

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Деталі машин і підйомно-транспортних механізмів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Бурове робоче обладнання на сиріловому
крані МКР-25БР

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-313ст

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

ОПР та підйомно-транспортні, дорожні, будівельні
меліоративні машини і обладнання
(прізвище та ініціали) Дусядан М.Г.

Керівник Сидоренко М.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Гролов Р.О.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний факультет
Кафедра Якнай машин і підйомно-транспортних механізмів
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 133 „Тануве машинобудування“
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні механізовані машини і обладнання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Курмочацький В. М.

« 15 » 04 20 26 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Мусягін Максим Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Бурове робоче обладнання на стріловому крані МКР-25 БР

керівник проєкту (роботи) Дош Михайло Сидоренко, КТН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 15 » 04 20 26 року № 163

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.06.2026


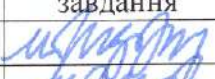

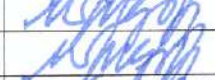


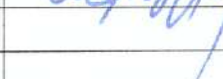



3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Вихідна конструкція крана МКР-25

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1-Техніко-економічне обґрунтування проєкту. 2-Конструкція, принцип дії та технології роботи машин. 3-Розрахунок основних параметрів коврової установки на базі стрілового крана МКР-25 БР. 4-Розрахунок коврової шогли на міцність. 5-Розрахунок на міцність штовпери коврової шогли.

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

Лист 1- А1 Модернізація самохідного крана МКР-25 БР. Лист 2- А1 Коврова шогла. Лист 3- А1 Бурова корона. Лист 4- А1 привід бурової. Лист 5- А1 Технологія обладнання котлованив під фундамент.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Сидоренко М.В. Доц		
2	Сидоренко М.В. Доц		
3	Сидоренко М.В. Доц		
4	Сидоренко М.В. Доц		
5	Сидоренко М.В. Доц		

7. Дата видачі завдання « 15 » 04 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Техніко-економічне обґрунтування проекту	30.04.2026	
2.	Конструкція, принцип дії та технологія роботи машини.	15.05.2026	
3.	Розрахунок основних параметрів коврової установки на базі стрінового органу АКГ ²⁵ БР.	20.05.2026	
4.	Розрахунок коврової щогли на міцність	25.05.2026	
5.	Розрахунок на міцність прориси коврової щогли	01.06.2026	

Студент


(підпис)

Мусборін М.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Сидоренко М.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 27 рисунків; 5 таблиць; 15 джерел; 90 сторінок.

Об'єкт дослідження: стріловий кран МКГ-25БР.

Мета: виконати проект модернізації стрілового крана МКГ-25БР.

Методи дослідження: статичний, метод економічного порівняння. Дипломний проект шляхом розрахунків доводить доцільність проведення модернізації крана. Доцільність модернізації розглянутого крана економічно обґрунтована. Економія капітальних вкладень у порівнянні з придбанням нового обладнання становить 985500 грн. Отже, модернізація крана можлива і є економічно ефективною.

КРАН, КОПРОВА МАЧТА, БУР, БУРОВЕ ОБЛАДНАННЯ, ДИЗЕЛЬ-МОЛОТ, ШТАМП, КАНАТ, ЕЛЕКТРОДВИГУН, ПЛАНЕТАРНИЙ РЕДУКТОР, БУРІННЯ, ВИШТАМПУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Техніко-економічне обґрунтування проєкту.....	11
1.1. Огляд науково-технічної інформації та конструктивних рішень щодо виштамповування котлованів під фундамент.....	11
1.2. Способи занурення забивних робочих органів.....	22
1.3. Аналіз науково-технічних та патентних рішень.....	27
2. Конструкція, принцип дії та технологія роботи машини.....	29
2.1. Конструкція та принцип дії обладнання для виштамповування котлованів.....	29
2.2. Технологія виконання робіт.....	30
3. Розрахунок основних параметрів копрової установки на базі стрілового крана МКГ-25БР.....	32
3.1. Вибір молота для виштамповування котлованів	32
3.2. Визначення висоти копрової щогли.....	35
3.3. Підбір та розрахунок канатів.....	36
3.4. Визначення основних параметрів режиму обертального буріння та підбір обладнання.....	41
3.5. Розрахунок стійкості копрового обладнання.....	48
4. Розрахунок копрової щогли на міцність.....	52
4.1. Визначення реакцій у шарнірах O_1, O_2	52
4.2. Визначення згинальних моментів, повздовжніх і поперечних сил.....	55
4.3. Визначення стійкості консольної частини копрової щогли.....	58
4.4. Розрахунок на міцність консолі копрової щогли.....	58
5. Розрахунок на міцність траверси копрової щогли.....	61
5.1. Вихідні дані та задача розрахунку.....	61
5.2. Визначення опорних реакцій.....	62

5.3. Перевірка міцності перерізу траверси.....	65
6. Розрахунок економічного ефекту від модернізації стрілового крана.....	67
6.1. Розрахунок показників економічної ефективності.....	67
6.2. Розрахунок та порівняння капітальних витрат.....	68
6.3. Розрахунок терміну окупності додаткових капітальних вкладень.....	71
7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72
7.1. Аналіз потенційних небезпек.....	72
7.2. Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	73
7.3. Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	77
7.4. Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.....	79
7.5. Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	81
Висновок.....	84
Перелік використаних джерел.....	86
Додатки.....	88

ВСТУП

Кран МКГ-25БР — повно поворотний самохідний кран на розсувному гусеничному ході з дизель-електричним багатомоторним приводом. Кран випускався на вітчизняних підприємствах з 1970-х років ХХ століття:

Дніпропетровському дослідному заводу засобів механізації;

Іллічівському рудоремонтному заводу Мінвуглепрому у місті Стаханов Луганської області;

на заводі металургійного машинобудування м. Дебальцеве.

Кран став модифікацією крана МКГ-25 і має свою передісторію.

У 1965 році Дніпропетровський дослідний завод засобів механізації розпочав випуск гусеничних кранів моделі МКГ-25 на ходовому пристрої з багатокатковими гусеничними візками. Кран оснащувався індивідуальним приводом і мав вантажопідіймальність 25 т. Як основне стрілове обладнання встановлювалася стріла завдовжки 17,5 м. Основна стріла нарощувалася за допомогою змінних секцій-вставок, кожна завдовжки 5 м, що давало можливість збільшити довжину стріли до 32,5 м.

Усі основні вузли крана МКГ-25, крім ходового пристрою, уніфіковані з краном на пневмоколісному ході МКП-25, який випускався Куйбишевським механічним заводом №1 і відрізнявся зниженою вантажопідіймальністю на допоміжному підйомі до 3 т.

У 1966 році на базі моделі МКГ-25 було створено спільний радянсько-німецький кран RDK-25, а з 1972 року розпочато випуск його модифікації — крана RDK 250-1.

У червні 1967 року пройшов міжвідомчі випробування гусеничний кран МКГ-25БС, створений у центральному конструкторському бюро Головбудмеханізації Міністерства монтажного і спеціального будівництва з використанням вузлів ходової частини крана МКГ-25. У стріловому виконанні

технічні характеристики кранів збігалися, однак новий кран МКГ-25БС можна було дооснастити баштово-стріловим обладнанням.

МКГ-25БС — баштово-стрілове виконання крана.

Крани МКГ-25БС були призначені:

у стріловому виконанні — для виконання монтажних робіт під час будівництва промислових об'єктів;

у баштово-стріловому виконанні застосовувалися під час монтажу довгомірних (до 12 м) залізобетонних плит і надшахтних копрів кам'яновугільних шахт.

Перша партія цих кранів була випущена в першому кварталі 1968 року на Дніпропетровському заводі металоконструкцій №2.

Кран МКГ-25БР призначений для монтажних, вантажно-розвантажувальних робіт, а також застосовується у мостобудуванні та в енергетичному будівництві.

Монтажний гусеничний кран МКГ-25 порівняно з кранами аналогічного класу має такі переваги:

- збільшені вантажно-висотні характеристики;
- залежно від характеру та умов роботи довжина стріли може змінюватися від 14,4 м до 34,4 м — у стріловому виконанні; висота башти може змінюватися від 18,5 м до 28,5 м;
- висота підйому вантажу збільшується до 34,0 м головним підйомом і до 36,6 м допоміжним підйомом у стріловому виконанні;
- у баштовому виконанні — до 46,7 м;
- це дає змогу виконувати будівельні та монтажні роботи на висоті 10-поверхового будинку;
- конструкція крана передбачає широкий діапазон виконуваних робіт, кількість видів робочого обладнання — 21; наявність укорочених стріл дає можливість монтувати вантажі масою до 25 т усередині приміщень.

Розсувна конструкція гусеничного ходу забезпечує:

- під час роботи — підвищену стійкість крана, під час транспортування — невеликий транспортний габарит 3,2 м;

- зручність транспортування залізничними та автомобільними дорогами без розбирання (з крана знімається лише робоче обладнання);

- кран власним ходом по настилу може заїхати на трал або залізничну платформу (не потрібне для завантаження вантажопідіймальне обладнання великої потужності);

- висока мобільність забезпечується скороченням тривалості монтажу крана (лише встановлення робочого обладнання).

Для збільшення висоти підйому і підстрілового простору кран комплектується:

- гратчастим гуськом завдовжки 5 м ($H = 36,6$ м);

- баштово-стріловим обладнанням з маневровим гуськом завдовжки 10, 15 і 20 м (Нц.г. = 46,7 м).

Можливе пересування крана з вантажем.

Живлення здійснюється як від встановленого на крані дизель-генератора потужністю 60 кВт з двигуном внутрішнього згоряння ЯМЗ-236, так і від зовнішньої мережі напругою 380 В.

Гусеничний хід, що регулюється за шириною, дає змогу транспортувати кран на трейлері дорогами загального користування.

Безпека забезпечується комплексом приладів і пристроїв, зокрема мікропроцесорним обмежувачем навантаження ПЗК-10, ОВМ-240, який забезпечує:

- захист від перевантаження та перекидання;

- захист від пошкоджень під час роботи в обмежених умовах (координатний захист);

- захист від небезпечної напруги в зоні ліній електропередач;

- реєстрацію і запис параметрів крана.

Завдяки модернізації крана ми отримуємо:

- бурове обладнання;

- палейне обладнання;
- обладнання для виштамповування котлованів, при цьому кран не втрачає свого основного призначення і має:
 - найбільшу вантажопідіймальність — 10,5 т;
 - вантажопідіймальність на гаковій обоймі підйому молота — 6 т;
 - вантажопідіймальність на гаковій обоймі підйому паль — 4,5 т.

У техніко-економічному обґрунтуванні проєкту пропонується розглянути конструктивні рішення щодо виштамповування котлованів під фундамент, а далі взяти за приклад роботу обладнання, оскільки, саме тут можливо чудово спостерігати злагоджену роботу бурового обладнання та дизель-молота з лідером і штампом.

У дипломному проєкті розглядається інструмент, що застосовується у твердих глинистих ґрунтах, у ґрунтах із включенням валунів, твердих зв'язних ґрунтах тощо.

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

1.1. Огляд науково-технічної інформації та конструктивних рішень щодо виштамповування котлованів під фундаменти

Для розгляду конструктивних рішень щодо виштамповування котлованів під фундамент необхідно, насамперед, провести патентний огляд існуючих авторських свідоцтв.

Спосіб зведення фундаменту за авторським свідоцтвом № 700601. На очищеній від рослинного шару та вирівняній поверхні (рис. 1.1) ґрунтової основи 1 намічають центр фундаменту, що зводиться. По центру встановлюють трамбувальний штамп і окреслюють контур 2 його підшви. Потім приступають до проходки свердловин без виїмки ґрунту за допомогою навісного обладнання до базової вантажопідйомної машини 3, яке складається з напрямної 4, шарнірно з'єднаної зі стрілою базової машини. Направлене скидання в одне й те саме місце снаряда призводить до утворення свердловин 5 діаметром, рівним діаметру снаряда. При цьому найбільш оптимальним діаметром свердловин є діаметр, що дорівнює $0,2...0,25d$, (d – діаметр круглого або сторона квадратного, або велика сторона прямокутної основи трамбування штампа 6). На майданчику в межах розміченого контуру 2 рівномірно проходять вертикальні свердловини 5 так, що мінімальна відстань у плані між їхніми осями дорівнює двом діаметрам цих свердловин. При цьому свердловини, що примикають до розміченого контуру 2 трамбування – штампа, проходять так, що їхні краї виступають за контур 2 на $0,15...0,25$ діаметра свердловини 5.

після проходки свердловин їх засипають малостислим сипучим матеріалом із високим кутом внутрішнього тертя, переважно щебенем. товщина засипки становить $1,5...2,0$ діаметра свердловини 5. коли пройдено свердловини 5 без виїмки ґрунту і їх заборі покриті шаром малостиного сипучого матеріалу 7, приступають до формування котловану 8 шляхом спрямованого скидання

трамбувального штампа 6, форма і розміри підшови якого збігаються з формою і розмірами підшови фундаменту.

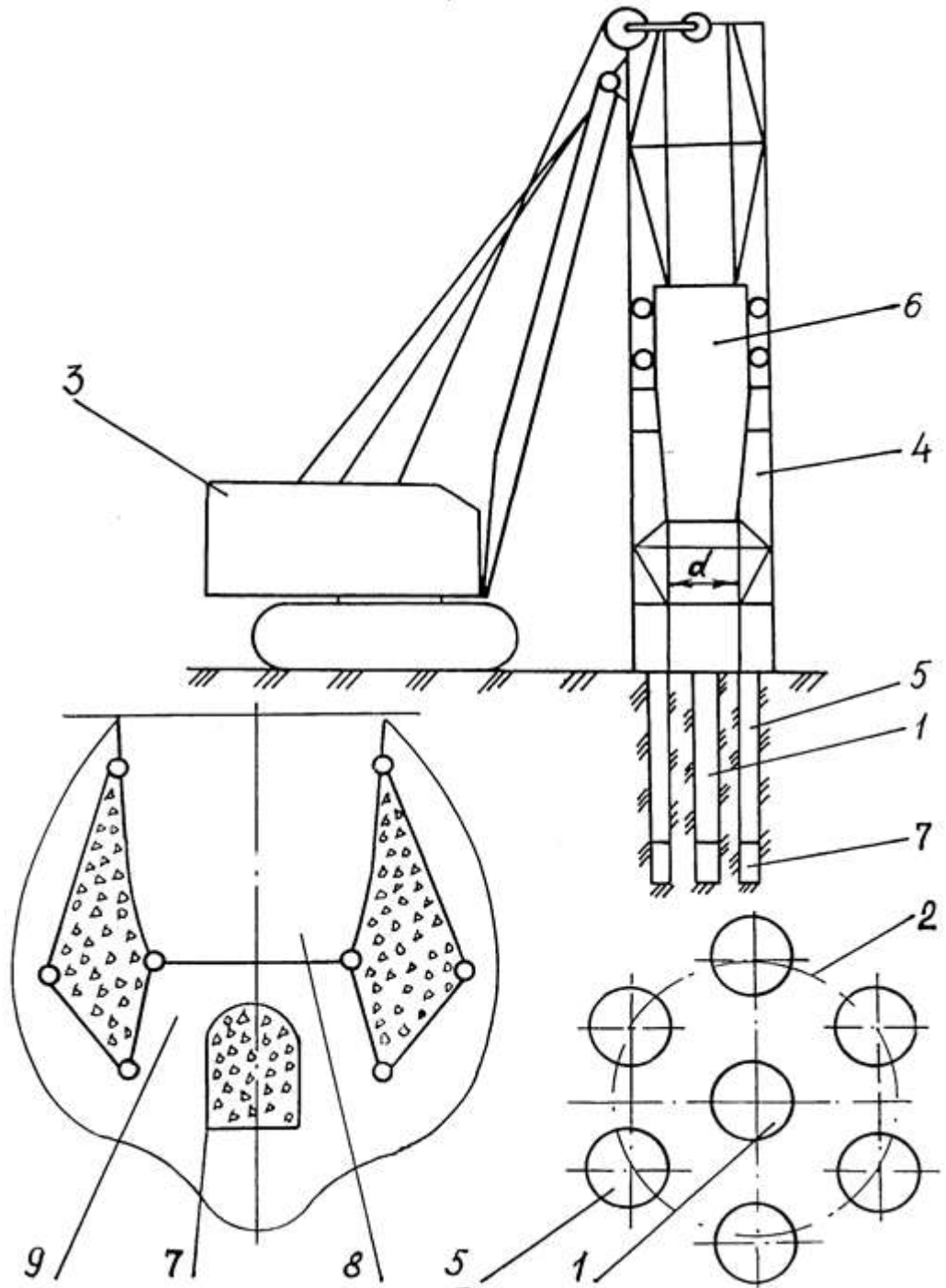


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема обладнання згідно з авторським свідоцтвом

№ 700601[1]:

1 – ґрунтове підґрунття; 2 – контур; 3 – базова машина; 4 – напрямна; 5 – свердловина; 6 – штамп; 7 – твердий матеріал; 8 – котлован; 9 – ґрунтове ядро

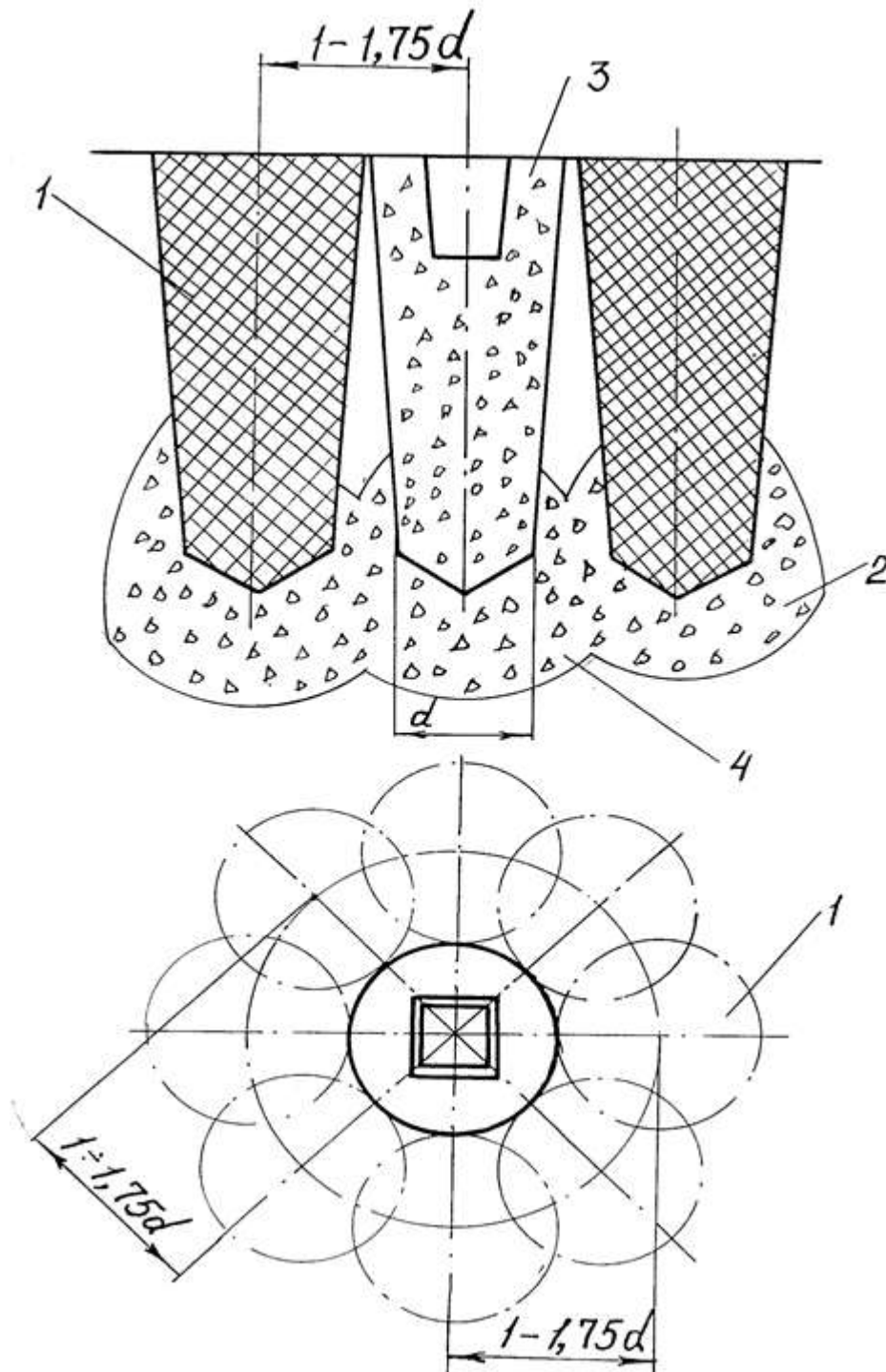


Рисунок 1.2 – Схема зведення фундаменту згідно з авторським свідоцтвом № 844692[2]

У процесі виштамповування відбувається створення котловану під фундамент, габарити якого відповідають проектним розмірам фундаменту, в

основі його утворення ґрунтове ядро 9 збільшених розмірів, що підвищує несучу здатність.

Пристрій для утрамбовування котловану за авторським свідоцтвом № 117137.

Під час роботи трамбувальної машини 6 (рис. 1.3., а) періодично підіймають її до розрахункової висоти та опускають по напрямних рейках 1. При цьому для котлованів з абочним перерізом у вертикальній площині утрамбовування проводиться таким чином, щоб половина відстані між сусідніми точками утрамбовування (положеннями центру ваги трамбівки) була на 5...10 см меншою, ніж відстань у плані від центру трамбівки до краю консольного елемента.

Пристрій за авторським свідоцтвом № 10677140. Порожниста трамбівка 5 виконана у вигляді подовженої у плані призми трапецієподібного перетину (рис. 1.3., б) з нахилом сторін 1:10...1:20 і більшою основою вгорі. Співвідношення ширини трамбівки до її висоти на середині її висоти становить не менше 0,7, а до довжини знаходиться в межах 0,15...0,2.

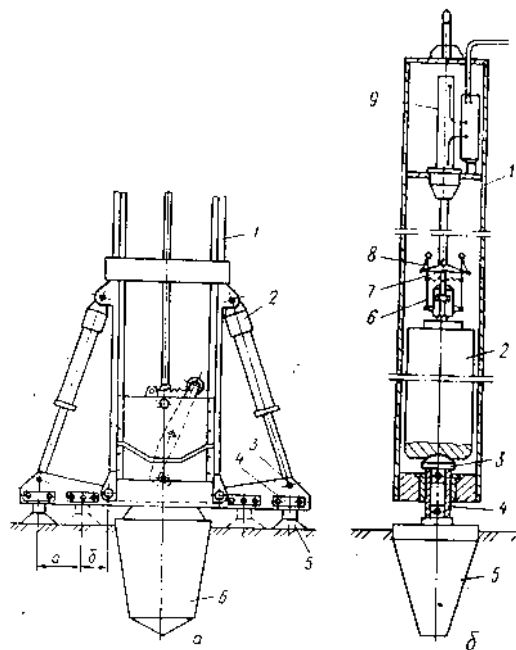


Рисунок 1.3 – Пристрій для утрамбовування поглиблень[3]:

а) – з механізмом витягування; б) – ударної дії

Перехідник 4 служить для збільшення глибини виштамповування безперервного котловану або траншеї та має трубчастий або коробчастий переріз. Утрамбовування здійснюється періодичним зсувом по напрямних трамбування. Перекриття трамбуванням наступного котловану попереднім повинно бути на 5 см менше.

Робочий орган з інерційною масою за авторським свідоцтвом № 11335841.

У момент зіткнення з ґрунтом корпус 1 (рис. 1.4., а) трамбування та інерційна маса 3, що знаходиться в ньому, починає рухатися з різними швидкостями, причому швидкість першої зменшується швидше. В результаті цього на інерційну частину корпусу 1 трамбування через амортизатор 4 інерційна маса створює додатковий тиск, який передається на ущільнювальну поверхню ґрунту.

Після завершення удару підйомний механізм екскаватора піднімає за допомогою сержки 6 інерційну масу 3 по канату 2 до упору 5, після чого починається підйом корпусу 1 трамбівки до заданої висоти, потім цикл повторюється.

Застосування трамбування дозволяє отримати більшу глибину ущільнення шару ґрунту, а, отже, підвищити продуктивність робіт.

Трамбівка з гідравлічним пристроєм за авторським свідоцтвом № 1057621.

Під час підйому робочого органу після скидання його захоплюють скобу 6 гаком базової машини (рис. 1.4., б [4]), і, якщо тягове зусилля останньої виявиться недостатнім для витягання її з котловану, гак виводять із скоби 6 і вводять у тягову сержку 7, переміщуючи її потім вгору.

Це призводить до стиснення пружин 8 і витіснення робочої рідини з гідроциліндра 2 по каналу 4 у гідроциліндр 9, внаслідок чого відбуваються одночасно підйом корпусу 1 вгору відносно нерухомого в даний момент наконечника 13 і стиснення пружини 11. В результаті значного ходу корпусу 1 та розвитку у гідроциліндрі 9 великого зусилля підйому відбувається надійний відрив корпусу 1 від ґрунту. Гак виводять із сержки 7 і вводять у скобу 6, здійснюючи підйом робочого органу на задану висоту.

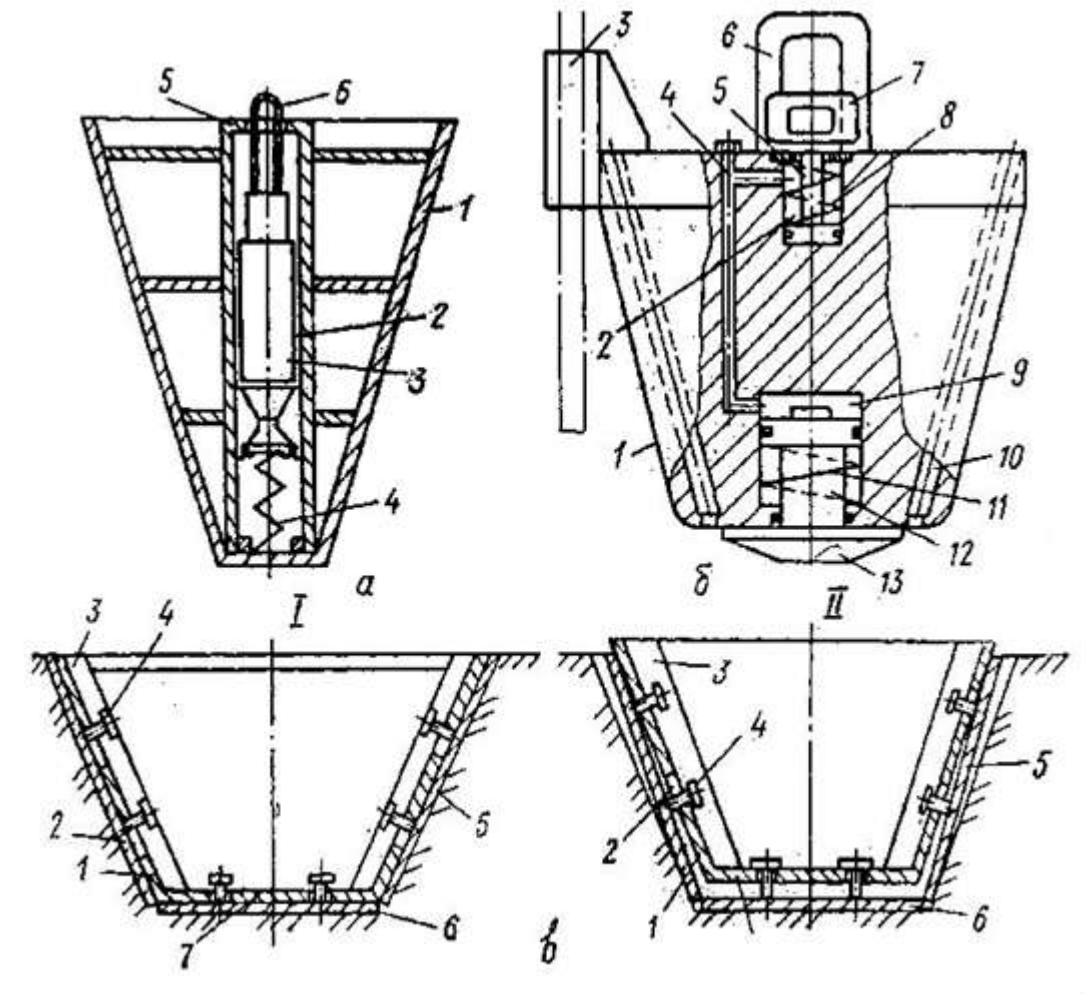


Рисунок 1.4 – Пристрій для утрамбовування поглиблень[4]:

а – з інерційною масою;

б – з гідравлічним пристроєм;

в – з гнучкими пружними елементами;

I – робочий орган у зануреному стані;

II – витягування робочого органу з ґрунту

При цьому завдяки пружності пружин 8 і 11 відбувається перетікання робочої рідини з гідроциліндра 9 у гідроциліндр 2 та повернення серезки 7 і наконечника 13 у вихідне положення.

Завдяки такій конструкції робочого органу підвищується надійність роботи на вологих глинистих ґрунтах і забезпечується висока якість поглиблень.

Трамбівка за авторським свідоцтвом № 909011.

При зануренні трамбівки (рис. 1.4., в) у ґрунт листи 5 облицювання щільно прилягають до ґрунту та стінок штампа і тому практично працюють тільки на стискання. Це дозволяє виготовляти їх із тонкого пружного матеріалу. Трамбівка стикається тільки ребрами. При її витяганні тертя між листами і ґрунтом виявляється приблизно в 3...4 рази більше, ніж між трамбівкою і листами. Тому трамбівка починає переміщатися відносно облицювання і за рахунок зазорів між листами та гнучкого їх кріплення також зближуються між собою доти, доки тиск на листи з боку ґрунту не зменшиться настільки, що трамбівка буде витягнута зусиллям, яке істотно не перевищує її масу.

Така конструкція трамбування дозволяє підвищити якість котловану шляхом запобігання обваленню його стінок. З огляду на те, що сили тертя між корпусом 1 і чохлом 2 (особливо при виготовленні його з пластмаси) є вкрай незначними (рис. 1.5., а)), зусилля підйому корпусу 1 витрачається, головним чином, на подолання сили тяжіння пристрою та на деформацію пружин стиснення.

Пристрій з передавальною плитою за авторським свідоцтвом № 909011.

Під час утримовування котлованів фіксатор 3 (рис. 1.5., в) від'єднаний від утримувального органу, а рухомий упор 5 зафіксований вгорі.

Під час виймання трамбувального пристрою упор фіксують у нижньому положенні, після чого трамбувальний орган опускають. Упор 5, впливаючи на важелі 6, відриває усічений корпус 2 від ґрунту.

Використання пристрою дозволяє повністю виключити заклинювання трамбувального органу в ґрунті під час утримовування.

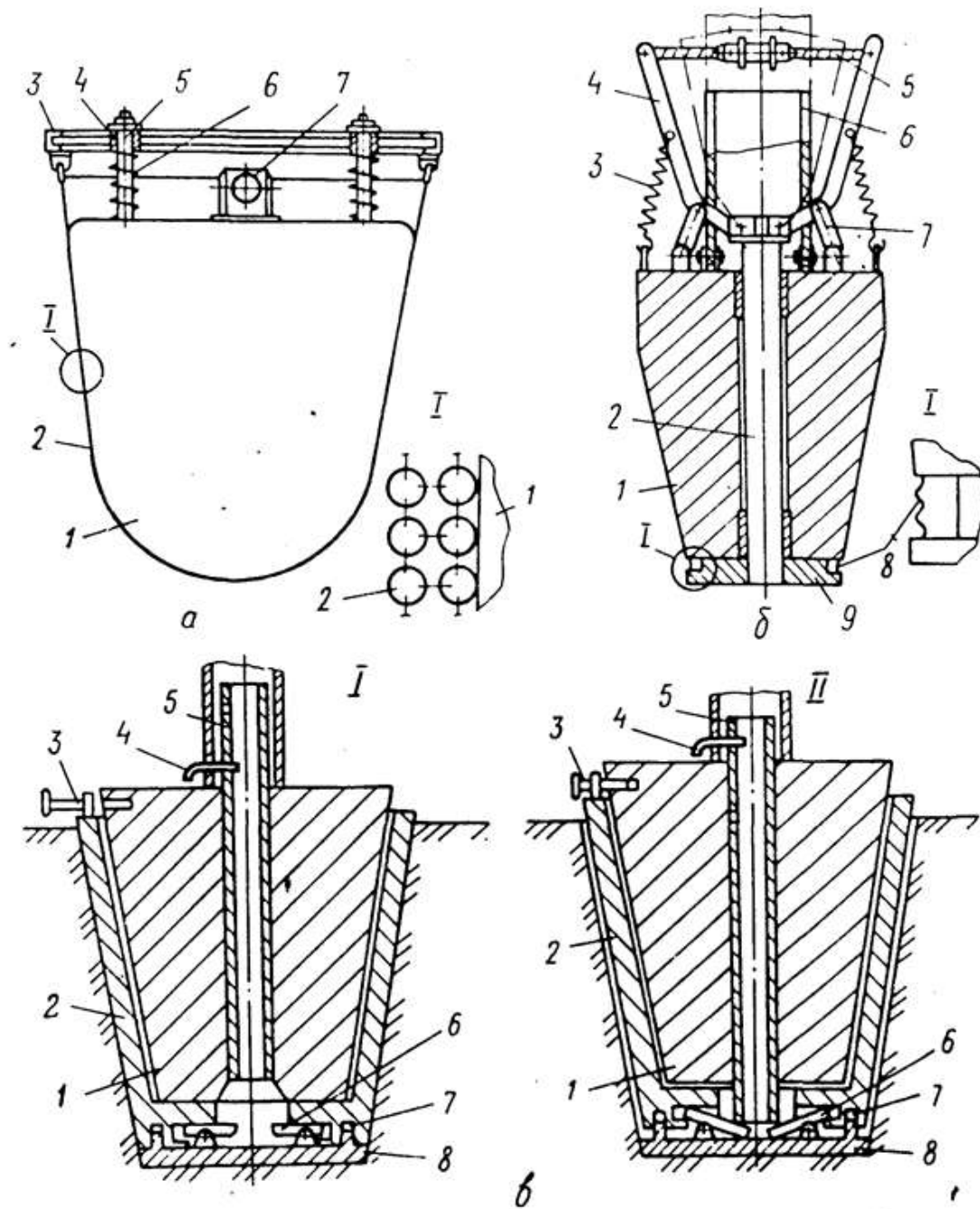


Рисунок 1.5 – Пристрій для утрамбовування поглиблень[5]:

а – з гнучким чохлам; б – з рухомим штоком; в – з передавальною плитою,

I – робочий орган у зануреному стані;

II – витягування робочого органу з ґрунту

Пристрій з рухомим штоком за авторським свідоцтвом № 107960.

При витягуванні пристрою в результаті розвитку значних зусиль у гнучкому елементі та за рахунок співвідношення плечей важелів на корпус через тяги 7

(рис. 1.5., б) передається зусилля, що забезпечує його надійний відхід від стінок котловану при переміщенні вгору відносно системи «оголовок – шток – опорна плита».

Пристрій забезпечує високу надійність вилучення та надійність роботи при утрамбовуванні котловану високої якості.

Пристрій із роздільними вертикальними елементами за авторським свідоцтвом № 1043254.

Трамбівка надійна в роботі (рис. 1.6., а), завдяки виключенню перекосу та заклинювання вертикальних елементів корпусу, невеликому зусиллю витягання, а також ліквідації можливості утворення ґрунтової пробки (стінки вертикального нахилу для відведення повітря в процесі утрамбовування та перемішуються одна відносно іншої).

Пристрій з поворотною передавальною плитою за авторським свідоцтвом № 1139798.

При утворенні трамбівки (рис. 1.6., б) відбувається її переміщення відносно передавальної плити на величину зазору 4 з одночасним обертанням плити навколо своєї осі. Витрати кінетичної енергії падаючої трамбівки на стиснення пружини незначні і не перевищують 5 %.

Трамбувальна машина з висувними боковинами за авторським свідоцтвом № 1074940.

У момент удару відбувається входження загостреної частини корпусу робочого органу в ґрунт, потім, після зупинки корпусу, клиноподібний елемент продовжує тиск і через опори кочення передає кінетичну енергію ущільнювальним щокам. Останні, висуваючись, ущільнюють стінки котловану. Кут повороту ущільнювальних щік, що визначає ширину котловану, встановлюється шляхом регулювання величини вертикального переміщення клиноподібного елемента, для чого змінюють товщину стінки плити 7 (рис. 1.7).

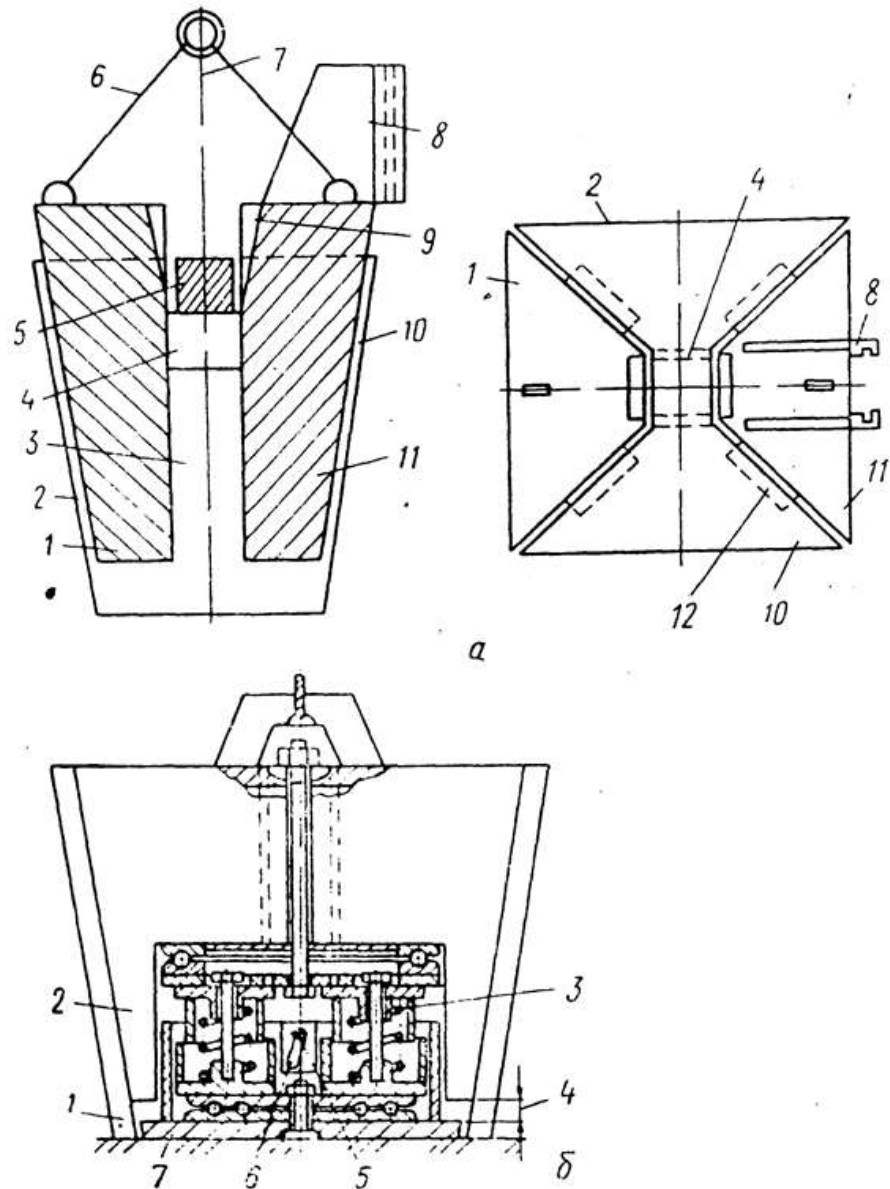


Рисунок 1.6 – Пристрої для виштамповування поглиблень[6]:

а – з роздільними вертикальними елементами;

б – з поворотною передньою плитою

Пристрій з ущільнювальною плитою за авторським свідоцтвом № 1184902.

Містить направляючу штангу 5 (рис. 1.7., б), до якої знизу кріпиться п'ята 10, оснащена шпорою 13. За допомогою механізму 2 блокова обойма 3 з'єднується з трамбівкою і при роботі лебідки піднімається по штанзі 5 на задану висоту скидання. Трамбівка падає по штанзі вниз.

Ущільнений ґрунт частково витісняється в зазор між п'ятою і трамбівкою і утворює прошарок 12, завдяки чому наступні удари трамбівки по п'яті дещо амортизуються ґрунтом.

Пристрій з динамічним витяганням робочого органу за авторським свідоцтвом № 1276752.

Робочий орган шляхом періодичного підйому та скидання занурюється в ґрунт, при цьому ударні маси знаходяться у верхньому положенні і не перешкоджають переміщенню гнучких тяг 2, що охоплюють робочий орган (рис. 1.7., в). Після занурення робочого органу ударні маси скидаються, взаємодіють з гнучкими тягами, що передають динамічний вплив на робочий орган.

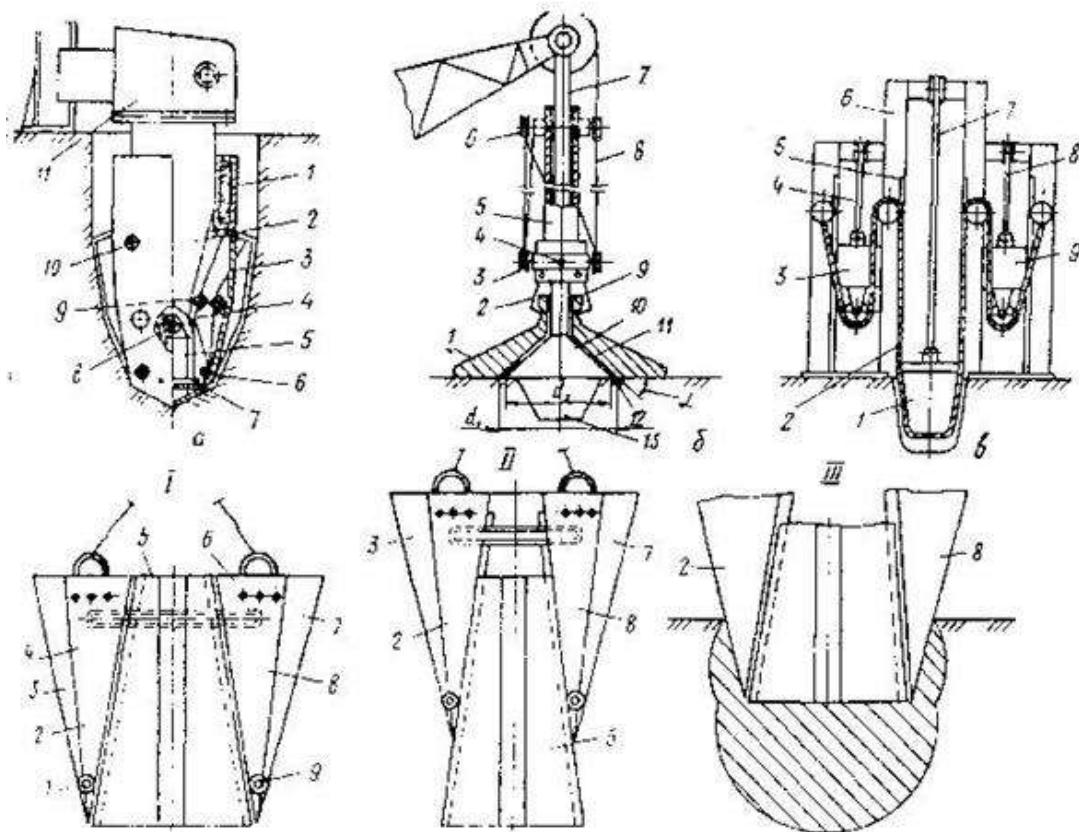


Рисунок 1.7 – Пристрої для утрамбовування поглиблень[7]:

а – з висувними ущільнювальними боковинами; б – з ущільнювальною боковиною; в – з динамічним витяганням робочого органу; г – з рухомими ударними елементами; I – ударне положення; II – передударне положення; III – утворення ущільненої зони

Пристрій із рухомими ударними елементами за авторським свідоцтвом № 144073.

У перший період ударної взаємодії в ґрунт входить центральний ударний елемент, який створює котлован з вертикальними стінками та ущільнену зону в забої, при цьому ґрунт на вертикальних стінках котловану розпушується.

У другий період ударної взаємодії в контакт з вертикальними стінками вже створеного котловану вступають ударні бічні елементи, які під дією сил інерції формують з розпушеного ґрунту відкос.

1.2. Способи занурення забивних робочих органів

Види фундаментів із забивних суцільних та порожнистих блоків, залежно від технології влаштування та способу підвищення несучої здатності основи (рис. 1.8), поділяються на фундаменти:

- з ущільненою зоною;
- з оболонкою з жорсткого матеріалу;
- з подушкою з жорсткого матеріалу;

а фундаменти із забивних порожнистих блоків бувають також:

- із набивною палею у пробитій свердловині;
- з розширеною основою;
- з гранями, що розкриваються в нижній частині;
- посилені забивною палею.

Занурювати збірні залізобетонні забивні блоки можна пальовими агрегатами та спеціалізованим пальовим обладнанням із вільно падаючим вантажем.

При використанні пальового агрегату для виштамповування котлованів в якості робочого органу використовується порожнистий металевий штамп – шаблон, жорстко закріплений за допомогою болтів на молоті або прикріплений до нього за допомогою підвісок (рис. 1.9., рис. 1.10).

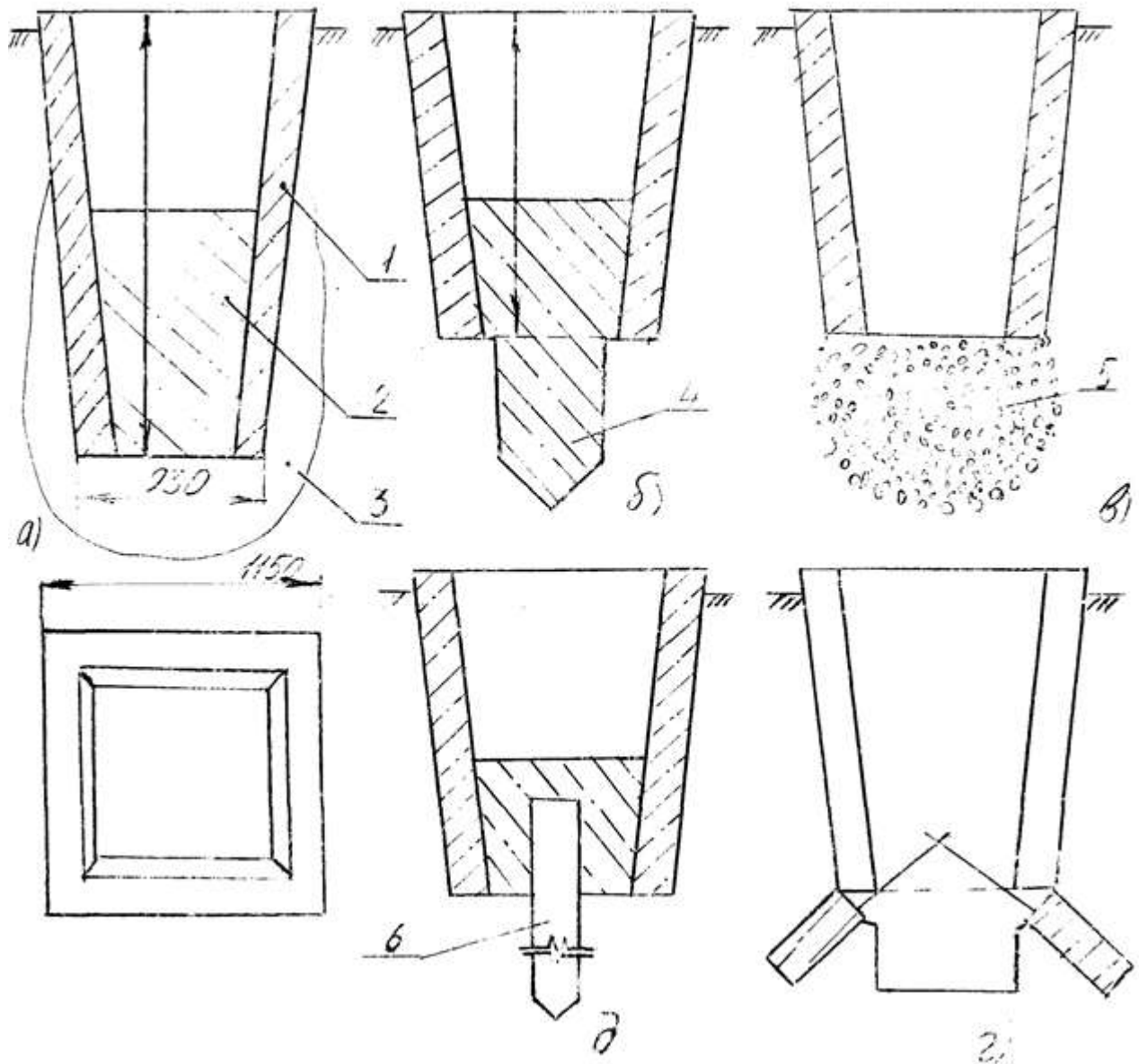


Рисунок 1.8 – Види фундаментів із забивних порожнистих блоків[8]:
 а – фундаменти з ущільненою зоною; б – набивними палями у свердловині; в – розширеною основою (отриманою шляхом утрамбовування щебеню); г – з гранями, що розкриваються в нижній частині; д – посилені забивною палею;
 1 – забиваний порожнистий блок; 2 – бетонна пробка;
 3 – ущільнена зона; 4 – набивна паля у пробитій свердловині;
 5 – утрамбований щебінь; 6 – забивна паля

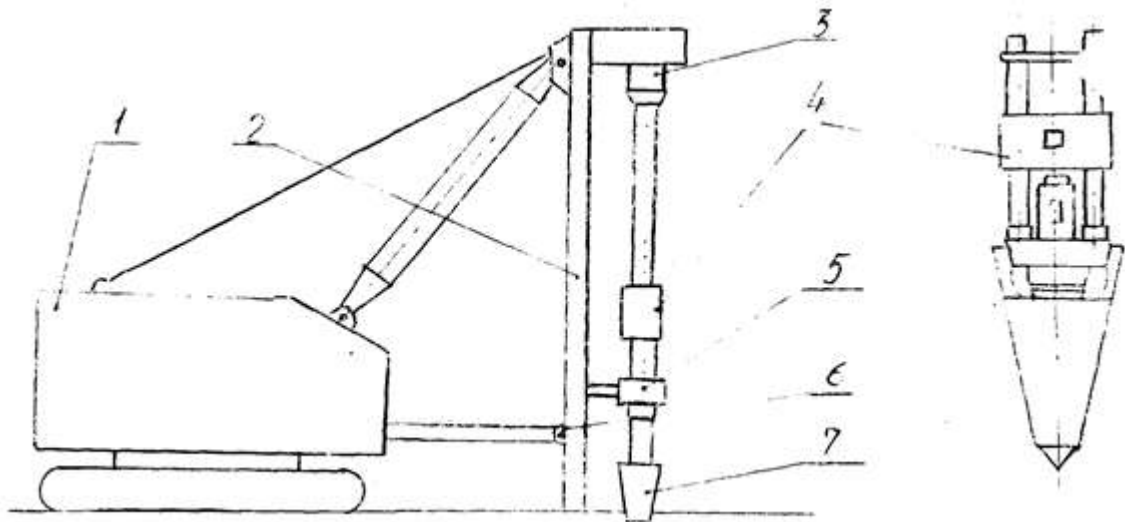


Рисунок 1.9 – Обладнання для утрамбовування котлованів без підсилення ґрунту навколо робочого органу[9]:

1 – базова машина; 2 – напрямна стійка; 3 – оголовок; 4 – штанговий дизель-молот; 5 – оголовник – перехідник; 6 – розпірна штанга; 7 – забивний блок.

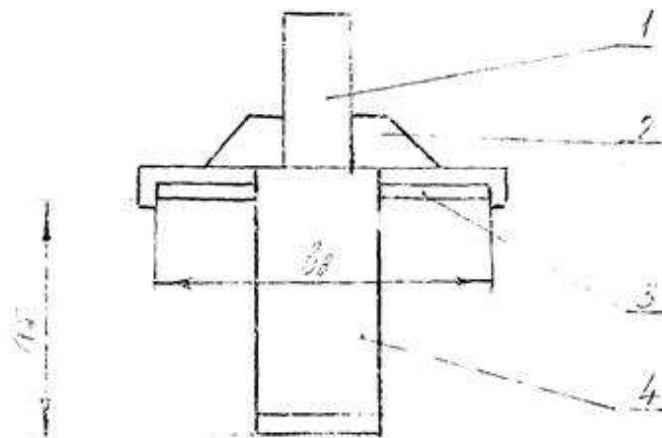


Рис. 1.10. Наголовник – перехідник[10]:

1 – вставка в наголовник дизель-молота; 2 – ребро жорсткості; 3 – амортизаційна набивка; 4 – замикаючий сердечник

Максимальний розмір штамп у верхній частині по ширині при використанні штангових дизель-молотів повинен бути не більше 0,9 м. Глибина занурення 1,5...2,0 м. При забиванні блоків слід враховувати, що різниця поперечного перерізу блоків, як правило, перевищує розміри поперечного перерізу паль, тому для забезпечення установки забивного блоку співвісно з

молотом слід збільшувати відстань між віссю молота і копровою стійкою (рис. 1.11).

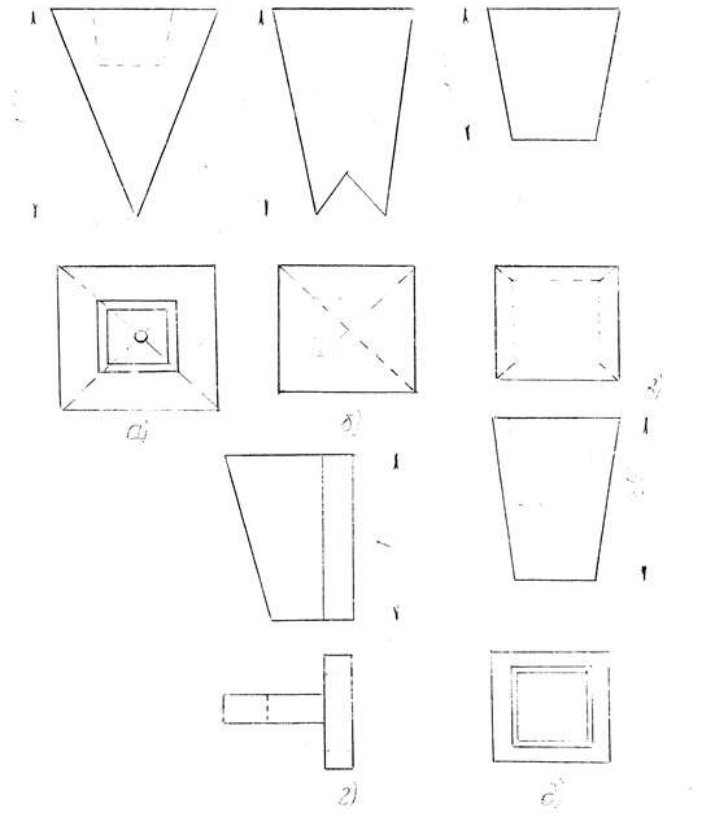


Рисунок 1.11 – Конструкція забивних суцільних блоків[11]:

а – конічні; б – із зубчастою підшоною; в – із плоскою підшоною та розширенням до верху; г – таврового перетину; д – пірамідальний блок із гніздом для встановлення колони

Удари від дизельного молота передаються на верхній край блоку за допомогою спеціальних оголовок-перехідників. Під час забивання порожнистих блоків, оголовок, стаканів оголовок-перехідник з'єднується із запірним елементом, який, розширюючись у їхній внутрішній порожнині, запобігає потраплянню туди ґрунту під час забивання блоків. Забивання збірних залізобетонних блоків виконують від планувальної відмітки ґрунту або підсіпки в понижених місцях рельєфу. Ґрунт повинен бути ущільнений до щільності в сухому стані 1550...1600 кг/м³.

На місці забивання блоки встановлюють і вирівнюють по осях у плані, а також по вертикалі. Нахили блоку при встановленні допускаються не більше 0,025. Технологія влаштування фундаментів із забивних блоків представлена на рис. 1.12.

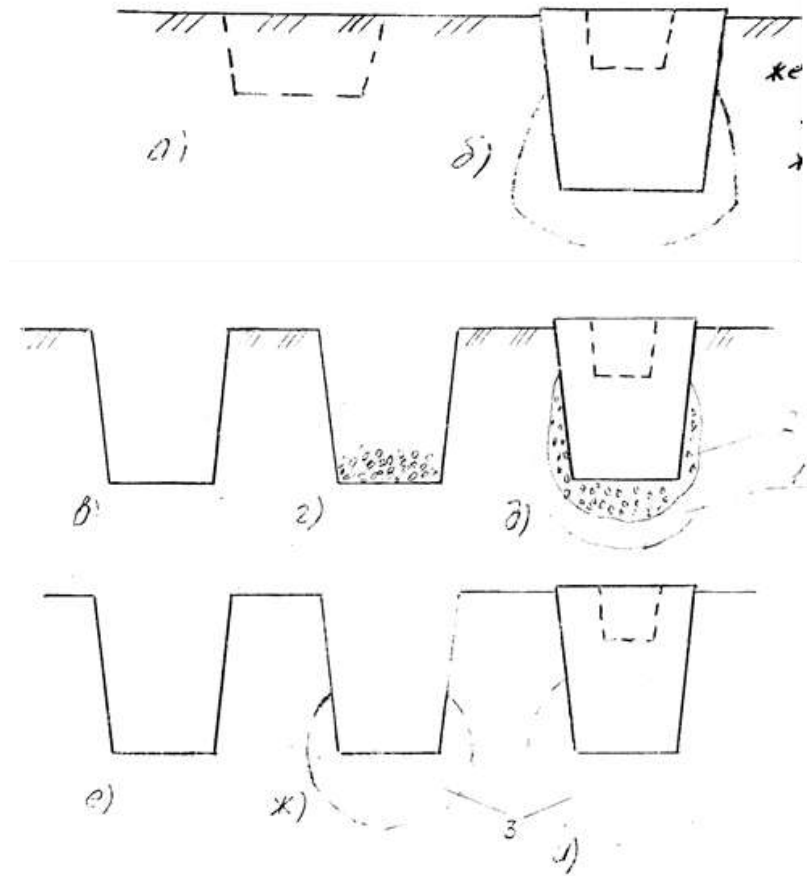


Рисунок 1.12 – Технологічні схеми виконання робіт з влаштування фундаментів із забивних суцільних блоків[12]:

1 – ущільнена зона; 2 – оболонка з жорсткого матеріалу; 3 – подушка з жорсткого матеріалу;

а – утрамбовування котловану на глибину 0,5...0,7 висоти блоку; б – установка блоку в утрамбований котлован і занурення його на проектну глибину; в – утрамбовування котловану на глибину 0,7...1,0 висоти блоку; г – заповнення жорстким матеріалом; д – установка та занурення блоку; е – утрамбовування котловану на повну висоту блоку; ж – утрамбовування в основу котловану жорсткого матеріалу; з – відсипання останньої порції матеріалу, установка та занурення блоку на проектну глибину.

1.3. Аналіз науково-технічних та патентних рішень

У розділі «Техніко-економічне обґрунтування проекту» було проведено огляд науково-технічної інформації та конструктивних рішень щодо вибивання котлованів під фундамент, а також розглянуто способи заглиблення забивних робочих органів, наведено характеристику конструкцій забивних блоків та типів фундаментів із їхнім застосуванням. Також були представлені технологічні схеми виконання робіт зі зведення фундаментів з цих блоків.

В результаті проведеного аналізу конструктивних рішень, спрямованих, в основному, на забезпечення зусилля витягування, на підвищення несучої здатності утвореної ущільненої зони ґрунту, а також підвищення продуктивності та якості робіт, ми дійшли висновку, що, незважаючи на очевидні переваги, існують, однак, деякі недоліки даних технічних рішень. Основним з яких є складність їх реалізації, що передбачає створення складних технічних систем, які мають низьку надійність, наявність великої кількості пар тертя, підвищений їх знос, труднощі забезпечення змащення, а також при роботі на вологих ґрунтах потрапляння великої кількості абразиву в роз'єми та механізми, що значно погіршує працездатність системи – що виводить з ладу конструкцію.

У дипломному проекті для усунення перерахованих вище факторів передбачається виконати суцільний робочий орган для щільних ґрунтів, оскільки в даних ґрунтових умовах забивання тонкостінних залізобетонних оболонок призводить до їх руйнування. У верхній частині оболонки з'являються тріщини і, як результат цього, — руйнування даних типів заглиблюваних елементів, а зміцнення цих елементів призводить до збільшення витрати арматури у верхній частині оболонки та необхідності застосування високоміцних бетонів. Крім того, проєктований робочий орган передбачає можливість застосування для різних технологій влаштування фундаментів без виїмки ґрунту:

- виштамповування котлованів;
- виштамповування свердловин;

- можливе утрамбовування в дно котловану жорсткого матеріалу (щебінь, крупний пісок, шлак, жорсткий бетон).

До комплекту робочих органів може входити також лідер для влаштування всередині котловану набивних паль. При виштамповуванні котлованів у слабких ґрунтах зазначена технологія передбачає виконання шлакоглиняної оболонки.

2. КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИП ДІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ МАШИНИ

2.1. Конструкція та принцип дії обладнання для виштамповування котлованів

На рис. 2.1 показано загальний вигляд копрової установки на базі стрілового крана МКГ-25БР, яка складається з базової машини 1, стріли 2, копрової щогли 3 з траверсою 4 та блоками 5. Дизель-молота 6 з канатом підйому 7, наголовника 8 з опорною плитою 9, трамбуєчим лідером 10, трамбуєчою плитою 11, конусоподібною насадкою 12. Каната 13 установки штампа на проектну відмітку, розпірки 14, напрямних 15 і гакової підвіски 16 та бурової установки 17.

Наголовник 8 монтується на копровій установці з можливістю його відносного переміщення по напрямних щогли 15. Співвісність наголовника і дизель-молота забезпечувалася за рахунок подовження кронштейнів дизель-молота і наголовника. Наголовник може бути використаний для занурення оболонок і штампа для утрамбовування поглиблень або котлованів з подальшим влаштуванням в них фундаментів під різні будівлі та промислові споруди. Він може бути використаний також для роботи з різними трамбівками, а також для збільшення обсягу ущільненої зони за допомогою конусоподібних насадок 12, які монтуються на трамбувальній плиті 11. У даному проекті наголовник використовується для утрамбовування поглиблень при спорудженні нульового циклу, а також для занурення лідера при збільшенні ущільненої зони та утрамбовуванні щебеню.

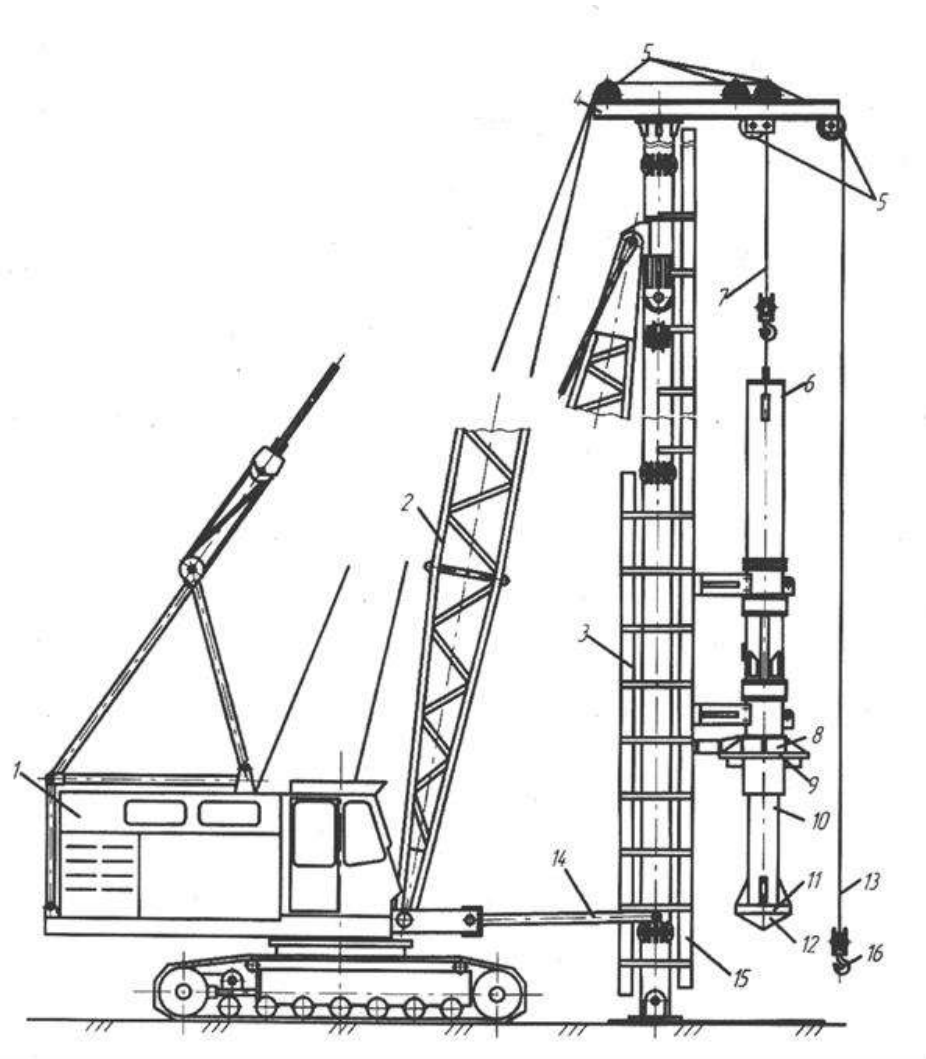


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд копрової установки на базі стрілового крана МКГ-25БР, оснащеної буровою установкою, наголовником та лідером для утрамбовування щебеню[9].

2.2. Технологія виконання робіт

При влаштуванні нульового циклу різних споруд у ґрунтах підвищеної щільності — понад 25 ударів щільноміра ДОРНІІ — бездефектне занурення залізобетонних паль та паль-оболонки буде низьким, тому доцільно використовувати металевий зварний коробчастий штамп (рис. 1.14), а також бурову установку, що навішується на щоглу за допомогою напрямних, розташованих на щоглі з боку базової машини.

У цьому випадку технологія виконання робіт полягає в наступному. Спочатку до проектної відмітки в ґрунті пробурюється свердловина, в яку

дизель-молотом занурюється штамп. Після вилучення штампа в ґрунті залишається котлован, що повторює форму штампа. Потім у котлован встановлюється арматурна сітка, і котлован заповнюється бетоном. Після застигання бетону в ґрунті утворюється фундаментний блок з виїмкою для встановлення колони або іншого будівельного елемента (див. аркуш 3 технологія виконання робіт).

У разі необхідності збільшення ущільненої зони в основу виїмки вбивають твердий матеріал за допомогою трамбувального стрижня та конусоподібної насадки. Насадка дає можливість розсунути ґрунт у сторони від вертикальної осі, таким чином розміри ущільненої зони (ядра) збільшуються, що дає можливість збільшити несучу здатність споруджуваного фундаменту під будівлю, приблизно, на 10...15%.

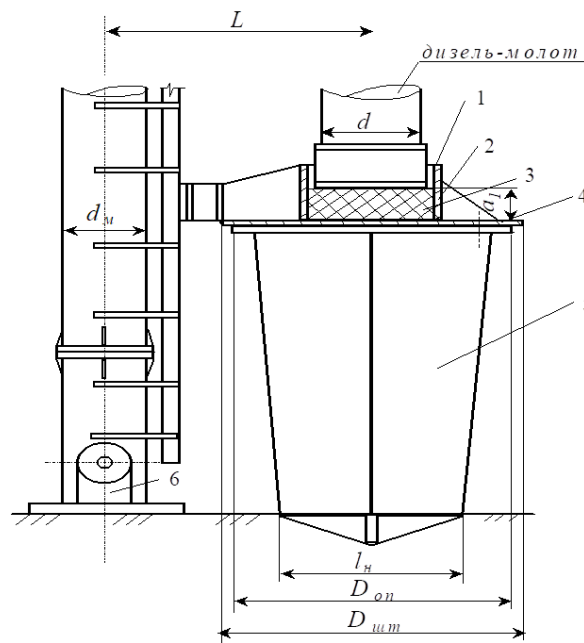


Рисунок 2.2 – Конструкція обладнання для влаштування нульового циклу в ґрунтах підвищеної щільності:

1 — наголовник; 2 — амортизаційна коробка; 3 — гумово-металеві прокладки; 4 — передавальна плита; 5 — штамп; 6 — копрові щогла.

3. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОПРОВОЇ УСТАНОВКИ НА БАЗІ СТІЛОВОГО КРАНА МКГ-25БР

3.1 Вибір молота для виштамповування котлованів

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку:

Тип стрілового крана	МКГ-25БР
Занурюючий механізм, дизель – молот	С – 996
Маса ударної частини, кг	1800
Енергія ударів, Дж	27 000/32 000
Найбільший підйом питомої ваги, мм	2 800/3 000
Маса молота, кг	4 200
Найбільша висота штампу, мм	2 000
Найбільша маса штампу, кг	1 680

Визначаємо вагу ударної частини молота:

$$K = \frac{m_M}{m_{об}} = 1,1; m_M = 1,1 \cdot m_{об}; m_{об} = 1680 \text{ кг}; \quad (3.1)$$

$$m_M = 1,1 \cdot 1680 = 1800 \text{ кг}.$$

Найбільша енергія удару молота

$$\mathcal{E} = m_M \cdot g \cdot H; m_M = 1800 \text{ кг}; g = 9,81 \text{ м/с}^2; H = 3200 \text{ мм}; \quad (3.2)$$

$$\mathcal{E} = 1800 \cdot 9,81 \cdot 3,2 = 56505 \text{ Н} \cdot \text{м} = 56,5 \text{ кДж}.$$

З урахуванням ККД молота $\eta = 0,85$:

$$\mathcal{E}_p = 1800 \cdot 9,81 \cdot 3,2 \cdot 0,85 = 48029 \text{ Н} \cdot \text{м} = 48,2 \text{ кДж.}$$

Щоб визначити правильність вибору молота, обчислюємо коефіцієнт придатності молота:

$$K_{\text{пр}} = \frac{g(m_M + m_H + m_{\text{об}})}{\mathcal{E}_p}; \quad (3.3)$$

де, $m_M = 1800 \text{ кг}$; $m_H = 1450 \text{ кг}$; $m_{\text{об}} = 1680 \text{ кг}$.

$$K_{\text{пр}} = \frac{9,81(1800 + 1450 + 1680)}{48,02} = 1,02.$$

Рекомендоване значення $K_{\text{пр}} = 6$, що перевищує 1,02, отже, молот відповідає вимогам будівельних норм.

Крім того, умови застосовності молотів до забиваних елементів оцінюються за співвідношенням маси ударної частини до маси забиваних елементів; для дизель-молотів це співвідношення знаходиться в межах 0,5...0,8.

Для умов забивання це співвідношення становить:

$$\frac{m_M}{m_H + m_{\text{об}}} = \frac{1800}{1450 + 1680} = 0,57. \quad (3.4)$$

Визначаємо розрахункове число ударів молота:

$$n_p = \frac{h^2}{k^2 \cdot \Delta S}; \quad (3.5)$$

де $h = 2\text{м}$ - висота штампу;

$\Delta S = 0,06\text{м}$ - відмова за один удар;

$k = 2$ – емпіричний коефіцієнт.

$$n_p = \frac{200^2}{2^2 \cdot 0,06} = 138\text{уд.}$$

Визначаємо напруження в верхній частині оболонки:

$$\sigma = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{6 \cdot \mathcal{E}_p}{\left(\frac{S}{E_n} + \frac{h}{2E_{об}}\right) \left(1 + \frac{m_m}{m_{об} + m_n}\right) \cdot F_{cp}}}; \quad (3.6)$$

де $S = 180\text{ мм}$ – товщина пружних прокладок;

$h = 2000\text{ мм}$ – висота штампу;

$\mathcal{E}_p = 48\text{ кДж}$ – розрахункова енергія удару;

$m_m = 1800\text{ кг}$ – маса молота;

$m_{об} = 1680\text{ кг}$ – маса штампу;

$m_n = 1450\text{ кг}$ – маса оголовника;

$F_{cp} = 0,122\text{ м}^2$ – площа оболонки в середньому перетині;

$E_n = 3000\text{ кг/см}^2$ – модуль пружності прокладок;

$E_{об} = 3 \cdot 10^6\text{ т/м}^2$ – модуль пружності оболонки.

$$\sigma = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{6 \cdot 4,8}{\left(\frac{0,18}{3 \cdot 10^4} + \frac{2}{2 \cdot 3 \cdot 10^6}\right) \left(1 + \frac{1,8}{1,68 + 1,45}\right) \cdot 0,12}} = 11342\text{ кН/м}^2.$$

Відстань між віссю молота і копровою стрілою:

$$B = \frac{P_3}{2} + L_0; \quad (3.7)$$

де $L_0 = 0,05 \dots 0,1 \text{ м}$.

$$B = \frac{1300}{2} + 100 = 750 \text{ мм.}$$

3.2. Визначення висоти копрової щогли

Копрова щогла решітчастої конструкції, перерізом 700×700 мм, встановлюється на раму баштового крана МКГ-25БР.

Повна висота копрової щогли при роботі з дизель-молотом С-996 і найбільшою довжиною занурюваного штампа:

$z = 3$ м (штамп піднятий).

$$\begin{aligned} H_{\text{С-996}} &= l_{\text{бл}} + l_{\text{наг}} + l_{\text{диз.мол.}} + l_{\text{гр.об.}} + l_{\text{заж.}} = \\ &= 2000 + 2500 + 4190 + 760 + 1150 = 11000 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Повна висота копрової щогли під час роботи з дизель-молотом С-996 та при найбільшій довжині заглибленого штампа $z = 2$ м (штамп на ґрунті, дизель-молот працює, з урахуванням підкошу ударної частини молота, рис. 3.1.).

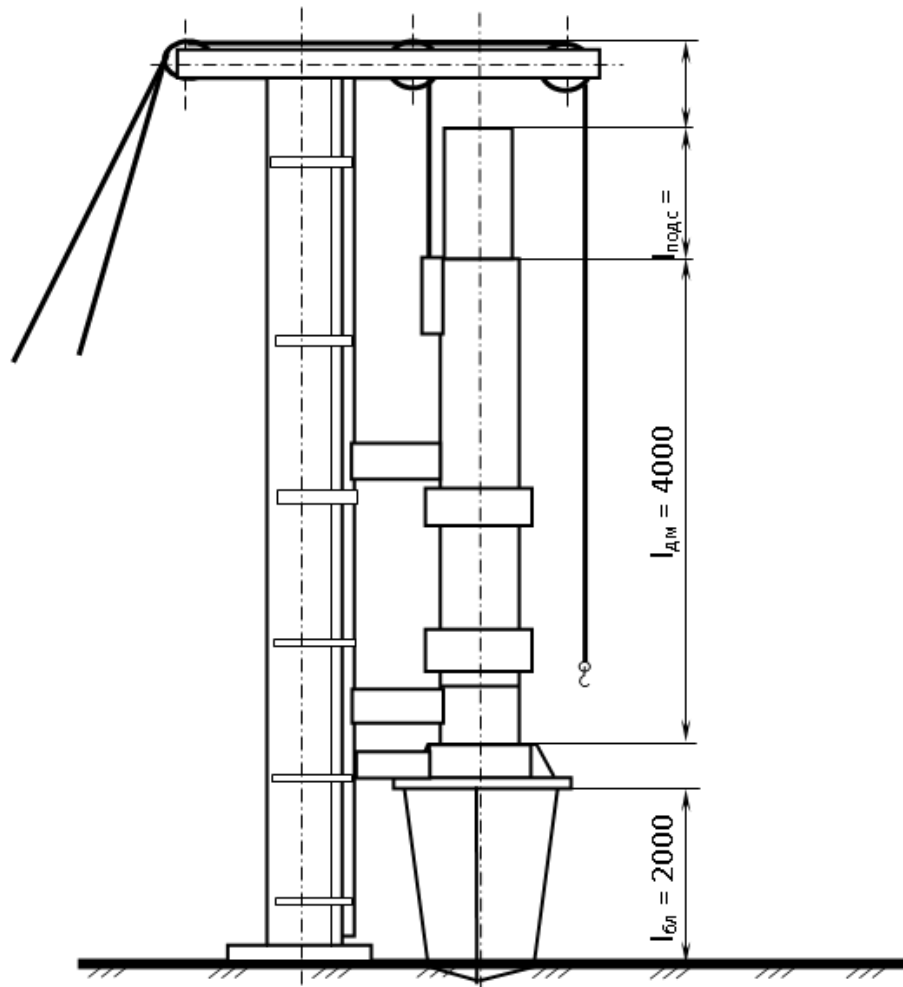


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення висоти копрової щогли.

$$\begin{aligned}
 H_{C-996} &= l_{\text{бл}} + l_{\text{наг}} + l_{\text{диз.мол.}} + l_{\text{подск.}} + l_{\text{блок.}} = \\
 &= 2000 + 2500 + 4190 + 3000 + 800 = 12490 \text{ мм.}
 \end{aligned}
 \tag{3.9}$$

Робочу довжину щогли приймаємо $z = 12,5$ м.

3.3. Підбір і розрахунок канатів

Необхідна довжина підйомного канату для роботи з копровим навісним обладнанням при довжині копрової щогли $z = 11$ м (від землі).

Габаритна висота дизель-молота:

$$h_m = 4190 \text{ мм.}$$

Робочий хід дизель-молота:

$$h_{\text{ход. диз.-мол.}} = 11 - 4,19 = 6,8 \approx 7 \text{ мм.} \quad (3.10)$$

Довжина вантажного канату при кратності поліспасти вантажної обойми $n = 2$:

$$L_k = 7 \cdot 2 = 14 \text{ м.} \quad (3.11)$$

$l_{\text{зап}} = 1,5 \text{ м}$ – довжина канату необхідно для встановлення затискачів.

$l_{\text{бл}} = 1,75 \text{ м}$ – довжина канату між блоками оголовку копрової мачти.

Довжина канату від барабана лебідки до блоку.

а) Визначаємо кут α_2 (рис. 3.2.):

$$\text{tg}\alpha_2 = \frac{4333}{11000} = 0,393; \alpha_2 = 13^{\circ}20'. \quad (3.12)$$

б) Визначаємо кут α_1 :

$$\text{tg}\alpha_1 = \frac{910 + 4543 - 730}{11000 - 2300} = 0,542; \alpha_1 = 14^{\circ}30'. \quad (3.13)$$

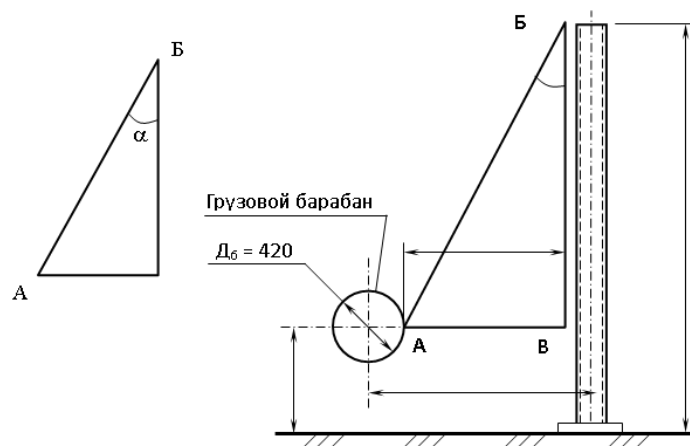


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для підбору та розрахунку канатів

в) Довжина каната від вантажного барабана до блока:

$$AB = \frac{BB}{\cos \alpha_2} = \frac{11000}{0,966} = 12 \text{ м.} \quad (3.14)$$

г) Довжина запасних витків канату на барабані (3 запасних витки):

$$l_{\text{зап.вит.}} = \pi \cdot D_{\text{б}} \cdot n = 3,14 \cdot 0,42 \cdot 3 = 5 \text{ м.} \quad (3.15)$$

Повна довжина вантажного канату:

$$Z_{\text{полн.}} = l_{\text{к}} + l_{\text{заж}} + l_{\text{бл}} + 1 + l_{\text{зап.вит.}} = 14 + 1,75 + 1,5 + 12 + 5 = 34,25 \text{ м.} \quad (3.16)$$

Приймаємо довжину вантажного канату:

$$Z_{\text{гр}} = 35 \text{ м.}$$

Довжина канату для підтягування блока (рис. 3.3.).

Довжина канату на ділянці ЕД:

$$ED = \sqrt{3,41^2 + 11^2} = 12 \text{ м.} \quad (3.17)$$

Загальна довжина канату:

$$l_{\text{к}} = ED + DA + AB + BC = 12 + 2,12 + 12 + 8,5 = 35 \text{ м.} \quad (3.18)$$

Довжина канату запасних 3-х витків $l_{\text{зап.вит.}} = 5 \text{ м.}$

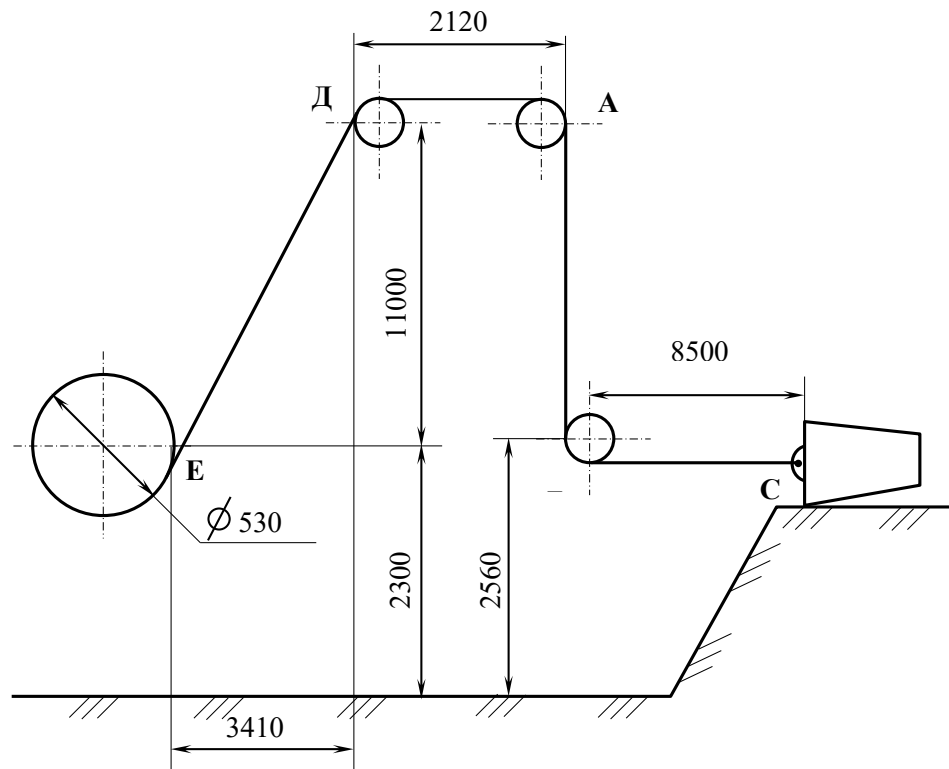


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема для визначення довжини каната

Довжина каната по окружностях блоків А, Б, Д:

$$l_{\text{блок}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{бл}} \cdot 3}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3513}{4} = 0,8\text{м.} \quad (3.19)$$

Повна довжина каната для підтягування блока:

$$\begin{aligned} Z_{\text{полн.}} &= l_{\text{ЕД}} + l_{\text{АД}} + l_{\text{АБ}} + l_{\text{БС}} + l_{\text{блок}} + l_{\text{зап.вит.}} = \\ &= 12 + 2,12 + 12 + 8,5 + 0,8 + 5 = 40,4\text{м.} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Приймаємо довжину канату для підтягування блоку $Z = 40$ м.

Підбір канату:

$$\frac{P}{S} \geq K;$$

де P – розривне зусилля канату вцілому, прийняте по сертифікату;

S – найбільший натяг канату з урахуванням ККД;

K – коефіцієнт запасу міцності.

Підбір канату для підйому дизель-молота:

$$P \geq S \cdot K; \quad (3.21)$$

де $K = 6$.

$$S_{\max} = \frac{Q}{a} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - \eta_m}; \quad (3.22)$$

де $Q = 42000$ Н - вага молота;

η - ККД блока;

$m = 1$ – кратність полиспаста.

$$S_{\max} = \frac{Q}{a} = 42000 \text{ Н};$$

$$P = 42000 \cdot 6 = 25200 \text{ Н}.$$

Обираємо канат 21-Г-I-180 ГОСТ 2688-89 с фактичним запасом міцності:

$$K_{\phi} = \frac{26740}{42000} = 6,45.$$

Підбір канату для підтягування штампу:

$$P \geq S \cdot K.$$

$$S_{\max} = \frac{Q}{a} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - \eta_m},$$

де Q – вага штампa;

η - ККД блока;

$m = 1$ – кратність полиспаду.

$$S_{\max} = \frac{Q}{a} = 16800 \text{ Н};$$

$$P = S_{\max} \cdot K = 16800 \cdot 6 = 100800 \text{ Н}.$$

Обираємо канат 21-Г-I-180 ГОСТ 2688-89 с фактичним запасом міцності:

$$K_{\phi} = \frac{26740}{16800} = 15.$$

3.4. Визначення основних параметрів режиму обертального буріння та підбір обладнання

Проектована бурова установка монтується на напрямні копрові щогли. Пересування по напрямних здійснюється за допомогою канату основного підйому базової машини. Бурова установка має електропривод, виконаний у вигляді планетарного мотора-редуктора. До вихідного валу електроприводу кріпиться шнек із буром на кінці.

Під час обертання руйнівні елементи бура (різці) входять у породу на забої свердловини під дією осьового навантаження на бур. Під час обертання

породоруйнівний елемент подрібнює породу, а спіраль шнека підхоплює вибурені частинки породи та виносить їх із забою на поверхню свердловини.

При цьому робочий інструмент рухається по гвинтовій лінії. Швидкість обертального буріння залежить не тільки від активних факторів руйнування породи, тобто від вибору ефективності бура, осьового навантаження та кількості обертів, а й, крім того, значною мірою від буримості порід (властивість порід і ґрунту протистояти більшою чи меншою мірою в певних умовах проникненню в них породоруйнівного інструменту).

Оскільки лінійні швидкості інструменту малі (до 2 м/с), то руйнування породи вважаємо статичним.

Робота бура при шнековому бурінні відрізняється відсутністю води або повітря, що забезпечує охолодження ріжучих граней та очищення забою від вибуреного ґрунту.

Тому конструкція бура повинна забезпечити високу швидкість буріння, при якій різці постійно знаходяться в контакті зі «свіжою» породою та охолоджуються нею.

У дипломному проекті розглядається буровий інструмент, що застосовується у твердих глинистих ґрунтах, у ґрунтах із включенням валунів, твердих зв'язних ґрунтах тощо.

При цьому до основних вимог, що висуваються до бура, поряд із забезпеченням високих швидкостей буріння, належить його достатня зносостійкість.

Тому використовуємо бур зі спіральним розташуванням різців із твердого сплаву, однакового розміру, що передбачає їх заміну в міру зносу.

Таке розташування різців має забезпечувати рівномірний знос периметра ріжучої кромки різця.

Представимо схему взаємодії інструменту з ґрунтом при обертальному бурінні (рис. 3.4).

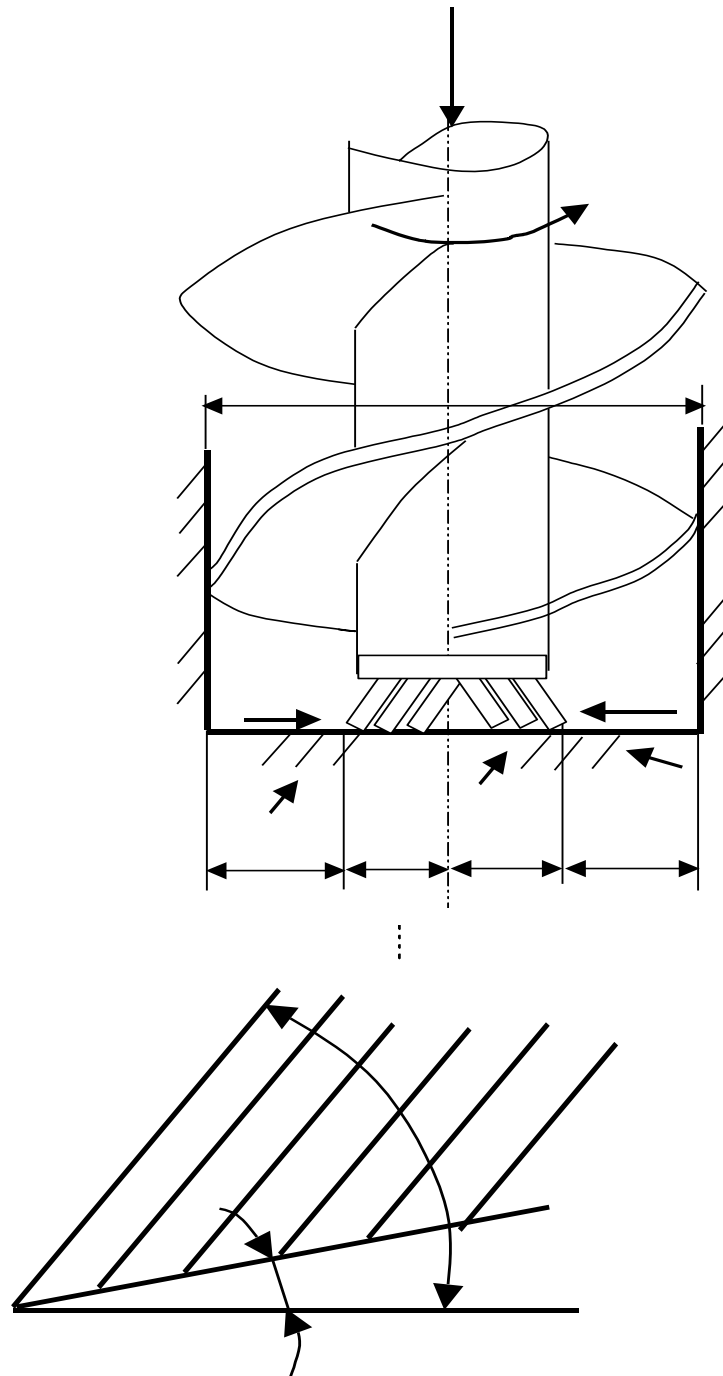


Рисунок 3.4 – Схема взаємодії інструменту з ґрунтом під час обертального буріння

У роботі зазначено, що на одну лопать різця діють: по передній грані опір відколюванню $R_{ск}$ і сила тертя $R_{ск} * f_{и/п}$, а по площині зносу опір вдавненню $R_{вн}$.
Опір відколюванню становитиме:

$$P_{\text{СК}} = \tau_{\text{СК}} \cdot S_{\text{СК}}; \quad (3.23)$$

де $\tau_{\text{СК}}$ - межа міцності породи на відколювання, МПа;

$S_{\text{СК}}$ - площа відколювання об'єму АВС, м².

Для введення площини зносу різців у ґрунт необхідно, щоб:

$$P_{\text{ВН}} = \sigma_{\text{ВН}} \cdot S_{\text{ВН}}; \quad (3.24)$$

де $\sigma_{\text{ВН}}$ - межа міцності на вдавлювання (твердість), МПа;

$S_{\text{ВН}}$ - площа зносу різцов, м².

Для спрощення майбутніх розрахунків кут різання δ будемо рахувати рівним $0,5 \cdot \pi$, а задній кут α - нулю, що близько до дійсності.

С точки зору міцності інструменту рекомендується застосовувати кут різання δ рівним не менше 70° , а задній кут $\alpha = 10 \dots 15^\circ$.

Проектуємо всі сили на вісь у та отримуємо вираз для осьового навантаження Р на бур:

$$P = 2 \cdot (P_{\text{СК}} \cdot f_{\text{и/п}} + \sigma_{\text{ВН}} \cdot S_{\text{ВН}}). \quad (3.25)$$

Момент сили $P_{\text{СК}}$ відносно осі обертання у складає:

$$M_{\text{СК}} = P_{\text{СК}} \cdot \frac{D}{4} = \frac{D}{4} \cdot \tau_{\text{СК}} \cdot S_{\text{СК}}; \quad (3.26)$$

а момент сили тертя $P_{\text{ВН}} \cdot f_{\text{и/п}}$ дорівнює:

$$M_{\text{тр}} = P_{\text{вн}} \cdot f_{\text{и/п}} \cdot \frac{D}{3} = \frac{D}{3} \cdot \sigma_{\text{вн}} \cdot S_{\text{вн}} \cdot f_{\text{и/п}}; \quad (3.27)$$

де D – діаметр скважини, м.

Тоді крутний момент, необхідний для обертання бура буде:

$$M_{\text{кр}} = 2 \cdot (M_{\text{ск}} + M_{\text{тр}}) = 2 \cdot D \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \tau_{\text{ск}} \cdot S_{\text{ск}} + \frac{1}{3} \cdot \sigma_{\text{вн}} \cdot S_{\text{вн}} \cdot f_{\text{и/п}} \right). \quad (3.28)$$

Таким чином, знаючи характеристики ґрунта і параметри скважини, за указаними формулами визначаємо значення P і $M_{\text{кр}}$, яке є основними характеристиками, за якими підбираються бурові установки.

Із розрахункової схеми визначаємо площадку сколювання об'єму АВС.

Висота різця $h = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$, середнє віддалення різця від стінки скважини $l = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$, тоді:

$$S_{\text{ск}} = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 0,06 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (3.29)$$

Площа площадки зношування різців буде визначатися за формулою:

$$S_{\text{вн}} = 0,5 \cdot l_p \cdot b_p; \quad (3.30)$$

де l_p - робоча довжина всіх різців, м;

b_p - ширина різців, м;

0,5 – коефіцієнт, що враховує спосіб розстановки різців.

$$S_{\text{BH}} = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ м}^2. \quad (3.31)$$

Коефіцієнт тертя інструменту о породу приймаємо $f_{\text{и/п}} = 0,8$.

Тоді опір сколюванню:

$$P_{\text{СК}} = \tau_{\text{СК}} \cdot S_{\text{СК}} = 4 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 240 \text{ Н}; \quad (3.32)$$

де $\tau_{\text{СК}} = 4 \cdot 10^4 \text{ Па}$ – межа міцності породи на сколювання.

Опір зануренню:

$$P_{\text{BH}} = \sigma_{\text{BH}} \cdot S_{\text{BH}} = 7 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (3.33)$$

де $\sigma_{\text{BH}} = 7 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – межа міцності на вдавлювання.

Осьове навантаження на бур:

$$P = 2 \cdot (0,24 \cdot 0,8 + 21) = 42,4 \text{ кН}.$$

Момент сили $P_{\text{СК}}$ відносно осі обертання інструменту у складе:

$$M_{\text{СК}} = P_{\text{СК}} \cdot \frac{D}{4} = 240 \cdot \frac{0,6}{4} = 36 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.34)$$

Момент сили тертя дорівнює:

$$M_{\text{тр}} = 2,1 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot \frac{0,6}{3} = 3360 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.35)$$

Таким чином, крутний момент на робочому інструменті:

$$M_{кр} = 2 \cdot (M_{ск} + M_{тр}) = 2 \cdot (36,0 + 3360) = 6792 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.36)$$

За діючими навантаженнями обираємо електродвигун і редуктор.

Розрахункова потужність електродвигуна складе:

$$N_p = M_{кр} \cdot \omega_{\delta}; \quad (3.37)$$

де ω_{δ} - кутова швидкість обертання бурової кромки із шнеком, рад/с.

Грунт рухається ввєрх по поверхні гвинта, якщо кутова швидкість обертання буру буде більше за критичну швидкість, яка визначається:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot t \cdot \mu)}{R \cdot \text{tg} \rho}}; \quad (3.38)$$

де g – пришвидшення вільного падіння, м/с²;

α - кут підйому гвинтової лінії шнеку, град.;

ρ и μ - кути внутрішнього та зовнішнього тертя ґрунту, град.;

R – радіус скважини, що приймається рівним радіусу шнека, м.

Таким чином отримаємо:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot (\sin 12^{\circ} + \cos 12^{\circ} \cdot 0,5 \cdot 1,6)}{0,3 \cdot \text{tg} 18^{\circ}}} = 4,2 \text{ рад/с}. \quad (3.39)$$

Приймаємо с запасом $\omega_{\delta} = 4,7$ рад/с.

Підставив в формулу (3.37) отримаємо:

$$N_p = 6792 \cdot 4,7 = 32 \text{ кВт.}$$

По каталогу приймаємо електродвигун з підвищеним пусковим моментом типу АО2 – 82 – 6, $N = 40$ кВт, $n = 1000$ хв⁻¹, напруженням $U = 380$ В.

Передаточне відношення редуктора дорівнює:

$$i_p = \frac{n}{n_6} = \frac{1000}{45} = 22,2. \quad (3.40)$$

Підбираємо нестандартний планетарний редуктор с $i_p = 22,2$ і номінальною потужністю 40 кВт.

3.5. Розрахунок стійкості копрового обладнання

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку.

Нахил площадки	$\alpha = 3^0$
Довжина копрової щогли	$H = 11$ м
Найбільша довжина оболонки	$l = 2$ м
Маса оболонки	$\sigma_{об} = 16\ 800$ Н
Дизель – молот	С-996
Вага молота з оголовком, кішкою, канатом	$\sigma_M = 48\ 000$ Н
Кут нахилу копрової щогли до горизонту	$\alpha_1 = 90^0$
Повна вага вантажу підвішеного на висоті 5,1 м	83 000 Н
Транспортна вантажопідйомність на висоті 5,1 м	10 000 Н

Визначення центру ваги найбільшого підвішеного вантажу Q. Найбільший підвішений вантаж:

$$Q = G_M + G_{об} = 48000 + 16800 = 64800 \text{ Н.} \quad (3.41)$$

$$y_{ц.т.} = \frac{G_{об} \cdot l_1 + G_M \cdot l_2}{G_{об} + G_M} = \frac{16800 \cdot 1000 + 48000 \cdot 4015}{16800 + 48000} = 3,233 \text{ м.} \quad (3.42)$$

Визначення центру ваги копривої щогли в зборі (рис. 3.5):

$$\begin{aligned} y_{ц.т.} &= \frac{Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2 + Q_3 \cdot l_3 + Q_4 \cdot l_4}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} = \\ &= \frac{4606 \cdot 11 + 2450 \cdot 4,015 + 9310 \cdot 7,3 + 10780 \cdot 3,3}{4606 + 2450 + 9310 + 10780} = 6 \text{ м.} \end{aligned} \quad (3.43)$$

Визначення центру ваги копривого обладнання:

$$y_{ц.т.} = \frac{Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2}{Q_1 + Q_2}; \quad (3.44)$$

де $Q_1 = 26\,460 \text{ Н}$ – вага копривої щогли в зборі;

$$Q_2 = G_M + G_{об} = 64800 \text{ Н.} \quad (3.45)$$

Звідси:

$$y_{ц.т.} = \frac{26460 \cdot 6 + 64800 \cdot 3,23}{26460 + 6480} = 4,03 \text{ м.}$$

$$x_{ц.т.} = \frac{Q_1 \cdot x_1 + Q_2 \cdot x_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{26460 \cdot 4,38 + 64800 \cdot 5,33}{26460 + 64800} = 5,1 \text{ м.} \quad (3.46)$$

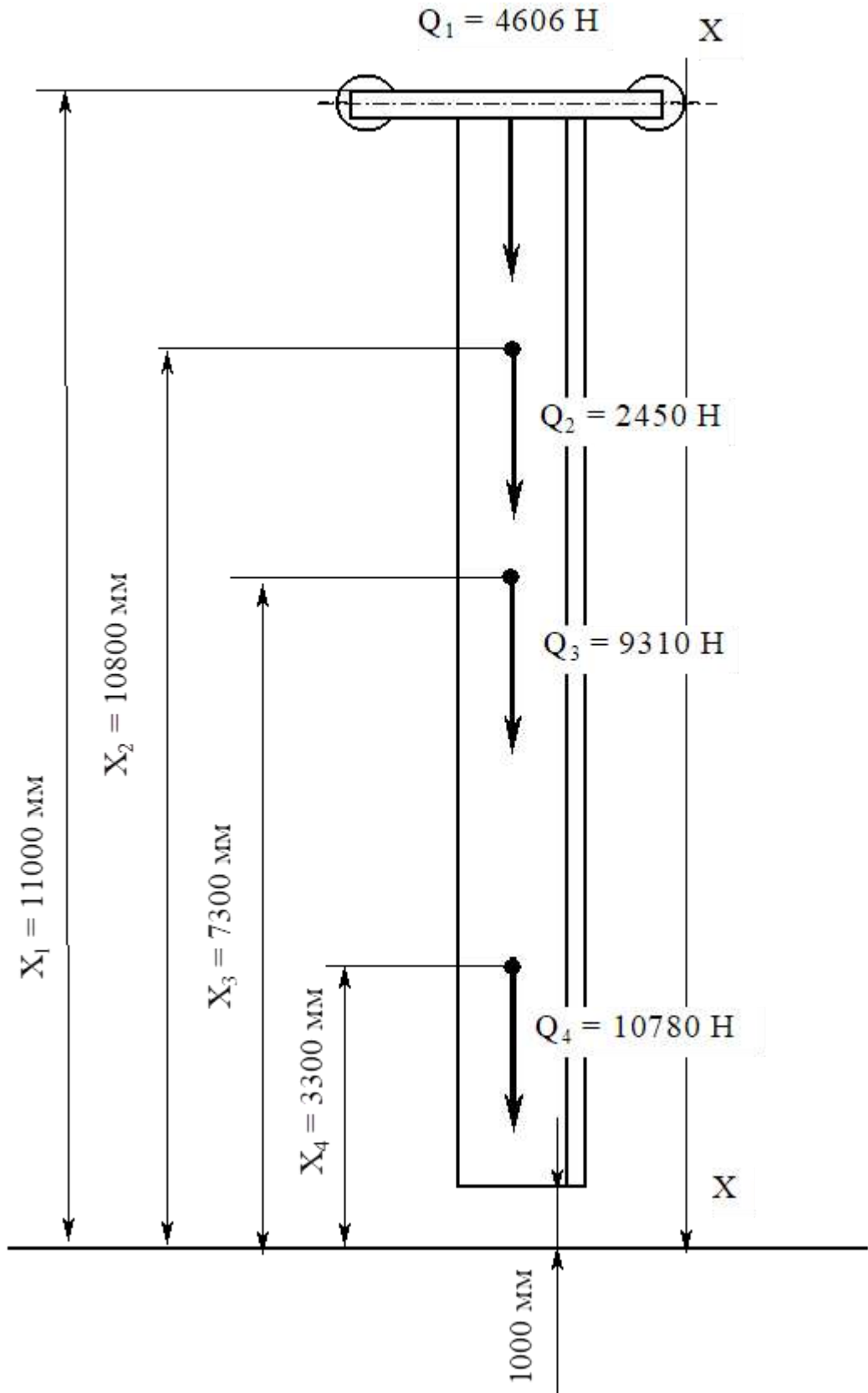


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема до визначення центра ваги копрової

щогли

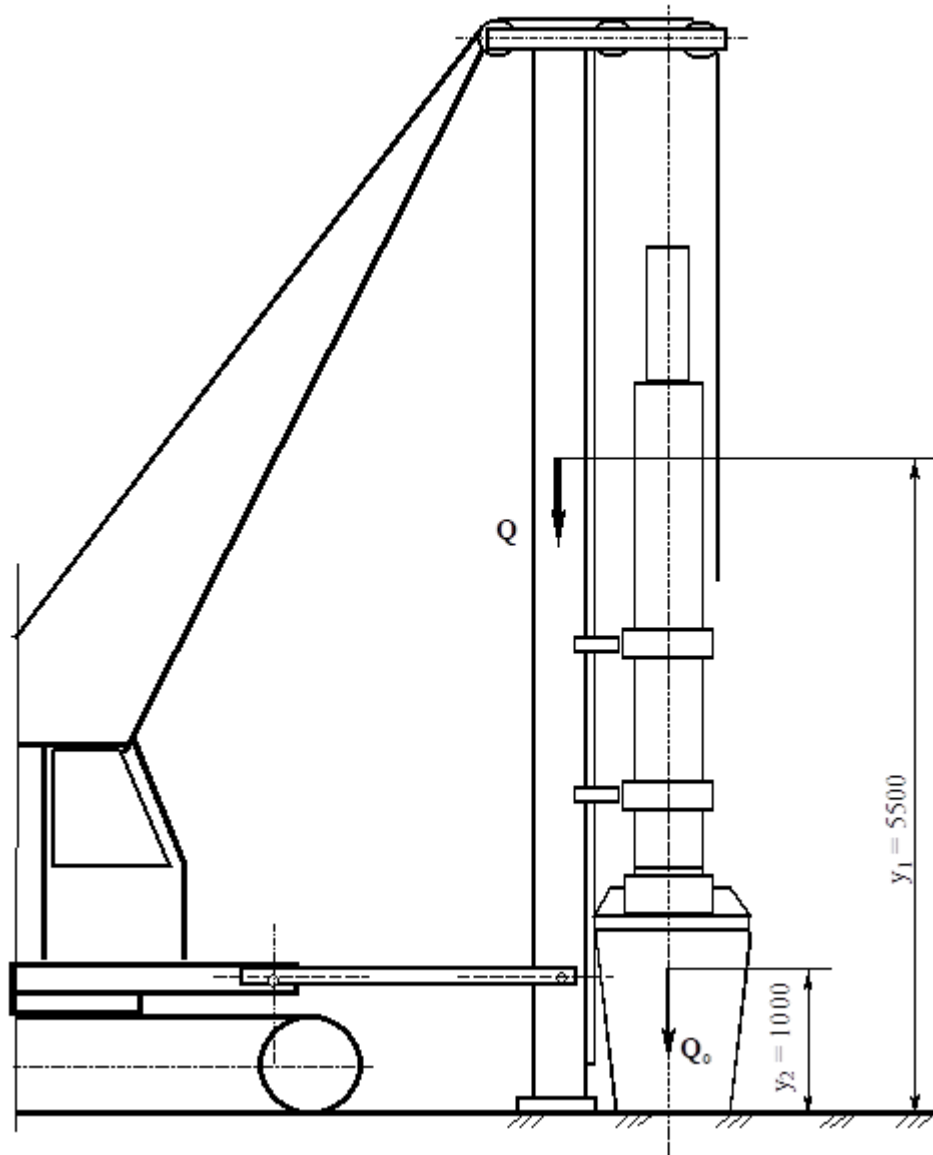


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема до визначення центра ваги копрового обладнання

Отримані результати розрахунку стійкості копрового обладнання показали, що це навісне копрове обладнання дозволяє забивати фундаментні оболонки довжиною до 3 м (масою 1680 кг), напруження, що виникають під час роботи в копровій щоглі, не перевищують допустимих значень, а коефіцієнт стійкості копрового обладнання знаходиться в межах вантажної характеристики крана.

4. РОЗРАХУНОК КОПРОВОЇ ЩОГЛИ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення реакцій у шарнірах O1, O2

Реактивне зусилля на стрілі:

$$R_{O1} \rightarrow \sum M_{O2} = 0: \quad (4.1)$$

$$S_1 \cdot [\cos \alpha_1 \cdot (l_0 - l_2) + \sin \alpha_1 \cdot (l_1 + l_3)] - G_M \cdot (l_2 + l_0) - G_{\text{бл}} \cdot (l_0 + l_2) + S_2 \cdot (\sin \alpha_2 \cdot l_3 - \cos \alpha_2 [l_2 + l_0]) - R_{O1} \cdot \sin \alpha_3 \cdot l_3 = 0. \quad (4.2)$$

$$R_{O2} \rightarrow \sum \bar{F}_c = 0: \quad (4.3)$$

Вісь у:

$$-S_1 \cdot \sin \alpha_1 - S_2 \cdot \sin \alpha_2 + R_{O1} \cdot \sin \alpha_3 + R_{O2y} = 0. \quad (4.4)$$

Вісь z:

$$S_1 \cdot \cos \alpha_1 + G_M + G_{\text{бл}} + S_2 \cdot \cos \alpha_2 - R_{O1} \cdot \cos \alpha_3 + R_{O2z} = 0. \quad (4.5)$$

Зусилля:

$$S_1 = \frac{G_M + G_{\text{кан}} + G_{\text{об}}}{n} = \frac{42}{2} = 21 \text{ кН}; \quad (4.6)$$

де $G_{\text{кан}}$ – вага канату;

$G_{\text{об}}$ – вага вантажної обойми поліспада;

n – кратність поліспада.

$$S_2 = \frac{G_{\text{бл}}}{m} = \frac{16,8}{1} = 16,8 \text{ кН}; \quad (4.7)$$

де $m = 1$ – кратність поліспасти механізму підйому блока;

$G_{\text{бл}}$ – вага блока.

$$\begin{aligned} & 21 \cdot [\cos 14,5^\circ \cdot (0,59 - 0,3) + \sin 14,5^\circ \cdot (1,18 + 2)] - 43,9 \cdot (0,59 + 0,3) - \\ & - 16,8 \cdot (0,59 + 0,3) + 16,8 \cdot (\sin 13,33^\circ \cdot 2 - \cos 13,33^\circ [0,59 + 0,3]) = \\ & = R_{01} \cdot \sin 20^\circ \cdot 2; \end{aligned} \quad (4.8)$$

Реактивне зусилля на стрілі перше:

$$R_{01} = \frac{23,69 - 39,071 - 14,95 - 6,8}{0,342 \cdot 2} = -54,30 \text{ кН.}$$

Реактивне зусилля на стрілі друге вздовж осі у:

$$R_{02y} = 22 \cdot \sin 14,5^\circ + 16,8 \cdot \sin 13,33^\circ + 54,30 \cdot \sin 20^\circ = 28,0 \text{ кН.}$$

Реактивне зусилля на стрілі друге вздовж осі z:

$$R_{02z} = -22 \cdot \cos 14,5^\circ - 43,9 - 16,8 - 16,8 \cdot \cos 13,33^\circ - 54,30 \cdot \cos 20^\circ = -149,37 \text{ кН.}$$

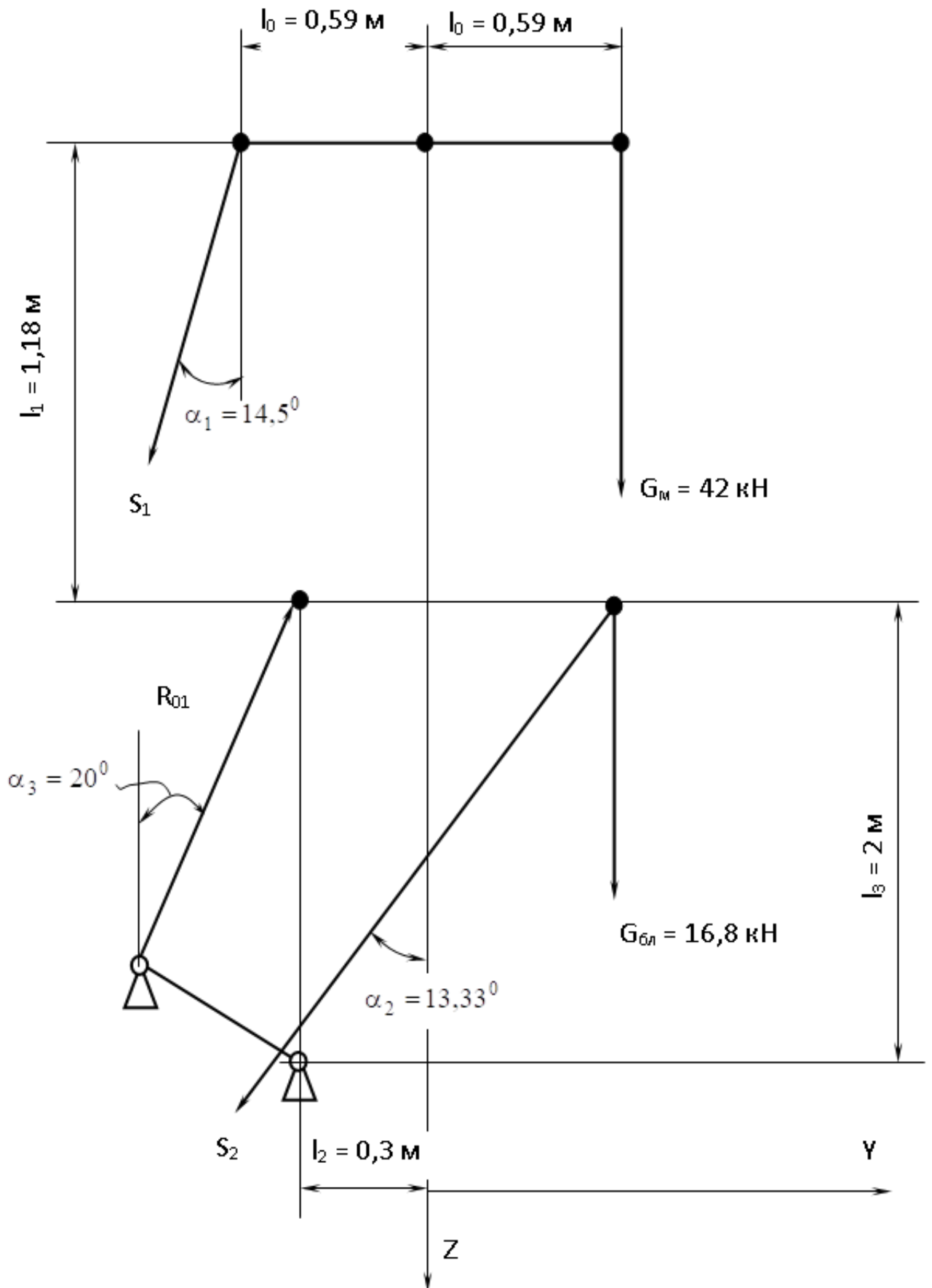


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема копрові щогли

4.2 Визначення згинальних моментів, повздовжніх та поперечних сил:

$$F_1 = S_{1Z} + G_M = 63,3 \text{ кН}; F_{2y} = S_{2y} + R_{01y} = 22,44 \text{ кН}; \quad (4.9)$$

$$F_{2Z} = S_{2Z} + G_{6л} + R_{01Z} = 84,15 \text{ кН}; \quad (4.10)$$

$$M_1 = (G_M - S_{1Z}) \cdot l_0 = 13,33 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (4.11)$$

$$M_2 = (G_{6л} + S_{2Z}) \cdot l_0 - R_{01Z} \cdot l_2 = 4,3 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (4.12)$$

$$M_3 = R_{02Z} \cdot l_2 = 44,8 \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (4.13)$$

Згинальні моменти:

$$M_{BA} = M_1 = 13,33 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (4.14)$$

$$M_{AB} = M_{BA} - S_{1y} \cdot l_1 = 13,33 - 5,5 \cdot 1,18 = 6,84 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (4.15)$$

$$M_{BC} = -M_3 = -44,81 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (4.16)$$

$$M_{CB} = M_{BC} + R_{02y} \cdot l_3 = -44,81 + 28 \cdot 2 = 11,19 \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (4.17)$$

Поперечні сили:

$$Q_{BA} = Q_{AB} = -5,5 \text{ кН}; Q_{BC} = Q_{CB} = -28 \text{ кН}. \quad (4.18)$$

Повздовжні сили:

$$N_{AB} = N_{BA} = -65,2 \text{ кН}; N_{BC} = N_{CB} = -149,37 \text{ кН}. \quad (4.19)$$

Небезпечним перерізом є переріз С-С.

Умова міцності за нормальними напруженнями:

$$\sigma = \frac{M}{W_Z} + \frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c. \quad (4.20)$$

Профіль для перерізу 2 швелер№ 16 з параметрами:

$$A = 25,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$W_Z = 116,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3;$$

$$i_Z = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

$$I_Z = 934,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Для сталі С 245 при товщині профіля < 20 мм за таблицею 51 (СНіП II – 23-81*) $R_y = 240 \text{ МПа}$, приймаємо $\gamma_c = 1$.

$$\begin{aligned} \sigma_{C-C} &= \frac{44,81 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 116,8 \cdot 10^{-6}} + \frac{149,37 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 25,15 \cdot 10^{-4}} = 191,8 + 30 = \\ &= 221,8 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (4.21)$$

Прийнятий переріз задовольняє умовам міцності.

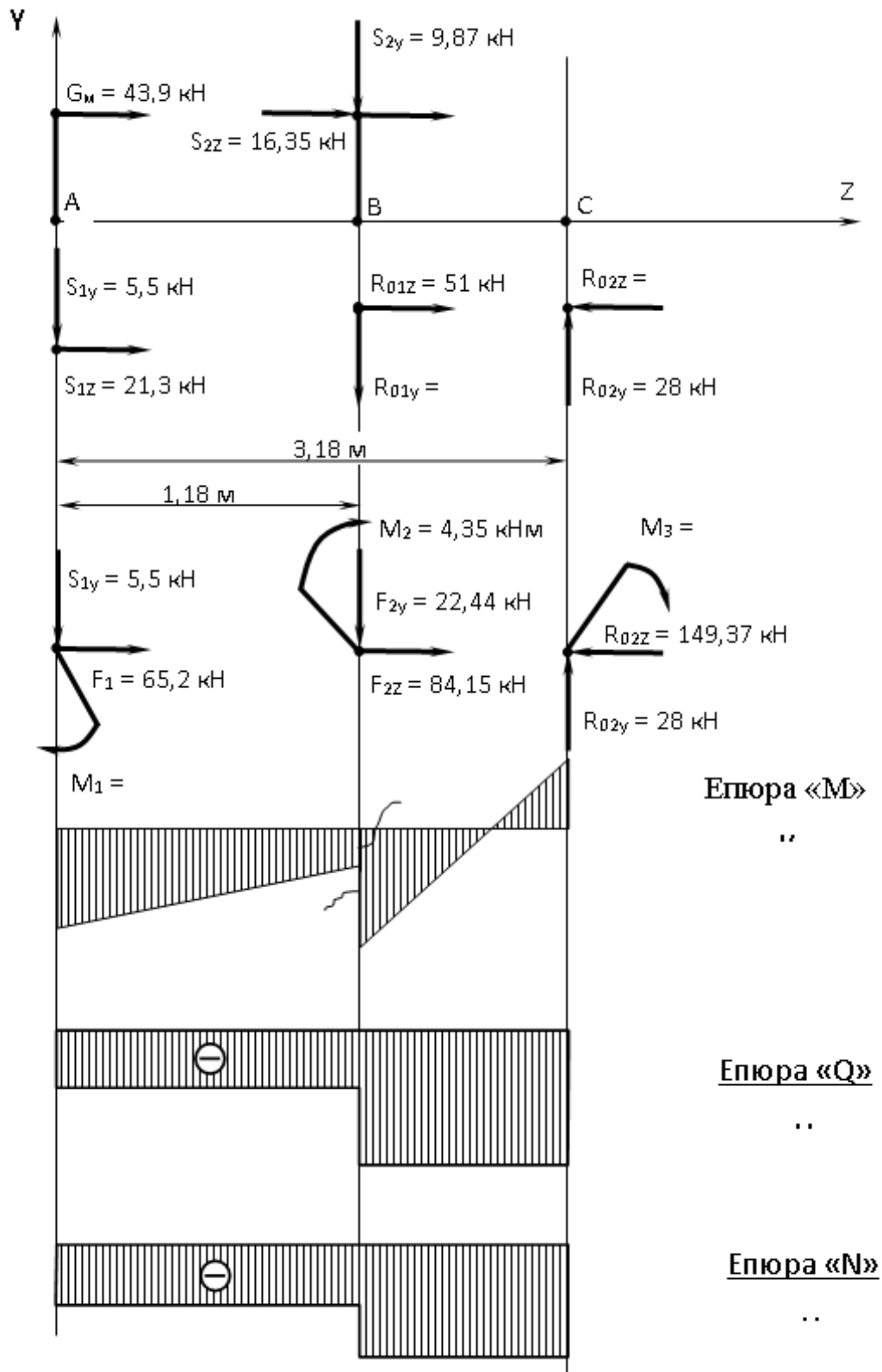


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема копрівної щогли та побудова епюр «M», «Q» та «N»

4.3 Визначення стійкості консольної частини копрової щогли

Відповідно п. 5.3. [2] розрахунок на стійкість виконується по формулам:

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (4.22)$$

При $N = N_{AB} = -65,2$ кН, коефіцієнт приведення довжини $\mu = 2$,

$l = l_1 = 1,18$ – довжина консольної частини.

Гнучкість:

$$\lambda = \frac{2 \cdot l_1}{i_{\min}} = \frac{2 \cdot 1,18}{6,1 \cdot 10^{-2}} = 39,33 \quad (4.23)$$

де $i_{\min} = 6,1 \cdot 10^{-2}$ м – радіус інерції перерізу.

При $\lambda = 39,33$; $R_y = 240$ МПа.

Коефіцієнт $\varphi = 0,894$.

Розрахункове напруження при $\gamma_c = 0,95$.

$$\sigma = \frac{65,2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 25,15 \cdot 10^{-4} \cdot 0,894} = 240 \cdot 0,95 = 228 \text{ МПа} \quad (4.24)$$

$$14 < 228 \text{ МПа.}$$

4.4 Розрахунок на міцність консолі копрової щогли

Небезпечним є переріз А-А:

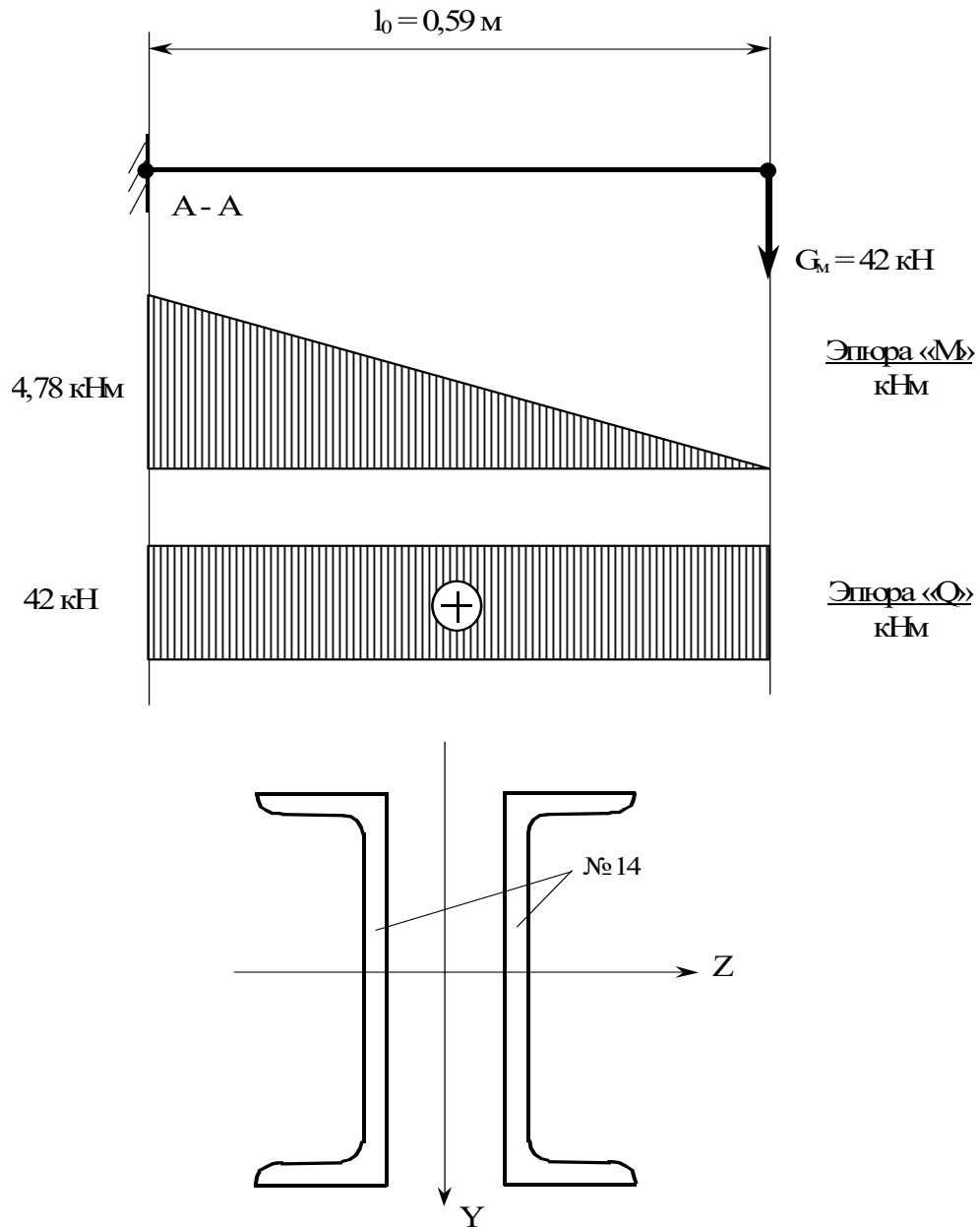


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема консолі копрової щогли та епюри «M», «Q».

Умови міцності за нормальними напруженнями:

$$\sigma = \frac{N_{A-A}}{W_Z} \leq R_y \cdot \gamma_c. \quad (4.25)$$

Профіль здвоєного швелера № 14 с $W_Z = 80,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

$$\sigma = \frac{24,78 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 80,5 \cdot 10^{-6}} \leq 240 \cdot 1; \quad (4.26)$$

де $\gamma_c = 1$, $R_y = 240$ МПа для сталі С 245.

$$153 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Умова міцності за дотичними напруженнями для нейтрального шару перерізу:

$$\tau_{\max} = \frac{Q \cdot S_Z}{b \cdot I_Z} = \frac{Q_{A-A} \cdot S_{Z_{A-A}}}{2t \cdot 2I_Z} < R_S \cdot \gamma_c. \quad (4.27)$$

Для прийнятого профіля:

$$S_{Z_{A-A}} = 31 \cdot 10^{-6};$$

$$t = 0,006 \text{ м};$$

$$I_Z = 563,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

$$\tau_{\max} = \frac{42 \cdot 31 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} \cdot 2}{2 \cdot 0,006 \cdot 2 \cdot 563,7 \cdot 10^{-8}} = 20 \text{ МПа} < 139 \text{ МПа}. \quad (4.28)$$

$$R_S = \frac{0,58 \cdot R_{\text{ин}}}{\gamma_m} = \frac{0,58 \cdot 245}{1,025} = 139 \text{ МПа}; \quad (4.29)$$

де $R_{\text{ин}} = 245$ МПа;

$$\gamma_m = 1,025.$$

Обраний переріз відповідає умові міцності за дотичними напруженнями.

5. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ТРАВЕРСИ КОПРОВОЇ ЩОГЛИ

5.1. Вихідні дані та задача розрахунку

У результаті модернізації та збільшення габаритів навісного обладнання виникла необхідність збільшити розміри траверси щогли без зміни конструкції та використовуваного матеріалу.

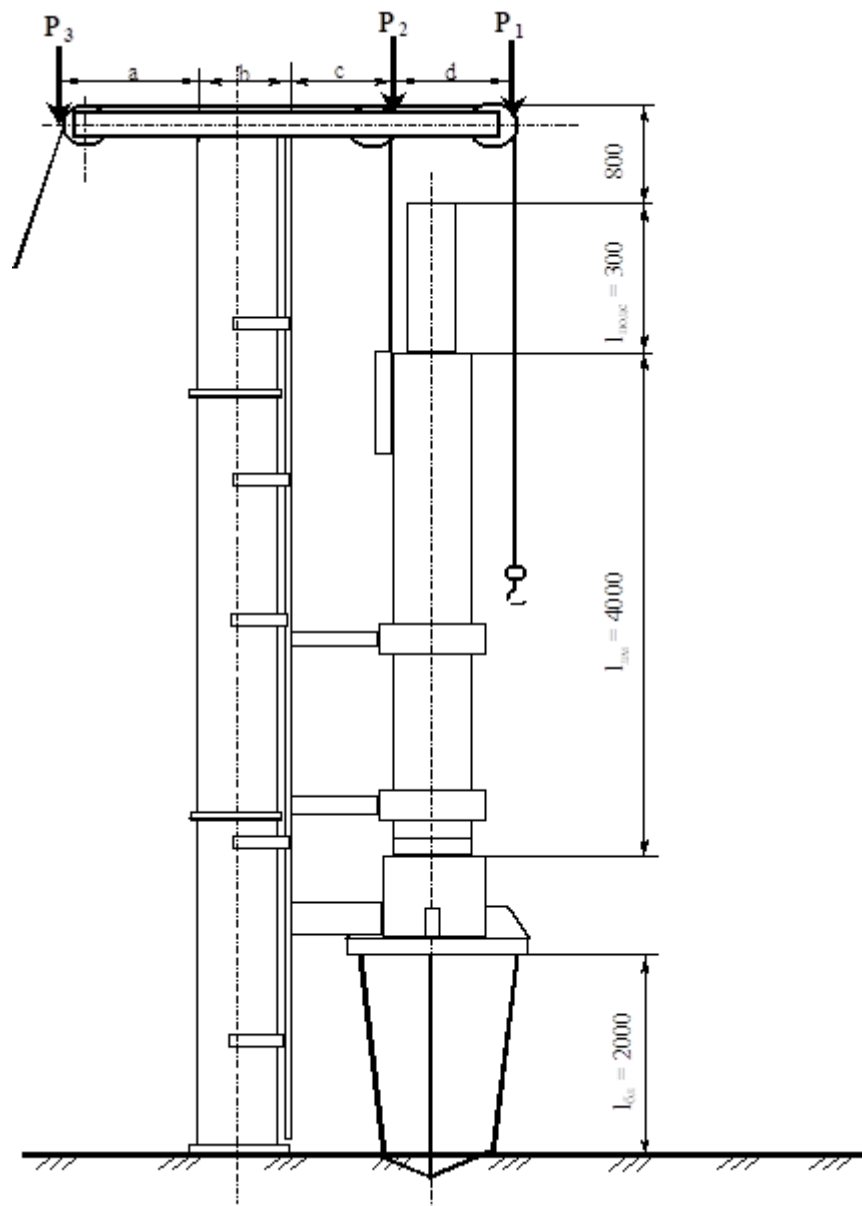


Рисунок 5.1 – Схема прикладання навантажень

Виконуємо розрахунок для визначення перерізу траверси в «небезпечному перерізі». Ця конструкція зазнає згину в головній площині.

Діючі сили та місця їх прикладання наведено на рис. 5.1.

Навантаження прикладено до блоків щогли і становить:

$$P_1 = G_{p.o.} = 6,15 \text{ кН};$$

$$P_2 = \sum G_{н.о.} = 67,85 \text{ кН};$$

$$P_3 = \sum G = 73 \text{ кН}.$$

5.2 Визначення опорних реакцій

Складаємо розрахункову схему.

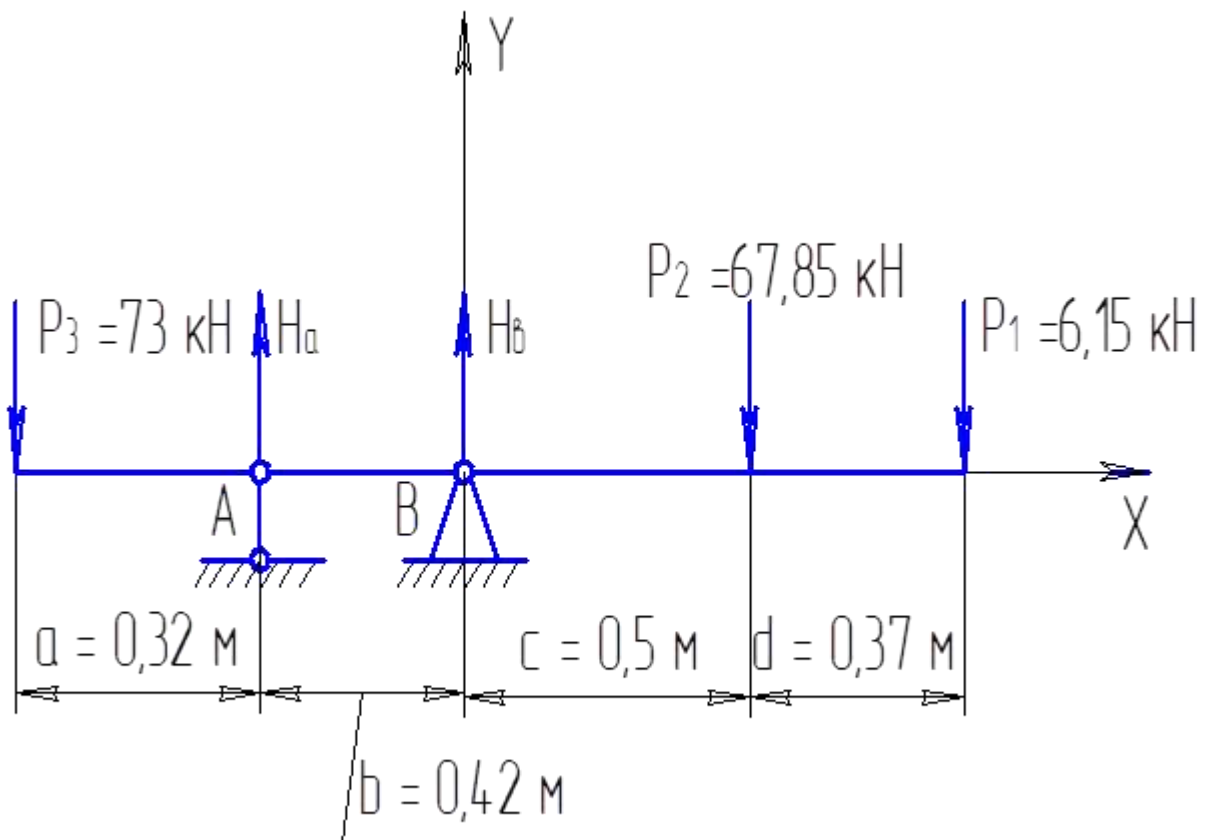


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема визначення опорних реакцій

Складаємо рівняння моментів щодо опори А:

$$\sum M_A = 0.$$

$$\sum M_A = P_3 \cdot a + H_B \cdot b - P_2 \cdot (b + c) - P_1 \cdot (b + c + d). \quad (5.1)$$

Звідси визначаємо реакцію в опорі В:

$$\begin{aligned} H_B &= \frac{-P_3 \cdot a + P_2 \cdot (b + c) + P_1 \cdot (b + c + d)}{b} = \\ &= \frac{-73 \cdot 0,32 + 67,85 \cdot (0,42 + 0,5) + 6,15 \cdot (0,42 + 0,5 + 0,37)}{0,42} = \\ &= 98,4 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (5.2)$$

Аналогічно для опори В:

$$\sum M_B = 0.$$

$$\sum M_B = P_3 \cdot (a + b) - H_A \cdot b - P_2 \cdot c - P_1 \cdot (c + d). \quad (5.3)$$

Реакція в опорі А:

$$\begin{aligned} H_A &= \frac{P_3 \cdot (a + b) - P_2 \cdot c - P_1 \cdot (c + d)}{b} = \\ &= \frac{73 \cdot (0,32 + 0,42) - 67,85 \cdot 0,5 - 6,15 \cdot (0,5 + 0,37)}{0,42} = \\ &= 39,7 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (5.4)$$

Виконуємо перевірку:

$$\sum Y = 0.$$

$$\sum Y = -P_3 + H_A + H_B - P_2 - P_1 = -73 + 39,7 + 98,4 - 67,85 - 6,15 = 0 \quad (5.5)$$

Оскільки рівняння дорівнює 0, то робимо висновок про вірність розрахунку.

Реакції опор склали:

$$H_A = 39,7 \text{ кН};$$

$$H_B = 98,4 \text{ кН}.$$

За діючими навантаженнями і реакціями опор будуюмо епюри М і Q, враховуючи при цьому правило знаків (рис. 5.3).

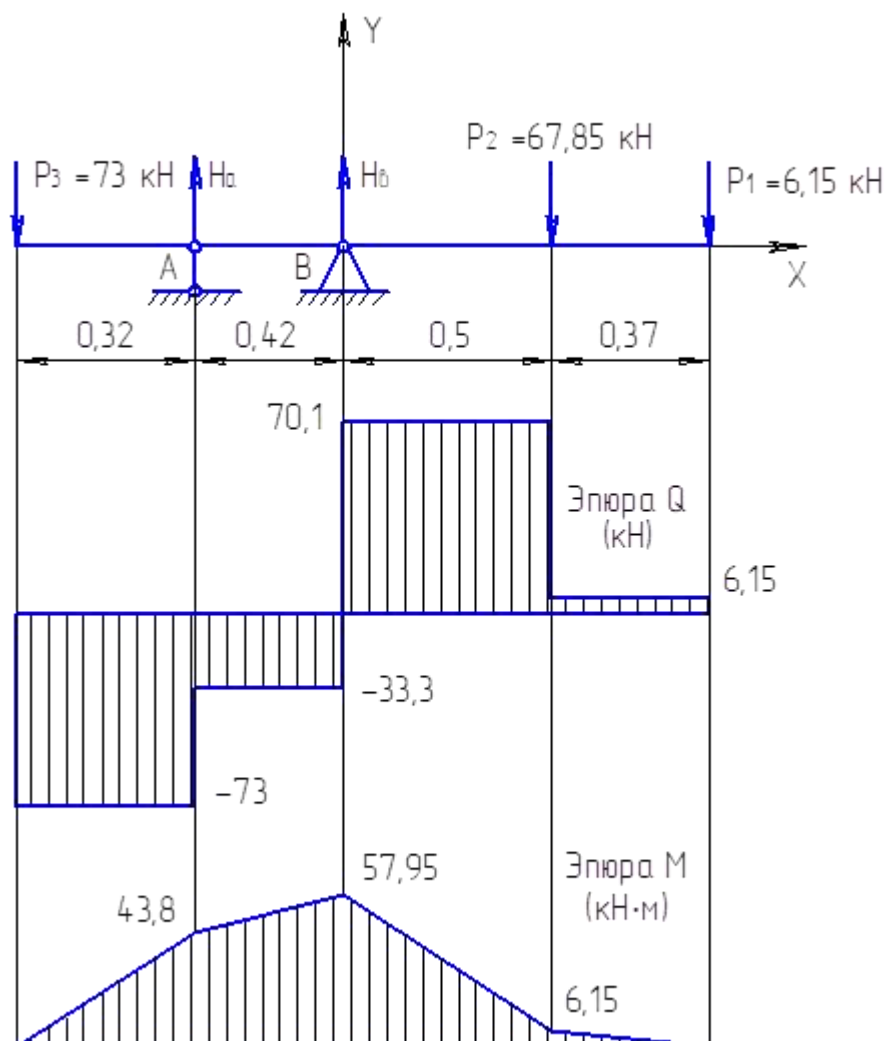


Рисунок 5.3 – Епюри перерізуючих сил та моментів

5.3 Перевірка на міцність перерізу траверси

Проаналізувавши епюри, визначаємо, що небезпечний переріз у районі закладення опори В. Перетин має вигляд показаний на рис. 5.4.

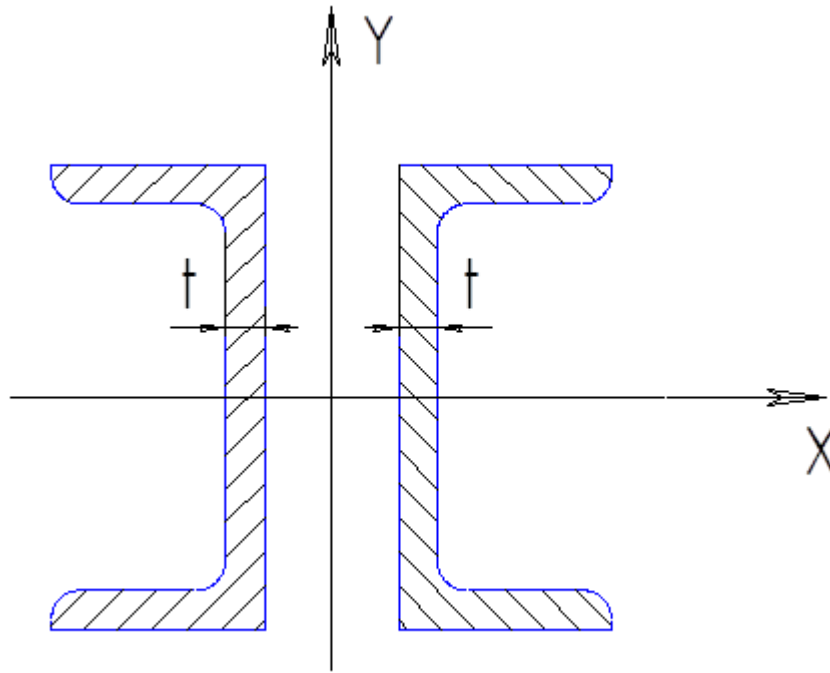


Рисунок 5.4 – Переріз траверси поблизу В

Перевіряємо напругу у небезпечному перерізі.

При згинанні значення нормальних напруг повинні відповідати умові:

$$\sigma_x = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (5.6)$$

де M_{\max} - максимальний згинаючий момент, $M_{\max} = 57,95$ кН·м;

W_x - момент опору, $W_x = 387$ см³;

R_y - розрахунковий опір згину, $R_y = 240$ МПа;

γ_c - коефіцієнт умов роботи, $\gamma_c = 1$.

$$\sigma_x = \frac{57,95 \cdot 10^3}{2 \cdot 387 \cdot 10^{-6}} = 74,9 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа} . \quad (5.7)$$

Для дотичних напружень:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{\sum t \cdot I_x} \leq R_s \cdot \gamma_c, \quad (5.8)$$

де Q_{\max} - максимальне значення перерізуєчої сили, $Q_{\max} = 74$ кН;

S_x - статичний момент напівперерізу, $S_x = 224$ см³;

$\sum t$ - сумарна товщина стінок, $\sum t = 2 \cdot S = 2 \cdot 0,0065 = 0,013$ м;

I_x - момент інерції, $I_x = 5810$ см⁴.

Тоді:

$$\tau = \frac{74 \cdot 10^3 \cdot 224 \cdot 10^{-6}}{0,013 \cdot 810 \cdot 10^{-8}} = 157,5 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа} . \quad (5.9)$$

Виходить що матеріал траверси та розмір поперечного перерізу задовольняє умовам міцності.

6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД МОДЕРНІЗАЦІЇ СТРІЛОВОГО КРАНА

6.1 Розрахунок показників економічної ефективності

У маркетингу до ухвалення рішення про доцільність розробки та запровадження нової техніки чи модернізації існуючої використовують, як критерій, порівняльну економічну ефективність.

Економічний ефект, як основний показник, є сумарною економією живої праці, матеріалів і капітальних вкладень, яку отримує підприємство в результаті виробництва та використання нової або модернізованої техніки.

Економічний ефект визначають, порівнюючи сумарні витрати на базову та нову техніку, які приймають як критерій економічної ефективності.

Таблиця 6.1 – Розрахункові дані:

Вид обладнання	Кількість	Позначення	Ціна, грн. за 1 шт.
Стріловий кран МКГ-25БР	1	$C_{кр}$	570575
Копрова щогла МК-14М	1	$C_{к.м.}$	612000
Навісне бурове обладнання	1	$C_{н.б.о.}$	76050
Дизель-молот С-996	1	$C_{д.м.}$	472500
Сваєбійний копер	1	$C_{с.к.}$	2070000

Економічний ефект, грн.:

$$E = \sum C_{нов.} - \sum C_{мод.} \quad (6.1)$$

де $\sum C_{нов.}$ - загальна вартість нового обладнання;

$\sum C_{мод.}$ - загальна вартість нового обладнання, що підпадає під модернізацію;

$$\sum C_{нов.} = C_{с.к.} + C_{н.б.о.} = 2070000 + 76050 = 2146050 \text{ грн.} \quad (6.2)$$

$$\sum C_{мод.} = C_{к.м.} = C_{н.б.о.} = C_{д.м.} = 612000 + 76050 + 472500 = 1160550 \text{ грн.} \quad (6.3)$$

$$E = 2146050 - 1160550 = 985500 \text{ грн.}$$

6.2 Розрахунок та співставлення капітальних витрат

Розрахунок капітальних витрат.

Загальні капітальні витрати визначаються за формулою:

$$\Sigma K_C = K_O + K_{TP} + K_M \quad (6.4)$$

де ΣK_C – сумарні капітальні витрати, грн.;

K_O – вартість основного обладнання, грн.;

K_{TP} – транспортні витрати (3% від вартості основного обладнання), грн.;

K_M – вартість монтажу та налагодження обладнання (7% від основного обладнання), грн.;

$$\Sigma K_C = 116055 + 3481,65 + 8123,85 = 127660,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат.

Знаходимо загальні експлуатаційні витрати:

$$\Sigma C = C_A + C_E + C_P + C_O \quad (6.5)$$

де ΣC_1 – сумарні експлуатаційні витрати, грн.;

C_A – амортизаційні відрахування, грн.;

C_E – витрати електроенергії, грн.;

C_P – витрати на ремонт, грн.;

C_O – витрати на обслуговування, грн.

Розрахуємо амортизаційні відрахування:

$$C_A = \Sigma K_C \cdot H_{ПВ} / 100 \quad (6.6)$$

де ΣK_C – сумарні капітальні витрати;

$H_{ПВ}$ – норма амортизації, складає 4.4%;

$$C_A = 1276605 \cdot 4,4 / 100 = 5617,062 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість витрат на оплату електроенергії за рік:

$$C_E = C_E \cdot \Delta P \cdot 7 \cdot 365 \quad (6.7)$$

де C_E – вартість витрат електроенергії за рік, грн.;

C_E – вартість 1 кВт*ч, складає 1,5 грн.;

ΔP – втрати електроенергії, грн.;

$$C_E = 1,5 \cdot 7 \cdot 365 = 3832,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на ремонт обладнання:

$$C_P = C_{OЗ} + C_{ДЗ} + C_{СТ} + C_M + C_{Ц} \quad (6.8)$$

де C_P – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$C_{OЗ}$ – основна заробітна плата ремонтним робітникам, грн.;

$C_{ДЗ}$ – додаткова зарплата робітникам (8% від основної заробітної платні),
грн.;

$C_{СТ}$ – відрахування на соціальні потреби (26% від зарплатні), грн.;

C_M – вартість матеріалів на ремонт (4% від вартості обладнання) грн.;

$C_{Ц}$ – цільові витрати (80% від зарплати), грн.;

Заробітна плата за тарифом розраховується за формулою:

$$З_{ПТ} = C_T \cdot T_C \quad (6.9)$$

де $З_{ПТ}$ – заробітна платня за тарифом, грн.;

C_T – сумарна трудоемність ремонтів, чол./г;

T_C – тарифна ставка, складає 20 грн./г;

$$З_{ПТ} = 75 \cdot 20 = 1500 \text{ грн.}$$

Основна заробітна платня робітникам:

$$C_{OЗ} = З_{ПТ} + П \quad (6.10)$$

де $C_{OЗ}$ – основна заробітна платня ремонтних робітників, грн.;

$З_{ПТ}$ – зарплата за тарифом, грн.;

P – премія, складає 15% від тарифа, грн.;

$$C_{O3} = 1500 + 225 = 1725 \text{ грн.}$$

$$C_p = 1725 + 138 + 448,5 + 46422 + 873,08 = 49606,58 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування систем обладнання:

$$C_o = 0,1 \cdot C_p \quad (6.11)$$

де C_o – витрати на обслуговування систем обладнання, грн.;

C_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$$C_o = 0,1 \cdot 49606,58 = 4960,658 \text{ грн.}$$

$$\Sigma C = 5617,062 + 3832,5 + 49606,58 + 4960,658 = 64016,8 \text{ грн.}$$

6.3 Розрахунок часу окупності додаткових капітальних вкладень

Час окупності розрахуємо за формулою:

$$T = \Sigma K / \Sigma C \quad (6.12)$$

де T – час окупності, років;

ΣK – сума капітальних вкладень, грн.;

ΣC – експлуатаційні витрати, грн.;

$$T = 127660,5 / 64016,8 = 2 \text{ роки.}$$

Після всіх необхідних розрахунків видно, що економічна ефективність модернізації устаткування вигідна. Щоб ввести в експлуатацію нове обладнання, необхідно вкласти 127660,5 грн., але дане капіталовкладення окупить себе за 2 роки.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі наведено основні заходи щодо охорони праці[13] під час модернізації стрілового крана МГК-25БР.

7.1. Аналіз потенційних небезпек

а) незадовільна організація робочого місця конструктора внаслідок невиконання вимог ергономіки, що може призвести до зниження працездатності;

б) можливість механічного травмування внаслідок порушень правил охорони праці;

в) небезпеки, пов'язані з вадами конструктивних рішень у проектах модернізації стрілового крана, які можуть призвести до виникнення аварійної ситуації;

г) небезпеки, пов'язані з неточним/невірним виконанням розрахунку на міцність, з метою запобігання аварійній ситуації;

д) можливість ураження електричним струмом під час виконання службових обов'язків внаслідок порушень правил з електробезпеки;

е) можливість виникнення аварійних ситуацій внаслідок незадовільного стану підйомно-транспортних пристроїв;

ж) незадовільні параметри повітряного середовища в адміністративних приміщеннях, зокрема у конструкторських бюро, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може призвести до зниження комфортності праці та загальних захворювань;

з) незадовільне освітлення на робочому місці або в робочій зоні може стати причиною зниження продуктивності та якості праці, а також отримання травм;

і) Можливість виникнення пожеж, причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих робочих газів, коротке замикання;

к) Незадовільна стійкість промислових об'єктів або неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є незадовільний стан основних споруд і мереж постачання, непідготовленість персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах може призвести до тяжких травм або летального результату.

7.2. Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

а) Вимоги до офісних приміщень та організації робочого місця інженера-конструктора.

Площу приміщень, у яких розташовують персональні комп'ютери, визначають відповідно до чинних нормативних документів. Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 у розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК, встановлено такі норми:

- площа — не менше 6,0 кв. м;
- об'єм — не менше 20,0 куб. м.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Також у цих приміщеннях повинні бути медичні аптечки першої допомоги, системи автоматичної пожежної сигналізації та переносні вуглекислотні вогнегасники. Підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними.

Робочі місця, згідно з п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98, слід розташовувати відносно світлових прорізів так, щоб природне світло падало переважно зліва.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечувати підтримку оптимальної робочої позиції офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки та

забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) та документів.

Правилами встановлюються висота робочої поверхні робочого столу, параметри ширини та глибини для робочих столів, які повинні забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Згідно з п. 4.8 ДСанПіН 3.3.2.007-98 робочий стілець повинен бути підйомно-поворотним, регульованим по висоті, з кутом нахилу сидіння та спинки; від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння повинна бути плоскою, передній край — заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко та надійно фіксуватися.

Поверхня сидіння та спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, легко чиститися та не електризуватися (п. 4.12 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Робочий стіл для ПК, як правило, повинен бути обладнаний підставкою для ніг, вимоги до її розмірів і конструкції також прописані в правилах. Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не досягають підлоги, є обов'язковим.

Приміщення можуть бути обладнані шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Поверхня підлоги повинна бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревно-стружкові плити, миючі шпалери, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

б) Основні напрямки профілактики травматизму та професійних захворювань, а також зниження фізичної стомлюваності працівників та підвищення продуктивності їхньої праці:

- механізація, автоматизація та роботизація виробництва;

- впровадження безпечної техніки та технології, зокрема застосування засобів колективного захисту, забезпечення безпеки будівель і споруд, а також належних санітарно-гігієнічних умов праці;

- організація безпечного ведення процесу та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;

- забезпечення оптимальних режимів праці та відпочинку;

- професійний підбір кадрів.

Заходи щодо запобігання та усунення виробничого травматизму та професійних захворювань поділяються на технічні та організаційні. До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки. До організаційних заходів належать:

- правильна організація роботи;

- контроль та нагляд за охороною праці (НПАОП 0.00-1.80-00);

- впровадження безпечних методів та наукової організації праці;

- проведення агітації, пропаганди тощо.

в) Небезпеки, пов'язані з недоліками конструктивних рішень у проектах модернізації стрілового крана, які можуть призвести до виникнення аварійної ситуації.

Заходи щодо усунення небезпек:

- звести до мінімуму кількість кінематичних ланцюгів і пар;

- розподілити рівномірно зусилля між елементами, що контактують;

- при реалізації конструктивних рішень необхідно передбачити високу надійність механізму підйому та ін.

г) Небезпеки, пов'язані з неточним/неправильним виконанням розрахунку на міцність, з метою запобігання аварійній ситуації.

Заходи щодо усунення цих небезпек:

- виконати перевірочні розрахунки на міцність;

- виконати перевірку конструкції на міцність у модулі Simulation програми SolidWorks.

д) Можливість ураження електричним струмом під час виконання службових обов'язків внаслідок порушення правил електробезпеки.

Основними заходами захисту можуть бути:

- до виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки згідно з ДНАОП 1.1.10 - 1.01 - 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок - споживачів» та отримали допуск з електробезпеки відповідної групи.

- електрообладнання повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та іншим нормативним актам.

Експлуатацію та ремонт електроустановок повинен здійснювати спеціально підготовлений персонал. Для кожного електроспоживаючого обладнання мають бути складені експлуатаційні схеми нормальної та аварійної роботи.

- Розташування струмопровідних частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000 В — не менше 3,5 м, при напрузі понад 1000 В — не менше 6 м.

- встановлено, що опір ізоляції електричних проводів повинен бути не менше 0,5 м. Одним із найбільш ефективних захисних заходів є подвійна електроізоляція.

- Захисне заземлення або занулення — це навмисне електричне з'єднання металевих частин обладнання, що не проводять струм, але можуть опинитися під напругою, із землею або із захисним нульовим проводом. Електрообладнання необхідно заземлювати або занулювати відповідно до ПУЕ — «Правила влаштування електроустановок». Електричні засоби захисту, наприклад, діелектричні килимки, повинні відповідати НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

- Електричні блокування — це автоматичні пристрої, за допомогою яких запобігають небезпечним діям людини. Вимоги до блокувальних пристроїв визначені ДСТУ «Пристрої захисного відключення. Класифікація. Загальнотехнічні вимоги».

е) Можливість виникнення аварійних ситуацій внаслідок незадовільного стану підйомно-транспортних пристроїв.

Відповідно до правил 0.00-1.80-00, передбачається періодичний огляд знімних вантажопідйомних пристроїв (захвати, стропи, гаки, траверси тощо), який поділяється на:

- первинний (під час введення в експлуатацію нових пристроїв або після капітального ремонту);
- під час експлуатації огляд проводиться 1 раз на 5 діб.

Після закінчення терміну експлуатації (зазначеного в паспортах для кожного пристрою окремо) рішення про подальшу експлуатацію приймає експертна організація після відповідного огляду.

При виявленні дефектів, що перевищують норму безпеки, виконують або ремонт з позачерговим випробуванням, або виключення з експлуатації.

Експлуатація вантажопідйомних пристроїв без паспортів категорично заборонена.

7.3. Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

ж) Для забезпечення оптимальних метеорологічних умов в адміністративних приміщеннях (табл. 6.1) облаштовуються системи водяного опалення та кондиціонування повітря.

Таблиця 7.1 – Метеорологічні умови в адміністративних приміщеннях відповідно до ГСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»

Час року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодна пора року	Середня тяжкість	18-20	60-40	0,1
Тепла пора року	Середня тяжкість	21-23	60-40	0,1

У теплу пору року для зниження температури повітря в робочому приміщенні необхідно використовувати природну вентиляцію або загальну припливно-витяжну вентиляцію відповідно до СНіП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», а в холодний період — систему опалення та припливно-витяжну вентиляцію з функцією підігріву зовнішнього повітря. Забезпечення належного освітлення робочої зони.

з) Для забезпечення необхідного рівня освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення. Норми проектування» з урахуванням характеру зорової роботи (VII розряд, освітленість > 200 лк)

Незадовільна освітленість на робочому місці або в робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм.

Недостатнє освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зорової та загальної втоми. Крім створення зорового комфорту, світло чинить на людину психологічний, фізіологічний та естетичний вплив. Світло — один з найважливіших елементів організації простору та головний посередник між людиною та навколишнім простором.

Особливої уваги слід приділити освітленню робочих місць користувачів ПК. Серед них широко поширені астенопічні явища (різь в очах, біль в очах, ломить у надбрівній ділянці, розпливчастість контурів, нечіткість зображення).

Постійний погляд на матове скло екрану монітора зменшує частоту моргання очей, що призводить до висихання та викривлення рогівки ока, погіршує зір (синдром Сікка).

Робота користувача з пульсуючим самосвітним екраном монітора не відповідає нормативним вимогам щодо обмеження пульсації (мерехтіння), викликає дискомфорт і втому (загальну та зорову).

Сліпуча дія світильників у приміщенні, на робочому місці з ПК більша, ніж на інших, тому що лінія зору користувача під час роботи з екраном майже

горизонтальна, що призводить до зменшення захисного кута дії різних сліпучих джерел (світильники, вікна тощо). Це викликає не тільки астенопічні явища, але й функціональні порушення зору користувача.

Кольоровий шрифт збільшує навантаження на зір, оскільки складові кольорів мають різні довжини хвиль і видимі на різній відстані. Око потребує більш точної адаптації, ніж при чорно-білому зображенні.

7.4. Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Причинами пожеж і вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону України «Про пожежну безпеку».

Небезпечними факторами пожежі та вибуху, які можуть призвести до травм, отруєння, загибелі або матеріальних збитків, є: відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будівель і споруд.

Проведений аналіз пожеж показує, що близько 85% пожеж відбувається внаслідок недбалості, халатності та недостатньої поінформованості людей у тих чи інших питаннях пожежної безпеки. Таким чином, існує реальна можливість істотно скоротити загальну кількість пожеж завдяки спланованому та конкретно спрямованому комплексу заходів протипожежного захисту:

1. Розробка комплексних заходів забезпечення пожежної безпеки підприємства, з урахуванням вимог ст. 5 Закону України про пожежну безпеку та п. 2.3. НАПБ А.01.001-04.

2. Підготовка та видання наприкінці року письмового наказу «Про організацію пожежної безпеки на підприємстві на наступний рік».

3. Організація та проведення протипожежних інструктажів, проведення спеціального навчання (пожежно-технічного мінімуму) з посадовими особами та працівниками підприємства відповідно до Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України та згідно з Переліком посад,

при призначенні на які особи зобов'язані проходити навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки, та порядок їх організації, затверджених наказом МНС України.

Усі працівники під час прийняття на роботу та на робочому місці повинні проходити інструктажі з питань пожежної безпеки. Протипожежні інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, протипожежний інструктаж та перевірку знань з питань пожежної безпеки, забороняється.

4. Встановлення можливості куріння (місце для куріння), застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів, порядку проведення вогневих робіт.

5. Обладнання та підтримання в справному стані блискавкозахисту на об'єктах відповідно до вимог ВСН 58-87 та Інструкції з влаштування блискавкозахисту будівель і споруд РД 34.21.122-87.

7. Розміщення на території та об'єктах підприємства відповідних знаків безпеки, оформлених відповідно до вимог та рекомендацій, викладених у ДСТУ 12.4.026-76 «Сигнальні кольори та знаки безпеки» та ДСТУ КО 6309:2007 «Знаки безпеки. Форма та колір».

8. Створення та організація роботи пожежно-технічної комісії підприємства згідно із завданнями, визначеними у Типовому положенні про ПТК (наказ МНС України від 11.02.2004 № 70).

10. З метою залучення працівників до проведення заходів щодо запобігання пожежам, організації їх гасіння на підприємствах створюються добровільні пожежні дружини (команди) відповідно до Положення про добровільні пожежні дружини (командах) (Постанова КМУ від 25.02.2009 року № 136 та наказ МНС України від 11.02.2004 № 70).

11. Забезпечення засобами пожежогасіння території та об'єктів підприємства відповідно до Додатка 2 до Правил пожежної безпеки в Україні, Типових норм комплектування вогнегасниками (наказ МНС України від

02.02.2004 № 151), Правилами експлуатації вогнегасників (наказ МНС від 02.04.2004 № 152).

12. Обладнання об'єктів підприємства автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації згідно з Переліком однотипних за призначенням об'єктів, що підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації (наказ МНС від 22.08.2005 № 161).

13. Створення нормативного запасу води для зовнішнього пожежогасіння відповідно до СНіП 2.04.02-84 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди».

17. Проведення державної експертизи (перевірки) проектно-кошторисної документації з питань пожежної безпеки відповідно до Порядку затвердження інвестиційних програм і проектів будівництва та проведення їх комплексної державної експертизи, затвердженого Постановою КМУ від 11.04.2002 р. № 483.

18. На підприємстві має бути встановлено порядок (система) оповіщення людей про пожежу, з яким необхідно ознайомити всіх працівників.

У приміщеннях на видних місцях біля телефонів слід вивішувати таблички із зазначенням номера телефону виклику пожежної охорони.

20. Керівник підприємства зобов'язаний вживати (у межах наданих йому повноважень) відповідних заходів реагування на факти порушень або невиконання посадовими особами, іншими працівниками підприємства встановленого протипожежного режиму, вимог правил пожежної безпеки та інших нормативно-правових актів, що діють у цій сфері.

21. Керівник підприємства зобов'язаний проводити службове розслідування випадків пожеж відповідно до Порядку обліку пожеж та їх наслідків, затвердженого Постановою КМУ від 26.12.2003 р. № 2030.

7.5 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Для підвищення стійкості споруд їх проектують з жорстким каркасом (металевим або залізобетонним), зі збільшеною площею світлових прорізів, зі стінним заповненням з полегшених матеріалів у вигляді взаємозамінних плит

збірно-розбірної конструкції, з легкою, довговічною та вогнестійкою покрівлею. Такі матеріали сприяють зниженню ступеня руйнування несучих конструкцій під час землетрусів, ураганів, вибухів тощо, зменшують вплив уламків на технологічне обладнання, а також полегшують роботи з відновлення зруйнованої споруди. Дуже ефективним є спосіб застосування поворотних панелей, тобто кріплення легких панелей на шарнірах до каркасів колон споруд. Під дією динамічних навантажень такі панелі повертаються, що значно знижує вплив ударної хвилі на несучі конструкції споруд.

Важке обладнання розміщують, як правило, на нижніх поверхах виробничих будівель. Машини та агрегати великої цінності рекомендується розміщувати в будівлях, що мають полегшені та важкозаймісті конструкції, обвалення яких не призведе до руйнування цього обладнання. Верстати, установки та інше обладнання, що має велику висоту і малу площу опори, міцно закріплюють на фундаментах, встановлюють розтяжки та додаткові опори, що підвищує їх стійкість до перекидання.

Ємності для зберігання та приготування хімікатів розміщують у заглибленнях або забезпечують їх надійне кріплення. Крім того, на системах подачі хімічних речовин передбачається наявність пристроїв автоматичного вимкнення.

При загрозі виникнення надзвичайної ситуації на найбільш відповідальних спорудах можуть вводитися додаткові опори для зменшення прольотів, посилюватися найбільш слабкі вузли та окремі елементи несучих конструкцій. Окремі елементи, наприклад, високі споруди (труби, щогли, колони) закріплюються стяжками, розрахованими на навантаження, що створюються впливом швидкісного напору повітря ударної хвилі вибуху. Встановлюються бетонні або металеві пояси, що підвищують жорсткість конструкції тощо[14].

Технологічне обладнання, вимірювальні та випробувальні прилади, як правило, розміщуються в будівлях і тому зазнають збитків не тільки від первинних, але й від вторинних уражаючих факторів надзвичайних ситуацій: уламків обвальних елементів будівельних конструкцій, палаючих установок

тощо. Надійно захистити все обладнання від усіх вражаючих факторів надзвичайних ситуацій неможливо, тому зводиться до мінімуму небезпека руйнування та пошкодження особливо цінного та унікального обладнання, еталонних та деяких видів контрольно-вимірювальних приладів.

Деякі види технологічного обладнання розміщують поза будівлею – на відкритому майданчику території об'єкта під навісами. Це виключає руйнування його уламками огорожувальних конструкцій. Особливо цінне та унікальне обладнання доцільно розміщувати в заглиблених, підземних або спеціально побудованих приміщеннях підвищеної міцності. Підвищення стійкості обладнання досягається також створенням запасів найбільш слабких елементів, окремих вузлів і деталей, матеріалів та інструментів для ремонту та відновлення пошкодженого обладнання[15].

Таким чином, основними засобами забезпечення безпеки є:

- проходження необхідних інструктажів з техніки безпеки під час роботи з небезпечними механізмами. Усе обладнання проходить атестацію та перевірку спеціальними органами контролю.

- встановлення огорож, що перешкоджають проходу персоналу в небезпечну зону та механічному контакту людини з рухомими частинами механізму.

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в адміністративних та побутових приміщеннях встановлено засоби опалення та вентиляції.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено встановлення комплексу засобів пожежогасіння, таких як протипожежне водопостачання, вогнегасники, ящики з піском тощо.

Забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайних ситуацій досягається проведенням регулярних інструктажів та відпрацюванням дій у зазначених випадках, підвищенням стійкості споруд, а також створенням і підтриманням у робочому стані систем захисту та евакуації персоналу із зони ураження.

ВИСНОВОК

У результаті модернізації робочого обладнання на базі стрілового крана МКГ-25БР розроблено комплекс заходів, що дозволяє використовувати його для різних робіт:

- бурові роботи;
- роботи із забивання паль;
- отримання котлованів під фундаменти методом виштамповування.

Проведений огляд науково-технічної та патентної літератури дозволив виявити відомі конструкції та конструктивні рішення обладнання. Аналіз конструктивних рішень визначив переваги та недоліки цих конструкцій.

У ході виконання дипломного проекту було описано конструкцію, принцип дії та технологію роботи модернізованого крана.

Виконано розрахунок основних параметрів копрової щогли:

- вибір молота для виштамповування;
- визначення висоти копрової щогли;
- підбір і розрахунок канатів;
- визначення основних параметрів режиму обертального буріння та підбір обладнання;
- розрахунок стійкості копрового обладнання, який показав, що дане навісне копрове обладнання дозволяє виконувати забивання фундаменту – оболонки довжиною до 3-х м (масою 1680 кг) .

Також були виконані розрахунки на міцність:

- копрової щогли;
- траверси копрової щогли.

Після проведення всіх необхідних розрахунків економічного ефекту від модернізації стрілового крана видно, що економічна ефективність модернізації обладнання є вигідною. Щоб ввести в експлуатацію нове обладнання, необхідно вкласти 127660,5 грн., але дане капіталовкладення окупиться за 2 роки.

Вказано основні параметри з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях:

- проходження необхідних інструктажів з техніки безпеки при роботі з небезпечними механізмами. Все обладнання атестується та перевіряється спеціальними органами контролю.

- встановлення огорож, що перешкоджають проходу персоналу в небезпечну зону та механічному контакту людини з рухомими частинами механізму.

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в адміністративних та побутових приміщеннях встановлено засоби опалення та вентиляції.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено встановлення комплексу засобів пожежогасіння, таких як протипожежне водопостачання, вогнегасники, ящики з піском тощо.

Забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайних ситуацій досягається проведенням регулярних інструктажів та відпрацюванням дій у зазначених випадках, підвищенням стійкості споруд, а також створенням і підтриманням у робочому стані систем захисту та евакуації персоналу із зони ураження.

Виконано узгодження роботи всіх механізмів модернізованого крана.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с.
2. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини : навч. посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко ; Нац. техн. ун-т “Харків. політехн. ін-т”. Харків : НТУ “ХПІ”, 2006. 304 с.
3. Сукач М. К. Будівельні машини і обладнання : підручник. Київ : Ліра-К, 2020. 390 с.
4. Мартовицький Л. М. Атлас металоконструкцій ПТМ : навч. посіб. / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, Г. В. Клименко ; за ред. Л. М. Мартовицького ; Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”. Запоріжжя : Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”, 2019. 222 с.
5. Мартовицький Л. М. Крани спеціальні : навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. Запоріжжя : Національний університет “Запорізька політехніка”, 2023. 396 с.
6. Shapiro L. K. Cranes and Derricks / L. K. Shapiro, J. P. Shapiro. 4th ed. New York : McGraw Hill Professional, 2010. 688 p.
7. Schmitt R. L. Moving the Earth: Excavation Equipment, Methods, Safety, and Cost / R. L. Schmitt, C. J. Schexnayder, A. B. Cohen, H. L. Nichols Jr., D. A. Day. 7th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2019. 672 p.
8. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідйомальних кранів, підйомальних пристроїв і відповідного обладнання : затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 19.01.2018 № 62 ; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 27.02.2018 за № 244/31696. Чинний від 10.04.2018. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77156 (дата звернення: 07.05.2026).

9. СНиП 2.09.03-85. Споруди промислових підприємств. Зміна № 1 (національна) : будівельні норми і правила : затв. наказом від 21.10.2004 № 195. Чинний від 01.04.2005.
10. Пат. 35712 U Україна. Мобільна бурова установка / Є. І. Крижанівський, М. М. Лях, І. В. Короп, Я. Т. Федорович ; власник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № a200512779 ; заявл. 29.12.2005 ; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.
11. Пат. 123713 U Україна. Насосно-циркуляційна система бурової установки / М. М. Лях, Л. Є. Шкіца, Т. М. Яцишин, О. І. Сидоренко ; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № u201707840 ; заявл. 26.07.2017 ; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5. 6 с.
12. Пат. 122613 U Україна. Ударний вибійний двигун / М. І. Оринчак, І. І. Чудик, О. І. Кирчей, О. С. Бейзик, О. Б. Марцинків. № u201613137 ; заявл. 22.12.2016 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
13. Охорона праці та цивільний захист : підручник / за ред. О. Г. Левченка. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.
14. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2020.
15. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Канати сталеві дротяні

Діаметр, мм	Маса каната (1000 м), кг.	Маркувальна група, МПа			
		1372	1568	1764	1960
		Розривне зусилля, кН			
1	2	3	4	5	6
Канат ЛК-О 6×7+1 о.с. по ГОСТ 3069-70					
3,7	47,7	6,740	7,595	8,290	8,945
4,0	54,0	7,640	8,590	9,375	10,100
4,9	83,7	11,850	13,050	14,350	-
5,9	120,0	16,950	18,700	20,450	-
Канат ЛК-Р 6×19+1 о.с. по ГОСТ 2688-80					
8,3	256,0	-	34,800	38,150	41,600
9,1	305,0	-	41,500	45,450	49,600
9,9	356,6	-	48,850	53,450	58,350
11,0	461,6	-	62,850	66,800	75,150
12,0	527,0	-	71,750	78,550	85,750
13,0	596,6	71,050	81,250	89,000	97,000
14,0	728,0	86,700	98,950	108,000	118,000
15,0	844,0	100,000	114,500	125,500	137,000
16,5	1025,0	121,500	139,000	152,000	166,000
18,0	1220,0	145,000	166,000	181,500	198,000
19,5	1405,0	167,000	191,000	209,000	228,000
21,0	1635,0	194,500	222,000	243,500	265,500
22,5	1850,0	220,000	251,000	275,000	303,500
24,0	2110,0	250,500	287,000	314,000	343,000
Канат ЛК-3 6×25+1 о.с. по ГОСТ 7667-80					
8,1	236,5	-	31,900	35,100	38,050
9,7	342,5	-	46,300	50,850	55,100
11,5	464,0	54,900	62,700	68,900	74,750
13,0	605,0	71,500	81,750	89,450	97,200
14,5	763,5	90,350	102,500	113,000	122,500
16,0	941,5	110,500	126,500	139,500	151,000
17,5	1140,0	134,500	153,500	169,000	183,000
19,5	1357,5	160,000	183,000	201,000	218,500
21,0	1594,0	188,500	215,000	236,500	256,500

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Технічні характеристики електродвигунів серії АО2

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання,%	ККД,%	cos φ	Ммакс/Мном	Ммин/Мном	Мп/Мном	Іп/Іном
Закрите виконання з обдувом (IP44)								
АОЛ2-11-2 УЗ	0,8	5,70	78,0	0,86	2,20	1,0	1,90	7,0
АОЛ2-12-2 УЗ	1,1	5,70	79,5	0,87	2,20	1,0	1,90	7,0
АОЛ2-21-2 УЗ	1,5	5,00	80,5	0,88	2,20	1,0	1,80	7,0
АОЛ2-22-2 УЗ	2,2	5,00	83,0	0,89	2,20	1,0	1,80	7,0
АО2-31-2 УЗ	3,0	4,00	84,5	0,89	2,20	1,0	1,70	7,0
АОЛ2-31-2 УЗ	3,0	4,00	84,5	0,89	2,20	1,0	1,70	7,0
АО2-32-2 УЗ	4,0	4,00	85,5	0,89	2,20	1,0	1,70	7,0
АОЛ2-32-2 УЗ	4,0	4,00	85,5	0,89	2,20	1,0	1,70	7,0
АО2-41-2 УЗ	5,5	3,50	86,0	0,89	2,20	1,0	1,60	7,0
АО2-42-2 УЗ	7,5	3,50	87,0	0,89	2,20	1,0	1,60	7,0
АО2-51-2 УЗ	10,0	3,00	88,0	0,89	2,20	1,0	1,50	7,0
АО2-52-2 УЗ	13,0	3,00	88,0	0,89	2,20	1,0	1,50	7,0
АО2-62-2 УЗ	17,0	3,00	88,0	0,9	2,20	1,0	1,20	7,0
АО2-71-2 УЗ	22,0	3,00	88,0	0,9	2,20	1,0	1,10	7,0
АО2-72-2 УЗ	30,0	3,00	89,0	0,9	2,20	1,0	1,10	7,0
АО2-81-2 УЗ	40,0	2,70	89,0	0,91	2,20	1,0	1,00	7,0
АО2-82-2 УЗ	55,0	2,70	90,0	0,92	2,20	1,0	1,00	7,0
АО2-91-2 УЗ	75,0	1,80	90,0	0,92	2,20	1,0	1,00	7,0
АО2-92-2 УЗ	100,0	1,80	91,5	0,92	2,20	1,0	1,00	7,0
АОЛ2-11-4 УЗ	0,6	10,0	72,0	0,76	2,20	1,5	1,80	7,0
АОЛ2-12-4 УЗ	0,8	10,0	74,5	0,78	2,20	1,5	1,80	7,0
АОЛ2-21-4 УЗ	1,1	7,00	78,0	0,8	2,20	1,5	1,80	7,0
АОЛ2-22-4 УЗ	1,5	7,00	80,0	0,81	2,20	1,5	1,80	7,0
АОЛ2-31-4 УЗ	2,2	4,70	82,5	0,83	2,20	1,5	1,80	7,0
АО2-32-4 УЗ	3,0	4,70	83,5	0,84	2,20	1,5	1,80	7,0
АОЛ2-32-4 УЗ	3,0	4,70	83,5	0,84	2,20	1,5	1,80	7,0
АО2-41-4 УЗ	4,0	4,00	86,0	0,85	2,00	1,0	1,50	7,0
АО2-42-4 УЗ	5,0	3,50	87,0	0,86	2,00	1,0	1,50	7,0
АО2-51-4 УЗ	7,5	3,30	88,5	0,87	2,00	1,0	1,40	7,0
АО2-52-4 УЗ	10,0	3,30	88,5	0,87	2,00	1,0	1,40	7,0

Продовження таблиці Б.1– Технічні характеристики електродвигунів
серії АО2

АО2-61-4 УЗ	13,0	3,30	88,5	0,89	2,00	1,0	1,30	7,0
АО2-62-4 УЗ	17,0	3,30	89,0	0,89	2,00	1,0	1,30	7,0
АО2-71-4 УЗ	22,0	3,30	90,0	0,9	2,00	1,0	1,20	7,0
АО2-72-4 УЗ	30,0	3,30	91,0	0,91	2,00	1,0	1,20	7,0
АО2-81-4 УЗ	40,0	3,00	91,5	0,91	2,00	1,0	1,10	7,0
АО2-82-4 УЗ	55,0	2,70	92,5	0,92	2,00	1,0	1,10	7,0
АО2-91-4 УЗ	75,0	2,00	92,5	0,92	2,00	1,0	1,10	7,0
АО2-92-4 УЗ	100,0	2,00	93,0	0,92	2,00	1,0	1,10	7,0
АОЛ2-11-6 УЗ	0,4	9,00	68,0	0,65	2,20	1,5	1,80	6,5
АОЛ2-12-6 УЗ	0,6	9,00	70,0	0,68	2,20	1,5	1,80	6,5
АО2-21-6 УЗ	0,8	7,00	73,0	0,71	2,20	1,5	1,80	6,5
АОЛ2-21-6 УЗ	0,8	7,00	73,0	0,71	2,20	1,5	1,80	6,5
АОЛ2-22-6 УЗ	1,1	7,00	76,0	0,73	2,20	1,5	1,80	6,5
АО2-31-6 УЗ	1,5	7,00	79,0	0,75	2,20	1,5	1,80	6,5
АОЛ2-31-6 УЗ	1,5	7,00	79,0	0,75	2,20	1,5	1,80	6,5
АО2-32-6 УЗ	2,2	7,00	81,0	0,77	2,20	1,5	1,80	6,5
АОЛ2-32-6 УЗ	2,2	7,00	81,0	0,77	2,20	1,5	1,80	6,5
АО2-41-6 УЗ	3,0	5,00	81,5	0,78	1,80	1,0	1,30	6,5
АО2-42,6 УЗ	4,0	5,00	83,0	0,79	1,80	1,0	1,30	6,5
АО2-51-6 УЗ	5,5	3,50	85,5	0,81	1,80	1,0	1,30	6,5
АО2-52-6 УЗ	7,5	3,50	87,0	0,82	1,80	1,0	1,30	6,5
АО2-61-6 УЗ	10,0	3,50	88,0	0,89	1,80	1,0	1,20	7,0
АО2-62-6 УЗ	13,0	3,50	88,0	0,89	1,80	1,0	1,20	7,0
АО2-71-6 УЗ	17,0	3,50	90,0	0,9	1,80	1,0	1,20	7,0
АО2-72-6 УЗ	22,0	3,50	90,5	0,9	1,80	1,0	1,20	7,0
АО2-81-6 УЗ	30,0	3,00	91,0	0,91	1,80	1,0	1,10	7,0
АО2-82-6 УЗ	40,0	2,50	91,5	0,91	1,80	1,0	1,10	7,0
АО2-91-6 УЗ	55,0	2,00	92,5	0,92	1,80	1,0	1,10	7,0
АО2-92-6 УЗ	75,0	2,00	92,5	0,92	1,80	1,0	1,10	7,0
АО2-41-8 УЗ	2,2	6,00	79,5	0,69	1,70	1,0	1,20	7,0
АО2-42-8 УЗ	3,0	6,00	80,0	0,7	1,70	1,0	1,20	7,0
АО2-51-8 УЗ	4,0	3,50	84,0	0,71	1,70	1,0	1,20	7,0
АО2-52-8 УЗ	5,5	3,50	85,0	0,72	1,70	1,0	1,20	7,0