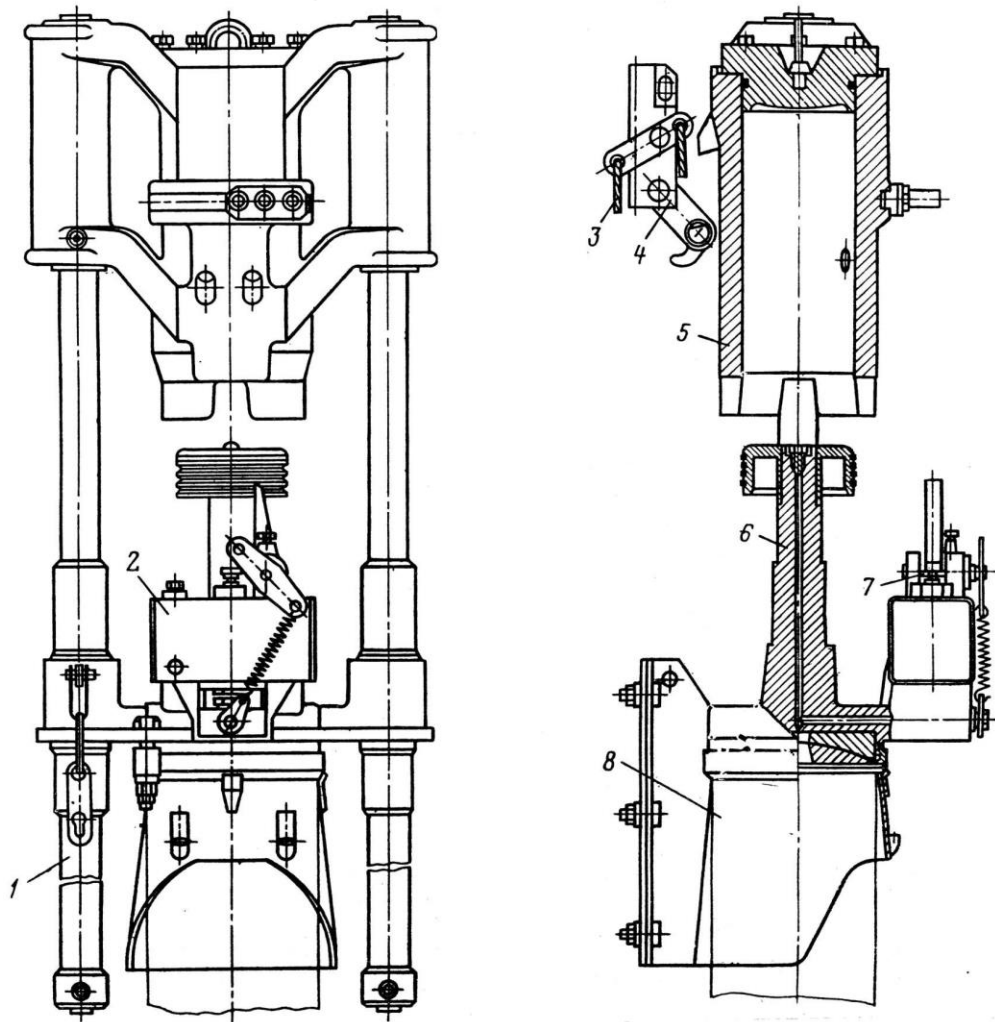


Рисунок 1.5 – Конструктивна схема дизельного молота: 1 – напрямна штанга; 2 – паливний бак; 3 – канат управління кішкою; 4 – кішка; 5 – ударна частина; 6 – поршневий блок; 7 – механізм приводу паливного насоса і регулювання подачі палива; 8 – патрон

1.3 Гідроструменевий спосіб занурення

Нами було запропоновано принципову схему пристрою та процесу гідроструменевого занурення паль, яку було опубліковано в матеріалах конференції [3].

Так ось, режим роботи технологічного комплексу по зануренню палів є наступним: у місце де має бути встановлена палия ставимо шприц 4, створюємо тиск в гідравлічній системі і за допомогою гідроциліндра 2 рухаємо упорну поверхню 5, яка переміщується по напрямній 3 та починає процес занурення шприца, паралельно з ним відкриваємо кран 9, подаємо живлення на насос 7, який розпочинає качати воду з бака 8 та створювати тиск у напірних трубопроводах 6. Створений гідрострумінє розмиває ґрунт, тим самим полегшує прохід шприца на відповідну глибину. При досягненні відповідної позначки шприц витягується зворотними діями та на його місце в отвір встановлюється палия, яка з легкістю дотискається упорною поверхнею 5. Схематично-структурний вигляд комплексу показаний на рис. 1.6.

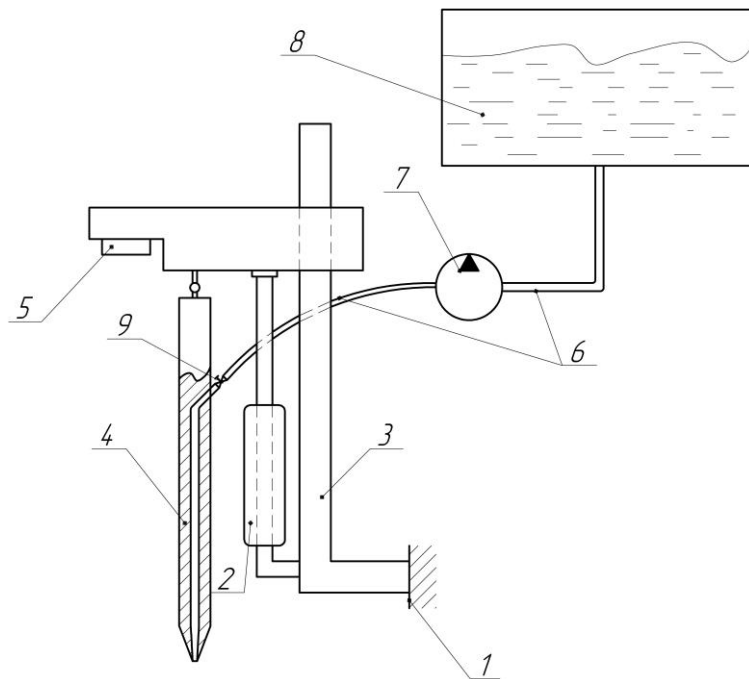


Рисунок 1.6 – Схематично-структурний вигляд технологічного комплексу для занурення палів: 1 – рама трактора; 2 – гідроциліндр; 3 – напрямна; 4 – шприц; 5 – упорна поверхня; 6 – напірний трубопровід; 7 – високонапірний насос; 8 – бак; 9 – кран;

1.4 Висновки

В результаті аналізу відомих способів та приводів установок для занурення паль можна зробити висновок, що їх існує дуже велика кількість. Проте основна маса являється досить складних та застарілих конструкцій і лише незначна їх частина дозволяє забезпечити широкий спектр можливих виконуваних робіт по занурюванню паль. Серед сучасних і дуже ефективних, простих методів є гідроструменевий спосіб занурення паль, який зараз є мало використовуваним та повністю не дослідженим. Тому доцільним є розробка, модернізація, підвищення продуктивності установок для занурення паль з гідроструменевим пристосуванням, які дадуть змогу підвищити ефективність виконуваних робіт та зможуть розширити функціональні можливості за рахунок легкості та мобільності.

2 ГІДРОСТРУМЕНЕВА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ

2.1 Гідроструменева технологія

Гідроструменева технологія це процес використання води.

Технологія використовується в різних сферах життя людини, багато процесів завдячують унікальним властивостям струменя води, він утворюється під час нагнітання тиску в системі та спеціальної будови сопла. Цією технологією, ріжуть різного роду матеріали, від металів до природного каміння, очищають вагони, цистерни, будівельні машини, промислове обладнання та спецтехніку, фасади будівель, пам'яток, обладнання, каналізацію, шосе, велодоріжки, тротуари, злітні смуги. Також за допомогою гідроструменя відбувається процес занурення паль на будівництвах та в садовому господарстві. Процес занурення паль на будівництві показано на рис. 2.1.

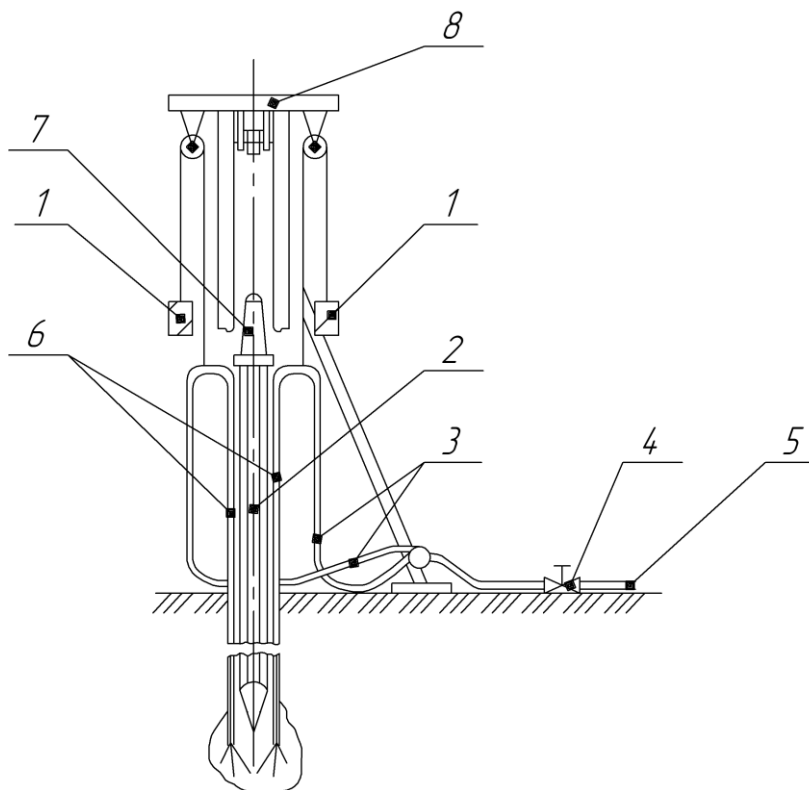


Рисунок 2.1 – Обладнання для занурення паль

2.2 Опис процесу занурення паль

Процес занурення паль в садках та виноградниках розпочинається з підготовки та планування ділянки. Після закінчення підготовчих робіт проводиться розмітка відповідно до плану господарства. Під час розмітки, в місцях установки паль молотком забиваються кілки. Це робиться для того, щоб пришвидшити процес в цілому, так як здавалося б марна трата часу на їх встановлення та забивання суттєво пришвидшує та полегшує сам процес занурення палі. Вигляд кілка можна побачити на рис. 2.2, найчастіше він виготовлений з сосни.

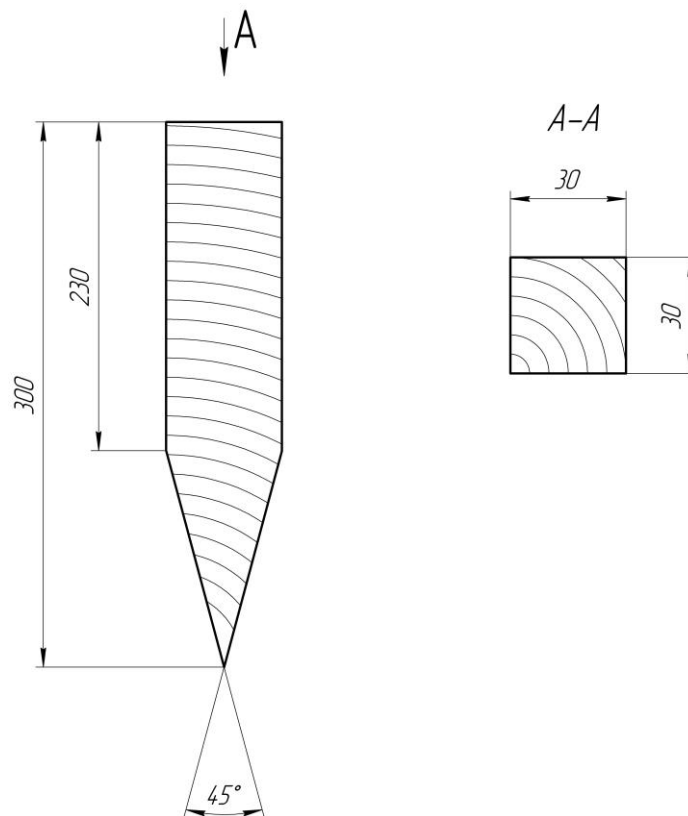


Рисунок 2.2 – Зображення кілка, який використовується для розмітки

По завершенню молоткових робіт палі відповідних параметрів розкладають біля кожного з кілків. Процес транспортування відбувається за допомогою трактора з причепом та декількох працівників.

Наступним етапом йде безпосередньо процес занурення палі. Види палі, які застосовуються в нашому випадку зображені на рис. 2.3. Палі зображені на рисунку 2(а), виготовляються за технологією попередньо-напруженого залізобетону, тобто на стадії виготовлення арматури надають внутрішнє напруження розтягу, тим самим зменшується металоємність та покращується міцність, тріщиностійкість порівнюючи зі звичайним залізобетоном вища на 20 – 75 %. Каркас палі виготовляють з 6 мм та 8 мм арматури. Палі зображені на рисунку 2(б), виготовляються за звичайною технологією, тобто зв'язаний або зварений каркас з арматури вкладається у форму та заливається бетоном, як результат отримуємо палі з гіршими характеристиками та з меншою собівартістю виготовлення. Такі палі використовують у місцях понижених навантажень (середина рядка, огорожа для садового господарства).



а)



б)

Рисунок 2.3 – Палі, які використовуються в проєкті

Процес відбувається за допомогою трактора з встановленим на нього спеціальним обладнанням з гідроструменевим пристосуванням, яке в свою чергу пришвидшує та полегшує цей процес. Обладнання включає в себе резервуар (бочку) з водою, насос високого тиску, гідравлічні лінії, гідроциліндри, упорну платформу та шприц, який закріплений на кінці стріли трактора хомутом на шістьох болтах. Занурення палі складається з декількох етапів. Перший це отримання отвору в ґрунті заданої глибини та розмірів. Другий це встановлення палі за допомогою працівників в початок отвору та витримування вертикальності та перпендикулярності палі до поверхні ґрунту. Третій, завершальний етап це дотискання, вдавлювання палі на задану проектну глибину. Розглянувши детальніше перший етап, цікаво відмітити, що отвір отримуємо за допомогою пристосування, а саме шприца. Схематичне зображення шприца показано на рис. 2.4.

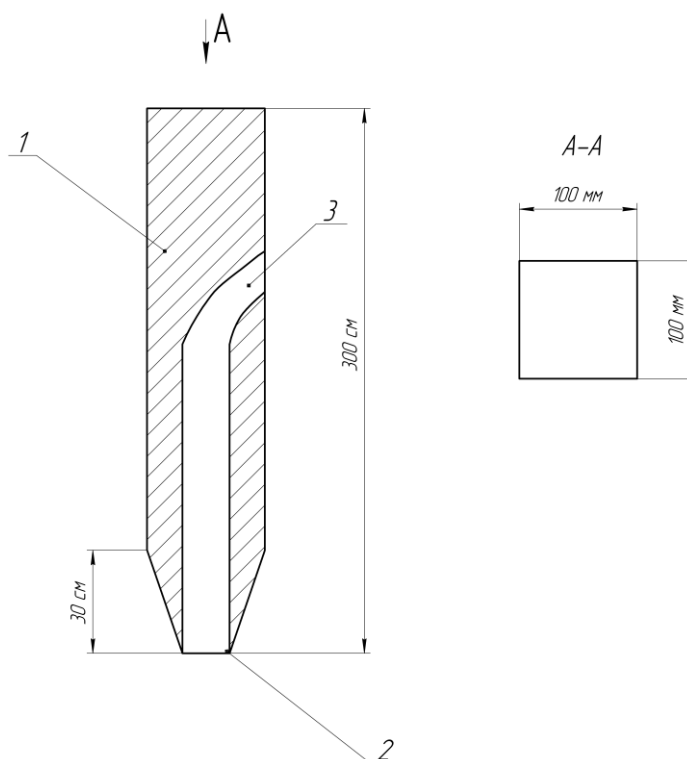


Рисунок 2.4 – Шприц, який використовується для отримання отвору під час процесу занурення палі

Геометричні розміри отриманого отвору напряму залежать від геометричних параметрів шприца. Процес відбувається в такій послідовності: з місця витягується кілок, показаний на рис. 1, який був забитий на етапі розмітки, точно в це місце працівник за допомогою системи управління стрілою встановлює наконечник шприца, далі за допомогою гідравлічної сили, яка представлена гідролініями та гідроциліндрами, системою керування, починається процес занурення, паралельно з ним запускаємо насос високого тиску, який нагнітає тиск в систему подачі води для пом'якшеного занурення палі. Ця технологія включає в себе силу струменя рідини, який діє на ґрунт, розмиває його, тим самим послаблює опір та зменшує силу тертя, що в свою чергу створює чудовий економічний ефект в плані енергетичних ресурсів (палива). Опишемо математично процес взаємодії струменя рідини, який взаємодіє з плоскою стінкою (ґрунтом).

2.3 Взаємодія струменя рідини з ґрунтом

Для прикладу розглянемо випадок, коли струмінь, який виходить із круглоциліндричного сопла А, вдаряється у плоску стінку В, розташовану нормально до неї (рис. 2.5).

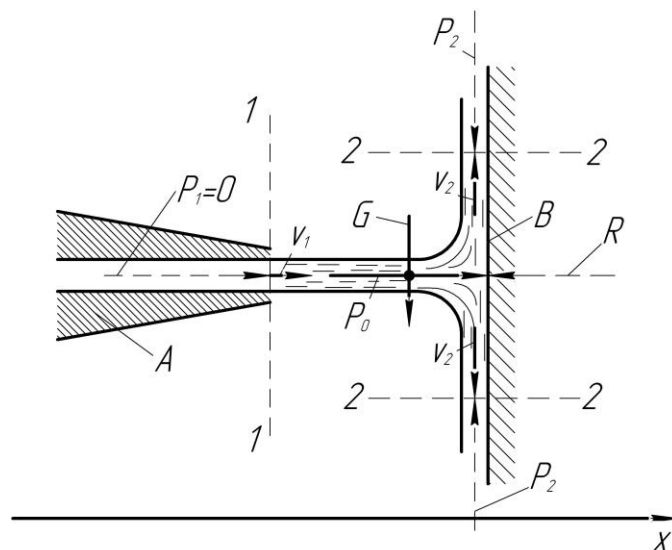


Рисунок 2.5 – Тиск струменя на плоску стінку

Як видно, ось тут (при достатньо великих швидкостях витікання рідини) отримуємо так звану вісесиметричну задачу розтікання потоку по стінці В. Живий переріз 2-2, який показаний на рисунку, має круглоциліндричну форму: на вертикальну площину, нормальну до рисунку, контур цього перерізу проектується в круг, причому лінії потоку перетинають цей круг в радіальному напрямку.

Цей випадок може розглядатися як виключення: не дивлячись на наявність криволінійного живого перерізу 2-2, який різко змінює рух рідини в ньому, ми все ж, розглядаючи такий переріз, можемо користуватися поняттям середньої швидкості, а відповідно і рівнянням (2.1).

$$\alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) = G_x + (T_0)_x + R_x + P_x, \quad (2.1)$$

де, ρQ – маса рідини, яка проходить за одиницю часу (за секунду) через будь який переріз потоку, $\rho Q = \text{const}$ (вздовж потоку); $\alpha_0 \rho Q v$ – кількість рухів вказаної маси в даному плоскому живому перерізі, до якого відноситься швидкість v ; величина $\alpha_0 \rho Q v$ може бути названа секундною кількістю руху потоку (ця величина представляє собою ніби розхід кількості руху).

Щоб знайти тиск P_0 струменя на стінку В, відмічаємо вісь x , як показано на рисунку, і потім виділяємо перерізами 1-1 та 2-2 відсік рідини, до якого і додаємо рівняння (1).

1. Змінення проекції секундної кількості руху при переході від перерізу 1-1 до перерізу 2-2

$$\alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) = \alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (0 - v_{1x}) \approx -\rho Q,$$

де

$$v_{2x} = 0; v_{1x} = v_1; \alpha_0 \approx 1.$$

Зазвичай насадку А роблять такою, яка звужується в напрямку течії. При цьому розподілення швидкостей v в перерізі 1-1 являється дуже близьким до рівномірного (коли $\alpha_0 = 1,0$).

2. Проекції на вісь x сил, які діють на місце, яке розглядається:
 $G_x = 0; P_{1x} = P_1 = 0$ (так як в перерізі 1-1 атмосферний тиск);
 $P_{2x} = 0; P_x = P_{1x} + P_{2x} = 0; (T_0)_x \approx 0; R_x = R = -P_0$.

3. Як видно, згідно до рівняння (2.1), отримуємо:

$$-\rho Q \cdot v_1 = -P_0,$$

звідки сила тиску струменя на перешкоду

$$P_0 = \rho Q \cdot v_1 = \frac{\gamma}{g} (\omega_1 \cdot v_1) \cdot v_1$$

або

$$P_0 = 2 \cdot \omega_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \cdot \gamma,$$

де ω_1 – площа живого перерізу струменя (в перерізі 1-1).

Другий етап занурення це встановлення палі в раніше отриманий отвір. Палі, які були попередньо розкладені біля кожного забитого соснового кілочка,

вручну декілька працівників підіймають та по команді направляють та встановлюють в лунку. Схематичне зображення показано на рис. 2.6.

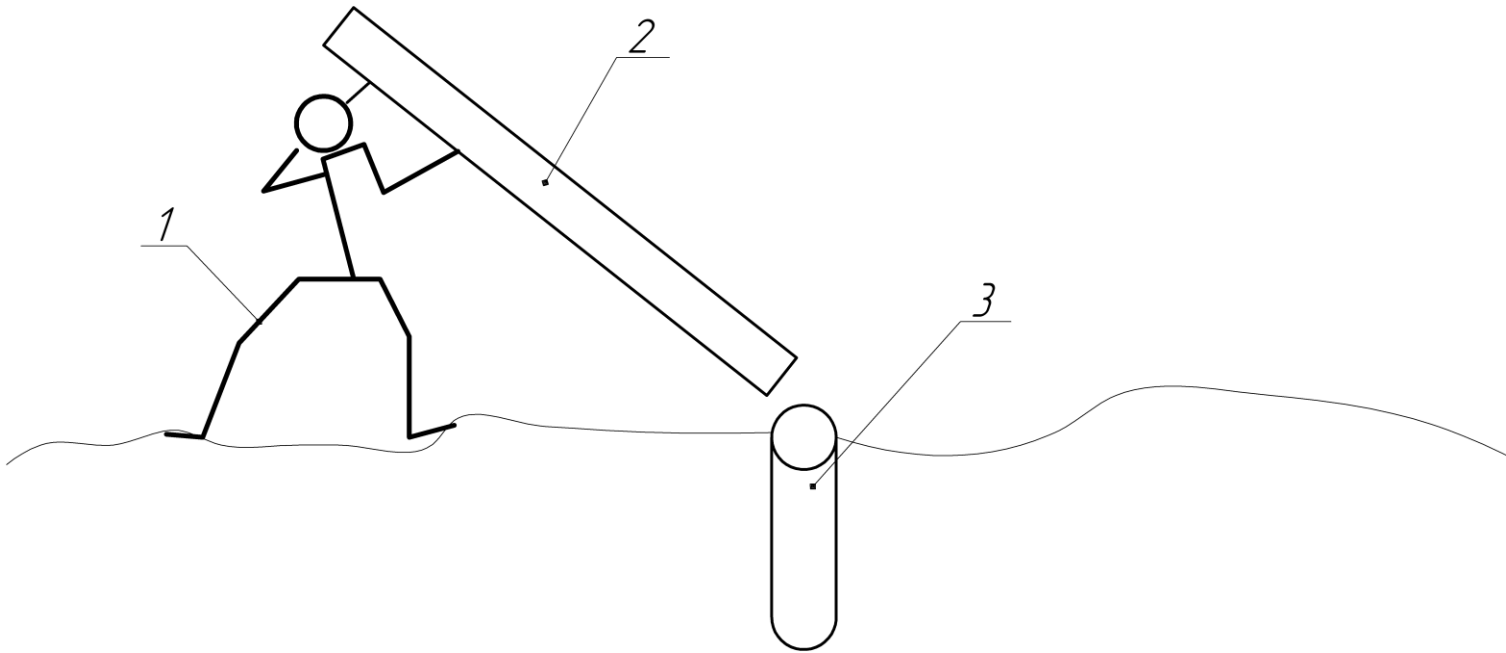


Рисунок 2.6 – Процес встановлення працівниками палі в отвір

1 – працівник; 2 – палю; 3 – лунка під палю;

Після успішного влучання в отвір, один з працюючих бульбашковим або лазерним рівнем контролює положення палі в просторі, а саме вертикальність та перпендикулярність палі по відношенню до ґрунту. Також проглядається та вирівнюється загальна лінія палей.

Третій, завершальний етап по зануренню палі це дотискання її на задану проектом глибину. Цей процес можливо здійснити за допомогою упорної платформи, яка передбачена конструкцією пристрою та у спрощеному вигляді показана на рис. 2.7.

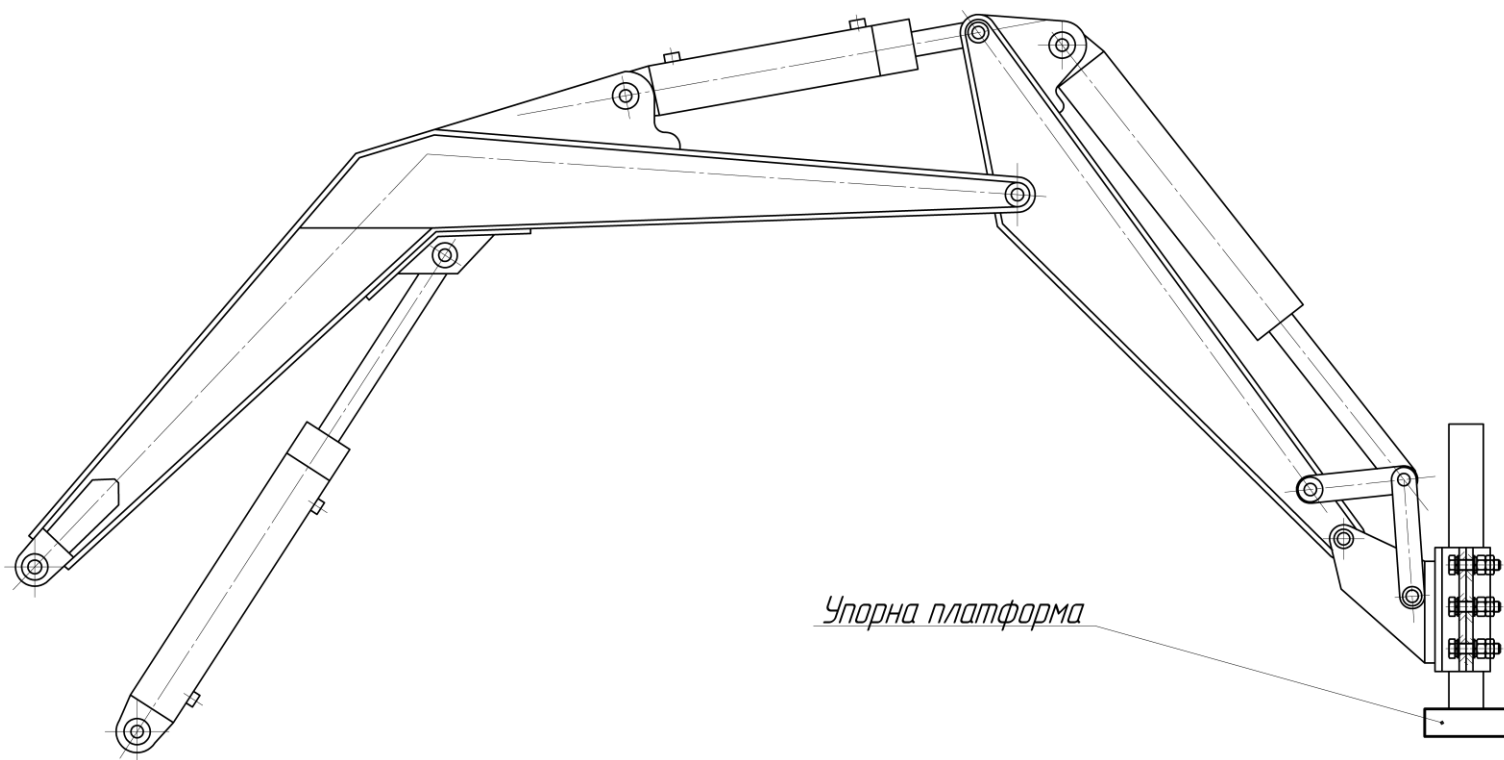


Рисунок 2.7 – Зображення упорної платформи

Все відбувається в ось такій послідовності: до палі, яка вертикальна та перпендикулярна по відношенню до ґрунту, в одній площині проглядається в ряд з іншими вже встановленими палями за допомогою гідравлічної системи підводиться стріла на кінці якої встановлена упорна платформа. Саме місце яке починає тиснути на палю виготовлене з дерева (дуба) для того щоб не пошкодити, розкришити торець палі. Після підведення та дотику платформи до палі розпочинається процес втиснення, паля поступового занурюється в ґрунт, який завдяки нашій технології є м'який, гомогенний та пластичний. Він чудово дозволяє палі заглибитися на відповідну плану глибину та гарно ущільнюється після завершення процесу. Після підсихання та випаровування вологи за необхідності ґрунт навколо палі можна додатково ущільнити. Дотискання палі за допомогою упорної платформи зображено на рис. 2.8.

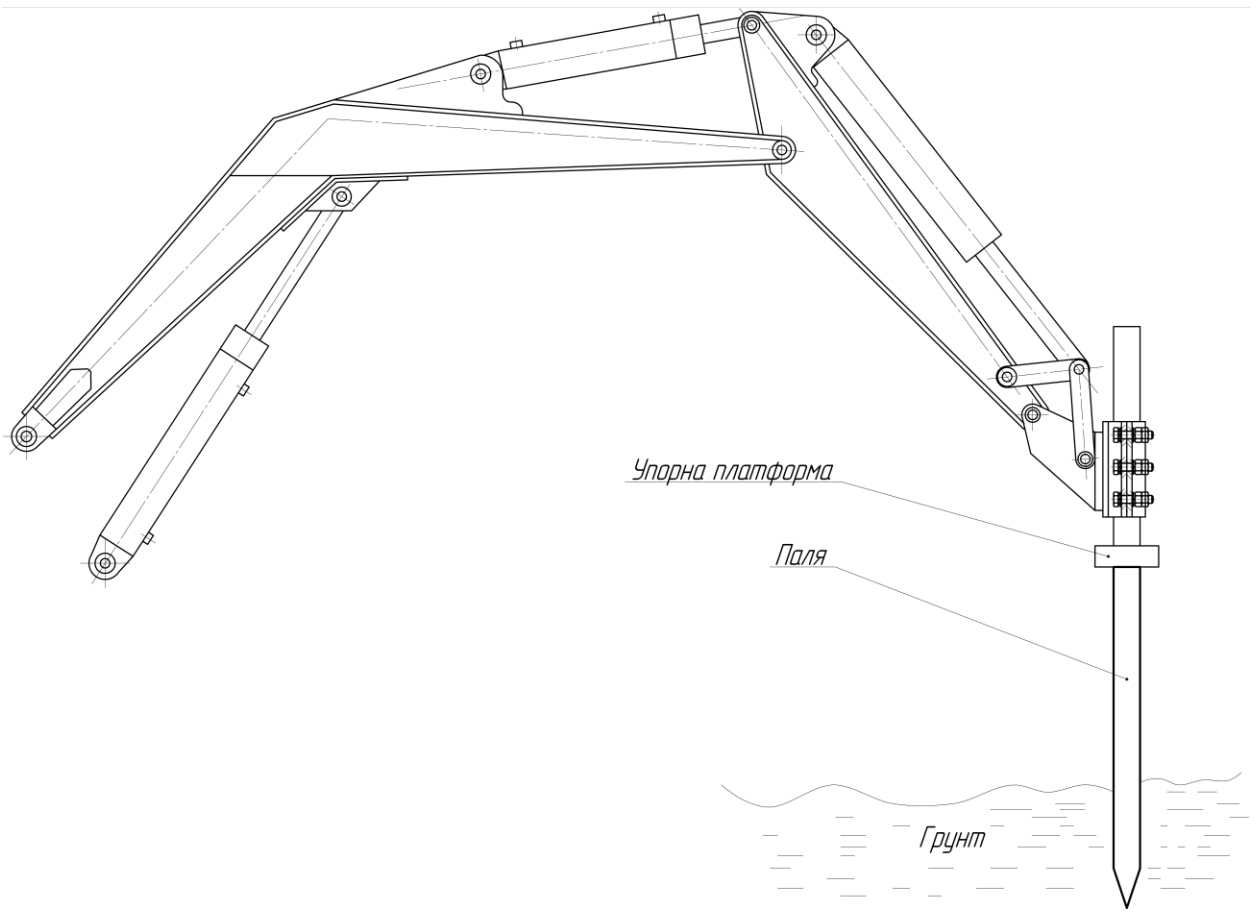


Рисунок 2.8 – Процес дотискання палі на відповідну глибину
за допомогою упорної платформи

Процес занурення напряму залежить від ґрунту, його складу та властивостей, як фізичних так і механічних. Тому доцільно детально розглянути характеристики та параметри ґрунтів, які суттєво впливають на процес занурення палей.

2.4. Характеристики ґрунтів

Основою будівлі служить ґрунт, який сприймає навантаження від будівлі.

Тоді коли основою є ґрунт в місцях його природного залягання, без стороннього впливу людини, то такі основи можуть називатися природними.

Ґрунти, які додатково ущільнювалися за допомогою техніки та людських ресурсів, відповідних технологій, називають штучними [4].

Щоб якісно, швидко та правильно вирішувати питання вибору обладнання для занурення палів в садках та виноградниках потрібно володіти основними знаннями про ґрунти та їх характеристики.

Гірські породи, які залягають у верхніх шарах земної кори і які використовують в будівництві та під час виконання інженерних робіт на об'єкті називають ґрунтами. Ґрунти, які використовують в якості основ для будівель і споруд, поділяють на скельні, напівскельні, великоуламкові, піщані і глинисті.

Пісковики, ракушняки, вапняки, граніти, відносяться до категорії скельних ґрунтів. Скельні ґрунти є практично нестисливими, тому в фундаментах споруд та будівель деформації відсутні. Ці ґрунти є досить міцними, але незважаючи на цей факт вони руйнуються під впливом атмосферних опадів. Також вагомий вплив на руйнування скельних ґрунтів мають стічні води, які містять відходи виробництв, в тому числі металургійних та хімічних. Коли відсутні зовнішні фактори, які руйнують скельну породу, то вона є найміцнішою опорою для будівництва споруд та будівель.

Мергелі, глини, гіпсові пісковики, гіпси відносяться до категорії напівскельних ґрунтів. Ці ґрунти при взаємодії з водою м'якшають та взагалі розчиняються. Міцність на стиск у вологому стані становить менше ніж 5,0 МПа.

Ґрунтові води, які здійснюють безпосередній вплив на напівскельні ґрунти, а саме вапняки, мергелі та гіпс, утворюють в них тріщини та призводять до появи

карстових явищ. Такі явища є поширеними в гірських районах, особливо там де є високий рівень ґрунтових вод, раніше їх можна було спостерігати на півострові Крим.

Ґрунти, які містять за своєю масою більше половини уламків осадових або кристалічних порід, також вони є великоуламковими і їх можна віднести до категорії незцементованих ґрунтів. Базальт, щебінь та гравій є яскравими представниками цієї категорії. У вологому середовищі вони не змінюють свою міцність та інші фізичні властивості, майже не стискаються під дією навантаження, слабо піддаються зсуву та не піддаються пагубному впливу води на їхню будову та структуру.

Ґрунти, які в своєму сухому стані є сипучими, не мають властивостей пружності та пластичності і в них майже половину за масою займають частинки більші за 2 мм, відносяться до категорії піщаних ґрунтів. Піски в залежності від своєї структури та зернистості поділяються на чотири підкатегорії, а саме: великі, середні, дрібні та дуже дрібні. За мінеральним складом піщані ґрунти можна поділити на сланцеві, вапнякові та кварцові піски. Кварцові піски є найміцнішими, тому їх найбільше використовують у будівництві, при виготовленні скла, та піщаних форм, які в свою чергу використовуються при литті металів.

Піщані ґрунти можуть змінювати свої фізичні та механічні властивості при потраплянні їх до вологого середовища. Через свої розміри ці зміни менш помітні у великих пісках та більш помітні в дрібних та дуже дрібних. Ця категорія ґрунтів при взаємодії з водою та під час дії на ґрунти додаткового тиску, вони стають текучими. Тут фактично захований початок пливунів, бо піски з високим вмістом вологи можуть самовільно та хаотично переміщуватись, що в свою чергу створює

великі незручності при будівництві та інших роботах. Великі та середні піски, без домішок, без вологого середовища, служать доброю опорою під час будівництва.

Ґрунти, які володіють зв'язними властивостями, мають підвищену пластичність та пружність, можуть змінювати форму під впливом тиску та зберігати її після припинення дії тиску, відносяться до категорії глинистих ґрунтів. Пружні властивості цього ґрунту з'являються в результаті наявності в ньому лусочок, це частинки, які мають найбільший розмір менше 0,005 мм і товщину меншу за 0,001 мм. Фізичні та механічні властивості різно змінюються, в залежності від рівня насичення ґрунту водою [5].

Наявність в глинистих ґрунтах частинок різної величини, змінює пластичні властивості ґрунту, що в свою чергу обумовлює розділення на категорії: супіски (від 3 до 10% частинок менше 0,005 мм), суглинки (від 10 до 30%), глини (понад 30%). Властивості глинистого ґрунту насамперед залежать від рівня вологості та температури. Так в період знижених температур, можливе явище випучування глинистих ґрунтів, з'являються горбики різної величини на поверхні землі, які при підвищенні температури в теплий період можуть зникати. Таке явище є небезпечним тим, що воно здійснює знакозмінне навантаження на фундаменти будівель та споруд, які в свою чергу можуть зазнати деформацій та руйнувань.

Лесові та мулисті ґрунти є макропористими, пористість становить 40-50 %, вони також відносяться до глинистих ґрунтів.

Властивості всіх категорій ґрунтів безпосередньо залежать від структури та властивостей частинок з яких вони складаються. Як результат цього фізичні та механічні властивості ґрунтів різні. Шляхом досліджень та випробувань визначають характеристики ґрунтів в польових умовах або лабораторіях.

2.4.1 Фізичні властивості ґрунтів

Щільність, вологість, об'ємна маса та гранулометричний склад все це є показниками фізичних властивостей.

Зерновий склад ґрунту показує вміст в ньому твердих частинок різної величини, він відображається у відсотках від загальної маси досліджуваного ґрунту. Гранулометричний склад встановлюють за допомогою аналізів, під час якого тверді частинки ґрунту розподілять за величиною на окремі групи.

Тверді частинки ґрунту (скелет) складаються з зерен двох основних видів: компактної форми (піщані ґрунти) та пластичної форми (глинисті ґрунти). Саме ці види зерен впливають на фізичні та механічні властивості ґрунтів. В залежності від відсоткового вмісту зерен в ґрунті і залежать властивості.

Коли в ґрунті знаходяться щебень, гравій та інші тверді частини, вони тим самим знижують пружність та в'язкість ґрунту, збільшують внутрішнє тертя та стають більш стійкими до явищ розмивання та вилюговування ґрунтів.

Також наявність в ґрунті піщаних зерен зменшує його в'язкість, пружність та стисливість, підвищує внутрішнє тертя, впливає на характеристики м'якості та розмивання.

Глинисті частинки в ґрунті надають в'язкість, підвищують пружність та стисливість, знижують водопроникність.

Місце між піщаними та глинистими частинками займають пилуваті. Вміст в ґрунтах частинок пилуватого походження знижує в'язкість, пришвидшує процес розм'якшення, підвищує явище вимивання ґрунтів та сприяє виникненню рухливості під дією зовнішніх сил [6].

Щільністю ρ ґрунту називають відношення маси твердих частинок ґрунту, висушених до повної втрати вологи, до об'єму, що займають цими частками.

Об'ємною масою m ґрунту називають відношення маси твердих частинок ґрунту, включаючи і воду, що знаходиться в його порах, до його об'єму або маси 1 м ґрунту в повному природному стані.

Вологістю W ґрунту називають відношення маси води, що міститься в даному об'ємі ґрунту до маси цього ґрунту, висушеного при температурі $100-105$ °С до постійної маси.

Вологість ґрунту розраховується за виразом:

$$W = [(m_1 - m_2) / m_1] \cdot 100, \quad (2.2)$$

де m_1 – маса проби ґрунту для висушування,

m_2 – маса проби ґрунту після висушування, кг.

Маючи вихідні характеристики ґрунтів, можна шляхом перетворень та розрахунків визначити похідні характеристики, а саме: пористість ґрунту, ступінь вологості і т.д.

Найважливішими характеристиками фізичних властивостей для глинистих ґрунтів є: межа розкочування (пластичності), межа плинності (текучості) і консистенція.

Межа розкочування W_p – це вологість, при незначному зменшенні якої ґрунт переходить в напівтвердий стан.

Межа текучості W_L – це вологість, при незначному збільшенні якої ґрунт переходить в текучий стан.

Дві попередні характеристики залежать від кількості глинистих частинок в ґрунті, а також від їх мінералогічного складу.

Різниця вологостей %, відповідних межі текучості і межі розкочування, називають числом пластичності W_{II} . Відповідно до цього розрізняють піщані ґрунти при $W_{II} < 1$, супіски $1 < W_{II} < 7$, суглинки $7 < W_{II} < 17$, глини при $W_{II} > 17$.

Параметр, який залежить від вологості ґрунту на межі текучості і пластичності називається консистенцією ґрунту.

Коефіцієнт консистенції B визначають за формулою:

$$B = (W_T - W_P) / W_T \quad (2.3)$$

Залежно від значення коефіцієнта консистенції розрізняють суглинки і глини: тверді при $B < 0$; напівтверді $0 < B < 0,25$; тугопластичні $0,25 < B < 0,5$; м'якопластичні $0,5 < B < 0,75$; текучопластичні $0,75 < B < 1$; текучі $B > 1$.

2.4.2 Механічні властивості ґрунтів

Кут природного укосу, стисливість, промерзання, міцність, водопроникність, опір ґрунту зрушенню всі ці параметри відносяться до механічних властивостей ґрунтів.

Опір ґрунту зсуву складається з двох складових - сил тертя і сил зчеплення і його визначають за виразом:

$$T = N \cdot tg \quad + c \cdot F, \quad (2.4)$$

де N – навантаження, Н ;

φ – кут тертя;

c – питоме зчеплення, МПа;

F – площа зсуву, см².

Розділивши на F обидві частини рівності, отримуємо питомий опір зрушенню:

$$\tau = T / F = (N / F) \cdot \operatorname{tg} \varphi + c = P \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (2.5)$$

де P – нормальний тиск, спрямоване перпендикулярно поверхні зсуву, МПа .

У тих випадках, коли зсув відбувається всередині масиву ґрунту, кут φ називається кутом внутрішнього тертя.

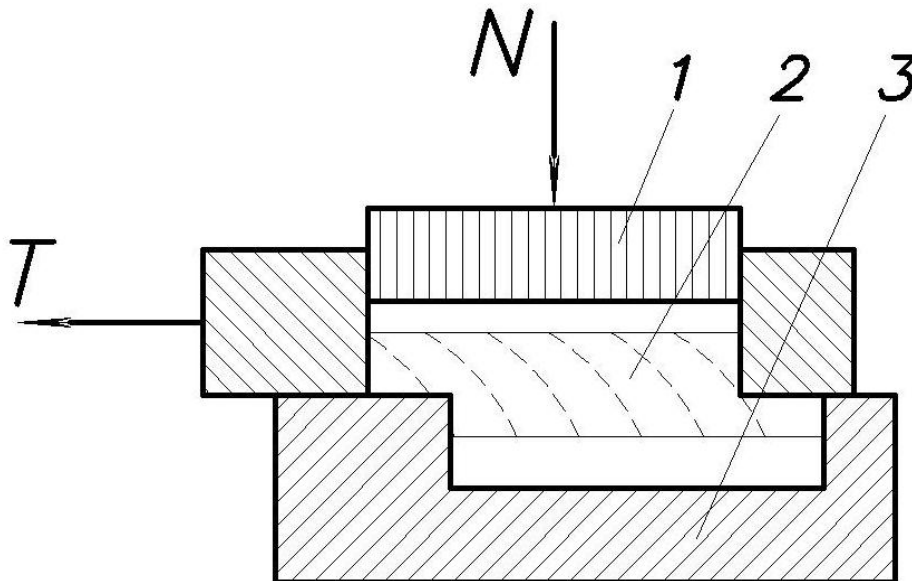


Рисунок 2.9 – Схема приладу для визначення опору зсуву ґрунту:

1 - рухома частина зразку; 2 - зразок ґрунту; 3 - нерухома частина зразку; N - сила, що стискає зразок; T - сила зсуву

Кут тертя та питоме зчеплення визначають в лабораторних умовах при природній вологості спеціальними приладами для зразків ґрунту в непорушеному стані.

Значний вплив на деформацію ґрунтів, як було вказано раніше створює показник стисливості. Параметр стисливості досліджують в лабораторних умовах. Під час будівництва та виконання надважливих операцій паралельно з лабораторними дослідженнями проводять випробування в польових умовах.

Для будівництва ґрунти групують та розподіляють за ступенем трудомісткості їх розробки. В будівництві існує прийнята класифікація ґрунтів за ступенем їх розробки. Об'ємні маси таких ґрунтів наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Класифікація ґрунтів за ступенем їх розробки і їх об'ємні маси

Найменування і характеристика ґрунту	Група ґрунту	Середня об'ємна маса в щільному стані
Галька і гравій розмірами: до 80 мм	1	1700–1800
більше 80 мм см з домішками каміння	2	1900
Гіпс м'який	4	2200
Глина: жирна м'яка або насипна, злежала з домішкою гравію або щебеню до 10%	2	1800
те саме, з домішками щебеню або гравію більше 10%	3	1950
сланцева	4	—
тверда	4	2000
тяжка ломова	3	1900
Ґрунт рослинного шару: без коріння і з корінням	1	1200
з домішками гравію, щебеню або буд-сміття	2	1400
Лес: природної вологості з домішкою гравію і гальки затверділі	1	1600–1800
	4	1800

Продовження табл. 2.1

Мерзлі ґрунти: піщані і супіщані, попередньо розпушений глинисті, суглинні, попередньо розпушений	2	—
	5	—
Пісок всіх видів, в тому числі з домішкою щебеню	1	1600–1700

Здатність вологи замерзати в ґрунті характеризує параметр промерзання. Якщо ґрунти мають нульову температуру або містять крижані включення, то вони називаються мерзлими. Існує явище вічної мерзлоти, воно характеризується відсутністю сезонного відтавання протягом багатьох років. Важливим фактором під час будівництва та закладання фундаментів, виборі глибини, є явище сезонного промерзання ґрунтів. Важливим аспектом якого є монтування фундаментів в рухливих ґрунтах.

Об'єм збільшується під час промерзання у всіх ґрунтах. Найбільше збільшення об'єму можемо спостерігати в пилюватих суглинків процес посилюється під час появи води ззовні. Випуклість та промерзання пісків відбувається на незначну величину. Глинисті ґрунти збільшують свій об'єм не тільки під час початкового промерзання, а він збільшується по мірі зниження температури навколишнього середовища. Найбільша випуклість ґрунтів зустрічається тоді, коли відбувається повільне промерзання, так як процес є пролонгований в часі, і більша кількість води може дістатися поверхні, де вона ж і замерзне, збільшивши загальний об'єм. Великоуламкові та скельні ґрунти, середні та великі піски належать до категорії ґрунтів, які не спучуються під дією сезонних явищ [7].

Щоб зменшити випуклість та спучування ґрунту при замерзанні, їх піддають процесу осушення (зменшують відсоток вологи в складі ґрунту), можливий ще

варіант підігріву біля фундаменту спеціальними пристроями, тепло- та термопушками.

Глибина промерзання є нормативна та розрахункова. На основі даних багаторічних спостережень, фіксується щорічна максимальна глибина промерзання ґрунту на відкритій, оголеній від снігу місцевості та знаходиться середня глибина промерзання, цей процес охарактеризовує нормативну глибину промерзання.

Нормативну глибину промерзання H визначають за даними багаторічних спостережень місцевих метеостанцій, або за допомогою карти глибин промерзання, де показані лінії однакових нормативних глибин промерзання. Варто розуміти, що на карті зображені глибини промерзання, які актуальні лише для суглинків та глин. Глибину промерзання для дрібних та дуже дрібних пісків застосовують з коефіцієнтом 1,2.

Розрахункову глибину промерзання P_H визначають за виразом:

$$H_p = m_t \cdot H, \quad (2.6)$$

де m_t – коефіцієнт впливу теплового режиму будівлі на промерзання ґрунту біля зовнішніх стін будівлі (коливається в межах 0,7-1).

Здатність утримувати масу ґрунту та розподіляти навантаження від будівель та споруд без руйнування структури називається міцністю (стійкістю) ґрунту. Обвали та зсуви є основними видами порушень міцності ґрунту.

Основними параметрами зсувів є: кут нахилу залягання земляних мас, зміна навантаження, внутрішній опір ґрунту до зсуву та інші чинники. Доволі часто з'являються зсуви, під час яких відбувається переміщення величезної кількості

земляних мас, результатом яких є зруйновані всі об'єкти інфраструктури що були на шляху.

В гірських районах з'являється явище обвалів, яке відбувається з надзвичайною швидкістю та охоплює величезні масиви ґрунту.

Здатність ґрунту містити та пропускати воду через свої пори називається водопроникністю. Ґрунтові води, рухаються з незначними швидкостями, навіть в ґрунтах піщаного походження. Однак існують виключення де швидкість переміщення може складати до 150 м на добу [8].

Швидкість руху ґрунтових вод в глинистих ґрунтах є незначною, звідси ж з'являється думка про водонепроникність цих ґрунтів. В природніх умовах водонепроникних ґрунтів немає.

Під час вибору основи та проектування фундаменту будівлі обов'язковим є врахування фактору ґрунтових вод. Проникаючи через поверхневі шари, дощові і талі води, скупчуються в водоносних (піщаних) його шарах, розташованих над водотривкими (глинистими і скельними). На різній глибині від поверхні землі зустрічаються ґрунтові води. Рівень води завжди пов'язаний зі змінами рівня води у водоймах [9].

2.5 Висновки

В розділі даний загальний опис гідроструменевої технології. Також наведений склад експериментальної установки. Поетапно описаний процес занурення паль за допомогою установки з гідроструменевим пристосування для занурення паль в садках та виноградниках. Математично описаний процес взаємодії сили струменя з ґрунтом. Ґрунти розглянуті, як в цілому так і окремо фізичні та механічні властивості. В свою чергу описані властивості ґрунтів дають характеристику можливості застосування установки з гідроструменевим пристосування для занурення паль в тій чи іншій місцевості, в тих чи інших умовах.

3 РОЗРАХУНОК ГІДРОСИСТЕМ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГІДРОСТРУМЕНЕВОГО ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ

В гідравлічній системі приводу стріли та системі подачі води в робочу зону під час занурення паль окремі елементи (бочка з водою, насос високого тиску, шприц, гідроциліндри та інша гідроапаратура приводу) знаходяться на відстані один від одного і з'єднуються між собою гнучкими лініями.

Гідролінії повинні мати:

- достатню міцність;
- мінімальні втрати тиску на подолання гідравлічних опорів;
- відсутність витоків рідини;

Для з'єднання гідравлічних агрегатів, взаємне розташування яких під час роботи технологічної машини змінюється, використовуються гнучкі гідролінії – рукави високого тиску (РВТ).

В конструкціях рукавів високого тиску використовують один чи три металевих каркаси, які розділені гумово-кордовими шарами. Безумовно, чим більше металевих каркасів, тим вищий допустимий робочий тиск в рукаві [12].

3.1 Розрахунок системи подачі води у робочу зону

Початкові дані:

Гідравлічна схема для розрахунку (рис. 3.1);

$Q_H = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ – номінальна витрата в гідроприводі;

$p_H = 16 \text{ МПа}$ – номінальний тиск в гідроприводі;

$l_1 = 0,5 \text{ м}$, $l_2 = 1,0 \text{ м}$ – довжини гідроліній всмоктування;

$l_3 = 5,0 \text{ м}$, – довжина гідролінії нагнітання;

$l_4 = 1,5 \text{ м}$, $l_5 = 0,5 \text{ м}$, $l_6 = 1,0 \text{ м}$ – довжини гідролінії зливу;

$\nu = 1,004 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематична в'язкість робочої рідини (для води при $t = 20^\circ \text{C}$);

$\rho = 997 \text{ кг}/\text{м}^3$ – густина робочої рідини;

$\Delta p_p = 0,28 \text{ МПа}$; $\Delta p_{K3\phi} = 0,25 \text{ МПа}$; $\Delta p_{\phi_1} = 0,007 \text{ МПа}$; $\Delta p_{K3} = 0,6 \text{ МПа}$;

$\Delta p_{\phi_2} = 0,1 \text{ МПа}$; $\Delta D_p = 0,15$ – втрати тиску в елементах схеми ГП.

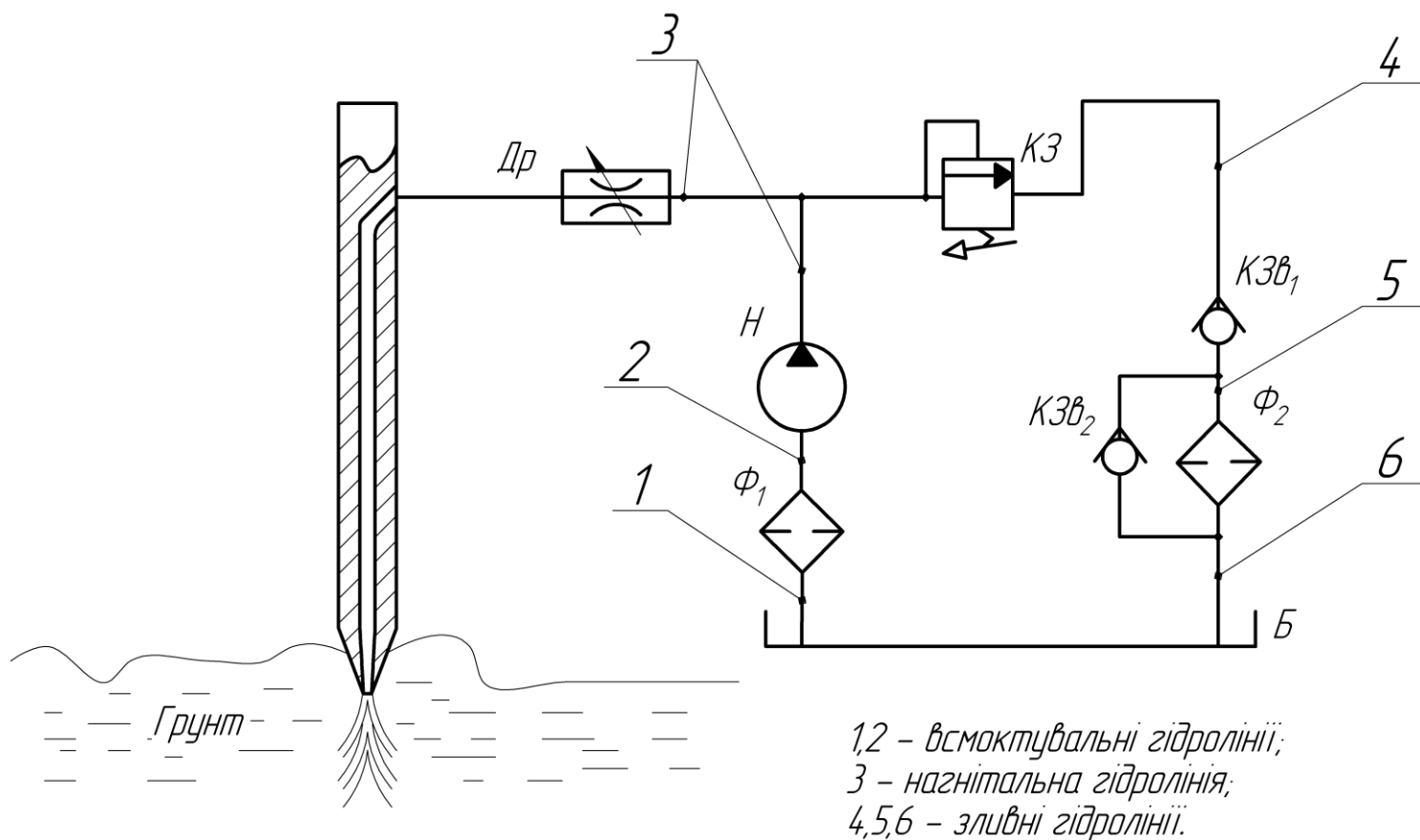


Рисунок 3.1 – Гідравлічна схема, яка використовується для подачі води з баку в робочу зону

Враховуючи види гідроліній та номінальний тиск p_H на вході насоса, за [10] вибираємо середні швидкості потоку рідини по гідролініях

$$v_{\text{сепВ}} = 1,2 \text{ м}/\text{с};$$

$$v_{cepH} = 5,0 \text{ м/с};$$

$$v_{cep3} = 2,0 \text{ м/с};$$

Розраховуємо діаметри нагнітальних, зливних та всмоктувальних гідроліній за виразом:

$$d_{TP} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_{TP}}{v_{cep}}} \text{ [м]}, \quad (3.1)$$

де v_{cep} – середня швидкість потоку рідини в трубі, м/с;

Q_{TP} – максимальна витрата рідини через гідролінію, м³/с.

$$d_{TPB} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{1,2}} = 0,0515 \text{ (м)};$$

$$d_{TPH} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{5,0}} = 0,025 \text{ (м)};$$

$$d_{TP3} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{2,0}} = 0,039 \text{ (м)};$$

Отримані значення d_{TP} до найближчого більшого стандартного значення діаметра гідроліній $d_{TP} = d_{CT}$. Наведено в [11].

$$d_{CTB} = 0,0515 \text{ м} = 52 \text{ мм};$$

$$d_{CTH} = 0,025 \text{ м} = 30 \text{ мм};$$

$$d_{CT3} = 0,039 \text{ м} = 40 \text{ мм};$$

Розраховуємо реальне значення швидкості рідини для стандартного діаметра гідролінії d_{CT} за виразом:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot d_{CT}^2} \text{ [м/с]}. \quad (3.2)$$

$$v_{pB} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,052^2} = 1,17 \text{ (м/с)};$$

$$v_{pB} = 1,17 \text{ м/с} < v_{серB} = 1,2 \text{ м/с} - \text{ умова виконується};$$

$$v_{pH} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,027^2} = 4,4 \text{ (м/с)};$$

$$v_{pH} = 4,4 \text{ м/с} < v_{серH} = 5,0 \text{ м/с} - \text{ умова виконується};$$

$$v_{p3} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,040^2} = 1,99 \text{ (м/с)};$$

$$v_{p3} = 1,99 \text{ м/с} < v_{сер3} = 2,0 \text{ м/с} - \text{ умова виконується};$$

Знаходимо режим течії в гідролініях, для цього знаходиться число Рейнольдса, використовуючи стандартне значення діаметра d_{CT} гідролінії та реальне значення швидкості v_p руху рідини в гідролінії за виразом:

$$Re = \frac{v_p \cdot d_{CT}}{\nu}, \quad (3.3)$$

при $Re < 2000 \dots 2320$ – потік ламінарний,

при $Re > 2320$ – потік турбулентний.

$$Re_B = \frac{1,17 \cdot 0,052}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 60597 > 2320 \text{ – турбулентний режим течії;}$$

$$Re_H = \frac{4,4 \cdot 0,027}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 118326 > 2320 \text{ – турбулентний режим течії;}$$

$$Re_3 = \frac{1,99 \cdot 0,040}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 79282 > 2320 \text{ – турбулентний режим течії;}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя, враховуючи режими течії рідини в гідролініях. При турбулентному режимі течії рідини вважаємо, що в гідролініях гідроприводу турбулізація потоку незначна. Тоді трубу можна вважати практично гладкою, а коефіцієнт гідравлічного тертя визначати за виразом:

$$\lambda_{лам} = \frac{64}{Re_{лам}} \text{ – для ламінарного режиму;} \quad (3.4)$$

$$\lambda_{турб} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_{турб}}} \text{ – для турбулентного режиму.} \quad (3.5)$$

$$\lambda_{турбB} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{60597}} = 0,020 ;$$

$$\lambda_{турбH} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{118326}} = 0,017 ;$$

$$\lambda_{\text{турб3}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{79282}} = 0,018.$$

Визначаємо втрати напору на тертя для кожної гідролінії:

$$h_{\text{тер}} = \lambda \cdot \frac{l_{\text{ТР}}}{d_{\text{СТ}}} \cdot \frac{v_p^2}{2 \cdot g}, \quad (3.6)$$

де $l_{\text{ТР}}$ – довжина кожної окремої гідролінії.

Для гідроліній всмоктування

$$h_{\text{тер1}} = 0,020 \cdot \frac{0,5}{0,052} \cdot \frac{1,17^2}{2 \cdot 9,8} = 0,013 \text{ (м);}$$

$$h_{\text{тер2}} = 0,020 \cdot \frac{1,0}{0,052} \cdot \frac{1,17^2}{2 \cdot 9,8} = 0,026 \text{ (м);}$$

для гідролінії нагнітання

$$h_{\text{тер3}} = 0,017 \cdot \frac{5,0}{0,027} \cdot \frac{4,4^2}{2 \cdot 9,8} = 3,10 \text{ (м);}$$

для гідроліній зливу

$$h_{\text{тер4}} = 0,018 \cdot \frac{1,5}{0,040} \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,8} = 0,136 \text{ (м);}$$

$$h_{\text{тер5}} = 0,018 \cdot \frac{0,5}{0,040} \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,8} = 0,045 \text{ (м);}$$

$$h_{терб} = 0,018 \cdot \frac{1,0}{0,040} \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,8} = 0,090 \text{ (м)};$$

3.1.1 Розрахунок втрат тиску в гідролініях подачі води

Визначаємо втрати тиску на тертя в кожній гідролінії за виразом:

$$\Delta p_{тер} = \rho \cdot g \cdot h_{тер}, \quad (3.7)$$

для гідроліній всмоктування

$$\Delta p_1 = 997 \cdot 9,8 \cdot 0,013 = 127,01 \text{ (Па)} = 0,00012701 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_2 = 997 \cdot 9,8 \cdot 0,026 = 254,03 \text{ (Па)} = 0,00025403 \text{ (МПа)};$$

для гідролінії нагнітання

$$\Delta p_3 = 997 \cdot 9,8 \cdot 3,10 = 30288,86 \text{ (Па)} = 0,030 \text{ (МПа)};$$

для гідроліній зливу

$$\Delta p_4 = 997 \cdot 9,8 \cdot 0,136 = 0,0013 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_5 = 997 \cdot 9,8 \cdot 0,045 = 0,00044 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_6 = 997 \cdot 9,8 \cdot 0,090 = 0,000879 \text{ (МПа)};$$

Складемо зведену таблицю розрахунків (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Розрахунок втрат тиску на тертя в гідролініях при подачі води у робочу зону

№ Г/Л	Вид Г/Л	$d_{СТ}$, м	v_p , м/с	Re	Тип течії рідини	λ	$l_{ТР}$, м	$h_{тер}$, м	Δp , МПа
1	в	0,052	1,17	60597	т	0,020	0,5	0,013	0,000127
2	в	0,052	1,17	60597	т	0,020	1,0	0,026	0,000254
3	н	0,027	4,4	118326	т	0,017	5,0	3,10	0,030
4	з	0,040	1,99	79282	т	0,018	1,5	0,136	0,0013
5	з	0,040	1,99	79282	т	0,018	0,5	0,045	0,00044
6	з	0,040	1,99	79282	т	0,018	1	0,090	0,000879

«н» – гідролінія нагнітання;

«з» – гідролінія зливу;

«в» – гідролінія всмоктування;

«т» – турбулентний режим течії рідини.

Визначаємо сумарні втрати тиску на тертя в гідролініях

$$\sum \Delta p_{z.l.} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \dots + \Delta p_i, \quad (3.8)$$

де $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3, \dots, \Delta p_i$ – втрати тиску на тертя в гідро лініях;

i – кількість гідроліній.

$$\begin{aligned} \sum \Delta p_{z.l.} &= 0,000127 + 0,000254 + 0,030 + 0,013 + 0,00044 + 0,000879 = \\ &= 0,0447 \text{ (МПа)} \end{aligned}$$

Визначаємо сумарні втрати тиску в гідропроводі, що охоплюють втрати тиску на тертя в гідро лініях і на місцевих гідравлічних опорах за виразом:

$$\sum \Delta p_{ГП} = \sum \Delta p_{Г.ЛН} + \sum \Delta p_{Г.а.}, \quad (3.9)$$

де $\sum \Delta p_{г.а.}$ – сумарні втрати тиску на місцевих гідравлічних опорах, до яких відносять гідроагрегати, що включені у виконавчий контур схеми гідроприводу. Втрати тиску для кожного агрегату визначаються з технічних характеристик гідроагрегатів, що вибрані для заданої схеми гідроприводу.

$$\sum \Delta p_{гп} = 0,28 + (0,25 \cdot 2) + 0,007 + 0,1 + 0,2 + 0,6 + 0,0447 = 1,531 \text{ (МПа)}$$

Перевіряємо умову:

$$\sum \Delta p_{гп} \leq 0,3 \cdot p_H; \quad (3.10)$$

$$1,731 \text{ МПа} \leq 0,3 \cdot 16 = 4,8 \text{ МПа.}$$

Умова виконується, отже, вибір гідроагрегатів і діаметрів гідроліній виконано правильно.

3.1.2 Вибір гідроліній для системи подачі води

Як гідролінії, з урахуванням параметрів номінального тиску p_H та діаметрів $d_{СТ}$, використовуємо рукави високого тиску з металевими обплетеннями (за ГОСТ 6286-73) [11]. Рукави складаються з внутрішнього гумового шару, бавовняних і металевих обплетень, проміжних та зовнішньо гумових шарів.

Для гідроліній всмоктування приймаємо:

Рукав ПЛ-52-50/30-У ГОСТ 6286-73 (група Б)

Рукав типу II з двома металевими обплетеннями із латунової проволоки (Л), внутрішнім діаметром 52 мм, призначений для експлуатації в районах з помірним кліматом (У) при статичному тиску 50 кгс/см² (5 МПа) або динамічному тиску до 30 кгс/см² (3 МПа).

Для РВТ типу II, оплетених латуновою проволокою, структура шарів має таку послідовність (починаючи із зовнішнього шару): Р–М–Р–М–Р, де буквою Р позначено гумовий шар; М – металеве обплетення.

Основні розміри та радіуси згину рукавів, мм:

внутрішній діаметр	52;
зовнішній діаметр	55,7 ± 2;
зовнішній діаметр по верхньому металевому обплетенню	56;
мінімальний радіус згину	630;
маса 1 м (для довідки), кг	4,53.

Для гідролінії нагнітання приймаємо:

Рукав ПЛ-27-200/120-У ГОСТ 6286-73 (група Б)

Рукав типу II з двома металевими обплетеннями із латунової проволоки (Л), внутрішнім діаметром 27 мм, призначений для експлуатації в районах з помірним кліматом (У) при статичному тиску 200 кгс/см² (20 МПа) або динамічному тиску до 120 кгс/см² (12 МПа).

Для РВТ типу II, оплетених латуновою проволокою, структура шарів має таку послідовність (починаючи із зовнішнього шару): Р–М–Р–М–Р, де буквою Р позначено гумовий шар; М – металеве обплетення.

Основні розміри та радіуси згину рукавів, мм:

внутрішній діаметр	27;
зовнішній діаметр	29,9
+1,5...-1;	
зовнішній діаметр по верхньому металевому обплетенню	30,2;
мінімальний радіус згину	280;
маса 1 м (для довідки), кг	2,19.

Для гідроліній зливу приймаємо:

Рукав ШЛ-40-90/50-У ГОСТ 6286-73 (група Б)

Рукав типу II з двома металевими обплетеннями із латунової проволочки (Л), внутрішнім діаметром 40 мм, призначений для експлуатації в районах з помірним кліматом (У) при статичному тиску 90 кгс/см² (9 МПа) або динамічному тиску до 50 кгс/см² (5 МПа).

Для РВТ типу II, оплетених латуновою проволочкою, структура шарів має таку послідовність (починаючи із зовнішнього шару): Р-М-Р-М-Р, де буквою Р позначено гумовий шар; М – металеве обплетення.

Основні розміри та радіуси згину рукавів, мм:

внутрішній діаметр	40;
зовнішній діаметр	45,15 ± 2;
зовнішній діаметр по верхньому металевому обплетенню	44,6;
мінімальний радіус згину	400;
маса 1 м (для довідки), кг	3,51.

Здатність рукава високого тиску протидіяти тиску рідини набагато нижча, ніж у сталевих трубопроводів, тобто деформації його порожнини значно більші,

тому швидкість звуку в ньому значно менша, також менше і підвищення тиску при гідравлічних ударах.

Конструкцію та багатошаровість рукава високого тиску зображено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Зображення багатошаровості рукава високого тиску

Зображення фітингів, які використовуються на кінцях рукавів високого тиску показано на рис. 3.3.

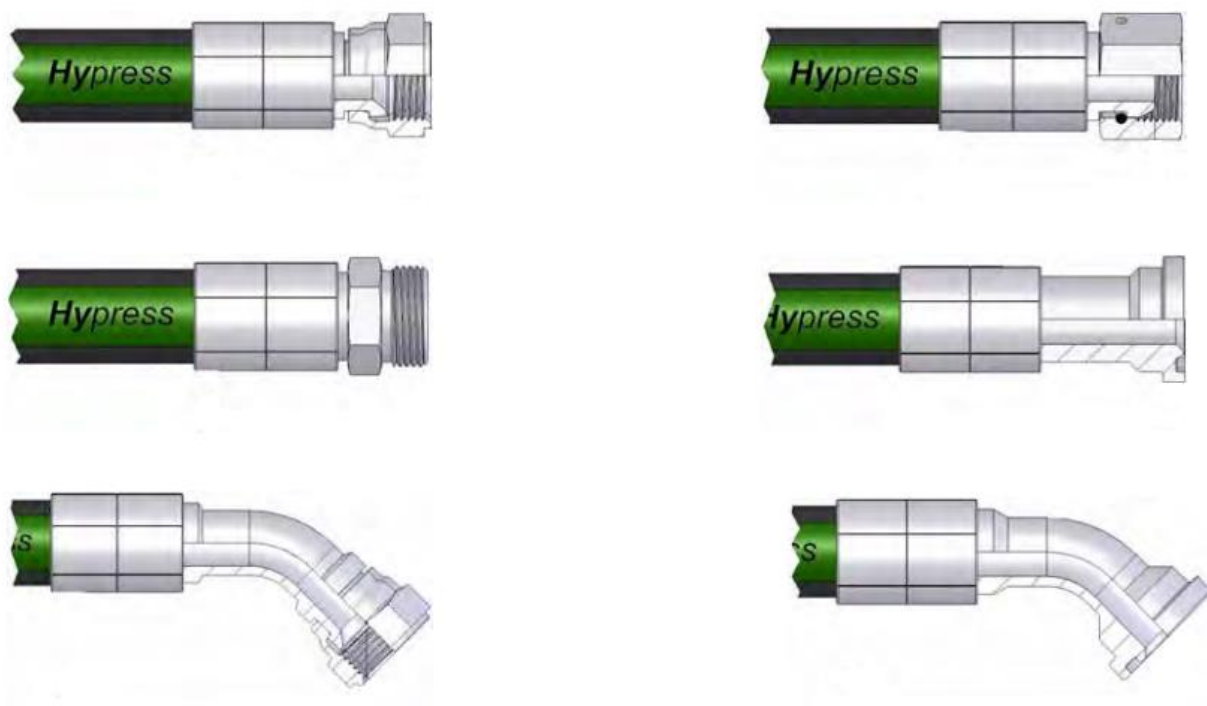


Рисунок 3.3 – Фітинги рукавів високого тиску

Загальний вигляд рукавів високого тиску зображений на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд рукавів високого тиску

3.2 Вибір зворотних клапанів

За допомогою зворотних клапанів здійснюється блокування потоку робочої рідини в одному напрямку і забезпечується вільний її потік в протилежному напрямку. Оскільки перекриття потоку повинно бути абсолютно герметичним, такі клапани, як правило, виготовляють в сідловому варіанті. При цьому в основу конструкції покладено такий принцип дії: ущільнювальний елемент (в більшості випадків це кулька або конус) притискається до відповідної опорної поверхні сідла. Клапан може бути відкритий потоком рідини в напрямку її течії, коли ущільнювальний елемент відтискається від опорної поверхні.

На відміну від запобіжних клапанів зворотні клапани мають пружину малого зусилля, що служить тільки для посадки клапана в гніздо, а іноді взагалі може не застосовуватися.

Початкові дані:

$Q_H = 150$ л/хв – номінальна витрата в гідроприводі;

$p_{1p} = 16$ МПа – номінальний (робочий) тиск в гідроприводі.

З довідника [11] визначаємо тип зворотного клапана, який найбільше задовольняє початкові дані ($Q_H = 150$ л/хв; $p_{1p} = 16$ МПа), – це зворотний клапан Г51-25.

Технічні характеристики зворотного клапана типу Г51-25 наведені в табл. 3.2 [11].

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики зворотного клапана типу Г51-25 [2]

Діаметр умовного проходу, мм	20
Витрата робочої рідини, л/ номінальна	2,4
Робочий тиск, МПа номінальний мінімальний	20 0,25
Перепад тиску при номінальній витраті не більше, МПа	0,25
Тиск відкриття клапана при витраті робочої рідини 1–3 л/хв, не менше, МПа	0,15
Витоки робочої рідини при максимальному робочому тиску не більше, см ³ /хв	0,13
Маса, кг	1,6

3.3 Вибір запобіжно-переливного клапану

Клапани мають різні виконання за конструкцією, типом керування, діаметром умовного проходу, приєднанням і номінальним тиском.

Більшість клапанів має ручне керування і лише деякі виконання запобіжних клапанів мають електричне керування розвантаженням.

Клапани, які застосовуються у верстатобудуванні, мають діаметри умовних проходів 10, 20 і 32 мм. Промисловістю випускаються також апарати з діаметрами умовних проходів 40 і 50 мм.

Клапани мають різьбове і стикове виконання за з'єднанням. При різьбовому приєднанні отвори корпусу для підключення ліній мають конічну чи метричну різь; у клапанах стикового приєднання отвори виводяться на стикову площину і закінчуються цековками під кільця (за ДЕСТ 9833–73) для ущільнення стику між апаратом і спеціальними панелями або проміжними плитами, у яких нарізана різь для монтажу штуцерів.

Початкові дані:

$Q_H = 150$ л/хв – номінальна витрата в гідроприводі;

$p_{1p} = 16$ МПа – номінальний (робочий) тиск в гідроприводі.

З довідника [11] визначаємо тип клапана тиску, який найбільше задовольняє початкові дані ($Q_H = 150$ л/хв; $p_{1p} = 16$ МПа), – це клапан тиску Г54-34М.

Технічні характеристики клапана тиску типу Г54-34М наведені в табл. 3.3 [11].

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики клапана тиску типу Г54-34М [2]

Діаметр умовного проходу, мм	20
Витрата рідини, л/хв	
номінальна	125
максимальна	160
мінімальна	3
Тиск на вході, МПа	
номінальний	20
максимальний	23
Внутрішні витоки, см ³ /хв, не більше *	20; 35; 90; 140; 280

Продовження табл. 3.3

Номінальний перепад тисків, МПа	0,4
Маса, кг	3,6

Конструкція запобіжно-переливного клапана прямої дії типу Г54-34М наведена на рис. 3.5. Золотник 2 поміщений у точний отвір корпусу 3 і підтиснутий зверху через шайбу пружиною 6, натяг якої регулюється гвинтом 8 через поршень 7, поршень переміщується в гільзі 5. Рідина з магістралі підводиться через боковий отвір *P*, звідки через канал 10 і дросельний отвір 11 подається в порожнину 1 під торець золотника.

Якщо тиск в магістралі, який діє на торець золотника, перевищить зусилля попереднього натягу пружини, золотник починає переміщуватись угору, стискаючи пружину і відкриваючи вікно, що з'єднує порожнину *P* з отвором *A*, через який рідина починає зливатись у бак. Оскільки рідина під торець золотника подається через дросельний отвір 11, то його опір сприяє розсіюванню енергії коливання золотника, стабілізує величину робочого вікна, а відповідно, й величину регульованого тиску.

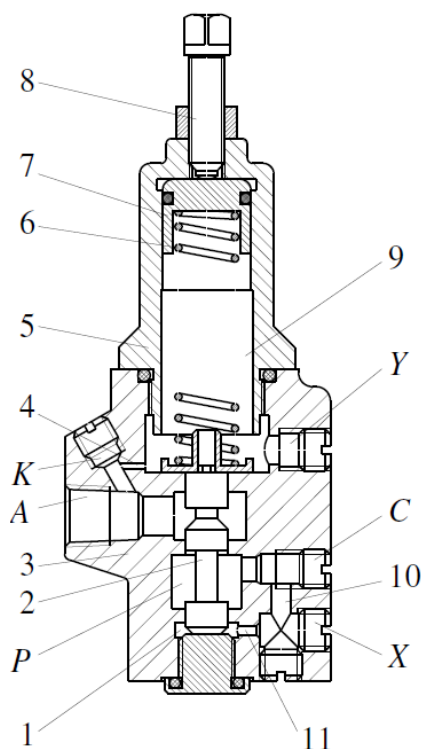


Рисунок 3.5 – Конструкція запобіжно-переливного клапана прямої дії типу Г54-34М

Заглушки X , C , Y і K закривають отвори, які можуть використовуватись для зміни схеми підключення клапана. Канал 4 з'єднує порожнину 9 з отвором A , що дозволяє вільно витискати рідину з порожнини 9 під час руху золотника.

3.4 Розрахунок місткості бака водяної установки

Щоб користуватися пристроєм для занурення паль потрібна вода, вона використовується у якості допоміжної речовини. Воду потрібно транспортувати для цього ми обираємо пластикову бочку від штатного оприскувача об'ємом 2000 літрів, що є оптимальним, як для оприскування рослин так і для занурення паль.

Гідробак – гідроємкість, призначена для живлення об'ємного гідроприводу робочою рідиною. Гідробаки повинні також забезпечувати охолодження робочої рідини, видалення з неї повітря, осадження забруднень і температурну компенсацію зміни об'єму робочої рідини. Гідробаки можуть знаходитися під атмосферним і під надлишковим тиском. Загальні технічні вимоги до баків встановлені ДСТ 16770–71.

Основні параметри гідробаків, призначених для роботи під надлишковим тиском, – номінальна місткість, максимальний тиск робочої рідини (підпору), інтервали температур робочої рідини і навколишнього середовища. Баки, призначені для роботи під надлишковим тиском, повинні піддаватися гідравлічним випробовуванням на міцність пробним тиском.

Початкові дані:

- бак призначений для роботи під атмосферним тиском;
- вибраний насос, для якого $Q_H = 150$ л/хв.

Місткість бака при цьому розраховується:

$$V_{B\text{ роз}} = (2 \dots 3) \cdot Q_H;$$

$$V_{Броз} = (2...3) \cdot 150 = (300...450) \text{ дм}^3.$$

Вибираємо нормований об'єм гідробака, який задовільнить наші потреби

$$V_{Бном} = 2000 \text{ л.}$$

За необхідності можливо за 2-3 години з бочки з водою зробити штатний оприскувач. Таке рішення дозволило нас суттєво знизити виготовлення дослідного зразка. Ємність, яку ми використовуємо для перевезення води зображена на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Бак для води

3.5 Вибір насосу високого тиску для системи подачі води в робочу зону

Завершальним етапом у виборі агрегатів є вибір гідравлічного насоса, за допомогою якого вода з ємності буде подаватися в робочу зону. Виходячи з параметрів, які нам необхідно забезпечити, насос який встановлений в штатному оприскувачі на максимальних параметрах своєї продуктивності забезпечував тиск в системі $p = 10 - 12$ МПа. Під час проведення дослідів було виявлено, що такий тиск є недостатнім для правильної та продуктивної роботи пристрою. Зображення насоса можна побачити на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Насос високого тиску

В результаті чого нами було прийняте рішення замінити штатний насос на більш модернізовану версію, яку можна побачити на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Модернізована версія насосу високого тиску

Підібраний нами насос здатний підтримувати тиск в системі $p = 16 - 20$ МПа, такі параметри дозволяють здійснювати процес з максимальним коефіцієнтом корисної дії.

3.6 Розрахунок гідравлічної системи приводу стріли

В розробці ми використовуємо стрілу від екскаватора, виконавчим органом є шприц, а не ковш, тому доцільно перевірити чи зможе штатна гідравлічна система приводу стріли витримати потрібне нам зусилля.

Проведемо розрахунки гідравлічних ліній, гідроциліндрів та гідроапаратури, підберемо гідравлічне обладнання.

Гідравлічна схема для якої буде проводитися розрахунок зображена на рис. 3.4.

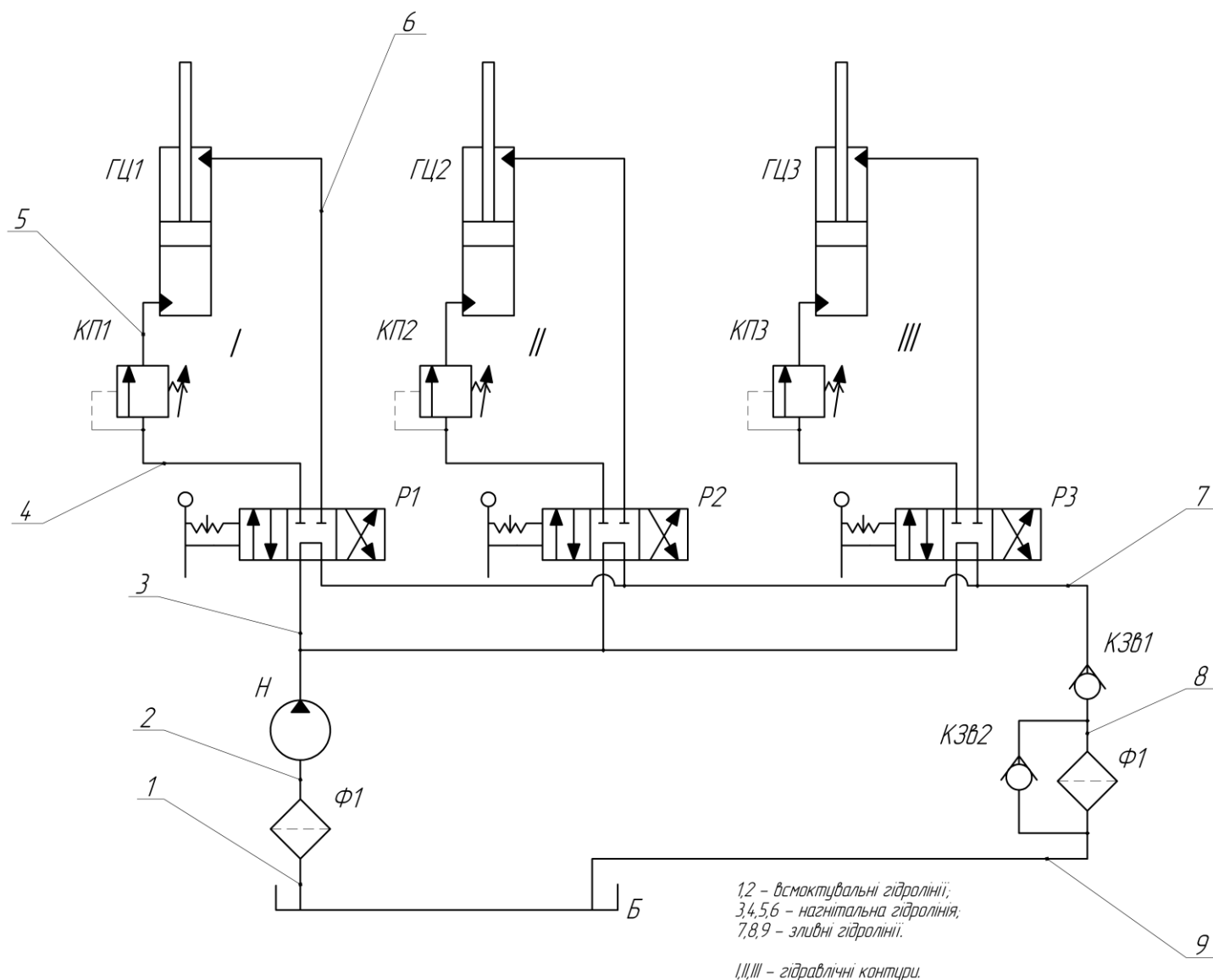


Рисунок 3.9 – Гідравлічна схема приводу стріли

В зв'язку з тим, що гідравлічна схема трактора має три контури, які з'єднані послідовно, то логічним буде рішення розрахувати один контур та застосувати отримані розрахункові дані для двох інших.

Початкові дані:

Гідравлічна схема для розрахунку (рис. 3.4);

$Q_H = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ – номінальна витрата в гідроприводі;

$p_H = 6,3 \text{ МПа}$ – номінальний тиск в гідроприводі;

$l_1 = 0,5$ м, $l_2 = 1,0$ м – довжини гідроліній всмоктування;

$l_3 = 3,0$ м, $l_4 = 2,5$ м, $l_5 = 3,0$ м, $l_6 = 4,0$ м – довжина гідроліній нагнітання;

$l_7 = 1,5$ м, $l_8 = 1,0$ м, $l_9 = 2,0$ м – довжини гідроліній зливу;

$\nu = 39 \cdot 10^{-6}$ м²/с – кінематична в'язкість робочої рідини (ИГП-30 при $t = 40^\circ \text{C}$);

$\rho = 885$ кг/м³ – густина робочої рідини;

$\Delta p_p = 0,28$ МПа; $\Delta p_{K3e} = 0,25$ МПа; $\Delta p_{\phi_1} = 0,007$ МПа; $\Delta p_{KII} = 0,6$ МПа;

$\Delta p_{\phi_2} = 0,1$ МПа; – втрати тиску в елементах схеми ГП.

Враховуючи види гідроліній та номінальний тиск p_H на вході насоса, за [1] вибираємо середні швидкості потоку рідини по гідролініях:

$$v_{\text{сепВ}} = 1,2 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{сепН}} = 5,0 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{сепЗ}} = 2,0 \text{ м/с};$$

Розраховуємо діаметри нагнітальних, зливних та всмоктувальних гідроліній за виразом:

$$d_{TP} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_{TP}}{v_{\text{сеп}}}} \text{ [м]}, \quad (3.11)$$

де $v_{\text{сеп}}$ – середня швидкість потоку рідини в трубі, м/с;

Q_{TP} – максимальна витрата рідини через гідролінію, м³/с.

$$d_{TPB} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1,14 \cdot 10^{-3}}{1,2}} = 0,0347 \text{ (м)};$$

$$d_{TPH} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1,14 \cdot 10^{-3}}{5,0}} = 0,017 \text{ (м)};$$

$$d_{TP3} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1,14 \cdot 10^{-3}}{2,0}} = 0,027 \text{ (м)};$$

Отримані значення d_{TP} до найближчого більшого стандартного значення діаметра гідролінії $d_{TP} = d_{CT}$. Наведено в [11].

$$d_{CTB} = 0,0347 \text{ м} = 36 \text{ мм};$$

$$d_{CTH} = 0,017 \text{ м} = 18 \text{ мм};$$

$$d_{CT3} = 0,027 \text{ м} = 27 \text{ мм};$$

Розраховуємо реальне значення швидкості рідини для стандартного діаметра гідролінії d_{CT} за виразом:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot d_{CT}^2} \text{ [м/с]}. \quad (3.12)$$

$$v_{pB} = \frac{4 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,036^2} = 1,12 \text{ (м/с)};$$

$$v_{pB} = 1,12 \text{ м/с} < v_{серB} = 1,2 \text{ м/с} - \text{ умова виконується};$$

$$v_{pH} = \frac{4 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,018^2} = 4,48 \text{ (м/с)};$$

$$v_{pH} = 4,48 \text{ м/с} < v_{серH} = 5,0 \text{ м/с} - \text{ умова виконується};$$

$$v_{p3} = \frac{4 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,027^2} = 1,99 \text{ (м/с)};$$

$$v_{p3} = 1,99 \text{ м/с} < v_{сер3} = 2,0 \text{ м/с} - \text{ умова виконується};$$

Знаходимо режим течії в гідролініях, для цього знаходиться число Рейнольдса, використовуючи стандартне значення діаметра d_{CT} гідролінії та реальне значення швидкості v_p руху рідини в гідролінії за виразом:

$$Re = \frac{v_p \cdot d_{CT}}{\nu}, \quad (3.13)$$

при $Re < 2000 \dots 2320$ – потік ламінарний,

при $Re > 2320$ – потік турбулентний.

$$Re_B = \frac{1,12 \cdot 0,036}{39 \cdot 10^{-6}} = 1034 < 2320 - \text{ ламінарний режим течії};$$

$$Re_H = \frac{4,48 \cdot 0,018}{39 \cdot 10^{-6}} = 2067 < 2320 - \text{ ламінарний режим течії};$$

$$Re_3 = \frac{1,99 \cdot 0,027}{39 \cdot 10^{-6}} = 1377 < 2320 - \text{ ламінарний режим течії};$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя, враховуючи режими течії рідини в гідролініях. При турбулентному режимі течії рідини вважаємо, що в гідролініях гідроприводу турбулізація потоку незначна. Тоді трубу можна

вважати практично гладкою, а коефіцієнт гідравлічного тертя визначати за виразом:

$$\lambda_{лам} = \frac{64}{Re_{лам}} \text{ — для ламінарного режиму;} \quad (3.14)$$

$$\lambda_{турб} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_{турб}}} \text{ — для турбулентного режиму.} \quad (3.15)$$

$$\lambda_{ламВ} = \frac{64}{1034} = 0,062;$$

$$\lambda_{ламН} = \frac{64}{2067} = 0,031;$$

$$\lambda_{ламЗ} = \frac{64}{1377} = 0,046.$$

Визначаємо втрати напору на тертя для кожної гідролінії:

$$h_{тер} = \lambda \cdot \frac{l_{ТР}}{d_{СТ}} \cdot \frac{v_p^2}{2 \cdot g}, \quad (3.16)$$

де $l_{ТР}$ — довжина кожної окремої гідролінії.

Для гідроліній всмоктування

$$h_{терл} = 0,062 \cdot \frac{0,5}{0,036} \cdot \frac{1,12^2}{2 \cdot 9,8} = 0,055 \text{ (м);}$$

$$h_{мер2} = 0,062 \cdot \frac{1,0}{0,036} \cdot \frac{1,12^2}{2 \cdot 9,8} = 0,110 \text{ (м)};$$

для гідролінії нагнітання

$$h_{мер3} = 0,031 \cdot \frac{3,0}{0,018} \cdot \frac{4,48^2}{2 \cdot 9,8} = 5,29 \text{ (м)};$$

$$h_{мер4} = 0,031 \cdot \frac{2,5}{0,018} \cdot \frac{4,48^2}{2 \cdot 9,8} = 4,4 \text{ (м)};$$

$$h_{мер5} = 0,031 \cdot \frac{3,0}{0,018} \cdot \frac{4,48^2}{2 \cdot 9,8} = 5,29 \text{ (м)};$$

$$h_{мер6} = 0,031 \cdot \frac{4,0}{0,018} \cdot \frac{4,48^2}{2 \cdot 9,8} = 7,05 \text{ (м)};$$

для гідроліній зливу

$$h_{мер7} = 0,046 \cdot \frac{1,5}{0,027} \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,8} = 0,516 \text{ (м)};$$

$$h_{мер8} = 0,046 \cdot \frac{1,0}{0,027} \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,8} = 0,344 \text{ (м)};$$

$$h_{мер9} = 0,046 \cdot \frac{2,0}{0,027} \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,8} = 0,688 \text{ (м)};$$

3.6.1 Розрахунок втрат тиску в гідролініях приводу стріли

Визначаємо втрати тиску на тертя в кожній гідролінії за виразом:

$$\Delta p_{тер} = \rho \cdot g \cdot h_{тер}, \quad (3.17)$$

для гідроліній всмоктування

$$\Delta p_1 = 885 \cdot 9,8 \cdot 0,055 = 477,01 \text{ (Па)} = 0,000477 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_2 = 885 \cdot 9,8 \cdot 0,110 = 954,03 \text{ (Па)} = 0,000954 \text{ (МПа)};$$

для гідролінії нагнітання

$$\Delta p_3 = 885 \cdot 9,8 \cdot 5,29 = 45880,17 \text{ (Па)} = 0,045 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_4 = 885 \cdot 9,8 \cdot 4,4 = 38161,2 \text{ (Па)} = 0,038 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_5 = 885 \cdot 9,8 \cdot 5,29 = 45880,17 \text{ (Па)} = 0,045 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_6 = 885 \cdot 9,8 \cdot 7,05 = 61144,65 \text{ (Па)} = 0,061 \text{ (МПа)};$$

для гідроліній зливу

$$\Delta p_7 = 885 \cdot 9,8 \cdot 0,516 = 0,0044 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_8 = 885 \cdot 9,8 \cdot 0,344 = 0,0029 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta p_9 = 885 \cdot 9,8 \cdot 0,688 = 0,0059 \text{ (МПа)};$$

Складемо зведену таблицю розрахунків (табл. 3.4)

Таблиця 3.4 – Розрахунок втрат тиску на тертя в гідролініях

№ Г/Л	Вид Г/Л	$d_{СТ}$, м	v_p , м/с	Re	Тип течії рідини	λ	$l_{ТР}$, м	$h_{тер}$, м	Δp , МПа
1	в	0,036	1,12	1034	л	0,062	0,5	0,055	0,000477
2	в	0,036	1,12	1034	л	0,062	1,0	0,110	0,000954

Продовження табл. 3.4

3	н	0,018	4,48	2067	л	0,031	3,0	5,29	0,045
4	н	0,018	4,48	2067	л	0,031	2,5	4,4	0,0038
5	н	0,018	4,48	2067	л	0,031	3,0	5,29	0,0045
6	н	0,018	4,48	2067	л	0,031	4,0	7,05	0,0061
7	з	0,027	1,99	1377	л	0,046	1,5	0,516	0,0044
8	з	0,027	1,99	1377	л	0,046	1,0	0,344	0,0029
9	з	0,027	1,99	1377	л	0,046	2,0	0,688	0,0059

«н» – гідролінія нагнітання;

«з» – гідролінія зливу;

«в» – гідролінія всмоктування;

«л» – ламінарний режим течії рідини.

Визначаємо сумарні втрати тиску на тертя в гідролініях

$$\sum \Delta p_{z.l.} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \dots + \Delta p_i, \quad (3.18)$$

де $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3, \dots, \Delta p_i$ – втрати тиску на тертя в гідро лініях;

i – кількість гідроліній.

$$\begin{aligned} \sum \Delta p_{z.l.} &= 0,000447 + 0,000954 + 0,0045 + 0,0038 + 0,0045 + 0,0061 + \\ &+ 0,0044 + 0,0029 + 0,0059 = 0,0335 \text{ (МПа)} \end{aligned}$$

Визначаємо сумарні втрати тиску в гідроприводі, що охоплюють втрати тиску на тертя в гідро лініях і на місцевих гідравлічних опорах за виразом:

$$\sum \Delta p_{ГП} = \sum \Delta p_{г.лн} + \sum \Delta p_{г.а.}, \quad (3.19)$$

де $\sum \Delta p_{г.а.}$ – сумарні втрати тиску на місцевих гідравлічних опорах, до яких відносять гідроагрегати, що включені у виконавчий контур схеми гідроприводу. Втрати тиску для кожного агрегату визначаються з технічних характеристик гідроагрегатів, що вибрані для заданої схеми гідроприводу.

$$\begin{aligned}\sum \Delta p_{ггг} &= 0,28 + (0,25 \cdot 2) + 0,007 + 0,1 + 0,15 + 0,2 + 0,6 + 0,0335 = \\ &= 1,870 \text{ (МПа)}\end{aligned}$$

Перевіряємо умову:

$$\sum \Delta p_{ггг} \leq 0,3 \cdot p_H; \quad (3.20)$$

$$1,870 \text{ МПа} \leq 0,3 \cdot 6,3 = 1,89 \text{ МПа.}$$

Умова виконується, отже, вибір гідроагрегатів і діаметрів гідроліній виконано правильно.

3.6.2 Вибір гідроліній приводу стріли

Як гідролінії, з урахуванням параметрів номінального тиску p_H та діаметрів $d_{СТ}$, використовуємо рукави високого тиску з металевими обплетеннями (за ГОСТ 6286-73) [11]. Рукави складаються з внутрішнього гумового шару, бавовняних і металевих обплетень, проміжних та зовнішньо гумових шарів.

Для гідроліній всмоктування приймаємо:

Рукав ПЛ-36-50/30-У ГОСТ 6286-73 (група Б)

Рукав типу П з двома металевими обплетеннями із латунової проволочки (Л), внутрішнім діаметром 36 мм, призначений для експлуатації в районах з помірним кліматом (У) при статичному тиску 50 кгс/см² (5 МПа) або динамічному тиску до 30 кгс/см² (3 МПа).

Для РВТ типу II, оплетених латуноюю проволокою, структура шарів має таку послідовність (починаючи із зовнішнього шару): Р–М–Р–М–Р, де буквою Р позначено гумовий шар; М – металеве обплетення.

Основні розміри та радіуси згину рукавів, мм:

внутрішній діаметр	36;
зовнішній діаметр	37,7 ± 2;
зовнішній діаметр по верхньому металевому обплетенню	39;
мінімальний радіус згину	430;
маса 1м (для довідки), кг	4,53.

Для гідролінії нагнітання приймаємо:

Рукав ПЛ-18-200/120-У ГОСТ 6286-73 (група Б)

Рукав типу II з двома металевими обплетеннями із латуноюю проволоки (Л), внутрішнім діаметром 18 мм, призначений для експлуатації в районах з помірним кліматом (У) при статичному тиску 140 кгс/см² (14 МПа) або динамічному тиску до 90 кгс/см² (9 МПа).

Для РВТ типу II, оплетених латуноюю проволокою, структура шарів має таку послідовність (починаючи із зовнішнього шару): Р–М–Р–М–Р, де буквою Р позначено гумовий шар; М – металеве обплетення.

Основні розміри та радіуси згину рукавів, мм:

внутрішній діаметр	18;
зовнішній діаметр	20,9
+1,5...-1;	
зовнішній діаметр по верхньому металевому обплетенню	22,2;
мінімальний радіус згину	180;

маса 1 м (для довідки), кг

2,19.

Для гідроліній зливу приймаємо:

Рукав ШЛ-27-90/50-У ГОСТ 6286-73 (група Б)

Рукав типу II з двома металевими обплетеннями із латунової проволочки (Л), внутрішнім діаметром 27 мм, призначений для експлуатації в районах з помірним кліматом (У) при статичному тиску 90 кгс/см² (9 МПа) або динамічному тиску до 50 кгс/см² (5 МПа).

Для РВТ типу II, оплетених латуновою проволочкою, структура шарів має таку послідовність (починаючи із зовнішнього шару): Р–М–Р–М–Р, де буквою Р позначено гумовий шар; М – металеве обплетення.

Основні розміри та радіуси згину рукавів, мм:

внутрішній діаметр	27;
зовнішній діаметр	29,15 ± 2;
зовнішній діаметр по верхньому металевому обплетенню	30,6;
мінімальний радіус згину	450;
маса 1 м (для довідки), кг	3,51.

3.7 Розрахунок гідроциліндрів приводу стріли

В запропонованій нами конструкції пристрою процес підймання та опускання стріли та шприца здійснюється за допомогою гідроциліндрів. В пристрої для занурення палі гідравлічний циліндр відіграє важливу роль, а саме: він є виконавчою ланкою в якій створюється потрібне, достатнє зусилля, яке заглиблює шприц в ґрунт, потім дістає його звідти та упорною платформою дотискає палю в раніше отриманий отвір.

Головним критерієм вибору основних конструктивних параметрів є забезпечення достатнього зусилля на виконавчій ланці $F = 42$ (кН), введемо запас міцності $n = 2$, тоді $F_{\max} = 42 \cdot 2 = 84$ (кН).

3.7.1 Розрахунок конструктивних параметрів гідроциліндра

Ефективна площа поршня гідроциліндра знаходиться за формулою, м² [13]:

$$S_1 = \frac{F_{\max} \cdot (1 + k_b)}{p_{1b} \cdot (1 - k_u \cdot k_p)}, \quad (3.21)$$

де F_{\max} – максимальне навантаження на шток циліндра, Н;

p_{1b} – необхідний тиск в гідроциліндрі, Па;

k_b – коефіцієнт, що враховує сили в'язкого і сухого тертя, $k_b = 0,08 \dots 0,15$;

k_u – коефіцієнт, що враховує несиметричність гідроциліндра, $k_u = 0,5 \dots 0,85$;

k_p – коефіцієнт, що враховує тиск, $k_p = 0,1 \dots 0,25$.

В якості максимального навантаження на шток гідроциліндра, візьмемо зусилля, яке потрібно забезпечити на виконавчій ланці.

З табл. 3.5, для навантаження на шток більше 50 кН приймаємо значення необхідного тиску в гідроциліндрі $p_{1b} = 16$ (МПа).

Таблиця 3.5 – Визначення параметрів гідроциліндра

F , кН	1-10	10-30	30-50	50-80	80-100	100-10 ³	10 ³ -10 ⁴
p_{1b} , МПа	10	12,5	16	20	25	32	50
D_u , мм	40-80	60-100	70-160	80-220	80-250	200-600	160-500

Підставимо обрані значення та визначимо ефективну площу поршня гідроциліндра:

$$S_1 = \frac{84000 \cdot (1 + 0,1)}{16 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,2)} = 0,00687 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Діаметр поршня гідроциліндра визначається за формулою, мм:

$$D_{порш} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S_1} , \quad (3.22)$$

Підставляємо значення та отримуємо:

$$D_{порш} = \sqrt{\frac{4}{3,14} \cdot 0,00687} = 0,095 \text{ (м)}.$$

Отримане значення округляємо до стандартної величини за рядом стандартних значень: $D_{порш} = 125 \text{ (мм)}$.

Діаметр штока гідроциліндра визначається за формулою, мм:

$$d_{шток} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S_{ш}} , \quad (3.23)$$

де $S_{ш}$ – ефективна площа штока, м²:

$$S_{ш} = S_1 \cdot (1 - k_u) , \quad (3.24)$$

Для визначення діаметру штока гідроциліндра необхідно знайти ефективну площу поршня для стандартного значення його діаметру за виразом, м²:

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2}{4}, \quad (3.25)$$

Знайдемо значення діаметру штока гідроциліндра за формулами (4.85)...(4.87):

$$S_1 = \frac{3,14 \cdot 0,125^2}{4} = 0,0122 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{\text{ш}} = 0,0028 \cdot (1 - 0,6) = 0,00488 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$d_{\text{шток}} = \sqrt{\frac{4}{3,14} \cdot 0,00488} = 0,078 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Як результат, приймаємо: $d_{\text{шток}} = 60$ (мм), $D_{\text{порш}} = 125$ (мм).

Швидкість поршня в гідроциліндрі знайдемо за виразом, м/с:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2}, \quad (3.26)$$

де Q – витрата рідини пройденої через отвір, $Q = 68,6$ (л/хв).

$$V = \frac{4 \cdot 68,6}{3,14 \cdot 60^2} = 0,024 \text{ (м/с)}.$$

Товщину поршня знайдемо за формулою, мм:

$$B = 0,25 \cdot D_u, \quad (3.27)$$

Підставимо значення та отримаємо:

$$B = 0,25 \cdot 125 = 31,25 \text{ (мм)}.$$

Знайдемо товщину стінки циліндра, що навантажений внутрішнім тиском за формулою, мм:

$$\delta = \frac{D_u}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + p_{\max} \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}{[\sigma] - p_{\max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 \right), \quad (3.28)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження розтягу, $[\sigma] = (8 \dots 10) \cdot 10^7$ (Па);

p_{\max} – умовний тиск рідини, що перевищує робочий тиск на 25 %;

μ – коефіцієнт поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона) для сталі,

$\mu = 0,29$.

$$\delta = \frac{125}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{85 + 1,25 \cdot 16 \cdot (1 - 2 \cdot 0,29)}{85 - 1,25 \cdot 16 \cdot (1 + 0,29)}} - 1 \right) = 16,0 \text{ (мм)}.$$

Отримане значення округлюємо до стандартного значення: $\delta = 16$ (мм).

Загальний вигляд гідроциліндра показано на рис. 3.10 та ескіз на рис.

3.11.



Рисунок 3.10 – Загальний вигляд гідроциліндра

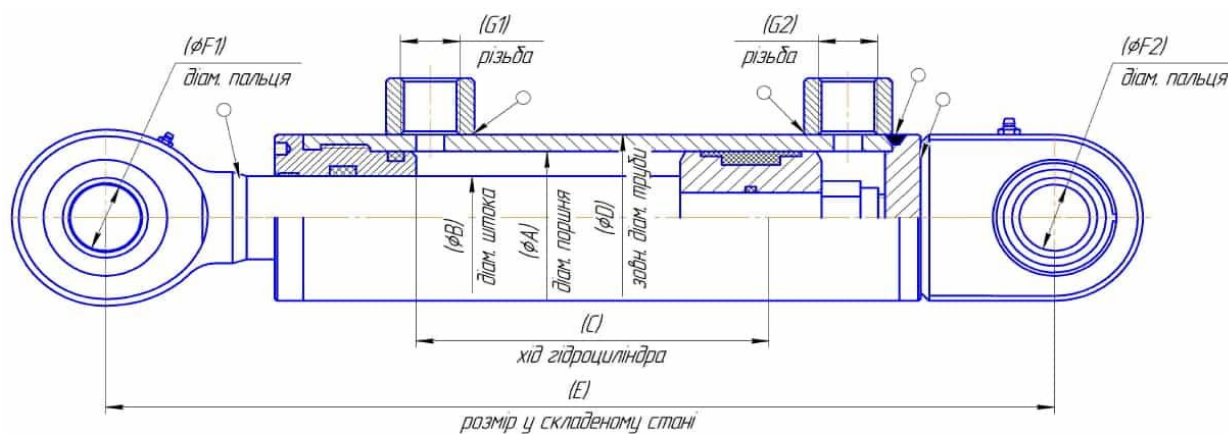


Рисунок 3.11 – Ескіз гідроциліндра

3.8 Вибір фільтрів

Фільтри – гідроагрегати ВК, які забезпечують очищення робочої рідини від домішок, що містяться в ній. Ці домішки складаються зі сторонніх часток, що потрапляють в гідросистему ззовні (через зазори в ущільненнях, при заливанні та доливанні робочої рідини в гідробак і т. д.), з продуктів зносу гідроагрегату та продуктів окислення робочої рідини.

Механічні домішки викликають абразивний знос і призводять до заклинювання рухомих пар, погіршують змащення деталей гідроприводу, що

зазнають взаємного тертя, знижують хімічну стійкість робочої рідини, засмічують вузькі канали в регулювальній гідроапаратурі.

Залежно від місць встановлення фільтрів у гідросистемі розрізняють фільтри високого і фільтри низького тиску. Останні можна встановлювати тільки на всмоктувальних або зливних гідролініях.

Фільтр №1 (фільтр грубої очистки, всмоктувальний)

Початкові дані:

$Q_H = 68,6$ л/хв – номінальна витрата в гідроприводі;

$p_{1p} = 6,3$ МПа – номінальний (робочий) тиск в гідроприводі.

З довідника [11] визначасмо тип фільтра, який найбільше задовольняє початкові дані ($Q_H = 68,6$ л/хв; $p_{1p} = 6,3$ МПа), – це сітчастий фільтр за ОСТ2 С41-2 .

Технічні характеристики сітчастого фільтру за ОСТ2 С41-2 наведені в табл. 3.6 [11].

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики сітчастого фільтру за ОСТ2 С41-2 [11]

Діаметр умовного проходу, мм	40
Номінальна пропускна здатність, л/хв	125
Перепад тисків, МПа Номінальний	0,007
Номінальна тонкість фільтрації, мкм	80
Основні розміри: з'єднувальна різьба d за ГОСТ: 6357-81	Труб. $\frac{1}{2}$ "
16093-81	–
D , мм	80
H , мм	210
Маса, кг	1,42

Фільтр №2(фільтр тонкої очистки, зливний)

Початкові дані:

$Q_H = 68,6$ л/хв – номінальна витрата в гідроприводі;

$p_{1p} = 6,3$ МПа – номінальний (робочий) тиск в гідроприводі.

З довідника [11] визначаємо тип фільтра, який найбільше задовольняє початкові дані ($Q_H = 68,6$ л/хв; $p_{1p} = 6,3$ МПа), – це фільтр типу Ф10 (ТУ2-053-1636-83Е)

Технічні характеристики фільтру Ф10 $\frac{20-40}{6,3}$ наведені в табл. 3.7 [11].

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики фільтру Ф10 $\frac{20-40}{6,3}$ [11]

Номінальна пропускна здатність, л/хв	63
Перепад тисків, МПа Номінальний	0,1
Номінальна тонкість фільтрації, мкм	40
Основні розміри: з'єднувальна різьба d за ГОСТ: 6111-52	К $\frac{3}{4}$ "
Номінальний тиск, МПа	6,3
Номер фільтрувального елемента «Реготмас»	600-1-04
Маса, кг	1,8

3.9 Розробка конструкції струменеформуєчого пристрою для гідравлічних потоків

Основним елементом конструкцій гідроструменевих пристроїв є сопло, до якого підводиться рідина, яка знаходиться під високим тиском. Струменеформуєчі сопла відрізняються як за матеріалом з якого вони

виготовлені, так і за формою струменеформуєчого каналу. В установках для гідроструменевого руйнування ґрунту можуть використовуватись сопла з наступними профілями каналу: конічний, коноїдальний, експоненційний, гіперболічний, катеноїдалий. Профіль та розміри вихідного отвору сопла обираються в залежності від необхідної продуктивності процесу занурення паль. Існуючі конструкції струменеформуєчих пристроїв відрізняються формою, матеріалом корпусу, способом установки в ньому струменеформуєчого сопла, підвода рідини високого тиску і герметизації з'єднань.

3.9.1 Струменеформуєчий пристрій для руйнування ґрунту високошвидкісним струменем рідини

Струменеформуєчий пристрій для руйнування ґрунту високошвидкісним струменем рідини представлений на рис. 3.12. Призначенням цього пристрою є формування струменя рідини, який в процесі роботи має можливість регулювання, за рахунок чого можливо досягати відповідних параметрів продуктивності. Сопловий насадок розрахований на установку сопел, для виготовлення яких застосовувалися заготовки з синтетичних надтвердих матеріалів: СВА-15-БУ [14] і СКМ-2 [15], що мають циліндричну форму і розміри, необхідні для струменеформуєчих сопел.

Сопловий насадок містить штуцер 1 з каналом, що підводить, 2, корпус 3, закріплений на штуцері 1 за допомогою різьбового з'єднання. На торці штуцера 1 є проточка, в якій з натягом встановлено мідне кільце ущільнювача 4. У корпусі 3 врівень із зовнішньою торцевою поверхнею встановлений утримувач 5 з посадочним місцем 6 і двома концентричними виступами 7 і 8, причому виступ 8, що знаходиться ближче до центру, має циліндричну внутрішню поверхню, що є продовженням посадочного місця 6. Зв'язані поверхні корпусу

3 і утримувача 5 виконані конусними з кутом конусності $\alpha = 60^\circ$. При куті конусності $\alpha \leq 52^\circ$ спостерігалось заклинювання утримувача в корпусі, а при куті конусності $\alpha \geq 65^\circ$ відбувається нераціональне збільшення розмірів насадки.

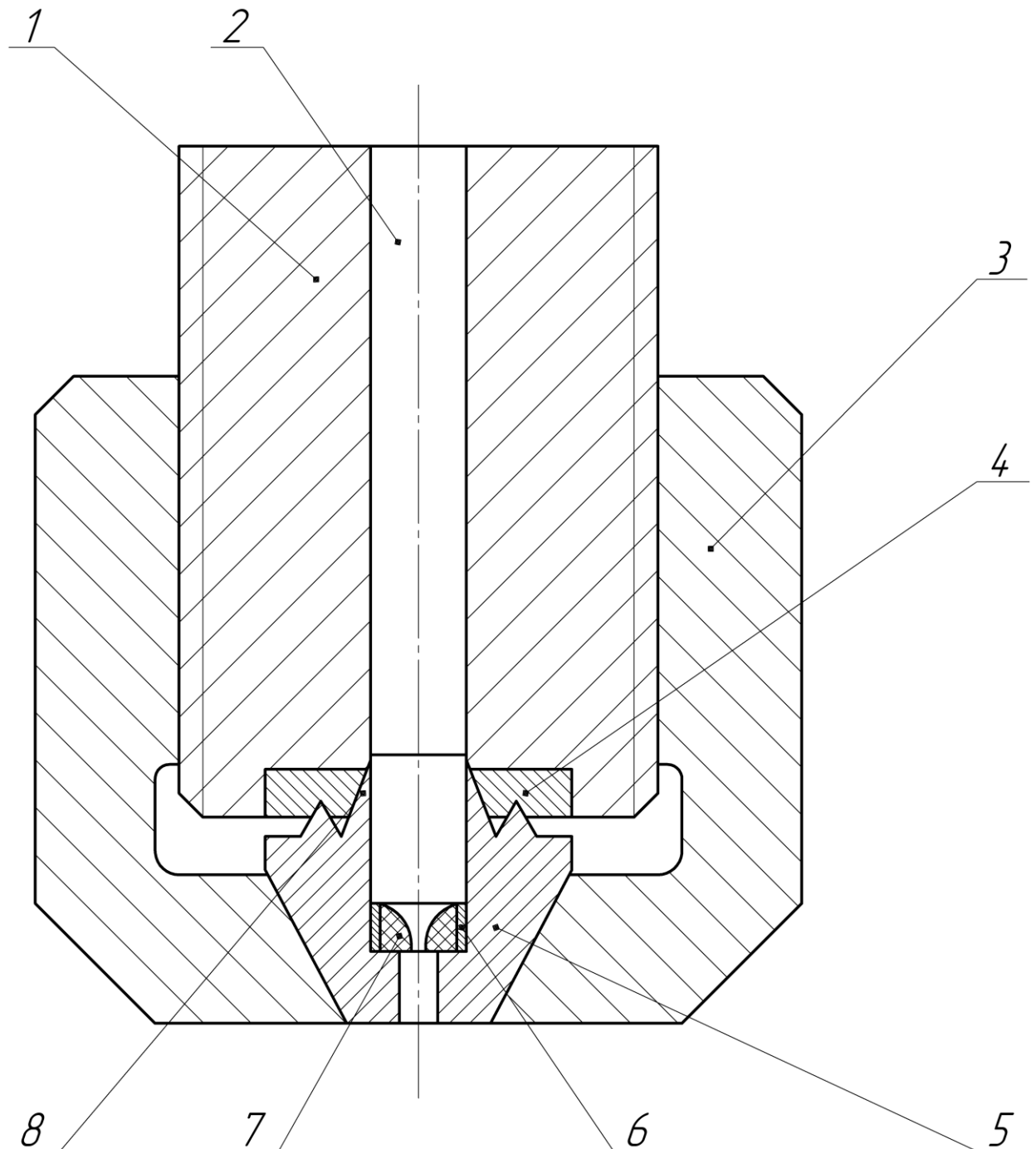


Рисунок 3.12 – Струменеформуючий пристрій для руйнування ґрунту струменем рідини

У посадочне місце 6 встановлюється вкладиш з синтетичного надтвердого матеріалу, що має струменеформуєчий отвір складної криволінійної форми для формування струменя. Вкладиш 9 задалегідь вставляється в трубку з еластичного матеріалу, наприклад, поліхлорвінілу. Довжина трубки однакова з довжиною вкладиша. Внутрішній діаметр трубки вибирається рівним зовнішньому діаметру вкладиша, а посадочне місце 6 і канал 2 виготовляються з внутрішнім діаметром, рівним зовнішньому діаметру трубки. Обробка поверхонь з'єднання вкладиша і внутрішнього торця посадочного місця 6 повинна бути високоякісною, щоб забезпечити їх щільне прилягання.

Струменеформуєчий пристрій працює таким чином. Утримувач 5 з вкладишем 7 в трубці 6 встановлюється в корпусі 3, який за допомогою нарізного з'єднання підтискає утримувач до торця штуцера 1, при цьому виступи утримувача 5 вриваються в кільце ущільнювача 4, забезпечуючи герметичність з'єднання. Конфігурація виступу 8 забезпечує плавність течії робочої рідини від каналу 2 безпосередньо до вкладиша 7. При подачі робочої рідини в канал 2 за рахунок тиску рідини у напрямі руху потоку, забезпечується герметичність між вкладишем 7 і утримувачем 5. Проходячи через отвір вкладиша 7, високошвидкісний струмінь рідини потрапляє в робочу зону. Конструкція насадки дозволяє розташовувати пристрій на відстані від ґрунту рівному 15-50 мм, що відповідає компактній частині високошвидкісного ріжучого струменя.

При роботі пристрою на вкладиш 7 діє тільки сила тиску рідини, інші механічні навантаження відсутні. Для демонтажу вкладиша 7 з утримувача 5 не потрібно докладати значних зусиль, а кут конусності $\alpha = 55 - 65^\circ$ з'єднання корпусу 3 і утримувача 5 забезпечує легкість заміни вкладиша. Все це запобігає передчасному зносу вкладиша і забезпечує швидкість його заміни.

Трубка 6 виконує в основному роль елемента, що центрує вкладиш 7, і дозволяє використовувати вкладиші з необробленою зовнішньою циліндричною поверхнею, зокрема з пошкодженнями контактної поверхні і

неперпендикулярністю бічної поверхні вкладиша до його основи, що зменшує необхідну точність та вартість виготовлення вкладиша.

3.10 Висновки

В даному розділі виконаний розрахунок гідравлічних ліній двох систем: лінії подачі води в робочу зону та лінії приводу стріли виконавчої ланки. Був проведений підбір гідроліній, гідроапаратури (клапанів тиску, запобіжних та зворотніх клапанів, насосу високого тиску, ємності для води). Підібране обладнання буде використовуватися для занурення паль в садках та виноградниках. Загальний вигляд основних складових продемонстрований на рисунках. Дані короткі характеристики по кожному з агрегатів.

Також була запропонована конструкція струменеформуючої насадки, яка дозволяє формувати високошвидкісний руйнуючий ґрунт струмінь рідини в діапазоні тиску робочої рідини в системі 10 – 25 МПа, встановлювати сопла з різними значеннями струменеформуючих каналів. Це забезпечує руйнування широкого ряду ґрунтів, не залежно від фізичних та механічних властивостей з прогнозованою продуктивністю процесу.

4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУЙНУВАННЯ ГРУНТУ ГІДРОСТРУМЕНЕМ

Процес руйнування ґрунту для полегшення і спрощення фізичної моделі, для себе розділимо на дві основні стадії.

4.1 Перша стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем

Перша стадія характеризується деформацією і ущільненням ґрунту без втрати маси, друга відрізняється злиттям з водою та утворенням гомогенної маси, яка з максимальною швидкістю виноситься з лунки.

Вводимо наступні припущення при описі першої стадії:

- рідина струменю є ідеальною, тобто позбавлена в'язкості;
- ширина вимивання ґрунту дорівнює діаметру вихідного отвору сопла;
- струмінь створює на поверхні контакту рівномірний тиск, відповідний тиску гідравлічного удару;
- енергія струменя витрачається на роботу деформації ґрунту;
- величина вертикального переміщення площини руйнування під дією струменя дорівнює глибині проникнення в ґрунт плоского кругового штампа однакового з ним радіусу при тому ж тиску.

Розглядаючи початкову стадію взаємодії рідини з ґрунтом, можна отримати величину гідравлічного удару P_y у вигляді [16]:

$$P_y = \rho_p \cdot c_p \cdot v_c / \left(1 + \frac{\rho_p \cdot c_p}{\rho_s \cdot c_s} \right), \quad (4.1)$$

де ρ_p, c_p — відповідно густина рідини і швидкість звуку в ній;

ρ_z, c_z — відповідно густина ґрунту і швидкість звуку в ньому;

v_c — швидкість струменя рідини безпосередньо перед шаром ґрунту.

З виразу (4.1) для сили нормальної дії струменя

$$F_c = \pi \cdot R_c^2 \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot v_0 \cdot \left(1 + \frac{\rho_p \cdot c_p}{\rho_z \cdot c_z} \right), \quad (4.2)$$

де R_c — радіус вихідного отвору сопла.

Визначимо глибину проникнення струменя в ґрунту на першій стадії руйнування h_{np} . У першому наближенні рішення цієї задачі можна звести до визначення вертикального переміщення поверхні матеріалу для пружного напівпростору h_{np} . Отримаємо наступний вираз:

$$h_{np} = \frac{1 - \nu^2}{2 \cdot R_c \cdot E} \cdot F_p, \quad (4.3)$$

де ν — коефіцієнт Пуассона;

E — модуль пружності Юнга.

Якщо рахувати процеси впровадження жорсткого індентора і струменя рідини в напівпростір, що деформується, аналогічними, то для визначення часу деформації ґрунту на першій стадії руйнування t_1 можна скористатися формулою наступним виразом:

$$t_1 = 1,42 \cdot h_{np} / v_0. \quad (4.4)$$

Прийнявши на цій стадії швидкість проникнення струменя v в ґрунт постійною, отримаємо:

$$v_1 = h_{np} / t_1 \approx 0,7 \cdot v_0. \quad (4.5)$$

4.2 Друга стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем

Друга стадія відрізняється злиттям з водою та утворенням гомогенної маси, яка з максимальною швидкістю виноситься з лунки. При цьому ґрунт зазнає наступні зміни: пластичні деформації, деформації зрушення.

Для побудови математичної моделі руйнування ґрунту на другій стадії введемо наступні припущення:

- ріжучий струмінь рідини складається з початкової і основної областей;
- динамічний тиск струменя в межах початкової області рівний динамічному тиску струменя на виході з сопла [16];
- руйнування відбувається в тому випадку, якщо середній динамічний тиск поперечному перетині струменя перевищує твердість ґрунту;
- для величини динамічного тиску струменя p_c основної області справедливе рівняння:

$$p_c = (p_1 - \Delta p_1) \cdot \frac{L_n}{L_{осн}}, \quad (4.6)$$

де p_1 – динамічний тиск струменя на виході з сопла;

Δp_1 – втрати тиску на першій стадії руйнування;

L_n – довжина початкової ділянки струменя;

$L_{осн}$ – відстань від сопла до площі контакту струменю з ґрунтом.

Припустивши, що на першій стадії руйнування енергія струменя витрачається тільки на деформацію ґрунту, для умов ідеальної пружності запишемо:

$$\Delta p_1 = \frac{\rho v_0^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho v_0^2}{2} \cdot (1 - 0,7^2) \approx \frac{1}{2} \cdot p_1. \quad (4.7)$$

При радіусі струменя R , радіусі сопла R_c і радіальному розподілу динамічного тиску p справедлива рівність:

$$R = \frac{0,335 \cdot \sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{R_c \cdot L_{очн}}, \quad (4.8)$$

$$\left(1 - \sqrt{p/p_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{Z}{R}, \quad (4.9)$$

де Z — радіальна відстань від осі струменя до точки закінчення дії еквівалентної гідродинамічної сили.

Підставивши в рівняння (4.9) величину p_c з рівняння (4.6), з урахуванням рівності (4.7) отримаємо:

$$Z = R \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2p \cdot L_{очн}}{p_1 \cdot L_n}}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.10)$$

Для ефективної частини струменя радіусом R_e радіальна відстань Z_e з умови повного руйнування:

$$R_e = Z_e = R \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{очн}}{p_1 \cdot L_n}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4.11)$$

де σ_p – границя міцності матеріалу при розтягу.

Підставивши в отриманий вираз значення R з формули (4.8), запишемо:

$$R_e = 0,24 \cdot \sqrt{R_c \cdot L} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{очн}}{p_1 \cdot L_n}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4.12)$$

Якщо виразити еквівалентну гідродинамічну силу F через радіальний розподіл динамічного тиску струменя p , отримаємо:

$$F = \int_0^{R_e} \rho \cdot 2\pi \cdot Z dZ. \quad (4.13)$$

З іншого боку, силу F можна виразити через середній динамічний тиск p_e , що створюється ефективною частиною струменя:

$$F = \pi \cdot R_e^2 \cdot p_e. \quad (4.14)$$

З рівнянь (4.13) і (4.14) для p_e запишемо:

$$p_e = \frac{1}{\pi \cdot R_e} \cdot \int_0^{R_e} \rho \cdot 2\pi \cdot Z dZ , \quad (4.15)$$

Проінтегрувавши вираз (4.15) з урахуванням залежностей (4.9), (4.10) і (4.12), отримаємо:

$$p_e = p_1 \cdot \frac{L_n}{L_{осн}} \cdot \left(0,5 - 0,57 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{осн}}{p_1 \cdot L_n}} \right) + 0,2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{осн}}{p_1 \cdot L_n}} \right)^2 \right). \quad (4.16)$$

Для спрощення подальших обчислень, введемо наступні безрозмірні параметри:

$$\chi = 1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{осн}}{p_1 \cdot L_n}}, \quad (4.17)$$

$$\gamma = 0,5 - 0,57 \cdot \chi + 0,2 \cdot \chi^2. \quad (4.18)$$

Визначимо втрати тиску Δp_f струменя на тертя об бічні стінки лунки. Скориставшись рівняннями гідравліки для потоку рідини в циліндричній трубі, з урахуванням контакту за площею напівциліндра отримаємо:

$$\Delta p_f = \lambda_f \cdot \frac{h - h_{np}}{2 \cdot R_e} \cdot \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\lambda_f}{4} \cdot p_1 \cdot \frac{h - h_{np}}{R_e}, \quad (4.19)$$

де λ_f – коефіцієнт гідравлічного опору;

h – товщина оброблюваного матеріалу.

Для уявлення процесу руйнування ґрунту під дією струменя рідини, прийнемо умовно, що об'єм з області руйнування зменшується поступово по вертикальній рухомій контактній поверхні S . Тому що швидкість проникнення струменя в ґрунт значно більше швидкості подачі, то площу контакту взаємодії струменя з ґрунтом можна умовно вважати нерухомою в горизонтальній площині практично для всіх випадків гідроструменевого руйнування. Тоді горизонтальну швидкість подачі зразка можна апроксимувати послідовністю ступенів (розміри яких відповідають діаметру сопла) за період часу, що необхідний для повного руйнування ґрунту. Представимо умовно руйнуючий струмінь рідини як сукупність елементарних струменів масою dm , кожен з яких руйнує ґрунту на глибину dh .

При цьому залишкова кінетична енергія струменя визначається критичною швидкістю v_c . Використовуючи рівняння Бернуллі для тиску на площадку контакту, визначимо швидкість v_c , при якій припиняється процес руйнування ґрунту:

$$v_c = \sqrt{2 \cdot \sigma_p / \rho} . \quad (4.20)$$

Прирівнявши втрати кінетичної енергії струменя і роботу гідродинамічних сил по подоланню опору ґрунту на ділянці dh , отримаємо:

$$\frac{dm \cdot (v^2 - v_c^2)}{2} = \int_{L+dh}^L F_c \cdot dh , \quad (4.21)$$

де F_c — сила, визначувана контактним тиском:

$$F_c = \pi \cdot \sigma_p \cdot R_e^2 . \quad (4.22)$$

За час dt через вихідний отвір сопла пройде маса рідини:

$$dm = \pi \cdot R_c^2 \cdot \rho_p \cdot v_0 \cdot dt . \quad (4.23)$$

Після інтегрування і підстановки значення сили F_c з рівняння (4.22) і dm з (4.23) вираз (4.21) прийме вигляд:

$$R_c^2 \cdot v_0 \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_c^2}{2} \right) \cdot dt = \sigma_p \cdot R_e^2 \cdot dh ,$$

$$\text{чи} \quad (4.24)$$

$$R_c^2 \cdot v_0 \cdot (p_e - \sigma_p) \cdot dt = \sigma_p \cdot R_e^2 \cdot dh .$$

Тоді час dt для руйнування ґрунту товщиною dh буде дорівнювати:

$$dt = \frac{\sigma_p \cdot R_e^2 \cdot dh}{(p_e - \sigma_p) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (4.25)$$

Тоді з рівняння (4.25) повний час проникнення струменя в ґрунт на другій стадії руйнування буде:

$$t_2 = \frac{\sigma_p \cdot R_e^2 \cdot (h - h_{np})}{(p_e - \sigma_p) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (4.26)$$

З урахуванням залежності (4.19) отриманий вираз прийме кінцевий вигляд:

$$t_2 = \frac{\sigma_p \cdot R_e^2 \cdot (h - h_{np})}{(p_e - 0,25 \cdot p_1 \cdot \lambda_f \cdot (h - h_{np})) / (R_e - \sigma_p) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (4.27)$$

Загальний час t повного руйнування ґрунту товщиною h складається з t_1 (4.4) і t_2 (4.27) і дорівнює:

$$t = 1,42 \cdot \frac{h_{np}}{v_0} + \frac{\sigma_p \cdot R_e^2 \cdot (h - h_{np})}{\left(p_e - \frac{p_1 \cdot \lambda_f}{4 \cdot R_e} \cdot (h - h_{np}) - \sigma_p \right) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (4.28)$$

Тому що за цей час матеріал переміститься в горизонтальному напрямі на відстань $2R_c$, то, з урахуванням виразів (4.17) і (4.18) швидкість подачі буде дорівнювати:

$$V = \frac{2 \cdot R_c}{t} = 2 \frac{R_c \cdot \rho_p^{0,5}}{p_1^{0,5}} / \left(h_{np} + \frac{5,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sigma_p \cdot L \cdot (h - h_{np}) \cdot \chi^{\frac{4}{3}}}{R_c \cdot \left[p_1 \cdot \left(\frac{\gamma \cdot L_n}{L_{осн}} - \frac{(h - h_{np}) \cdot \lambda_f}{\sqrt{R_c \cdot L \cdot \chi^{\frac{2}{3}}}} \right) - \sigma_p \right]} \right) . \quad (4.29)$$

Отримана залежність (4.23) величини подачі ґрунту на поверхню при його повному руйнуванні дає можливість для матеріалів з різними σ_p отримати

раціональні значення радіусу сопла R_c та тиску в системі p і тим самим визначити раціональну продуктивність процесу.

4.3 Висновки

В даному розділі виконано математичне моделювання руйнування ґрунту під дією гідроструменя під час процесу занурення паль. Показано силу нормальної дії струменя, визначено глибину проникнення струменя в ґрунт. Також було визначено втрати тиску струменя на тертя об бічні стінки лунки, визначено швидкість v_c , при якій припиняється процес руйнування ґрунту. Наостанок показано алгоритм знаходження повного часу проникнення струменя в ґрунт на другій стадії руйнування.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Соціальне значення охорони праці полягає у сприянні зростанню ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення та покращення умов праці, підвищення його безпеки, зниження виробничого травматизму і захворюваності. Нормалізація умов праці, виключення або зведення до мінімуму рівня професійних захворювань і травматизму дозволяють знизити втрату працездатності й тим самим підвищити продуктивність праці, а також зменшити економічні втрати підприємства, викликані соціальними виплатами на компенсацію втраченого здоров'я працюючих [17].

Предметом проектування є спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення палі в садках та виноградниках, також розглянемо приміщення де проводилися дослідження та розроблявся пристрій. За допомогою нашого пристрою можна швидко та ефективно занурювати палі в ґрунт. Обладнання встановлене на тракторі, який в свою чергу має двигун внутрішнього згорання, також в системі працює насос високого тиску, гідролінії, бак з мастилом. Операції по зануренню виконуються на вулиці, незалежно від атмосферних явищ.

Можливий вплив таких небезпечних факторів, як хімічних, фізичних, біологічних та психофізіологічних. Безпосередньо під час виконання завдання небезпечними факторами є: на ділянці — фізичні (можливий наїзд транспорту, небезпека при утриманні палі під час занурення, підвищений рівень шумового забруднення, вібрації та інші; в приміщенні — психофізіологічні (розумова перенапруга, емоційне виснаження, фізична втома та інші).

В розділі будуть розглянуті питання забезпечення безпечної експлуатації пристосування, та питання з гігієни праці, мікроклімату, складу повітря робочої

зони, шуму, освітлення, вібрацій, випромінювань та особливу увагу приділено безпеці в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

До роботи на ділянці допускаються особи які старші 18 років, пройшли відповідний інструктаж з правил користування обладнанням та вимірювальним інструментом, техніки безпеки, зорієнтовані, як діяти при надзвичайних ситуаціях. Одяг має бути теплим, щільним, взяття водостійким.

Дослідження та розробка проводяться у виробничому приміщенні, яке поділене на дві частини. В першій виконуються дослідження, розрахунки, будуються креслення, розробляються принципи роботи обладнання та технічні характеристики. Приміщення заповнене повністю, а саме: робочими столами, персональними комп'ютерами, полицями для книг, шафами для матеріалів, шафами для одягу, зручними стільцями та іншим. Тому важливо забезпечити комфортні та безпечні умови праці: щоб кожне робоче місце мало достатнє освітлення, та не заважало іншим.

В другій частині приміщення розміщене виробниче обладнання, а саме токарний, фрезерний верстати та зварювальний апарат. Обладнання використовується для оцінки технологічних можливостей при виготовленні деталей самостійно.

В приміщенні одночасно працюють дві особи, керівник проекту та інженер. Тому робота повинна бути структурована, злагоджена з дотриманням всіх вимог та правил безпеки.

5.2 Електробезпека

Досвід експлуатації показує, що для забезпечення безпечної безаварійної роботи електроустановок потрібно разом з досконалим їх виконанням і

оснащенням засобами захисту так організувати їхню експлуатацію, щоб була виключена можливість будь-яких помилок з боку обслуговуючого персоналу.

Безпека персоналу при роботах на електроустановках забезпечується суворим виконанням вимог електробезпеки, що визначають обов'язки і відповідальність посадових осіб, порядок дій оперативного і ремонтного персоналу до початку робіт, у процесі робіт і після їх закінчення, обсяг і зміст захисних заходів [18].

В приміщенні де відбуваються дослідження та розробка пристрою знаходяться електричні розетки, освітлення, побутові прилади (комп'ютери, холодильник, електричний чайник).

Використовується чотири провідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом (рис. 5.1). Напряга в мережі 380 x 220В, частота 60 Гц.

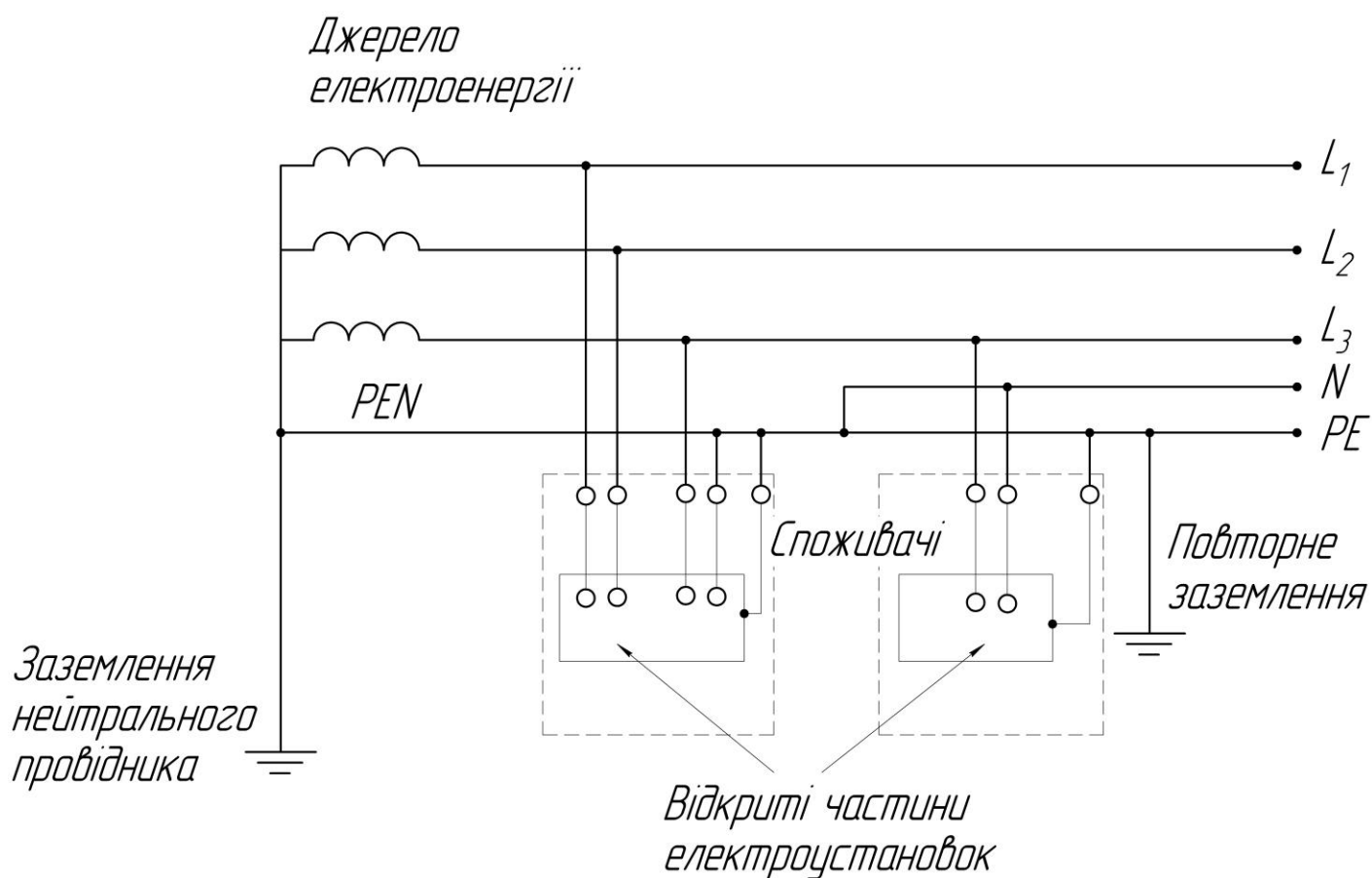


Рисунок 5.1 – Схема заземлення чотирьох провідної електромережі

Основні (можливі) причини електротравм є:

- випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування;
- застосування нестандартних або несправних переносних світильників;
- робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань;
- доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробією ізоляції;
- недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів тощо.

Заходи, які впроваджені для захисту працюючих від ураження електричним струмом:

Ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами ДБН В.2.5-27-2006, опір ізоляції нового устаткування не менше 1 кОм на 1 В напруги [19].

Використання захисних блокувань в електричних апаратах і устаткуванні (механічних, електричних, оптичних), що забезпечує вимкнення напруги при відкриванні апаратів електроустаткування, при знятті огороження, при попаданні персоналу в небезпечну зону.

Підведення кабелів до споживачів у трубах, у закритих конструкціях підлоги, розведення електромережі в приміщеннях у каналах стін, стелі, підлоги.

На дослідній ділянці електрична мережа відсутня, тому небезпечний фактор ураження струмом неможливий.

5.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розробляються відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності

факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249.

Розміри приміщення де відбуваються дослідження, розробка та виготовлення складають 10м x 10м x 3м. Загальна площа становить 100 м², об'єм 300 м³. Приміщення складається з двох частин, перша обладнана під машинний зал (там знаходяться верстати, обладнання, пристосування, заготовки та інше), друга ж під офісне приміщення, де відбуваються розрахунки, проектування. Площа частин становить 75 та 25 м² відповідно. Конструктивно в другій частині є три вікна великих за розміром, тим самим забезпечується достатнє бічне природне освітлення. Також виконана природня вентиляція, яка забезпечує працюючих свіжим та чистим повітрям.

В холодний період часу використовується система опалення з чавунними радіаторами та водяним насосом.

За Державними санітарними правилами і нормами роботи ДСанПІН 3.3.2.007-98 [20], площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 м², а об'єм не менше ніж 20,0 м³. В приміщенні працює дві особи.

5.3.1 Мікроклімат

Мікрокліматичні умови характеризуються наступними показниками:

температура повітря (t°C), відносна вологість повітря (W,%), швидкість руху повітря (м/с).

За ступенем впливу на стан людини мікрокліматичні умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Під час виконання робіт операторського типу, робота в кабінетах сидячого типу, нервово-емоційне напруження, робота за комп'ютером, розумове навантаження повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату (відносна вологість 60-40%, швидкість руху повітря не більш 0,1 м/сек., температура повітря 22-24 град.С (табл. 5.1)).

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

- формовані параметри мікроклімату на робочих місцях повинні бути досягнені, в першу чергу, за рахунок раціонального планування виробничих приміщень і оптимального розміщення в них устаткування з тепло- холодо- та вологовиділеннями;

- для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням [21].

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату відповідно до [21]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря $t, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість $W, \%$	Швидкість руху повітря $V, \text{м/с}$
Холодний період року	Легка 1б	22-24	60-40	0,2
Теплий період року	Легка 1б	22-24	60-40	0,1

5.3.2 Склад повітря робочої зони

Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 [22].

Контроль повітря в приміщенні відбувається на робочих місцях, якщо на них використовується однакове обладнання, то вимірювання проводимо на вибіркових місцях, рекомендовано в центрі і по периферії. Повітря повинне

бути чисте, тепле, відносно вологе. Працює природна вентиляція, яка забезпечує робочі місця повітрям з заданими параметрами.

В умовах, що розглядаються в проекті, можливими забруднювачами повітря можуть бути: оксиди азоту, свинець та його сполуки, формальдегід та інші. А до небезпечними забруднюючими речовинами — метали та їх сполуки; органічні аміни; хлор, бром та їх сполуки; фреони тощо.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК [23]

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		
	Максимально разова	Середньодобова	Клас небезпечності
Азоту оксид	0,4	0,06	3
Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,001	0,0003	1
Формальдегід	0,035	0,003	2
Хлор	0,1	0,03	2
Бром	-	0,04	2

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до [24] проектом передбачені такі рішення:

- робочі місця, де можливе виділення пилу та небезпечних газів, мають бути обладнані вентиляційними пристроями, які повинні бути постійно готовими до роботи.

- будь-які порушення у системі вентиляції повинні відображатись попереджувальними сигнальними пристроями.

- установки для кондиціонування повітря або механічні вентиляційні установки під час їх роботи не повинні створювати для працівників протягів.

5.3.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення поділяється на штучне, природне та суміщене. Нормування всіх видів виробничого освітлення здійснюється за ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [25].

В приміщенні застосовується два типи освітлення природне та штучне. Природне освітлення потрапляє через просторі вікна, а в темний період доби використовується штучне освітлення світлодіодними лампами, які кріпляться до стелі. Під час виконання точних робіт використовується місцеве освітлення.

Для загального та місцевого освітлення приміщень необхідно використати джерела світла з колірною температурою від 2400 К до 6800 К. Інтенсивність ультрафіолетового опромінення спектрального діапазону 320-400 нм не повинна перевищувати 0,03 Вт/м². Випромінювання з довжиною хвилі менше 320 нм не допускається [9].

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств [25]

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення			Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість, лк			КПО, D_n , %			
			при системі комбінованою освітлення		при системі загальною освітлення	середнє	мінімальне	середнє	мінімальне
всього	у т. ч. від загального		$E_{н пр}$	$E_{мін пр}$	$E_{срн сум}$	$E_{мін сум}$			
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	400	200	200	4	1,5	2,4	0,9

Для забезпечення нормованого значення штучної освітленості E_n передбачено: слід використовувати найбільш енергоекономічні джерела світла, віддаючи перевагу при рівній потужності джерелам світла з більшою

світловіддачею та строком служби з виконанням вимоги не знижувати якість освітлювального устаткування для зниження витрат [25].

5.3.4 Виробничий шум

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в роботі, є шуми, які з'являються внаслідок виконуваних робіт за стіною. Також додатковий шум створює обчислювальна та побутова техніка, протяг, який створює гул через вентиляційний отвір. Ще шум з'являється під час токарних, фрезерних та зварювальних операцій.

Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот [26]

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму та еквівалентні рівні шуму, ДБА, дБАекв
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
наукова діяльність, конструювання та проектування	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:

За рахунок архітектурних, планувальних та акустичних заходів колективного захисту від шуму. Для захисту від шумів, які створює обчислювальна техніка потрібно використовувати столи зі спеціальними комірками та додатковими перегородками для системних блоків.

Також для зниження шуму в першій частині приміщення застосовуємо такі методи:

- зниження рівня шуму в джерелі його виникнення;
- звукопоглинання;
- звукоізоляція;
- раціональне розміщення обладнання;
- використання глушників шуму;
- застосування засобів індивідуального захисту для боротьби з шумом.

5.3.5 Виробничі вібрації

За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну вібрацію. Загальна вібрація передається на тіло людини, яка сидить або стоїть, переважно через опорні поверхні. Локальна вібрація передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і обладнанням, деталями, які обробляються та ін [27].

В першій частині приміщення локальна вібрація чинить вплив на працюючих під час токарних, фрезерних та зварювальних операцій на відповідному обладнанні.

В другій частині приміщення є тільки загальна вібрація, так як відсутнє обладнання, яке може створювати значні вібрації. Загальна вібрація працівникам в основному передається внаслідок їдучих мимо важких транспортних засобів.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих за [27] проектом передбачено:

- своєчасне проведення планового та попереджувального ремонту машин з обов'язковим післяремонтним контролем вібраційних характеристик;
- не дозволяється обладнання постійних робочих місць без амортизуючих сидінь;
- зменшення вібрації на шляху розповсюдження засобами віброізоляції та вібропоглинання, наприклад, за рахунок застосування спеціальних сидінь,

майданчиків з пасивною пружинною ізоляцією, гумових, поролонових та ін. вібропоглинаючих матеріалів, мастил тощо;

5.3.6 Виробничі випромінювання

Шкідливими виробничими факторами за [28] є:

- барометричний тиск;
- неіонізуючі електромагнітні поля та випромінювання: електростатичні поля, постійні магнітні поля, електричні та магнітні поля промислової частоти (50 Гц), електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, електромагнітні випромінювання оптичного діапазону, зокрема лазерне та ультрафіолетове;

- іонізуючі випромінювання;

При роботі з джерелами іонізуючого випромінювання контроль і оцінка параметрів радіаційного фактора здійснюються відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1997 року № 62 (далі – НРБУ-97), та Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02 лютого 2005 року № 54, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 20 травня 2005 року за № 552/10832 [28].

Технічні рішення щодо попередження шкідливого впливу цього випромінювання на працюючих:

- необхідно усувати всяку можливість опромінювання організму дозами, які перевищують гранично допустимі. Ступінь ураження радіоактивними речовинами організму людини залежить від ряду чинників:

- виду випромінювання (альфа-, бета-, гамма-промені і т. ін.);
- кількості ізотопу (активності);
- його властивостей (енергії частинок в період піврозпаду та ін.);
- шляхів попадання в організм людини та його індивідуальної чутливості.

5.3.7 Психофізіологічні фактори

До показників, що характеризують напруженість праці, належать: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи [24].

Важкість та напруженість праці визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця.

Основними показниками важкості праці є: фізичне динамічне навантаження, стереотипні робочі рухи, статичне навантаження, переміщення у просторі.

Основними показниками напруженості праці є: тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну [24].

Технічні рішення щодо попередження шкідливого впливу цих факторів на працюючих: регулярний відпочинок, емоційне та розумове розвантаження, здорове харчування, фізичні вправи.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Під режимом роботи в умовах дії радіоактивного забруднення розуміються порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку змін з використанням засобів захисту, унеможлиблюючи радіаційне ураження людей і скорочуючи вимушену зупинку виробництва. Режим роботи розраховується завчасно для конкретних умов [29].

Початкові дані:

1. Рівень радіації через 1 годину після аварії, або вибуху
 $P_{1max} = 1,45$ (мР/год);

2. Коефіцієнт послаблення радіації будівлею $K_{noc} = 6$;
3. Допустима доза опромінення працівників $D_{дон} = 0,65$ (мР/год).

Можлива доза опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення при роботі у звичайному режимі (2 зміни по 8 год.)

$$D_M = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_{II}^3})}{K_{noc}} \text{ (мР)}, \quad (5.1)$$

де $t_{II} = 1$ год – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k = 1 + 8 = 9$ год – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

p_{1max} – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

K_{noc} – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

$$D_M = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot (\sqrt[4]{9^3} - \sqrt[4]{1})}{6} = \frac{8,1}{6} = 1,35 \text{ (мР)}.$$

Можлива доза опромінення в заданих умовах складає 1,35 (мР).

Визначимо граничне значення рівня радіації за виразом:

$$p_{gp} = \frac{D_{дон} \cdot K_{noc}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_{II}^3})}, \text{ (мР/год)} \quad (5.2)$$

$$p_{gp} = \frac{0,65 \cdot 6}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{9^3} - \sqrt[4]{1^3})} = \frac{3,9}{5,58} = 0,7 \text{ (мР/год)}.$$

Граничний рівень радіації становить 0,7 (мР/год).

Оскільки можлива доза опромінення $D_m > D_{\text{доп}}$ ($1,35 > 0,65$) та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\text{max}} > p_{\text{гр}}$ ($1,45 > 0,7$) перевищують допустимі норми, то робота в режимі 2 зміни по 8 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}}, \quad (5.3)$$

$$\alpha = \frac{0,65 \cdot 6}{1,33 \cdot 1,45} = \frac{3,9}{1,93} = 2,02.$$

Згідно з довідковими даними час початку роботи першої скороченої зміни $t_n = 1$ год.

Розрахуємо тривалості роботи та дози опромінення для змін

Для 1-ої скороченої зміни: $t_{n1} = 1$ (год).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k1} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n1}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}}, \text{ (год.)} \quad (5.4)$$

$$t_{k1} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 4,98 \approx 5,0 \text{ (год.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p1} = t_{k1} - t_{n1} = 5 - 1 = 4$ (год.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M1} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{n1}^3})}{K_{noc}} \quad (\text{мР}) \quad (5.5)$$

$$D_{M1} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot (\sqrt[4]{5^3} - \sqrt[4]{1^3})}{6} = 0,75 \text{ (мР)}.$$

Для 2-ої зміни: $t_{n2} = t_{n1} + t_{p1} = 1 + 4 = 5$ (год.).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k2} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{noc} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n2}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}}, \quad (\text{год.}) \quad (5.6)$$

$$t_{k2} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{5^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 10,06 \approx 10,0 \text{ (год.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p2} = t_{k2} - t_{n2} = 10 - 5 = 5$ (год.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M2} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{n2}^3})}{K_{noc}} \quad (\text{мР}) \quad (5.7)$$

$$D_{M2} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot (\sqrt[4]{10^3} - \sqrt[4]{5^3})}{6} = 0,73 \text{ (мР)}.$$

Для 3-ої зміни: $t_{n3} = t_{n2} + t_{p2} = 5 + 5 = 10$ (ГОД).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}}, \text{ (ГОД.)} \quad (5.8)$$

$$t_{k3} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{10^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 15,8 \approx 16,0 \text{ (ГОД.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p3} = t_{k3} - t_{n3} = 16 - 10 = 6$ (ГОД.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3})}{K_{\text{noc}}} \text{ (МР)} \quad (5.9)$$

$$D_{M3} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot (\sqrt[4]{16^3} - \sqrt[4]{10^3})}{6} = 0,76 \text{ (МР).}$$

Для 4-ої зміни: $t_{n4} = t_{n3} + t_{p3} = 10 + 6 = 16$ (ГОД).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}}, \text{ (ГОД.)} \quad (5.10)$$

$$t_{k4} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{16^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 22,50 \text{ (ГОД.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p4} = t_{k4} - t_{n4} = 22,5 - 16 = 6,5$ (год.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M4} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3} \right)}{K_{noc}} \quad (\text{мР}) \quad (5.11)$$

$$D_{M4} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot \left(\sqrt[4]{22,50^3} - \sqrt[4]{16^3} \right)}{6} = 0,75 \text{ (мР)}.$$

Для 5-ої зміни: $t_{n5} = t_{n4} + t_{p4} = 16 + 6,5 = 22,50$ (год.).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k5} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{noc} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}}, \quad (\text{год.}) \quad (5.12)$$

$$t_{k5} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{22,50^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 29,50 \text{ (год.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p5} = t_{k5} - t_{n5} = 29,5 - 22,5 = 7$ (год.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M5} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{n5}^3} \right)}{K_{noc}} \quad (\text{мР}) \quad (5.13)$$

$$D_{M5} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot \left(\sqrt[4]{29,50^3} - \sqrt[4]{22,50^3} \right)}{6} = 0,75 \text{ (мР)}.$$

Для 6-ої зміни: $t_{n6} = t_{n5} + t_{p5} = 22,50 + 7 = 29,50$ (год).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k6} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}}, \text{ (ГОД.)} \quad (5.14)$$

$$t_{k6} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{29,50^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 36,93 \approx 37,0 \text{ (год.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p6} = t_{k6} - t_{n6} = 37,0 - 29,5 = 7,5$ (год.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{n6}^3})}{K_{\text{нос}}} \text{ (МР)} \quad (5.15)$$

$$D_{M5} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot (\sqrt[4]{37^3} - \sqrt[4]{29,50^3})}{6} = 0,75 \text{ (МР).}$$

Для 7-ої зміни: $t_{n7} = t_{n6} + t_{p6} = 29,50 + 7,5 = 37$ (год).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k7} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n7}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}}, \text{ (ГОД.)} \quad (5.16)$$

$$t_{k7} = \left(\frac{0,65 \cdot 6 + 1,33 \cdot 1,45 \cdot \sqrt[4]{37^3}}{1,33 \cdot 1,45} \right)^{\frac{4}{3}} = 44,81 \approx 45,0 \text{ (год.)}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p7} = t_{k7} - t_{n7} = 45,0 - 37,0 = 8,0$ (год.).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M7} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k7}^3} - \sqrt[4]{t_{n7}^3})}{K_{noc}} \text{ (мР)} \quad (5.17)$$

$$D_{M7} = \frac{1,33 \cdot 1,45 \cdot (\sqrt[4]{45^3} - \sqrt[4]{37^3})}{6} = 0,76 \text{ (мР)}.$$

Результати розрахунків за виразами (5.4) – (5.17) занесемо до табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Режим радіаційного захисту

$N_{змін}$	t_{ni} , (ГОД)	t_{pi} , (ГОД)	t_{ki} , (ГОД)	D_i , (Р)
1	1	4	5	0,75
2	5	5	10	0,73
3	10	6	16	0,76
4	16	6,5	22,5	0,75
5	22,5	7	22,5	0,75
6	29,5	7,5	37	0,75
7	37	8	45	0,76

Згідно з проведеним розрахунком роботу в дві зміни на підприємстві можна буде розпочинати через 45 (год.) після радіоактивного забруднення.

Для захисту працівників в радіаційних умовах роботи доцільно вжити таких додаткових заходів:

- незайнятих на виробництві працівників евакуювати;
- укрити зміну, що знаходиться на відпочинку, в сховищі;
- забезпечити працівників засобами індивідуального захисту;
- систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях;
- провести герметизацію виробничого приміщення та встановити протипилові фільтри у вентиляційну систему;
- провести йодну профілактику персоналу;
- максимально обмежити пересування працівників відкритою місцевістю [29].

5.5 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуті питання забезпечення безпечної експлуатації пристосування, технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць та питання з гігієни праці, мікроклімату, складу повітря робочої зони, шуму, освітлення, вібрацій, випромінювань та особливу увагу приділено безпеці в надзвичайних ситуаціях.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Завершальною частиною магістерської кваліфікаційної роботи є економічна. В ній ми розглянемо основні показники, а саме: новизну роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації, рівень комерційного потенціалу та інші.

6.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи [30]

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60

За даними табл. 6.1. ступінь новизни науково-дослідної роботи складає $k_{нов} = 55$ балів.

Значення показників рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи [30]

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80

За даними табл. 6.2. ступінь новизни науково-дослідної роботи складає $k_{теор} = 75$ балів.

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за виразом:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot k_{нов} + 0,4 \cdot k_{теор}, \quad (6.1)$$

де $k_{нов}$, $k_{теор}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 55 + 0,4 \cdot 75 = 63$$

Отримані значення порівнюємо з граничними, які наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Граничні значення показника наукового ефекту [30]

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Середній	50...69

Встановивши рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи можна сказати, що розробка та її впровадження є актуальним в теперішній час.

6.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. Розробкою є спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення палів в садках та виноградниках. Якщо говорити простими словами, то це устаткування, яке приводиться в дію безпосередньо від валу відбору потужності трактора. Обладнання застосовується, як на будівництві так і в садовому господарстві. Основною метою та завданням є занурити палі на відповідну глибину, з певним кроком відповідно до планування садового господарства. Саме наше обладнання є максимально мобільним, тому робота може бути виконана в найкоротші терміни.

Для проведення комерційного та технологічного аудиту залучаємо 3-х незалежних експертів, Веселовську Наталію Ростиславівну, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва ВНАУ, Іванчука Ярослава Володимировича, доктора технічних наук, професора кафедри комп'ютерних наук ВНТУ, Манжілевського Олександра Дмитровича, провідного інженера-конструктора, ПрАТ «Вінницька кондитерська фабрика». Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу будемо здійснювати із застосуванням п'ятибальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, згідно рекомендаціям.

Таблиця 6.4 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Веселовська Наталія Ростиславівна	Іванчук Ярослав Володимирович	Манжілевський Олександр Дмитрович
	Бали, виставлені експертами		
1	3	4	4
2	4	4	3
3	4	4	4
4	3	4	4
5	3	3	3
6	4	4	3
7	4	3	3
8	4	4	3
9	4	4	3
10	3	3	4
11	4	4	3
12	3	4	4
Сума балів	43	45	41
Середньоарифметична сума балів СБ _с	43		

За даними табл. 6.4 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Рівні комерційного потенціалу розробки [30]

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Оскільки середньоарифметична сума балів складає 43, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження. Такий рівень було досягнуто за рахунок значного зменшення витрат ресурсів і часу на виконання процесу забивання паль в садовому господарстві, адже наша розробка допомагає скороти час на проведення операції. Розробка має новизну, оскільки проблема занурення паль в садках та виноградниках є актуальною в даний час. Зараз на ринку присутній ряд установок для занурення паль, але вони дорого коштують, тому не кожне підприємство має можливість його придбати. Окрім цього стає можливим зручніше використання обладнання, виходячи з його компактних розмірів.

6.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної, дослідно-конструкторської, конструкторсько-технологічної роботи, створенням дослідного зразка і здійсненням виробничих випробувань, під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуються за такими статтями:

- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- матеріали;
- паливо та енергія для науково-виробничих цілей;
- витрати на службові відрядження;
- спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт;
- програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт;
- витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації;
- інші витрати;
- накладні (загальновиробничі) витрати.

6.3.1 Витрати на оплату праці

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховують відповідно до посадових окладів працівників, за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (6.2)$$

де k – кількість посад дослідників, залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – кількість днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, $T_p = 21 \dots 23$ дні.

Дану розробку буде проводити інженер, величина окладу буде становити 6700 грн на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів дослідника складає 42. Зведемо сумарні розрахунки до табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	10000	476,19	5	2381
Інженер	6700	319,05	42	13401
Всього				15782

Основна заробітна плата робітників.

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (6.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}}, \quad (6.4)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати 6700 грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

t_{zm} – тривалість зміни, год.

Розрахуємо погодинну тарифну ставку робітника з заготівельних операцій:

$$C_i = \frac{6700 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{21 \cdot 8} = \frac{11055}{168} = 65,80 \text{ (грн.)}$$

Отримали 65,80 грн.

Розрахуємо погодинну тарифну ставку робітника з складальних операцій:

$$C_i = \frac{6700 \cdot 1,5 \cdot 1,65}{21 \cdot 8} = \frac{16582,5}{168} = 98,70 \text{ (грн.)}$$

Отримали 98,70 грн.

Розрахуємо погодинну тарифну ставку робітника з налагоджувальних операцій:

$$C_i = \frac{6700 \cdot 1,5 \cdot 1,8}{21 \cdot 8} = \frac{18090}{168} = 107,70 \text{ (грн.)}$$

Отримали 107,70 грн.

де коефіцієнт K_c обирається з табл. 6.7

Таблиця 6.7 – Мінімальні коефіцієнти співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру прожиткового мінімуму працездатної особи [30]

Види виробництв та робіт, професії робітників	Коефіцієнти
Слюсарі-інструментальники і верстатники широкого профілю, зайняті на універсальному устаткуванні інструментальних та інших цехів підготовки виробництва при виготовленні особливо точних, відповідальних і складних пресформ, штампів, приладдя, інструменту, приладів та устаткування; верстатники на унікальному устаткуванні, які зайняті виготовленням особливо складної	1,8

Продовження табл. 6.7

продукції; слюсарі-ремонтники, електромонтери та налагоджувальники, які зайняті ремонтом, налагодженням та обслуговуванням особливо складного універсального устаткування; інші висококваліфіковані робітники, які виконують особливо складні і унікальні роботи	
Робітники основного та допоміжного виробництва	1,65
Робітники, зайняті на інших роботах, безпосередньо не пов'язаних з основним характером діяльності підприємства	1,5

Таблиця 6.8 – Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників [30]

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
K_i	1,0	1,1	1,35	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4

Зроблені розрахунки за виразом (6.4) занесемо у табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
Заготівельні	3	2	1,1	65,80	197,40
Механічні	2	3	1,35	88,80	177,60
Складальні	2	4	1,5	98,70	197,40
Налагоджувальні	1	4	1,5	107,7	107,7
Всього					680,10

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доо}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доо}}}{100\%}, \quad (6.5)$$

де $H_{\text{доо}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата нараховується в розмірі 12% від основної заробітної плати.

$$Z_{\text{доо}} = (15782 + 680,10) \cdot \frac{12}{100\%} = 1975,5(\text{грн.})$$

6.3.2 Відрахування на соціальні заходи

До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ – єдиний соціальний внесок).

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доо}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%}, \quad (6.6)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату;

Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{\text{дод}}$ – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.

$$Z_n = (15782 + 680,10 + 1975,5) \cdot \frac{22}{100\%} = 4056,3 \text{ (грн.)}$$

Отже, нарахування на заробітну плату складають 4056,30 грн.

6.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби.

Витрати на матеріали (M) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (6.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

$C_{\text{в}j}$ – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Розрахуємо вартість для матеріалу сталь 3.

$$M = \sum_{j=1}^n 20 \cdot 29 \cdot 1,2 - \sum_{j=1}^n 3 \cdot 29 = 609 \text{ (грн.)}$$

Для всіх інших матеріалів також проводимо розрахунки та зводимо до табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір А4	–	–	–	–	200
Офісне приладдя	–	–	–	–	150
Сталь 3	29	20	3	87	609
СТАЛЬ 20Х23Н18	300	1,5	0,1	30	510
Всього					1469

6.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі вироби (K_6), які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j, \quad (6.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

Розрахуємо вартість болтів за виразом (1.8):

$$K_6 = \sum_{j=1}^n 12 \cdot 10 \cdot 1,2 = 144 \text{ (грн.)}$$

Для всіх інших комплектуючих також проводимо розрахунки та зводимо до табл. 6.11.

Таблиця 6.11 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Болти	12	10	144
Гайки	12	8	115,2
Шайби	12	6	86,4
Гідролінії	2	800	1920
Ущільнюючі кільця	6	50	360
Гідроциліндри	2	1800	4320
Штуцера	2	70	168
Клапани	4	120	576
Інші деталі	1	800	960
Всього			8649,60

6.3.5 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховують за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k U_{\text{прог}} \cdot C_{\text{прог},i} \cdot K_i, \quad (6.9)$$

де $U_{\text{прог}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу цього виду, грн;

$C_{\text{прог},i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

Розрахуємо вартість придбання програмного забезпечення SOLIDWORKS

$$B_{прз} = \sum_{i=1}^k 3000 \cdot 1 \cdot 1,1 = 3300 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зводимо до табл. 6.12.

Таблиця 6.12 – Витрати на придбання програмних засобів

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
SOLIDWORKS	1	3000	3300
Всього			3300

6.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

До статті «Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень» відносять амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання.

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо можуть бути розраховані за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{в}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (6.10)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_в$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Для виконання НДР використовуються виробниче приміщення, комп'ютери, токарний та фрезерний верстати, зварювальне обладнання, а також інше обладнання.

Розрахуємо амортизаційні відрахування по токарному верстату за виразом (6.10):

$$A_{обл} = \frac{450000}{10} \cdot \frac{2}{12} = 7500 \text{ (грн.)}$$

Проводимо розрахунки по кожному виду обладнання та зводимо до таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансов а вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Приміщення	400000	20	2	3334
Токарний верстат	450000	10	2	7500
Фрезерний верстат	370000	10	2	6166
Зварювальне обладнання	15000	7	2	357,14
Комп'ютер	23000	5	2	766,7
Інше обладнання	50000	10	2	833,4
Всього				18957,3

6.3.7 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» належать витрати на придбання у сторонніх підприємств, установ і організацій будь-якого палива, що витрачається з технологічною метою на проведення досліджень.

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot \Pi_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (6.11)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

Π_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

Розрахуємо витрати на силову енергію для комп'ютера за виразом (6.11):

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{0,4 \cdot 352 \cdot 3,0 \cdot 0,9}{0,85} = 447,3 \text{ (грн.)}$$

Проводимо розрахунки по кожному виду обладнання та зводимо до табл.

6.14.

Таблиця 6.14 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Комп'ютер	0,4	352	447,3

Продовження табл. 6.14

Фрезерний верстат	10	4	127
Зварювальне обладнання	2	10	63,5
Токарний верстат	7	2	44,5
Всього			682,3

6.3.8 Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{ce} = (z_o + z_p) \cdot \frac{H_{ce}}{100\%}, \quad (6.12)$$

де H_{ce} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$B_{ce} = (15782 + 680,10) \cdot \frac{20}{100\%} = 3292,4 \text{ (грн.)}$$

Витрати на службові відрядження працівників складають 3292,4 грн.

6.3.9 Інші витрати

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_e = (z_o + z_p) \cdot \frac{H_{ie}}{100\%}, \quad (6.13)$$

де H_{ie} – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$I_e = (15782 + 680,10) \cdot \frac{60}{100\%} = 9877,3 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати складають 9877,30 грн.

6.3.10 Накладні (загальновиробничі) витрати

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуються як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (6.14)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати».

$$B_{нзв} = (15782 + 680,10) \cdot \frac{100}{100\%} = 16462,1 \text{ (грн.)}$$

Накладні витрати складають 16462,1 грн.

Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{дод} + Z_n + M + K_e + B_{прг} + A_{обл} + B_e + B_{св} + I_e + B_{нзв}, \quad (6.15)$$

$$B_{заг} = 15782 + 680,10 + 1975,5 + 4056,30 + 1469 + 8649,60 + \\ + 3300 + 18957,3 + 682,3 + 3292,4 + 9877,30 + 16462,1 = 85183,9 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи становлять 85183,9 грн.

Загальні витрати ЗВ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (6.16)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи. Так, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії: науково-дослідних робіт, то $\eta=0,1$; технічного проектування, то $\eta=0,2$; розробки конструкторської документації, то $\eta=0,3$; розробки технологій, то $\eta=0,4$; розробки дослідного зразка, то $\eta=0,5$; розробки промислового зразка, то $\eta=0,7$; впровадження, то $\eta=0,9$.

$$ЗВ = \frac{85183,9}{0,9} = 94648,8(\text{грн.})$$

Загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та її оформлення складають 94648,8 грн.

6.4 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t}, \quad (6.17)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи, $I = 2 \dots 5$;

n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок;

T_c – коефіцієнт складності роботи, $T_c = 1 \dots 3$;

R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн;

t – час проведення дослідження, років.

$$K_p = \frac{5^3 \cdot 3 \cdot 4}{94648,8 \cdot 1} = 0,85$$

Науково-дослідну роботу можна вважати досить ефективною з хорошим науковим, технічним і економічними рівнями.

6.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Аналізуючи напрямки проведення науково-технічних розробок, розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки, ми отримали

ситуацію, яка повністю характеризує нашу роботу і називається: розробка чи суттєве вдосконалення машини (механізму, приладу, пристрою) для використання кінцевими споживачами.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик; N – кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки; C_o – вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки; $\pm \Delta C_o$ – зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізовані періоди часу.

Для нашого випадку можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta \Pi_i$ для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta \Pi_i = (\pm \Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{g}{100}\right), \quad (6.18)$$

де $\pm \Delta C_o$ – зміна основного якісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році. Зазвичай, таким показником може бути зміна ціни реалізації одиниці нової розробки в аналізованому році (відносно року до впровадження цієї розробки); $\pm \Delta C_o$ може мати як додатне, так і від'ємне значення (від'ємне – при зниженні ціни відносно року до впровадження цієї розробки, додатне – при зростанні ціни);

N – основний кількісний показник, який визначає величину попиту на аналогічні чи подібні розробки у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;

C_o – основний якісний показник, який визначає ціну реалізації нової науково-технічної розробки в аналізованому році, $C_o = C_{\sigma} \pm \Delta C_o$;

C_{σ} – основний якісний показник, який визначає ціну реалізації існуючої (базової) науково-технічної розробки у році до впровадження результатів;

ΔN – зміна основного кількісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році. Зазвичай таким показником може бути зростання попиту на науково-технічну розробку в аналізованому році (відносно року до впровадження цієї розробки);

λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2022 році ставка податку на додану вартість становить 20%, а коефіцієнт $\lambda=0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту (послуги). Рекомендується брати $\rho = 0,2...0,5$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2022 році $\vartheta = 18\%$.

В рік продається 60 виробів для занурення паль. Середня вартість такого приладу становить 48000 грн.

Впровадження дослідного зразка пристрою дозволяє збільшити ціну кожного зразка на 2000 грн, враховуючи попит та ціни конкурентів. Також прогнозується, що попит на даний продукт зросте, оскільки даний продукт відрізняється якістю та мобільністю від конкурентних.

Попит збільшиться за перший рік на 50 примірників, а за наступний – на 20 та протягом третього року – ще на 10 примірників.

Коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, дорівнює 0,3.

Отже, розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства на 2023 - 2025 рр.:

$$\Delta\Pi_{2023} = (60 \cdot 2000 + (48000 + 2000) \cdot 50) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 537078,51$$

$$\Delta\Pi_{2024} = (60 \cdot 2000 + (48000 + 2000) \cdot (50 + 20)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 742070,32$$

$$\Delta\Pi_{2025} = (60 \cdot 2000 + (48000 + 2000) \cdot (50 + 20 + 10)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 844566,22$$

Далі розраховуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i}, \quad (6.19)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,05 \dots 0,25$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

Період часу, протягом якого виявляються результати впровадження НДР, складає 2 роки. Прогнозований щорічний рівень інфляції в Україні становить 0,25.

Розрахуємо приведену вартість всіх чистих прибутків за формулою (6.19):

$$ППП = \frac{537078,51}{(1+0,25)^2} + \frac{742070,32}{(1+0,25)^3} + \frac{844566,22}{(1+0,25)^4} = 1069604,6 \text{ (грн.)}$$

Розраховуємо величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (6.20)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науко-во-технічної розробки та її комерціалізацію, зазвичай $k_{инв} = 2...5$, але може бути і більшим;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 2 \cdot 94648,8 = 189297,6 \text{ (грн.)}$$

Тоді абсолютний економічний ефект E_{abc} або чистий приведений дохід від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{abc} = ППП - PV, \quad (6.21)$$

де $ППП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, грн.

$$E_{abc} = 1069604,6 - 189297,8 = 880306,8 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то це означає що результат від наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, тобто вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДР може бути доцільним та інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної роботи.

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_s , які можуть бути вкладені, розраховується за формулою:

$$E_s = T_{ж} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (6.22)$$

де E_{abc} – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, роки.

$$E_s = 4 \sqrt[4]{1 + \frac{880306,8}{189297,8}} - 1 = 0,54$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій τ_{min} визначається за формулою:

$$\tau_{min} = d + f, \quad (6.23)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020-2022 роках в Україні $d = 0,9...0,12$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій; зазвичай величина $f = 0,05 \dots 0,5$, але може бути і значно вищою.

$$\tau_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5$$

Величина $E_e > \tau_{\min}$, то потенційний інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні впровадження науково-технічної розробки та виведенні її на ринок, тобто в її комерціалізації.

Далі розраховуємо період окупності інвестицій за виразом:

$$T_{ок} = \frac{I}{E_e}, \quad (6.24)$$

де E_e – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = \frac{I}{0,54} = 1,85$$

Оскільки $T_{ок} < 4$ -х років, то фінансування розробки буде доцільним.

6.6 Висновки

В даному розділі був проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи. Також здійснений розрахунок витрат на оплату праці, соціальні заходи, сировину та матеріали, комплектуючі, програмне забезпечення, амортизаційні відрахування, паливо та електроенергію, службові відрядження та інші витрати. Завершальним етапом розділу було оцінено важливість та наукову значимість науково-дослідної розробки, розраховано

економічну ефективність НДР за її можливої комерціалізації потенційним інвестором. Як результат розрахунків отримали період окупності інвестицій $T_{ок} = 1,85$ та $1,85 < 4$, означає, що фінансування розробки буде доцільним.

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки складає $PV = 189297,6$ (грн.).

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ або чистий приведений дохід від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме $E_{абс} = 880306,8$ (грн.)

Усі ці фактори, ще раз підкреслюють перспективність, актуальність роботи та безпосередню зацікавленість інвесторами.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз сучасного стану питання, розглянуто, що є на ринку та оцінена вартість, практичність і функціональність, завдяки саме цьому аналізу, ми ще раз впевнилися, що порушені проблеми у МКР є надзвичайно цікавими, актуальними та потребують подальшого вирішення. Гідроструменева технологія приваблює своєю простотою реалізації, функціональністю, дешевизною та чудовими результатами роботи. У порівнянні з іншими методами вона є менш громіздкою, більш мобільною та продуктивнішою, що в свою чергу породжує попит та цікавість як покупця, так і інвестора.

В основній частині роботи описана гідроструменева технологія занурення паль та виконано розрахунок гідравлічних систем установки для гідроструменевого занурення паль, а саме: розраховані параметри гідравлічних ліній приводу стріли установки, проведений розрахунок гідроциліндрів стріли за максимальним зусиллям, розраховані параметри гідравлічних ліній системи подачі води в робочу зону, підібраний високонапірний насос, який забезпечує тиск 16-20 МПа, розрахована та підібрана ємність для води. На завершення основної частини було проведено математичне моделювання процесу руйнування ґрунту під дією гідроструменя, як результат: отримана залежність величини подачі ґрунту на поверхню при його повному руйнуванні дає можливість для матеріалів з різними σ_p отримати раціональні значення радіусу сопла R_c та тиску в системі p і тим самим визначити раціональну продуктивність процесу.

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуті питання забезпечення безпечної експлуатації пристосування, які знадобляться під час використання спеціального мобільного обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках, технічні рішення щодо

безпечної організації робочих місць та питання з гігієни праці, мікроклімату, складу повітря робочої зони, шуму, освітлення, вібрацій, випромінювань та особливу увагу приділено безпеці в надзвичайних ситуаціях.

В економічній частині був проведений комерційний та технологічний аудит науково-дослідної роботи. Також здійснений розрахунок витрат на оплату праці, соціальні заходи, сировину та матеріали, комплектуючі, програмне забезпечення, амортизаційні відрахування, паливо та електроенергію, службові відрядження та інші витрати. Завершальним етапом було оцінено важливість та наукову значимість науково-дослідної розробки, розраховано економічну ефективність НДР за її можливої комерціалізації потенційним інвестором. Як результат розрахунків отримали період окупності інвестицій $T_{ок} = 1,85$ та $1,85 < 4$, означає, що фінансування розробки буде доцільним. Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки складає $PV = 189297,6$ (грн.).

Абсолютний економічний ефект E_{abc} або чистий приведений дохід від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме $E_{abc} = 880306,8$ (грн.)

Усі ці фактори, ще раз підкреслюють перспективність, актуальність роботи та безпосередню зацікавленість інвесторами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іскович – Лотоцький Р.Д. / Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин: Монографія. // Р.Д. Іскович – Лотоцький, Р.Р. Обертюх, М.Р. Архипчук // Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 171 с.

2. Іскович – Лотоцький Р.Д. / Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій. Монографія. // Р.Д. Іскович – Лотоцький, Р.Р. Обертюх, І.В. Севостьянов // Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 206 -291 с.

3. Шевченко В. В. Гідроструменева технологія занурення паль в садках та виноградниках [Електронний ресурс] / В. В. Шевченко, Р. Д. Іскович-Лотоцький // Матеріали конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023), Вінниця, 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/16838/14033>.

4. Ребрик Б.М. – Ударно-вибрационное зондирование грунтов / Б.М. Ребрик, В.Ф. Вишневикий // М.: “Стройиздат”. – 1979. – 88 с.

5. Афанасьев И.С. Бурение скважин при разведке месторождений строительных материалов. / И.С. Афанасьев, А.И. Душин // Л.: Нера, 1980. – 132 с.

6. Воздвиженский Б.И. Разведочное бурение / Б.И. Воздвиженский, О.Н. Голубинцев, А.А. Новожилов // М., Недра, 1979. – 510 с.

7. Ребрик Б. М. Вибрационное бурение скважин / Б. М. Ребрик // М. : Недра, 1974. – 192 с.

8. Сергиенко И.А. Бурение и оборудование геотехнологических скважин / И.А. Сергиенко, А.Ф. Мосев, М.К. Пименов // М.: Недра. – 1984. – 224 с.

9. Роза С.А. Механика грунтов / С.А. Роза // М. Высшая школа. – 1962. – 225 с.
10. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Курсове проектування для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» : навчальний посібник / [Буренніков Ю.А., Козлов Л.Г., Пурдик В.П., Репінський С.В.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 238 с.
11. Свешников В. К. Станочные гидроприводы : справочник / Свешников В. К. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1995. – 448 с.
12. Искович-Лотоцкий Р.Д. – Машины вибрационного и вибоударного действия / Р.Д. Искович-Лотоцкий, И.Б. Матвеев, В.А. Крат // Київ, “Техніка”. – 1982. – 207 с.
13. Журавель Д.П., Петренко К.Г. Гідравліка. Методичні вказівки до самостійної роботи «Розрахунок гідроприводу». Мелітополь, ТДАУ, 2019. 52 с.
14. Матвеев И.Б. Гидропривод машин ударного и виброударного действия / И.Б. Матвеев // М. – Машиностроение, 1974, 184 с.
15. Колесников Ю.В., Морозов Е.М. Механика контактного разрушения: Монография.– М.: Наука, 1989.– 219 с.
16. Трофтименков Ю.Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю.Г. Трофтименков, Л.Н. Воробков // М. Стройиздат. – 1981. – 215 с.
17. Серіков Я.О. Основи охорони праці: навчальний посібник. – Харків, 2007. - 227с.
18. Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с., рис. 3, табл. 5. ISBN
19. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. - 154 с.

20. ДСанПіНЗ.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>.

21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

22. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.

23. ДСП-201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>.

24. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12>.

25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.

26. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>.

27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

28. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра галузей знань 13 – Механічна інженерія, 27 – Транспорт / Уклад.: І. В. Віштак, О. В. Кобилянський, Н. О. Васаженко. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 62 с.

29. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з «Цивільного захисту» / Уклад. О. В. Поліщук, М. А. Томчук. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 65 с.

30. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. Поліщук Л. К.

«__» _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**СПЕЦІАЛЬНЕ МОБІЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ З ГІДРОСТРУМЕНЕВИМ
ПРИСТОСУВАННЯМ ДЛЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ В САДКАХ ТА
ВИНОГРАДНИКАХ**

08-27.МКР.008.00.000 ПЗ

Керівник роботи:
д.т.н., професор кафедри ГМ
Іскович-Лотоцький Р. Д.
«__» _____ 2022 р.

Розробив: ст.гр. 1ГМ-21м
Шевченко В. В.
«__» _____ 2022 р.

Вінниця 2022

1 Найменування і область застосування

Найменування – спеціальне мобільне обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках.

2 Підстава для виконання роботи

Підставою для розробки даної магістерської кваліфікаційної роботи є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та наказ №203 від 14.09.2022 р. ректора по ВНТУ про закріплення тем.

3 Мета і призначення дослідження

Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – підвищення продуктивності процесу занурення паль в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології.

Призначення розробки – обґрунтування ефективності та переваг нової конструкції пристрою для занурення паль в садках та виноградниках. Оцінити та показати дешевизну розробки у порівнянні з її продуктивністю та ефективністю.

4 Джерела розробки

Список використаних джерел розробки

4.1 Саленко О.Ф., Струтинський В. Б. Техніка та технологія гідроструменевої обробки: Монографія. - Київ: ВІПОЛ, 1998. - 252 с.

4.2 Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 338 с.

4.3 Иванов М.Е. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / М.Е. Иванов, И.Б. Матвеев, Р.Д. Искович-Лотоцкий, В.А. Пишенин, И.В. Коц // М., “Машиностроение”. – 1977. – 174 с.

4.4 Матвеев И.Б. Гидропривод машин ударного и виброударного действия / И.Б. Матвеев // М. – Машиностроение, 1974, 184 с.

4.5 Искович-Лотоцкий Р.Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р.Д. Искович-Лотоцкий, И.Б. Матвеев, В.А. Крат // К.: Техника, 1982. – 208 с.

4.6 Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: Справ. Пособие. М.: Машиностроение, 1971. – 345 с.

4.7 Вибрації в техніці: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). — М.: Машиностроение, 1981.— Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э. Э. Лавендела. 1981. 509 с, ил.

5 Вихідні дані для розробки пристрою:

- 1) Номінальний тиск в гідроструменевій системі – 16-20 МПа;
- 2) Номінальна подача насосу високого тиску – 150 л/хв;
- 3) Область занурення палів – ґрунти Вінницької області;
- 4) Номінальна глибина занурення палів – 0,5-2 м.

5.1 Технічні вимоги

– вимоги монтажної придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;

– захист від зовнішньої вологи насосу високого тиску, корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;

– деталі, вузли пристрою для занурення палів, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до корозії у вологих середовищах, мастила, дії миючих засобів;

– одиничний вид виробництва деталей, запасні частини не передбачаються.

5.2 Вимоги до надійності:

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 2 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність

установки в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення установки повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації:

Конструкція деталей установки повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації:

По можливості під час розробки конструкції установки використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, експлуатації та ремонту. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту установки для занурення паль.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та керуванні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей установки слід вибирати відповідно до рекомендацій по виготовленню подібного роду пристроїв.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

– умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – пристрій призначений для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

– час підготовки пристрою до використання після транспортування і зберігання – 1 день;

– вид обслуговування – періодичний;

- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 2 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

- можливість транспортування на будь-якому виді транспортних засобів;
- захист від ударів під час завантаження і розвантаження;
- берігання на складі готової продукції;
- зберігання у законсервованому вигляді;
- складування на стелажах.

6 Економічні показники:

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – менше двох років;
- освоєння виробництва продукції;
- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

7 Виконавці НДР:

студент спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, Шевченко Василь Васильович.

8 Етапи НДР і терміни їх виконання:

- аналіз сучасного стану питання, розглянути, що є на ринку та оцінити вартість, практичність і функціональність;
- розрахунок гідросистем установки для гідроструменевого занурення паль та розробка струменеформуючої головки для підвищення ефективності процесу;
- проведення математичного моделювання процесу руйнування ґрунту під дією гідроструменя;
- розробка заходів охорони праці та безпеки життєдіяльності, які знадобляться під час використання та експлуатації спеціального мобільного

обладнання з гідроструменевим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках;

– виконання економічного аналізу розробленого пристрою для занурення паль з орієнтовним визначенням кошторису витрат на виготовлення дослідного зразка пристрою для занурення паль та впровадження його у виробництво, а також визначення терміну окупності цих витрат.

– оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту магістерської кваліфікаційної роботи.

9 Порядок контролю і прийому МКР

– попередній захист МКР на кафедрі;

– захист МКР перед Державною екзаменаційною комісією.

ДОДАТОК Б**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**СПЕЦІАЛЬНЕ МОБІЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ З ГІДРОСТРУМЕНЕВИМ
ПРИСТОСУВАННЯМ ДЛЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ В САДКАХ ТА
ВИНОГРАДНИКАХ**

Аналіз відомих технічних рішень

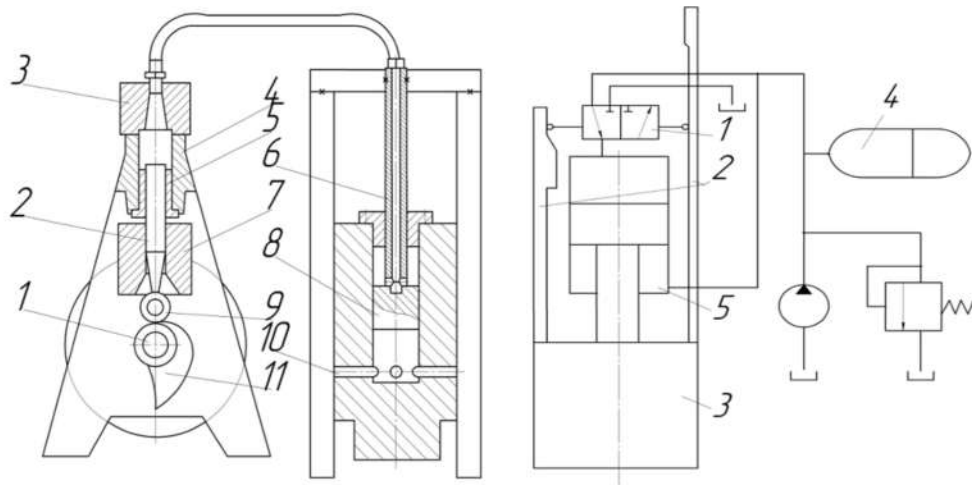


Рисунок 1 - Принципові схеми палезанурючих машин

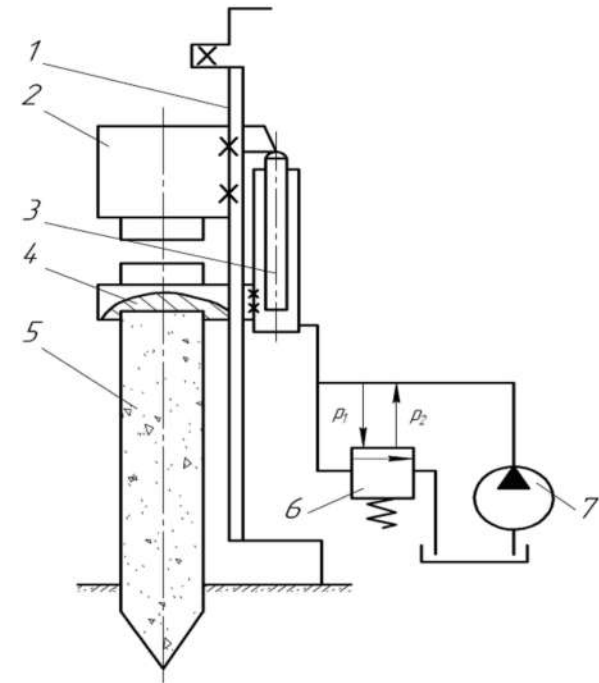


Рисунок 2 - Принципова схема гідроприводу палезанурючого молота простої дії

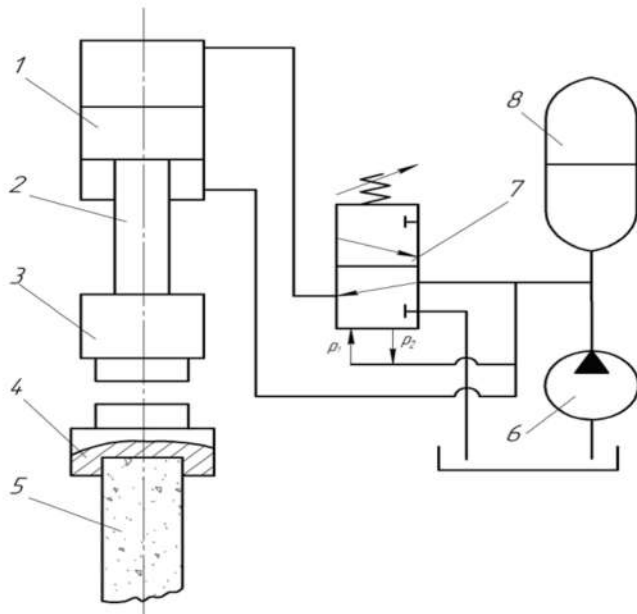


Рисунок 3 - Принципова схема гідроприводу палезанурючого молота подвійної дії

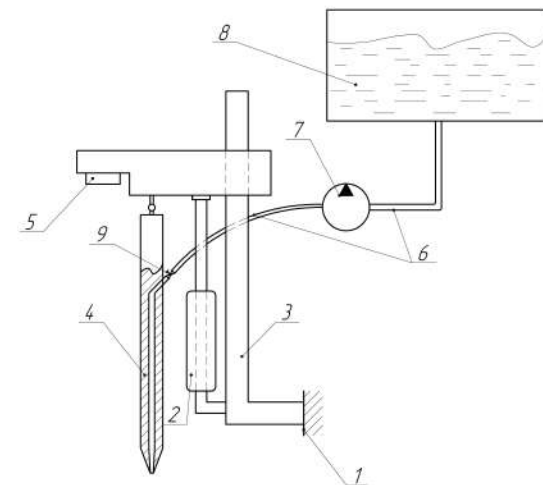
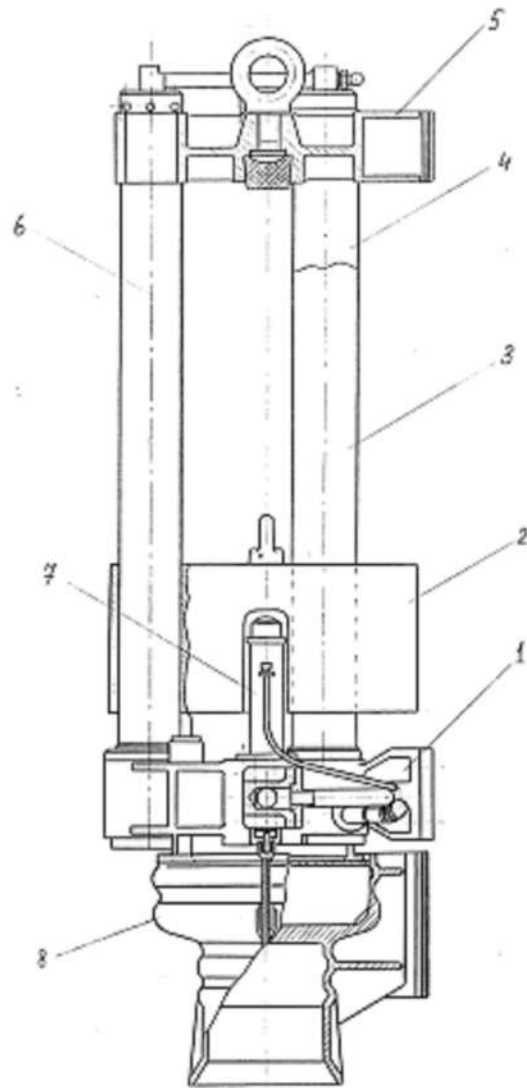
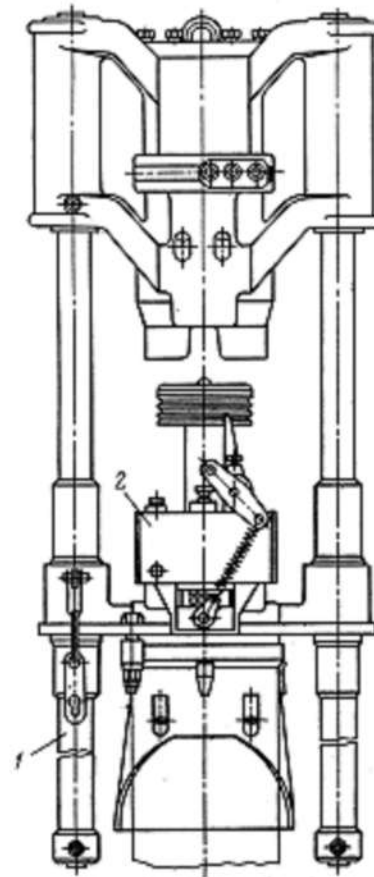


Рисунок 4 - Схематично-структурний вигляд технологічного комплексу для занурення палей

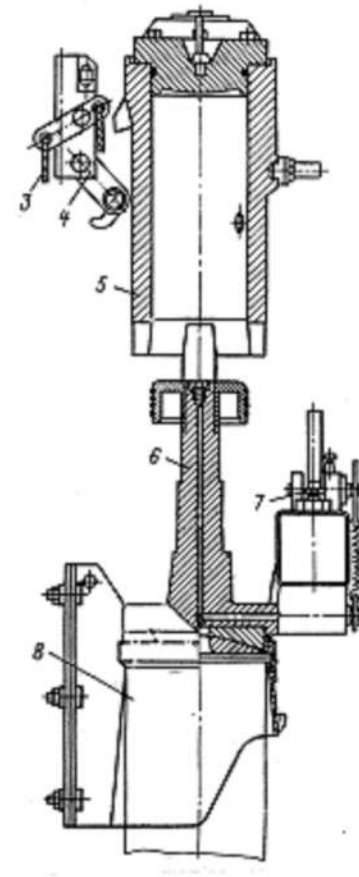
Обладнання, яке використовується для занурення палів



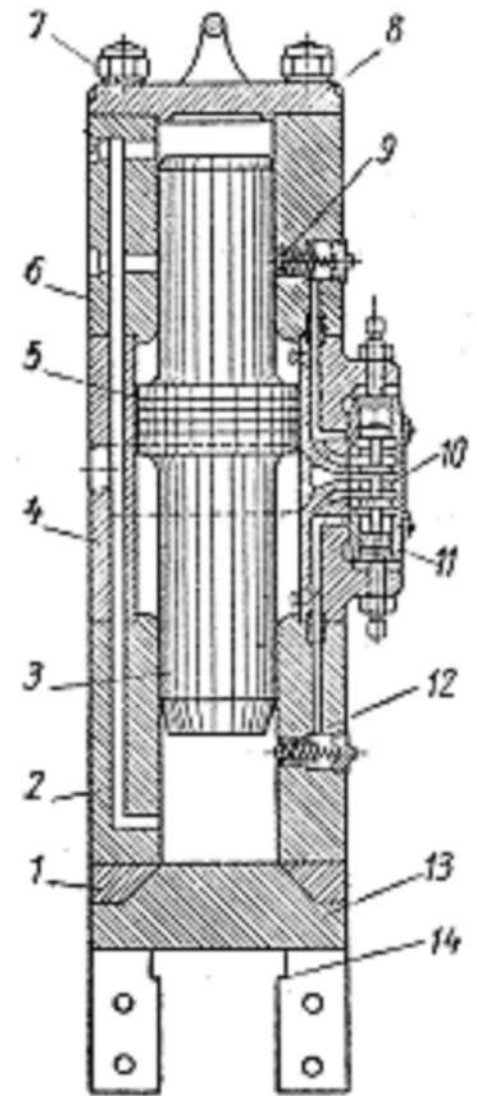
Гідромолот
простої дії



Дизельний молот



Пароповітряний молот
подвійної дії



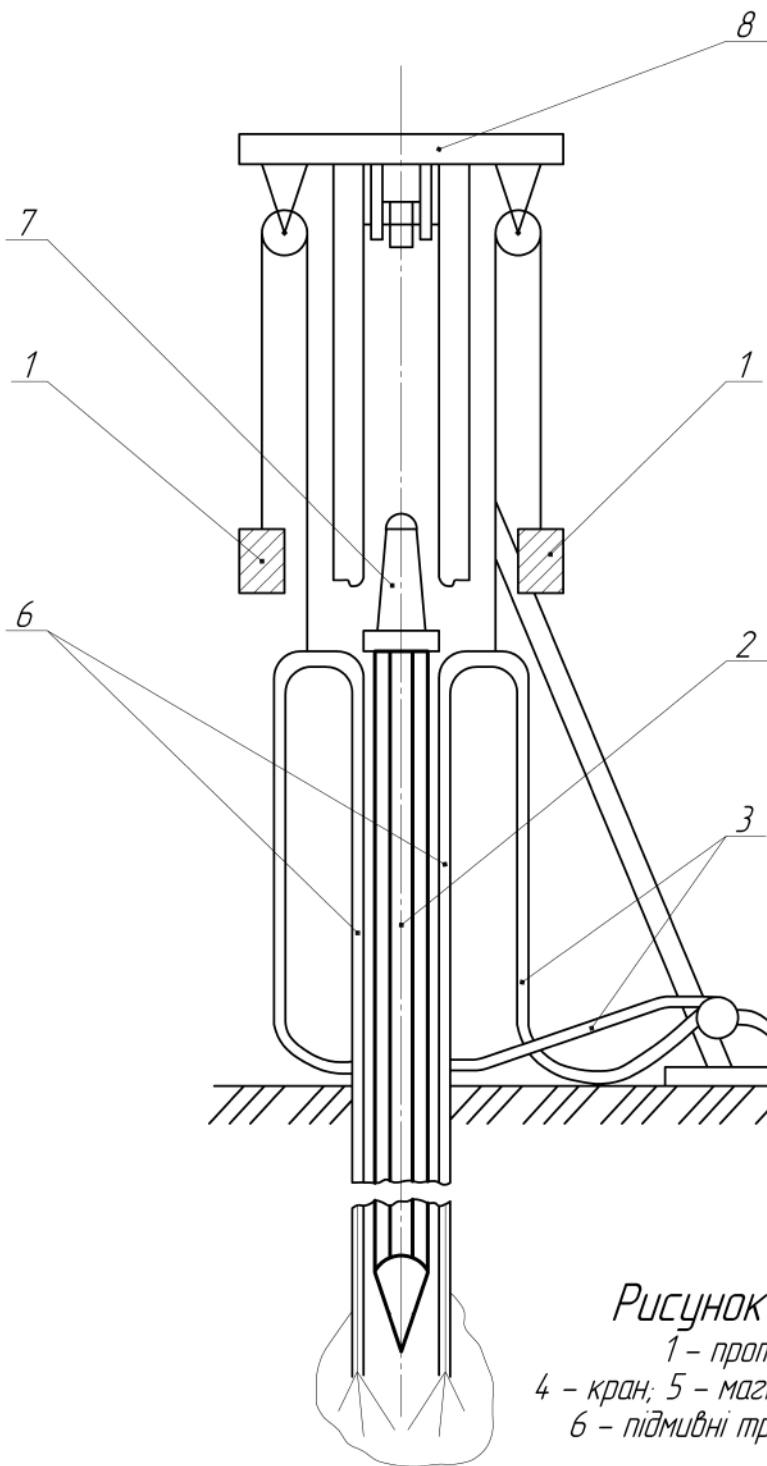


Рисунок 1 – обладнання копра і палі

1 – противаги; 2 – палія; 3 – гнучкі шланги;
 4 – кран; 5 – магістральний колектор від насосної установки;
 6 – підмивні труби; 7 – молот; 8 – шапковий брус копра.

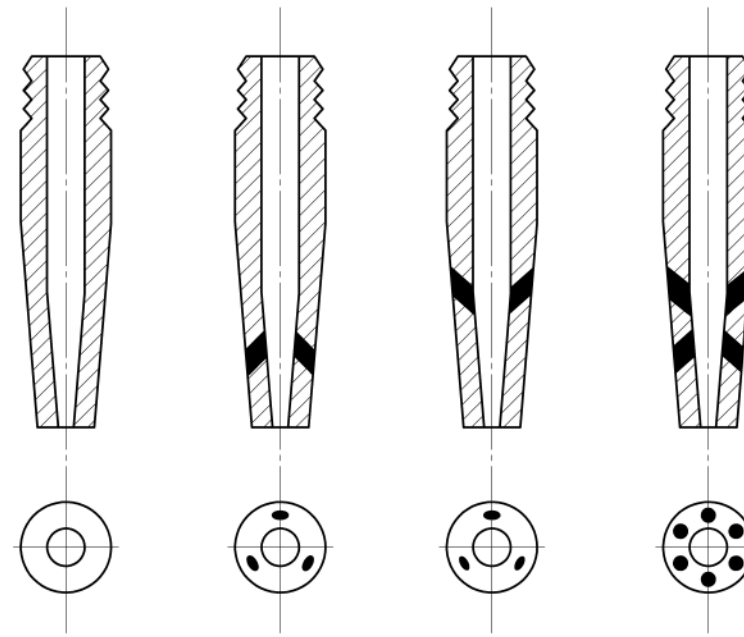


Рисунок 2 – типи накінецьників для підмивних труб

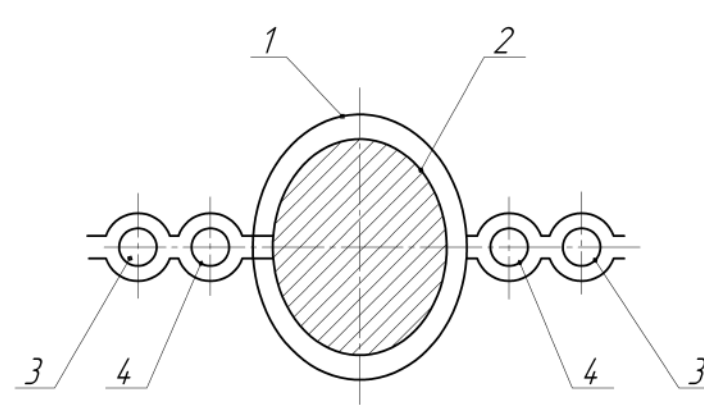


Рисунок 3 – обладнання палі підмивними і повітряними трубами

1 – хомут; 2 – палія; 3 – повітряні труби;
 4 – підмивні труби

Властивості ґрунтів

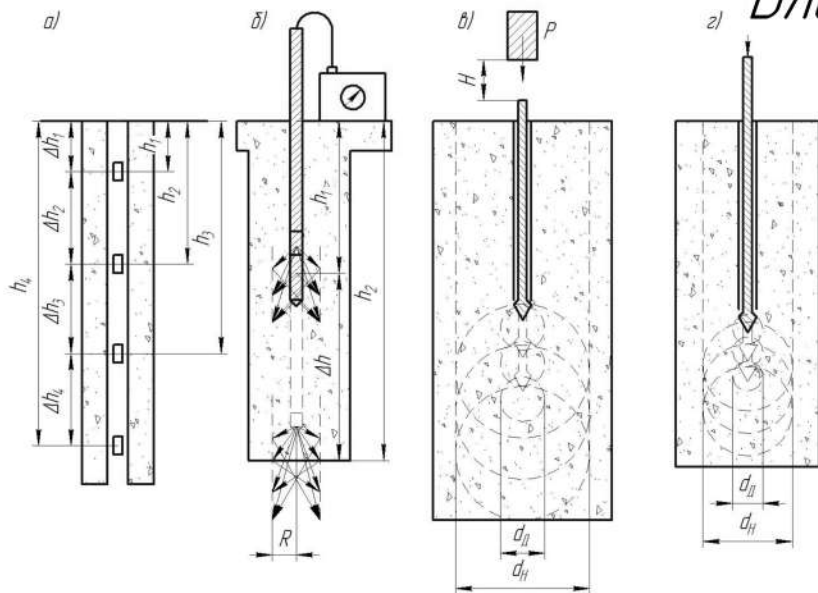


Рисунок 1 – Схеми вивчення ґрунтів:

а – прохід свердловини з відбором зразків; б – радіоактивний каротаж;
в – динамічне зондування; г – статичне зондування

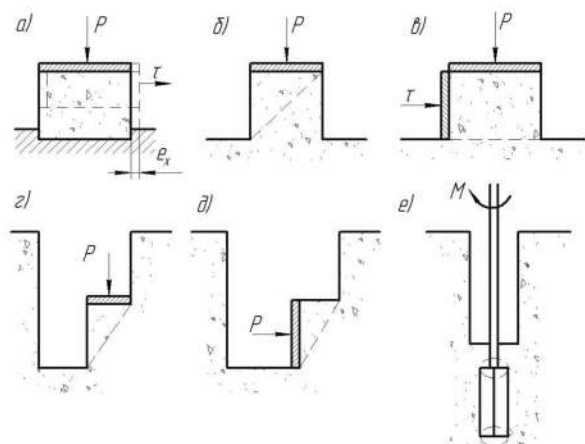


Рисунок 3 – Схеми випробувань ґрунтів на зсув:

а – в зсувному приладі; б – розчавлювання призми ґрунту;
в – зсув навантаженням цілика ґрунту по заданій площині;
г – обвалення призми ґрунту; д – видавлювання призми ґрунту;
е – зсув по заданій площині лопатевим приладом в свердловині

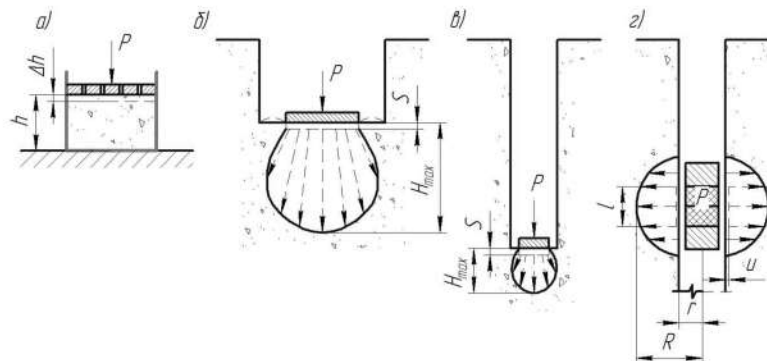


Рисунок 2 – Схеми випробування ґрунтів на стиск:

а – компресійний; б і в – випробування статичними навантаженнями на штамп, встановлений відповідно в шурф і в свердловині
в – випробування прессиометром в свердловині

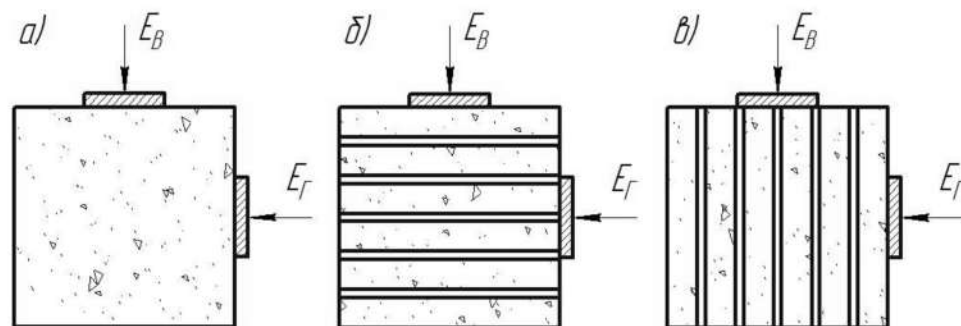
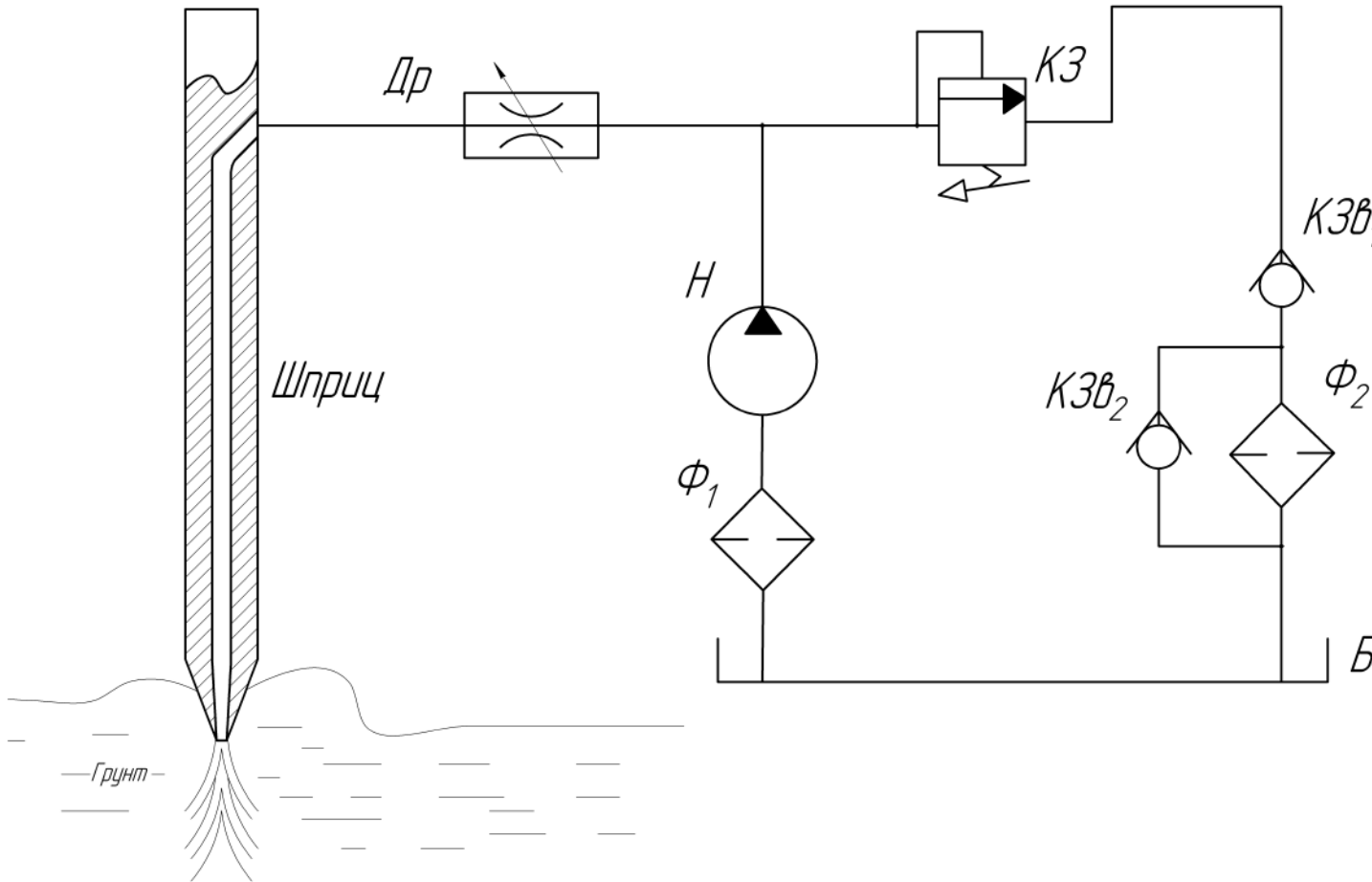


Рисунок 4 – Схеми, що ілюструють співвідношення між модулем деформації ґрунтів в вертикальному E_v та горизонтальному E_h напрямках:

а – ізотопні ґрунти ($E_v = E_h$); б – анізотропні ґрунти, горизонтальна слоїстість ($E_v > E_h$);
в – анізотропні ґрунти, вертикальна слоїстість

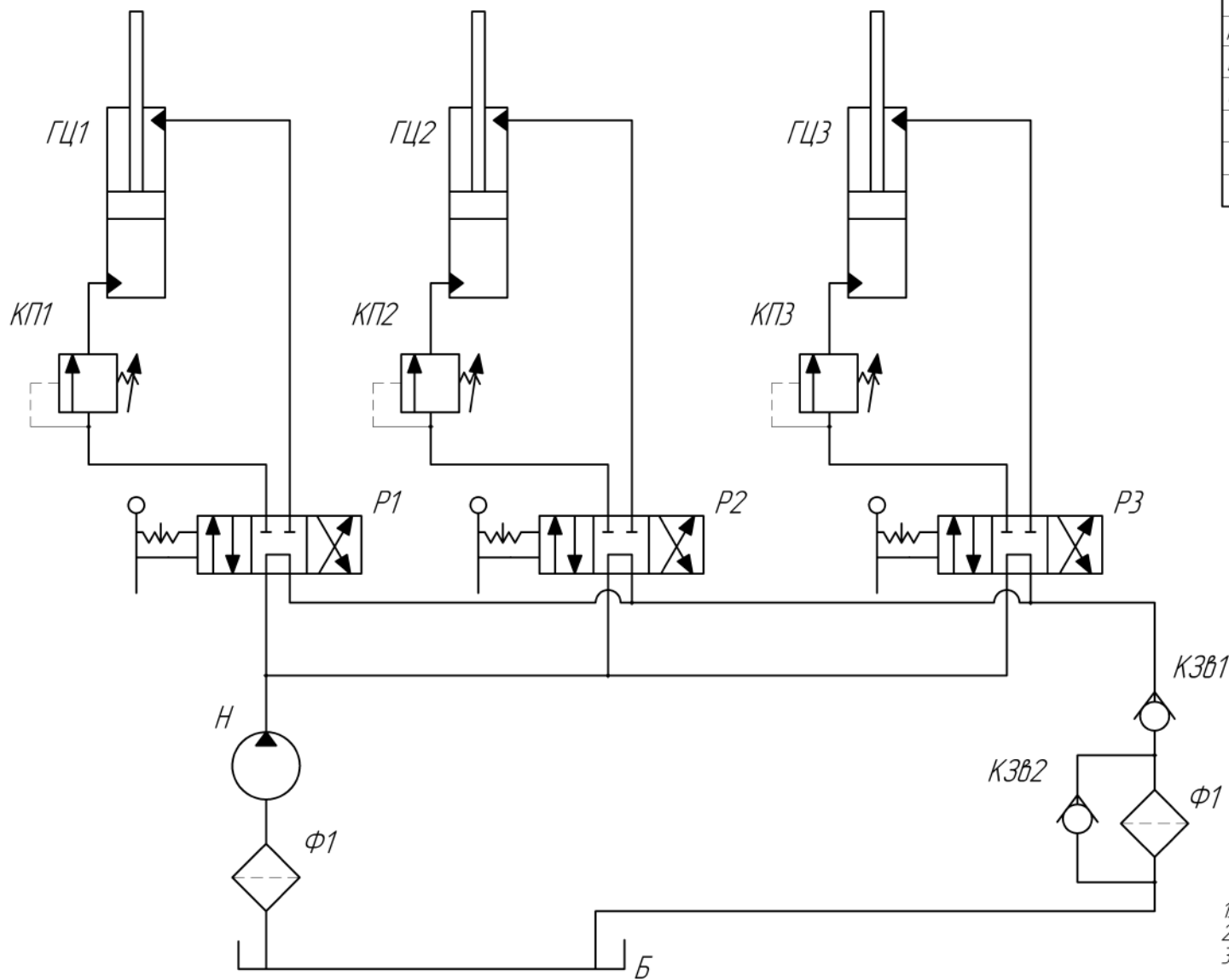
Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Б	Гідробак	1	$V_{Б\text{ ном}} = 2000\text{ л}$
КЗВ1-2	Клапан типу Г51-34	4	$p_H = 20\text{ МПа}, Q_H = 125\text{ л/хв}, \Delta p = 0,25\text{ МПа}$
КЗ	Клапан типу Г54-34М	1	$p_H = 20\text{ МПа}, Q_H = 125\text{ л/хв}, \Delta p = 0,6\text{ МПа}$
Н	Гідронасос Високого тиску	1	$p_H = 16\text{ МПа}, Q_H = 150\text{ л/хв}$
Др	Дросель ПГ77-14	1	$p_H = 20\text{ МПа}, Q_H = 150\text{ л/хв}, \Delta p = 0,3\text{ МПа}$
Ф1	Фільтр ОСТ С41-2	1	$p_H = 20\text{ МПа}, Q_H = 125\text{ л/хв}, \Delta p = 0,007\text{ МПа}$
Ф2	Фільтр Ф10 ²⁰⁻⁴⁰ / ₆₃	1	$p_H = 6,3\text{ МПа}, Q_H = 63\text{ л/хв}, \Delta p = 0,1\text{ МПа}$



1. Номінальний потік насоса, л/хв 150
 2. Номінальний тиск в гідроприводі, МПа 16

Лист №
 Сторінка №
 Взам. інв. №
 Дата
 Інв. №

08-27МКР.008.00.000 ГЗ					
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Шебченко В.В.				
Проб.	Сидор-Логанский Р.І.				
Т.контр.					
Н.контр.	Слабкий А.В.				
Утв.	Пелишук Л.А.				
Схема гідролічна принципова			Лист	Масса	Масштаб
			Лист	Листов	1
			ВНТУ, ст. гр. ІГМ-21м		
Копіював			Формат А2		

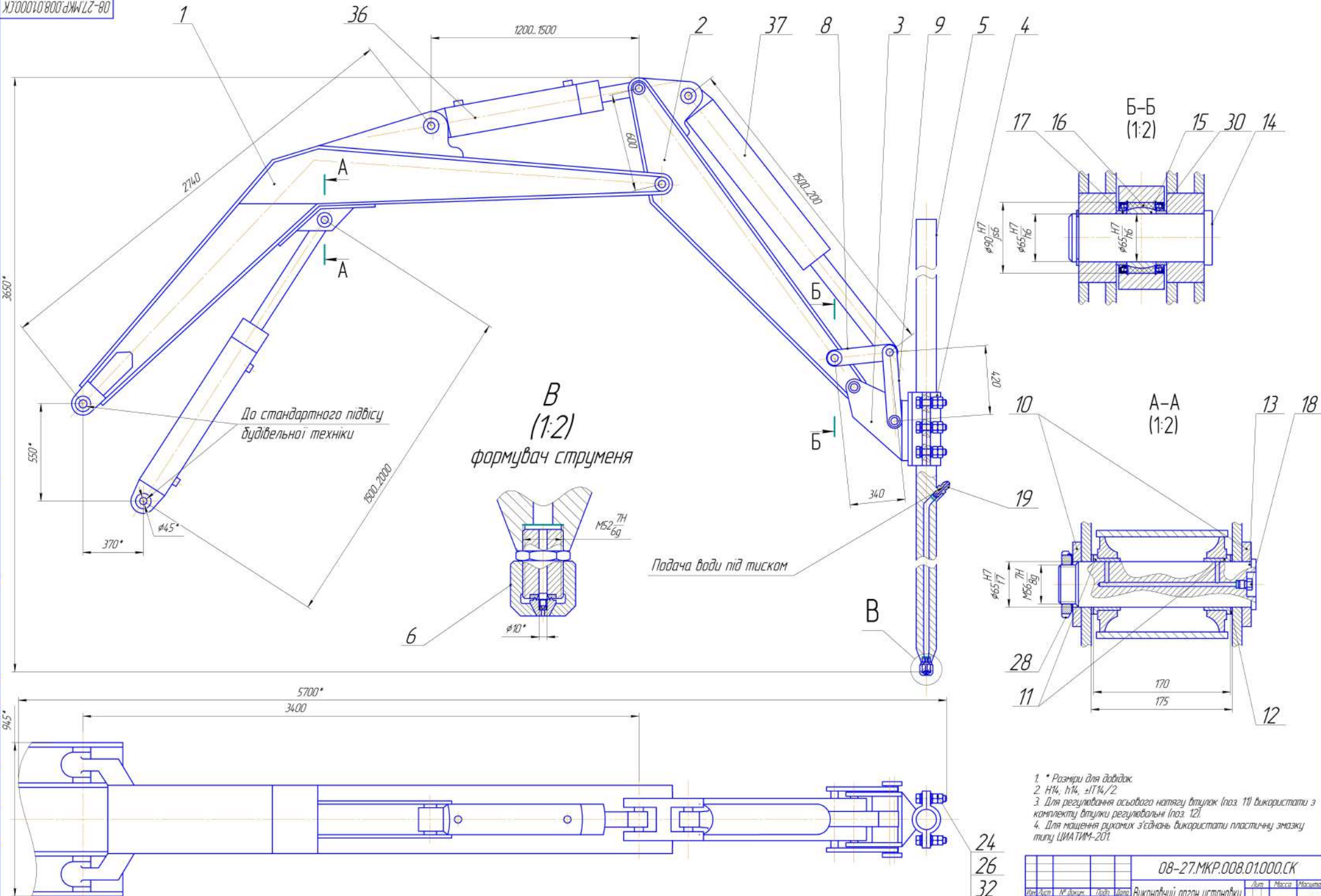


Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Б	Гідробак	1	$V_{Б\text{ ном}} = 250 \text{ л}$
K3B1-2	Клапан типу Г51-34	4	$p_H = 20 \text{ МПа}$, $Q_H = 125 \text{ л/хв}$, $\Delta p = 0,25 \text{ МПа}$
KП1-2	Клапан типу Г54-34М	2	$p_H = 20 \text{ МПа}$, $Q_H = 125 \text{ л/хв}$, $\Delta p = 0,6 \text{ МПа}$
ГЦ1-3	Гідроциліндр ІN125/60x820	1	$L_c = 820 \text{ мм}$, $p_H = 16 \text{ МПа}$, $F = 4,2 \text{ кН}$
Н	Гідронасос НШ-32	1	$V_H = 32 \text{ см}^3$, $p_H = 20 \text{ МПа}$, $Q_H = 68,6 \text{ л/хв}$
P1-3	Розподільник 64БПГ74-24М	1	$p_H = 20 \text{ МПа}$, $Q_H = 160 \text{ л/об}$, $m = 11 \text{ кг}$
Ф1	Фільтр Ф10 $\frac{20-40}{6,3}$	1	$p_H = 6,3 \text{ МПа}$, $Q_H = 6,3 \text{ л/хв}$, $\Delta p = 0,1 \text{ МПа}$

1. Номинальний потік насоса, л/хв 68,6
2. Номинальний тиск в гідроприводі, МПа 6,3
3. Хід гідроциліндра, мм до 1000

Лист № 1
Сторінка № 1
Варіант № 1
Лист № 1
Лист № 1

				08-27.МКР.008.00.001 Г3			
Лист	№ док.	Подп.	Дата	Схема гідралічна принципова	Лист	Маса	Масштаб
Разр.	Шевченко В.В.				Лист	-	-
Проб.	Сидим-Томашук Р.І.				Лист	Лист	1
Контр.							
Нконтр.	Слабкий А.В.						
Чит.	Полещик Л.К.						
				ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21М			
				Копіював Формат А2			



В
(1:2)
формувач струменя

До стандартного підвісу
будівельної техніки

Подача води під тиском

- 1. * Розміри для довідок.
- 2. Н14, н14, ±Т14/2
- 3. Для регулювання осьового натягу втулки (поз. 11) використати з комплекту втулки регульовальні (поз. 12).
- 4. Для мащення рухомих з'єднань використати пластичну мастику типу ЦИАТИМ-201.

24
26
32
33

				08-27.МКР.008.01.000.СК		
				Виконавчий орган установки		
				Складальний креслений		
				ВНТЧ		
				ст. гр. ПТМ-21м		
				Формат А1		

Лист 1 з 1
 Лист 2 з 2
 Лист 3 з 3
 Лист 4 з 4
 Лист 5 з 5
 Лист 6 з 6
 Лист 7 з 7
 Лист 8 з 8
 Лист 9 з 9
 Лист 10 з 10
 Лист 11 з 11
 Лист 12 з 12
 Лист 13 з 13
 Лист 14 з 14
 Лист 15 з 15
 Лист 16 з 16
 Лист 17 з 17
 Лист 18 з 18
 Лист 19 з 19
 Лист 20 з 20
 Лист 21 з 21
 Лист 22 з 22
 Лист 23 з 23
 Лист 24 з 24
 Лист 25 з 25
 Лист 26 з 26
 Лист 27 з 27
 Лист 28 з 28
 Лист 29 з 29
 Лист 30 з 30
 Лист 31 з 31
 Лист 32 з 32
 Лист 33 з 33
 Лист 34 з 34
 Лист 35 з 35
 Лист 36 з 36
 Лист 37 з 37
 Лист 38 з 38
 Лист 39 з 39
 Лист 40 з 40
 Лист 41 з 41
 Лист 42 з 42
 Лист 43 з 43
 Лист 44 з 44
 Лист 45 з 45
 Лист 46 з 46
 Лист 47 з 47
 Лист 48 з 48
 Лист 49 з 49
 Лист 50 з 50
 Лист 51 з 51
 Лист 52 з 52
 Лист 53 з 53
 Лист 54 з 54
 Лист 55 з 55
 Лист 56 з 56
 Лист 57 з 57
 Лист 58 з 58
 Лист 59 з 59
 Лист 60 з 60
 Лист 61 з 61
 Лист 62 з 62
 Лист 63 з 63
 Лист 64 з 64
 Лист 65 з 65
 Лист 66 з 66
 Лист 67 з 67
 Лист 68 з 68
 Лист 69 з 69
 Лист 70 з 70
 Лист 71 з 71
 Лист 72 з 72
 Лист 73 з 73
 Лист 74 з 74
 Лист 75 з 75
 Лист 76 з 76
 Лист 77 з 77
 Лист 78 з 78
 Лист 79 з 79
 Лист 80 з 80
 Лист 81 з 81
 Лист 82 з 82
 Лист 83 з 83
 Лист 84 з 84
 Лист 85 з 85
 Лист 86 з 86
 Лист 87 з 87
 Лист 88 з 88
 Лист 89 з 89
 Лист 90 з 90
 Лист 91 з 91
 Лист 92 з 92
 Лист 93 з 93
 Лист 94 з 94
 Лист 95 з 95
 Лист 96 з 96
 Лист 97 з 97
 Лист 98 з 98
 Лист 99 з 99
 Лист 100 з 100

Математична модель руйнування ґрунту гідроструменем

Процес руйнування ґрунту для полегшення і спрощення фізичної моделі, для себе розділимо на дві основні стадії.

1 Перша стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем

Перша стадія характеризується деформацією і ущільненням ґрунту без втрати маси, друга відрізняється злиттям з водою та утворенням гомогенної маси, яка з максимальною швидкістю вноситься з лунки.

Вводимо наступні припущення при описі першої стадії:

- рідину струменю є ідеальною, тобто позбавлена в'язкості;
- ширина вильвання ґрунту дорівнює діаметру вихідного отвору сопла;
- струмінь створює на поверхні контакту рівномірний тиск, відповідний тиску гідравлічного удару;
- енергія струменя витрачається на роботу деформації ґрунту;
- величина вертикального переміщення площини руйнування під дією струменя дорівнює глибині проникнення в ґрунт плоского кругового штамп однакового з ним радіусу при тому ж тиску.

Розглядаючи початкову стадію взаємодії рідини з ґрунтом, можна отримати величину гідравлічного удару P_1 у вигляді [11]:

$$P_1 = \rho_2 \cdot c_2 \cdot v_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1}\right), \quad (1)$$

де ρ_1, c_1 — відповідно густина рідини і швидкість звуку в ній;
 ρ_2, c_2 — відповідно густина ґрунту і швидкість звуку в ньому;

$$\Delta p_1 = \frac{\rho_2 v_1^2}{2} - \frac{\rho_1 v_1^2}{2} = \frac{\rho_2 v_1^2}{2} \cdot (1 - 0,7^2) \approx \frac{1}{2} \rho_1 \cdot v_1^2. \quad (7)$$

При радіусі струменя R_1 , радіусі сопла R_2 і радіальному розподілу динамічного тиску p справедлива рівність:

$$R = \frac{0,335 \cdot \sqrt{Z}}{2} \cdot \sqrt{R_2 \cdot L_{max}}, \quad (8)$$

$$\left(1 - \sqrt{p/p_1}\right)^2 = \frac{Z}{R}. \quad (9)$$

де Z — радіальна відстань від осі струменя до точки закінчення дії еквівалентної гідродинамічної сили.

Підставивши в рівняння (9) величину p_1 з рівняння (6), з урахуванням рівності (7) отримуємо:

$$Z = R \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2p \cdot L_{max}}{p_1 \cdot L_1}}\right)^2 \quad (10)$$

Для ефективної частини струменя радіусом R , радіальна відстань Z_0 з умови повного руйнування:

$$R_0 = Z_0 = R \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{max}}{p_1 \cdot L_1}}\right)^2, \quad (11)$$

де σ_p — границя міцності матеріалу при розтягу.

v_1 — швидкість струменя рідини безпосередньо перед шаром ґрунту.
З виразу (1) для сили нормальної дії струменя

$$F_1 = \pi \cdot R_1^2 \cdot \rho_1 \cdot c_1 \cdot v_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1}\right), \quad (2)$$

де R_1 — радіус вихідного отвору сопла.

Визначимо глибину проникнення струменя в ґрунт на першій стадії руйнування h_p . У першому наближенні рішення цієї задачі можна звести до визначення вертикального переміщення поверхні матеріалу для пружного напіпротостру h_p . Отримаємо наступний вираз:

$$h_p = \frac{1 - \nu^2}{2 \cdot R \cdot E} \cdot F_p, \quad (3)$$

де ν — коефіцієнт Пуассона;
 E — модуль пружності Юнга.

Якщо рахувати процес впровадження жорсткого індентора і струменя рідини в напіпротостру, що деформується, аналогічним, то для визначення часу деформації ґрунту на першій стадії руйнування t_1 можна скористатися формулою наступним виразом:

$$t_1 = 1,42 \cdot h_p / v_1. \quad (4)$$

Прийнявши на цій стадії швидкість проникнення струменя v в ґрунт постійною, отримуємо:

Підставивши в отриманий вираз значення R з формули (4,8), запишемо:

$$R_1 = 0,24 \cdot \sqrt{R_2 \cdot L_1} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{max}}{p_1 \cdot L_1}}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad (12)$$

Якщо виразити еквівалентну гідродинамічну силу F через радіальний розподіл динамічного тиску струменя p , отримуємо:

$$F = \int_0^R p \cdot 2\pi \cdot Z dZ. \quad (13)$$

З іншого боку, силу F можна виразити через середній динамічний тиск p_0 , що створюється ефективною частиною струменя:

$$F = \pi \cdot R_1^2 \cdot p_0. \quad (14)$$

З рівнянь (13) і (14) для p_0 запишемо:

$$p_0 = \frac{1}{\pi \cdot R_1^2} \int_0^R p \cdot 2\pi \cdot Z dZ. \quad (15)$$

Проінтегрувавши вираз (15) з урахуванням залежностей (9), (10) і (12), отримуємо:

$$p_0 = p_1 \cdot \frac{L_1}{L_{max}} \cdot \left(0,5 - 0,57 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{max}}{p_1 \cdot L_1}}\right) + 0,2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{max}}{p_1 \cdot L_1}}\right)^2\right). \quad (16)$$

$$v_1 = h_p / t_1 \approx 0,7 \cdot v_1. \quad (5)$$

2 Друга стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем

Друга стадія відрізняється злиттям з водою та утворенням гомогенної маси, яка з максимальною швидкістю вноситься з лунки. При цьому ґрунт зазнає наступні зміни: пластичні деформації, деформації зрушення.

Для побудови математичної моделі руйнування ґрунту на другій стадії введемо наступні припущення:

- ріжучий струмінь рідини складається з початкової і основної областей;
- динамічний тиск струменя в межах початкової області рівний динамічному тиску струменя на виході з сопла [11];
- руйнування відбувається в тому випадку, якщо середній динамічний тиск поперечному перетві струменя перевищує твердість ґрунту;
- для величини динамічного тиску струменя p_0 основної області справедливе рівняння:

$$p_0 = (p_1 - \Delta p_1) \cdot \frac{L_1}{L_{max}}, \quad (6)$$

де p_1 — динамічний тиск струменя на виході з сопла;

Δp_1 — втрати тиску на першій стадії руйнування;

L_1 — довжина початкової ділянки струменя;

L_{max} — відстань від сопла до площі контакту струменю з ґрунтом.

Припустивши, що на першій стадії руйнування енергія струменя витрачається тільки на деформацію ґрунту, для умов ідеальної пружності запишемо:

Для спрощення подальших обчислень, введемо наступні безрозмірні параметри:

$$\chi = 1 - \sqrt{\frac{2\sigma_p \cdot L_{max}}{p_1 \cdot L_1}}, \quad (17)$$

$$\gamma = 0,5 - 0,57 \cdot \chi + 0,2 \cdot \chi^2. \quad (18)$$

Визначимо втрати тиску Δp_1 струменя на тертя об бічні стінки лунки. Скориставшись рівнянням гідравліки для потоку рідини в циліндричній трубці з урахуванням контакту за площею напіпротостру отримуємо:

$$\Delta p_1 = \lambda_p \cdot \frac{h - h_p}{2 \cdot R_1} \cdot \frac{\rho_1 v_1^2}{2} = \frac{\lambda_p}{4} \cdot p_1 \cdot \frac{h - h_p}{R_1}, \quad (19)$$

де λ_p — коефіцієнт гідравлічного опору;

h — товщина оброблюваного матеріалу.

Для уявлення процесу руйнування ґрунту під дією струменя рідини, прийнемо умовно, що об'єм з області руйнування зменшується поступово по вертикальній рухомій контактній поверхні S . Тому що швидкість проникнення струменя в ґрунт значно більше швидкості подчі, то площу контакту взаємодії струменя з ґрунтом можна умовно вважати нерухомою в горизонтальній площині практично для всіх випадків гідроструменевого руйнування. Тоді горизонтальну швидкість подчі зрава можна апроксимувати послідовністю ступенів (розміри яких відповідають діаметру сопла) за період часу, що необхідний для повного руйнування ґрунту. Представимо умовно руйнуючий струмінь рідини як сукупність елементарних струменів масою dm , кожен з яких руйнує ґрунт на глибину dh .

Математична модель руйнування ґрунту гідроструменем

При цьому залишкова кінетична енергія струменя визначається критичною швидкістю v_c . Використовуючи рівняння Бернуллі для тиску на площадку контакту, визначимо швидкість v_c , при якій припиняється процес руйнування ґрунту:

$$v_c = \sqrt{2 \cdot \sigma_p / \rho} . \quad (20)$$

Прирівнявши втрати кінетичної енергії струменя і роботу гідродинамічних сил по подоланню опору ґрунту на ділянці dh , отримаємо:

$$\frac{dm \cdot (v^2 - v_c^2)}{2} = \int_{h_0}^h F_c \cdot dh , \quad (21)$$

де F_c — сила, визначувана контактним тиском:

$$F_c = \pi \cdot \sigma_p \cdot R_c^2 . \quad (22)$$

За час dt через вихідний отвір сопла пройде маса рідини:

$$dm = \pi \cdot R_c^2 \cdot \rho_p \cdot v_p \cdot dt . \quad (23)$$

Після інтегрування і підстановки значення сили F_c з рівняння (22) і dm з (23) вираз (21) прийме вигляд:

$$R_c^2 \cdot v_0 \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_c^2}{2} \right) dt = \sigma_p \cdot R_c^2 \cdot dh ,$$

чи (24)

$$R_c^2 \cdot v_0 \cdot (p_c - \sigma_p) \cdot dt = \sigma_p \cdot R_c^2 \cdot dh .$$

Тоді час dt для руйнування ґрунту товщиною dh буде дорівнювати:

$$dt = \frac{\sigma_p \cdot R_c^2 \cdot dh}{(p_c - \sigma_p) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (25)$$

Тоді з рівняння (25) повний час проникнення струменя в ґрунт на другій стадії руйнування буде:

$$t_2 = \frac{\sigma_p \cdot R_c^2 \cdot (h - h_w)}{(p_c - \sigma_p) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (26)$$

З урахуванням залежності (19) отриманий вираз прийме кінцевий вигляд:

$$t_2 = \frac{\sigma_p \cdot R_c^2 \cdot (h - h_w)}{(p_c - 0,25 \cdot p_c \cdot \lambda_r \cdot (h - h_w)) \cdot (R_c - \sigma_p) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (27)$$

Загальний час t повного руйнування ґрунту товщиною h складається з t_1 (4) і t_2 (27) і дорівнює:

$$t = 1,42 \frac{h_w}{v_0} + \frac{\sigma_p \cdot R_c^2 \cdot (h - h_w)}{\left(p_c - \frac{p_c \cdot \lambda_r}{4 \cdot R_c} \cdot (h - h_w) - \sigma_p \right) \cdot R_c^2 \cdot v_0} . \quad (28)$$

Тому що за цей час матеріал переміститься в горизонтальному напрямі на відстань $2R_c$, то, з урахуванням виразів (17) і (18) швидкість подачі буде дорівнювати:

$$V = \frac{2 \cdot R_c}{t} = 2 \frac{R_c \cdot \rho_p^{0,5}}{R_c^{0,5}} / \left(h_w + \frac{5,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sigma_p \cdot L \cdot (h - h_w) \cdot \chi^{\frac{1}{2}}}{R_c \cdot \left[p_c \cdot \left(\frac{\gamma \cdot L_w}{L_{max}} - \frac{(h - h_w) \cdot \lambda_r}{\sqrt{R_c \cdot L \cdot \chi^{\frac{1}{2}}}} \right) - \sigma_p \right]} \right) . \quad (29)$$

Отримана залежність (23) величини подачі ґрунту на поверхню при його повному руйнуванні дає можливість для матеріалів з різними σ_p отримати раціональні значення радіуса сопла R_c та тиску в системі p і тим самим визначити раціональну продуктивність процесу.

3 Висновки

В даному розділі виконано математичне моделювання руйнування ґрунту під дією гідроструменя під час процесу занурення паль. Показано силу нормальної дії струменя, визначено глибину проникнення струменя в ґрунт. Також було визначено втрати тиску струменя на тертя об бічні стінки лунки, визначено швидкість v_c , при якій припиняється процес руйнування ґрунту. Наостанок показано алгоритм знаходження повного часу проникнення струменя в ґрунт на другій стадії руйнування.

ДОДАТОК В

СПЕЦИФІКАЦІЇ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			08-27.МКР.008.01.00.000.СК	Складальне креслення	1	
<i>Складальні одиниці</i>						
A1	1		08-27.МКР.008.01.01.000.СК	Сегмент з-подібний	1	
A1	2		08-27.МКР.008.01.02.000.СК	Сегмент прямий	1	
A1	3		08-27.МКР.008.01.03.000.СК	Кронштейн	1	
	4		08-27.МКР.008.01.04.000.СК	Хомут	1	
	5		08-27.МКР.008.01.05.000.СК	Шприц	1	
	6		08-27.МКР.008.01.06.000.СК	Формувач струменя	1	
<i>Деталі</i>						
A3	8		08-27.МКР.008.01.00.001	Тяга	2	
A3	9		08-27.МКР.008.01.00.002	Плече	2	
A4	10		08-27.МКР.008.01.00.003	Планка	2	
A4	11		08-27.МКР.008.01.00.00.004	Втулка	2	
A4	12		08-27.МКР.008.01.00.005	Втулка регулювальна	12	комплект
A4	13		08-27.МКР.008.01.00.006	Вісь 1	3	
A4	14		08-27.МКР.008.01.00.007	Вісь 2	3	
A4	15		08-27.МКР.008.01.00.008	Втулка сферична	6	
A4	16		08-27.МКР.008.01.00.009	Підшипник ковзання	6	
A4	17		08-27.МКР.008.01.00.010	Втулка розмірна	12	комплект
A4	18		08-27.МКР.008.01.00.011	Заглушка	1	
A4	19		08-27.МКР.008.01.00.012	Штуцер	1	
08-27.МКР.008.01.00.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Шевченко В.В.				
Пров.		Іскович-Лотоцький Р.Д.				
Н.контр.		Іскович-Лотоцький Р.Д.				
Утв.		Поліщук Л.К.				
Виконавчий орган				установки		
Лит.		Лист		Листов		
		1		2		
ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21м						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Стандартні вироби		
		24		Болт ГОСТ 7808-70 M24-8gx20.48.019	6	
		26		Гайка ГОСТ 8381-73 M24-6H	12	
		28		Гайка ГОСТ 11871-88 M56x1,5-6H	1	
		30		Манжета ГОСТ 8752-79 1.1-65x90-1	6	
		32		Шайба ГОСТ 6402-70 A 24.37	12	
		33		24Л	6	
				Інші вироби		
		36		Гідроциліндр МС125/60x820-3(4).11(1285)	1	
		37		МС150/85x1000-3(4).11(1285)	2	

Інв. № подл.	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

08-27.МКР.008.01.00.000

Лист
2

ДОДАТОК Г

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

на тему:

СПЕЦІАЛЬНЕ МОБІЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ З ГІДРОСТРУМЕНЕВИМ
ПРИСТОСУВАННЯМ ДЛЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ В САДКАХ ТА
ВИНОГРАДНИКАХ

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Спеціальне мобільне обладнання з гідрострумуневим пристосуванням для занурення паль в садках та виноградниках»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (вказати))

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ, 1ГМ-21м
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Іскович-Лотоцький Р. Д., професор кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)

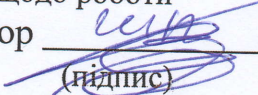
Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	96,6%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	3,4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ✓ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення с недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

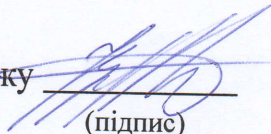
Автор 
(підпис)

Шевченко В.В.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Ознак академічного плагіату не виявлено

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Шенфельд В. Й.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____
(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)