

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Розробка мобільної бурової установки»

08-62.МКР.03.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу за ОПП «Магістра»,  
групи ІГМ-23м  
спеціальності 133

Галузеве машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

Владислав ВЕГЕРА

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

Андрій СЛАБКІЙ

(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент

Олександр ГАЛУЩАК

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., професор Леонід ПОЛІЩУК

«12» грудня 2024р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

Спеціальність – 133 – Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма – Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ГМ

*А. М. Сидор*  
**ПОЛІЩУК Леонід**

"17" вересня 2024 року

### **З А В Д А Н Н Я**

#### **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Владислав ВЕГЕРА

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розробка мобільної бурової установки»

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи: к.т.н. доц. **СЛАБКІЙ Андрій**, затверджені наказом вищого навчального закладу від "17" вересня 2024 року №310

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 10.12. 2024р.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: 1) Продуктивність, м.пог./год 0....6; 2) Глибина буріння, м – 50; 3) Діаметр свердловини, мм – 120; 4) Сумарна встановлена потужність, кВт – 240; 5) Тип силової установки – дизельний ДВЗ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1) вступ; 2) Дослідження проблематики теми МКР та формування напрямків покращення та розробки нових зразків аналогічних зразків техніки; 3) Розробка нової конструкції мобільної бурової установки; 4) Виконання проєктних та перевірочних розрахунків елементів конструкції; 5) Розробка алгоритму вибору оптимальних режимних параметрів буріння та дослідження його. 6) Економічне оцінювання доцільності розробки.

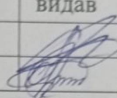
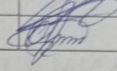
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1) Патентно-інформаційний огляд (пл., ф.А1) 2) Складальний кресленик мобільної бурової установки (2арк. – кресл. ф. А1) 4) Схема гідравлічна принципова (кресл. ф.А1 – 1 арк); 5) Схема кінематична принципова мобільної бурової установки (кресл., ф.А1 – 1 арк.); 6) Складальне креслення



приводу обертання інструменту мобільної бурової установки (кресл. ф.А1 – 2 арк.); 7) Креслення деталі «вал» (кресл. ф.А2 – 1 арк.); 8) Креслення кола зубчастого (кресл. ф.А3 – 1 арк.); 9) Плакат – результати аналізу робочого процесу бурильного агрегату (пл. ф.А1 – 1 арк.).

#### 6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

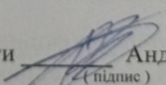
| Розділ      | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                      |                                                                                    |
|-------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                           | завдання<br>видав                                                                 | завдання<br>прийняв                                                                |
| Основний    | к.т.н., доц. Андрій СЛАБКІЙ               |  |  |
| Економічний | к. т. н., доц. Ольга РАТУШНЯК.            |  |  |

7. Дата видачі завдання 19.09.2024 року.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи                            | Строк виконання етапів МКР | Примітка                                                                             |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Вступ                                                                        | 01.10.2024р                |    |
| 2     | Теоретичний аналіз конструкції бурильних установок                           | 15.10.2024р                |    |
| 3     | Розробка конструкції мобільної бурової установки                             | 2.11.2024р                 |    |
| 4     | Конструкторські розрахунки                                                   | 19.11.2024р                |    |
| 5     | Економічний аудит розробки                                                   | 22.11.2024р                |    |
| 6     | Розрахунок кількості коштів на впровадження розробки, та строку їх окупності | 25.11.2024р                |  |
| 7     | Підготовка графічної частини МКР                                             | 09.12.2024р                |  |
| 8     | Попередній захист на кафедрі                                                 | 10.12.2024р                |  |
| 9     | Захист МКР ЕК                                                                | 20.12.24 –<br>23.12.24р    |                                                                                      |

Студент  Владислав ВЕГЕРА  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи  Андрій СЛАБКІЙ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 622.24(075)+553.98(075)

Владислав ВЕГЕРА. Розробка мобільної бурової установки. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма – галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2024. 120 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 19 назв; рис.: 15; табл. 16.

За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблена нова конструкція агрегату мобільного бурильного шнекового буріння. Агрегат призначений для буріння: сейсморозвідувальних, структурно-картувальних, геологорозвідувальних, вибухових та водозабірних свердловин глибиною до 30 м та діаметром до 180 мм.

Ключові слова: буріння, конструкція, гідравліка, привод, розрахунки.

## ABSTRACT

UDC 622.24(075)+553.98(075)

Vladislav VEGERA. Development of a mobile drilling rig. Master's qualification work in specialty 133 - industrial mechanical engineering, educational program - industrial mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 120 p.

In Ukrainian. Bibliography: 19 titles; fig.: 15; table. 16.

Based on the results of the master's qualification work, a new design of a mobile drilling auger drilling unit was developed. The unit is designed for drilling: seismic, structural mapping, geological exploration, explosive and water intake wells with a depth of up to 30 m and a diameter of up to 180 mm.

Keywords: drilling, design, hydraulics, drive, calculations.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ABSTRACT

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВСТУП .....                                                                      | 4   |
| 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БУРОВИХ УСТАНОВОК ТА ТЕНДЕНЦІЙ<br>ЇХ РОЗВИТКУ .....         | 7   |
| 1.1 Способи та сфери використання буріння свердловин.....                        | 7   |
| 1.2 Основні закономірності руйнування гірських порід при бурінні.....            | 9   |
| 1.3 Патентно-інформаційний огляд .....                                           | 12  |
| 2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОЇ БУРОВОЇ<br>УСТАНОВКИ.....               | 26  |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....                                                   | 29  |
| 3.1 Розрахунок стійкості установки .....                                         | 29  |
| 3.2 Розрахунок маневреності .....                                                | 34  |
| 3.3 Розрахунок балансу потужності .....                                          | 38  |
| 3.4 Розрахунок на прохідність .....                                              | 36  |
| 3.5 Кінематичний розрахунок.....                                                 | 44  |
| 3.6 Розрахунок гідравлічного приводу.....                                        | 47  |
| 3.7 Розрахунок складальних одиниць.....                                          | 57  |
| 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....                                                        | 63  |
| 4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки .....                            | 63  |
| 4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи .....             | 69  |
| 4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки ..            | 78  |
| 4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх<br>окупності..... | 79  |
| ВИСНОВКИ.....                                                                    | 83  |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                 | 84  |
| ДОДАТКИ .....                                                                    | 86  |
| ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....                                               | 99  |
| ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....                                            | 104 |
| ДОДАТОК В – СПЕЦИФІКАЦІЇ.....                                                    | 115 |



|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОДАТОК Г – ПРОТОКОЛ ПЕРЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ<br>РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ..... | 120 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В даний час проводяться комплексні роботи з буріння геологорозвідувальних свердловин невеликої глибини. Широкого поширення набули верстати шнекового буріння.

Шнекове буріння дозволяє поєднати операції безпосередньо з буріння з видаленням породи з вибоєм без застосування промивання або продування. Шнековий спосіб буріння має специфічні особливості, що полягають у тому, що видалення зруйнованої породи виробляється не промивною рідиною, а шнеками, що є вертикальним гвинтовим транспортером. Подача зруйнованої породи на лопату шнека проводиться долотом за наявності підпору нижніх шарів породи при розпушуванні.

Таким чином, при шнековому бурінні долото виконує дві функції – руйнує породу та подає зруйновану породу на спіраль шнека. При використанні способів буріння з очищенням вибоєм свердловини глинистим розчином або повітрям вміст зруйнованої породи в стовбурі свердловини ледь досягає 2 – 4%, то при бурінні шнековому воно становить 10 – 20%. Це забезпечує високі механічні швидкості буріння у м'яких та пухких породах.

У зв'язку з відсутністю необхідності застосовувати при шнековому бурінні промивання цей спосіб так само з успіхом використовується для проходження дрібних свердловин у безводних районах, багаторічномерзлих породах і в зимовий час при низьких температурах.

Шнекове буріння ведеться як суцільним вибоєм, і кільцевим. В останньому випадку вдається отримати зразки порід, що характеризують геологічну будову цієї ділянки.

До недоліків шнекового буріння слід віднести відносно невелику глибину буріння (50 – 70 м), неможливість буріння свердловин у породах 7 категорії по буримості і вище в породах з наявністю твердих прошарків і валунів, труднощі буріння в ґрунтах нижче за рівень підземних вод, що вимагають застосування інших способів для проходки та закріплення цих

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

грунтів, труднощі буріння шнеками у в'язких та липких глинистих ґрунтах, відносно велику енергоємність шнекового буріння.

Таким чином, бурові верстати шнекового буріння знаходять широке застосування в різних галузях народного господарства, а найбільшого поширення вони набули при бурінні геологорозвідувальних та вибухових свердловин на відкритих гірничих роботах.

Враховуючи стійку на тривалий період перспективу застосування бурових агрегатів у геологорозвідці, а також при бурінні: сейсмозвідувальних, структурно-картувальних та водозабірних свердловин, інженерно-геологічних вишукувань та облаштування свердловин при будівництві різних споруд роботи в даному напрямку дуже актуальні.

**Мета і задачі дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – розробка мобільної бурової установки, з покращеними техніко-економічними показниками.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- дослідити тенденції розвитку та виділити особливості буріння свердловин, зокрема дослідити доступні інформаційні джерела та виконати патентні дослідження;
- за результатами теоретичного аналізу теми МКР розробити конструкцію мобільної бурової установки;
- виконати розрахунки, що необхідні для побудови силових елементів конструкції та приводів розробленої мобільної бурової установки;
- розробити основні креслення нової конструкції мобільної бурової установки;
- розрахувати економічну складову, що необхідна для виготовлення дослідного зразка з подальшим впровадженням у виробництво;
- виконати економічний аналіз розробленого пристрою з орієнтовним визначенням кошторису витрат на виготовлення його дослідного зразка та впровадження установки у виробництво, а також визначити термін окупності цих витрат.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

**Об’єкт дослідження** – динамічні процеси в приводах мобільної бурової установки.

**Предмет дослідження** – мобільна бурова установка.

**Методи дослідження.** Дослідження динамічних процесів у у приводі мобільної бурової установки засобами математичного моделювання, зокрема з використанням відповідного спеціалізованого програмного забезпечення.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Розроблено алгоритм багатоваріантного аналізу проектування бурильного агрегата, який показує вплив основних режимних параметрів буріння, зокрема зусилля на долото, частота обертання бурильних шнеків, діаметр свердловини і глибина буріння. Використання засобів автоматизованого проектування під час розробки бурильного агрегата дозволяє зменшити час на розробку проекту виробу, а також підвищити якість проектування.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено конструкцію мобільної бурової установки з покращеними техніко-економічними показниками на базі вітчизняного трактора.

**Особистий внесок здобувача.** Розроблена конструкцію та відповідна конструкторська документація мобільної бурової установки.

**Апробація результатів дослідження.** Апробація результатів дослідження і дослідно-конструкторських розробок установки доповідалась на НТК ВНТУ.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

# 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БУРОВИХ УСТАНОВОК ТА ТЕНДЕНЦІЙ ЇХ РОЗВИТКУ

## 1.1 Способи та сфери використання буріння свердловин

Руйнувати гірські породи можна механічним, термічним, фізико-хімічним, електроіскровим та іншими способами. Проте наразі промислове застосування знайшли лише способи механічного руйнування породи, а інші перебувають у стадії експериментальної розробки [1].

Механічне буріння здійснюється такими способами:

1) ударним:

- ударно-штанговим;
- ударно-канатним;

2) обертальним:

- роторним або із застосуванням верхнього приводу;
- із застосуванням вибійних двигунів (турбобурів, гвинтових двигунів, електробурів);
- комбінованим (роторний + вибійний двигун);

3) ударно-обертальним.

Буріння широко використовується у господарській діяльності людини: 1. Для пошуково-розвідувальних робіт та видобування нафти і газу.

2. Для видобування солоних розчинів і мінеральної води. Видобування солоної води за допомогою свердловин є найдревнішим способом використання буріння. Більшість мінеральних вод, які використовуються у лікувальних цілях, видобуваються зі свердловин.

3. Для одержання питної води. Видобування питної води – це один із найдревніших способів застосування буріння. У 1126 році почали буріння свердловин для експлуатації підземних вод у провінції Артуа у Франції (артезіанські свердловини). В Україні багато регіонів користується питною водою зі свердловин. Наприклад, у Полтаві вся вода для забезпечення

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

населення добувається зі свердловин. У Полтавській області підземні води придатні для пиття і залягають до глибини 1000 м.

4. Для закачування і відбирання природного газу та нафти у підземні сховища. Одне з найбільших в Україні підземних сховищ газу розташоване біля Диканьки (Полтавська обл.) у відпрацьованому газовому покладі.

5. Для закачування пари при шахтному видобутку нафти. Наприклад, із штольні, яка прокладена над продуктивним пластом, бурять свердловини, через які закачують пару у пласт, а зі штольні, що проходить під пластом, бурять свердловини, з яких отримують нафту. Закачування пари у пласт через спеціально свердловин. Наприклад, у Полтаві вся вода для забезпечення населення добувається зі свердловин. У Полтавській області підземні води придатні для пиття і залягають до глибини 1000 м [2].

Наприклад, із штольні, яка прокладена над продуктивним пластом, бурять свердловини, через які закачують пару у пласт, а зі штольні, що проходить під пластом, бурять свердловини, з яких отримують нафту.

Закачування пари у пласт через спеціально пробурені свердловини широко використовується в долині Сан-Хоакін у Каліфорнії (США), в районі озера Маракайбо у Венесуелі та нафтових пісках Альберти, Канада. Спочатку пара закачується у свердловину при температурі від 300 °С до 340 °С. Потім свердловину залишають на кілька днів або тижнів, щоб тепло проникло у пласт. Нарешті, гаряча нафта викачується зі свердловини протягом кількох тижнів або місяців. Коли дебіт падає, свердловина проходить ще один цикл нагнітання, ви- тримки та видобутку.

6. Для ліквідації газових і нафтових фонтанів.

7. Для вивчення геологічної будови землі та проведення геофізичної сейсмічної зйомки.

8. Для захоронення відходів виробництва шляхом їх закачування у глибоко залягаючі пласти.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 1.2 Основні закономірності руйнування гірських порід при бурінні

Основний вид деформації, під дією якої породи у процесі буріння руйнуються, – вдавлювання. Розглянемо явища, що відбуваються у породі при дії поступово зростаючого місцевого навантаження, що передається через вершину бурового породоруйнівного інструменту [4].

Спочатку порода ущільнюється у безпосередній близькості від площі контакту. Потім, коли навантаження досягає критичного значення, у породі утворюється конусоподібна тріщина, вершина якої звернена до тіла, що вдавлюється. При подальшому збільшенні навантаження тріщина продовжує розвиватися у глибину, при цьому утворюється система хаотично розташованих тріщин, порода у вершині конуса роздавлюється у порошок, що передає тиск на всі боки.

Під впливом цього тиску порода продовжує руйнуватися до утворення ямки. Цей процес впровадження бурового інструмента становить один повний цикл руйнування. При подальшому навантаженні процес повторюється. Така циклічність руйнування властива крихким міцним гірським породам. У крихких, але менш міцних гірських породах руйнування також носить циклічний, але менш стрибкоподібний характер. Руйнування маломіцних порід має плавний характер.

Розглянемо дію динамічного вдавлювання (ударів) на породу.

Дослідженнями встановлено, що внаслідок ударів гірські породи можуть руйнуватися при напругах, менших, від критичних, відповідних межі міцності. Сам механізм руйнування аналогічний до описаного вище. Число ударів по одному і тому самому місцю може бути значним. Зі збільшенням сили удару їх число, необхідне для руйнування, зменшується, і за деякого значення сили руйнування настає після першого ж удару. Таким чином, гірська порода може руйнуватись як при дії статичних, так і динамічних навантажень. Сила удару у процесі динамічного руйнування залежить від навантаження та швидкості її застосування. Ефект руйнування значною мірою

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



залежить від форми твердого тіла, яким руйнують гірську породу. Усі ці та деякі інші чинники впливають на об'ємну роботу руйнування.

Питома контактна робота визначається відношенням повної роботи до площі контакту руйнівного інструмента.

Об'ємна робота руйнування при динамічному вдавлюванні у кі-лька разів вища, ніж при статичному.

Порода на поверхні вибою перебуває в умовах нерівномірного всебічного стиснення, що створюється тиском стовпа бурової промивальної рідини, який заповнює свердловину, та бічним тиском гірських порід. Загалом, поверхня вибою неоднорідна і шорстка: окремі частинки породи вивищуються над загальним рівнем поверхні. Під дією руйнівного інструмента на породу ці частинки першими сприймають тиск і передають його іншим сусіднім частинкам.

Деякі з них дробляться, інші виламуються, треті майже прямолінійно проштовхуються у напрямку руху руйнівного інструменту.

При бурінні нафтових і газових свердловин основним інструментом, за допомогою якого руйнується гірська порода, є бурове долото.

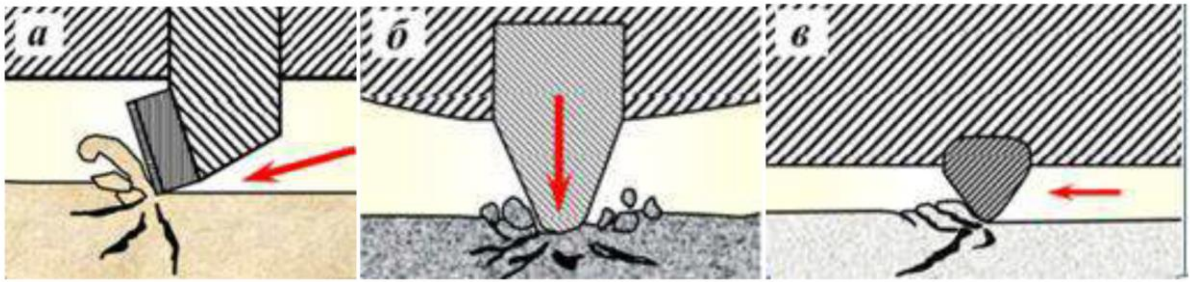
Зуби долота проникають у породу і руйнують її внаслідок пере-міщення [2]:

1) поступального зверху вниз під дією навантаження на долото (осьове навантаження), створюваного масою компоновки низу бурильної колони (КНБК);

2) обертального, що здійснюється ротором (верхнім приводом) за допомогою бурильних труб або вибійним двигуном (гвинтовим, турбобуром, електробуром). Гірська порода руйнується долотом шляхом різання, сколювання або дроблення (рисунок 1.1). При різанні осьове навантаження діє безперервно і його можна вважати статичним. У процесі сколювання та дроблення прикладене зусилля діє на вибій перервно, що спричиняє додаткові динамічні навантаження (удари) на вибій. Різання може здійснюватися лопатевими долотами. Сколювання відбувається при використанні лопатевих

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

або шарошкових доліт. Дроблення може здійснюватися лише шарошковими долотами. Алмазні долота руйнують породу шляхом стирання та різання.



*a* – різання; *б* – дроблення; *в* – мікрорізання (стирання)

Рисунок 1.1 – Схеми руйнування гірської породи

Найбільшого поширення набули шарошкові долота, які використовують при бурінні порід різної твердості (від м'яких до найміцніших).

Розглянемо процес руйнування вибою свердловини шарошковим долотом. Робота доліт відбувається у рідині або у газі (у тому випадку, коли як буровий промивальний агент застосовують, наприклад, природний газ), що містять уламки вибуреної породи. Шарошки доліт обертаються навколо своєї осі та навколо осі обертання бурильних труб (при бурінні верхнім приводом або ротором) або валу вибійного двигуна. Обертаючись навколо своїх осей, шарошки поперемінно впираються у вибій своїми зубами. При цьому породоруйнуючі елементи шарошки під час обертання то піднімаються, то опускаються, виконуючи численні удари по поверхні вибою [3].

Завдяки такому характеру переміщення зуби шарошки діють на породу і статично, і динамічно. Залежно від форми шарошок і положення їх осей щодо осі долота відбувається або переважно дроблення, або комплексне руйнування дробленням і сколюванням.

Інтенсивність просковзування зубів шарошкового долота оцінюють коефіцієнтом ковзання, який дорівнює відношенню суми площ, описуваних за один оберт долота кромками зубів, ковзаючих по породі, до площі вибою свердловини.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 11   |

У тому випадку, коли твірні конуси шарошки лежатимуть на миттєвій осі обертання і, отже, перетинатимуться на осі долота, коефіцієнт ковзання дорівнює нулю.

Бурова промивальна рідина, що подається на вибій свердловини крізь отвори у долоті, повинна забезпечити очищення шарошок, винесення зруйнованої породи (шламу), охолодження долота і очищення вибою, що виключає вторинне дроблення породи.

Збільшення кінетичної енергії струмини бурової промивальної рідини у промивальних отворах долота у межах раціональних режимних параметрів обумовлює збільшення проходки на долото та механічної швидкості буріння.

### 1.3 Патентно-інформаційний огляд

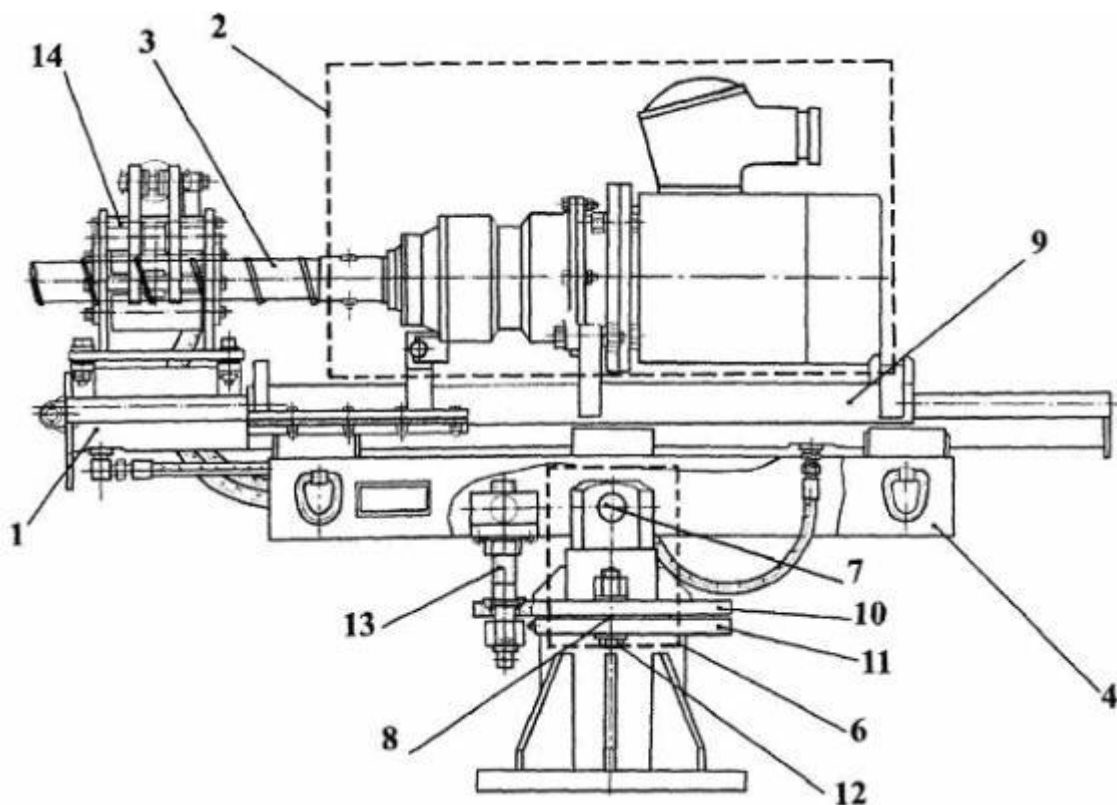
На рисунку 1.2 представлено конструкцію бурової навісної установки згідно патенту на корисну модель України №22085 [5]. Після обробки забою виконавчим органом прохідницького комбайна останній виводиться в середнє положення.

Після чого за допомогою горизонтального циліндра колонка переміщається в забійну частину в напрямку, що заданий положенням виконавчого органа.

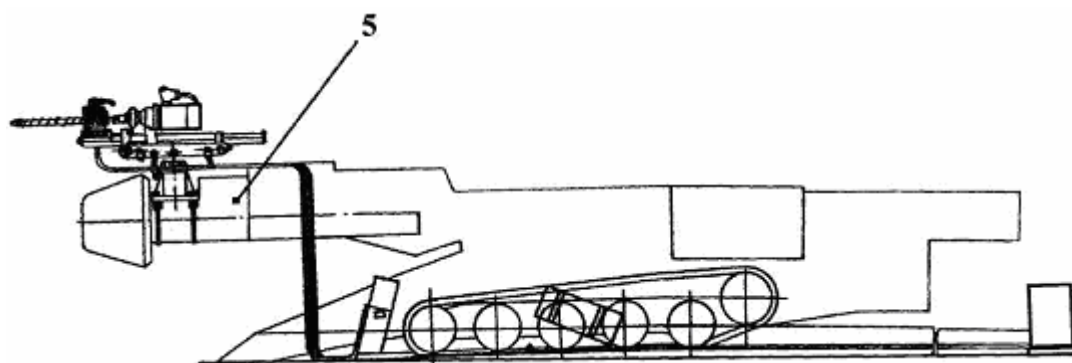
В залежності від просторового положення механізмів подачі і обертання штанги визначається раціональне розташування виконавчого органа з можливістю його подальшого робочого настроювання за допомогою гідроциліндра повороту траверси і переміщення колонки в цілому.

Після закінчення буріння колонку і траверсу повертають навколо шарніра і механізми подачі і обертання штанги установлюють в вихідне положення. Загальними ознаками технічного рішення є бурова навісна установка, що містить механізми подачі і обертання штанги, які установлені на рамі, що виконана з можливістю закріплення на виконавчому органі

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



а) – бурова навісна установка, вид збоку



б) – прохідницький комбайн з буровою навісною установкою, вид збоку

Рисунок 1.2 – Бурова навісна установка згідно патенту на корисну модель України №22085

прохідницького комбайна і обертання у вертикальній і горизонтальній площинах за допомогою шарнірного вузла. Застосування в описаній буровій навісній установці в якості передавальних ланок багато шарнірного з'єднання знижує жорсткість конструкції, внаслідок чого виключається можливість буріння глибоких свердловин, наприклад газодренажних.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 13   |

Бурова навісна установка містить механізми подачі 1 і обертання 2 штанги 3, які установлені на рамі 4, що виконана з можливістю закріплення на виконавчому органі 5 прохідницького комбайна і обертання у вертикальній і горизонтальній площинах за допомогою шарнірного вузла 6. Шарнірний вузол 6 виконаний з вертикального 7 і горизонтального 8 шарнірів, які розташовані на одній лінії одне над одним і виконані з можливістю фіксації. При цьому механізм обертання 2 установлений на рухливій каретці 9, яка переміщується уздовж рами 4 гідроциліндром механізму подачі 1. Бурова навісна установка містить також опору, що складається з двох частин 10, 11, які з'єднані між собою за допомогою горизонтального 8 шарніра, що фіксується болтами 12. На верхній частині 10 опори закріплена рама 4 за допомогою вертикального 7 шарніра, що фіксується гвинтом 13. Нижня частина 11 опори кріпиться до стріли виконавчого органа 5 прохідницького комбайна. В передній частині рами 4 установлений буровий постав з захоплювачем 14, що виконаний з можливістю направлення переміщення штанги 3 і утримання бурового поставу при нарощуванні штанги і її розбиранні. Для буріння глибоких свердловин, наприклад газо дренажних бурову навісну установку встановлюють на стрілі виконавчого органа 5 прохідницького комбайна. Для цього нижню 11 частину опори бурильної установки кріплять до виконавчого органа 5 двома хомутами і гайками. Закріплюють на рамі 4 буровий постав з захоплювачем 14. Штангу 3 встановлюють у захоплювач 14 і в патрон механізму обертання 2.

Бурову навісну установку виставляють в задане положення щодо забою шляхом переміщення виконавчого органа 5 прохідницького комбайна, а також шляхом обертання рами 4 навколо вертикального 7 шарніра в вертикальній площині і обертання верхньої частини 10 опори навколо горизонтального 8 шарніра в горизонтальній площині. Фіксують вертикальний 7 шарнір гвинтом 13, а горизонтальний 8 шарнір - болтами 12.

При досягненні буровою навісною установкою необхідного положення здійснюють буріння газо дренажної свердловини. Для цього гідро циліндром

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

механізму подачі 1 штанги 3 переміщують рухливу каретку 9 на забій і вмикають механізм обертання 2.

Після завершення буріння газо дренажної свердловини вимикають механізм обертання 2 і гідроциліндром механізму подачі 1 переміщують рухливу каретку 9 уздовж рами 4 у зворотному напрямку - повертають у вихідне положення.

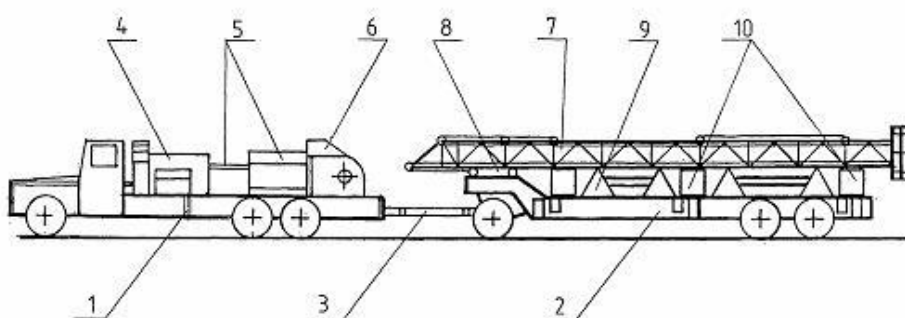
Штанги 3 від'єднують від бурового постау, і виймають із захоплювача 14 і патрона механізму обертання 2. Після розбирання бурового постау бурову навісну установку знімають із стріли виконавчого органа 5 прохідницького комбайна.

Пропонована бурова навісна установка може бути використана для буріння по вугіллю горизонтальних і похилих газо дренажних свердловин діаметром 90мм, глибиною до 30м із стріли прохідницького комбайна типу КСП-32, або П 220 при виконанні заходів щодо попередження раптових викидів вугілля і газу у вибоях підготовчих виробок.

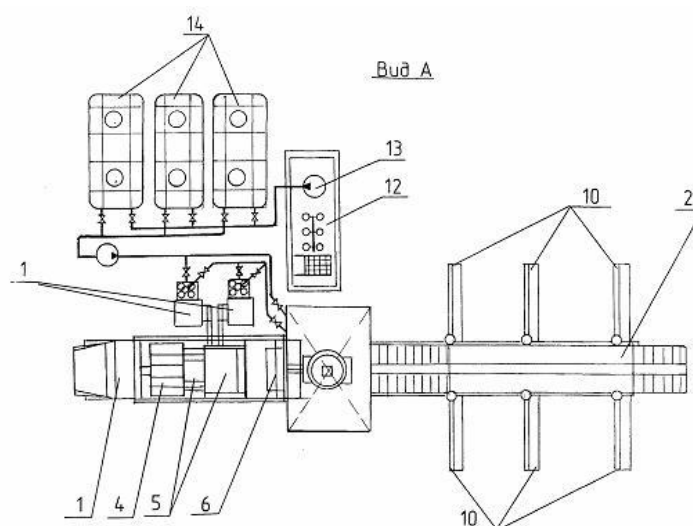
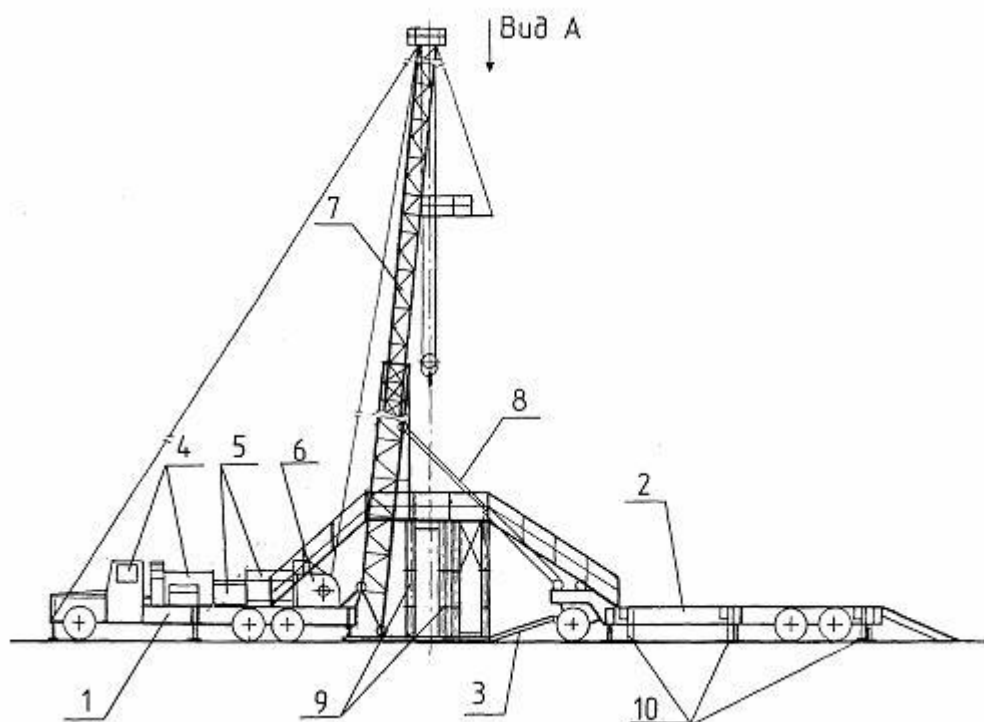
На рисунку 1.3 представлено мобільна бурова установка [6], яка складається з транспортної бази, розділеної на шасі автотягача 1, на якому розміщено силові привідні агрегати 4, трансмісія 5 і лебідка 6, з'єданого дишлом 3 з причепом типу трейлер 2, на якому в транспортному виді розміщено споруди: вишка 7 з телескопічними гідравлічними підпірками 8, основи 9, стелажі для труб 10, а також насосно-циркуляційна система, що містить бурові насоси 11, металеву ємність 12, з'єдану з шламовими насосами 13 та гумовотканинними резервуарами і ємностями 14.

Для переведення установки в транспортне положення приймальні містки трансформуються в причеп 2, по обидва боки якого укладаються стелажі 10 для бурильних та обсадних труб, основи 9, а вишка 7 укладається вздовж його центральної частини. Після цих операцій висота МБУ над до-

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



а) – установка в транспортном положении



б) установка в рабочем положении

Рисунок 1.3 – Мобільна бурова установка (патент на корисну модель України №35712)

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

08-62.МКР.03.00.000 ПЗ

Арк.

16

рожнім полотном не перевищує 4,1м, що відповідає існуючим обмеженням по висоті і ширині для транспортних засобів.

При цьому виключається необхідність демонтажу деяких споруд, які перетинають дороги (мости, ЛЕП, шляхопроводи тощо). МБУ використовується наступним чином. Транспортування установки на великі відстані по шосейних та польових дорогах здійснюється автотягачем 1 та причепом 2, як зображено на рисунку 1.3.

При бурінні у важкодоступній місцевості автотягач 1 із силовими агрегатами 4, трансмісією 5 та лебідкою 6 на місце буріння заїжджає без причепа. Причеп 2 з вишкою 7, основами 9 та стелажми 10 доставляються на місце бурових робіт тракторними тягачами. Насосно-циркуляційна система доставляється окремими транспортними засобами, яких значно менше, ніж при перевезенні металевих резервуарів та ємностей.

На рисунку 1.3, б показано трансформацію тягача 2 в приймальні містки та відкидні стелажі 10 для розміщення бурильних і обсадних труб та іншого свердловинного інструменту. Металева ємність 12 використовується при бурінні свердловин для розміщення обладнання та очищення промивної рідини, а також для встановлення шламового насоса 13 і подачі очищеної промивної рідини в гумовотканинні резервуари і ємності 14. Із резервуарів і ємностей 14 промивна рідина подається шламовим насосом 13 для доливу свердловини в процесі піднімання бурильної колони. Під час буріння шламові насоси 13 можуть використовуватись як підпірні до бурових насосів 11. Запропонована МБУ забезпечить високу мобільність за рахунок транспортабельності по шосейних дорогах, бездоріжжю, в труднодоступні місцевості, а також за рахунок використання меншої кількості транспортних засобів для перевезення ємностей (резервуарів) насосно-циркуляційної системи бурової установки.

На рисунку 1.4 представлено загальний вигляд бурової установки «МУРБ – 80» [7].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



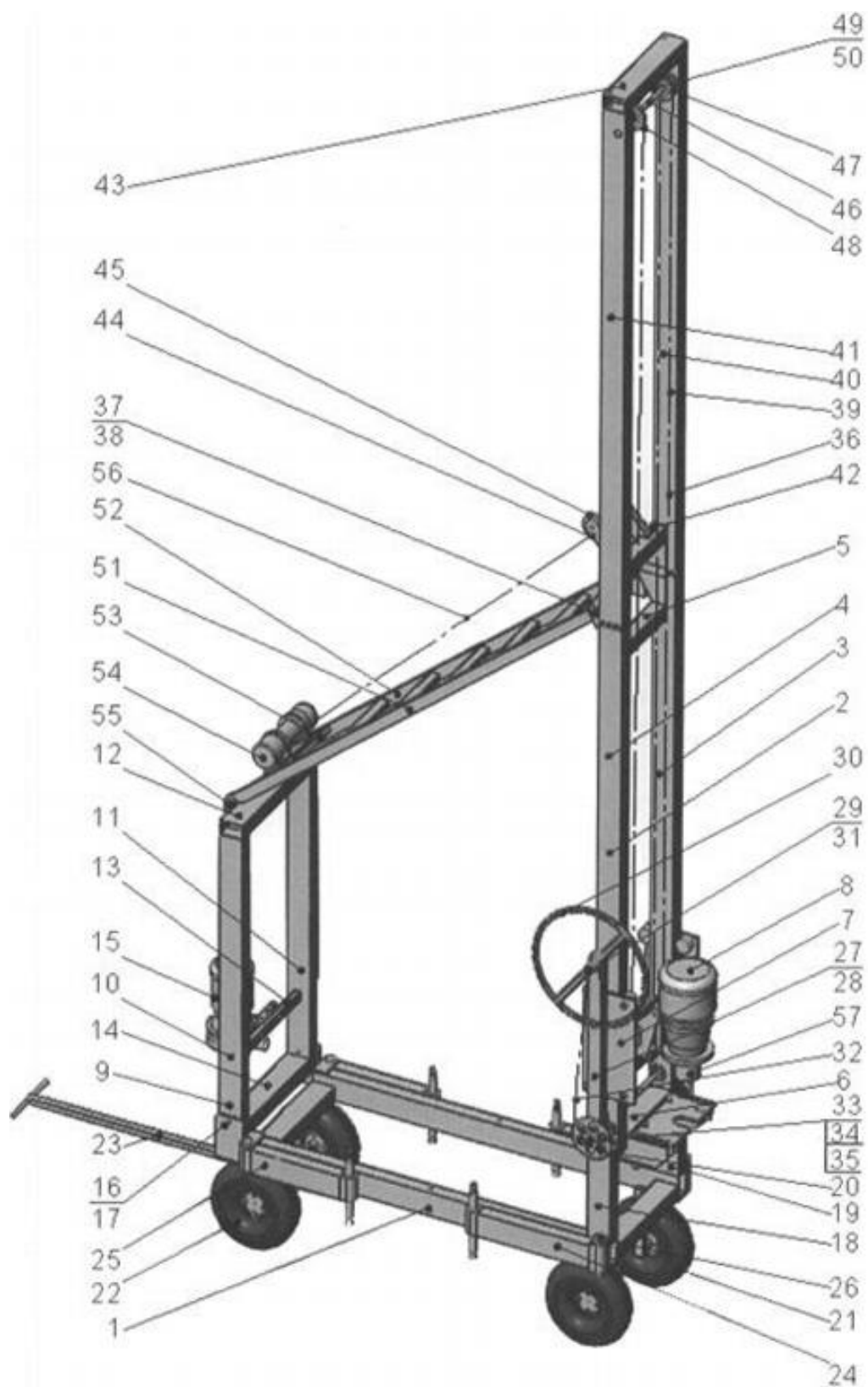


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд бурової установки «МУРБ – 80» (патент на корисну модель України №87913)

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

08-62.МКР.03.00.000 ПЗ

Арк.

18

Бурова установка містить: раму 1, шарнірно встановлену на ній щоглу 2 у вигляді прямокутника з двох направляючих стійок 3 і 4, сполучених верхньою 5 і нижньою 6 поперечками, каретку 7 з мотор-редуктором 8, рухливо розміщену на направляючих стійках 3 і 4. Рама 1 містить: додатково стійку задню 9, що складається з двох вертикальних елементів 10 і 11, сполучених верхнім 12, середнім 13 і нижнім 14 зв'язками. На середньому зв'язку 13 між вертикальними елементами 10 і 11 розміщений насос 15. Нижня частина задньої стійки 9 шарнірами 16 сполучена з рамою 1 і жорстко закріплена роз'ємними з'єднаннями 17. На 20 передній частині рами 1 жорстко закріплені дві стієчки 18 і 19 з шарнірами для приєднання щогли 2. Рама 1 містить додатково дві пари коліс 21 і 22, одна з яких 22 виконана поворотною, до осі (на фіг. не позначена) поворотної пари 22 на шарнірах (на фіг. не позначені) приєднане дишло 23. Рама 1 додатково містить дві пари відкидних лап, передню 24 і задню 25, які шарнірами 26 закріплені по кутах рами 1. На направляючій стійці 3 щогли 2 встановлений стояк 27 для закріплення ручного приводу з механічною передачею 28 з можливістю забезпечення повороту стояка на 60-120° від вертикального положення. Ручний привід з механічною передачею 28 містить вал 29, на якому жорстко закріплений штурвал 30 і провідна зірочка 31, яка роликівим ланцюгом 32 сполучена з веденою зірочкою 33, закріпленою на валу щогли 34.

На валу щогли 34 встановлена ведена зірочка 33 і дві робочі зірочки 35, які знаходяться в зачепленні з двома роликівими ланцюгами 36 для переміщення каретки 7. На щоглі 2 встановлена на шарнірах 37 і жорстко закріплена роз'ємним з'єднанням 38 додаткова секція щогли 39, яка виконана з двох вертикальних додаткових напрямних 40, 41 і двох додаткових поперечок, нижньої 42 і верхньої 43. На нижній додатковій поперечці 42 додаткової секції 39 закріплені два кронштейни 44 з роликами 45, а у верхній частині додаткової секції 39 між вертикальними додатковими напрямними 40 і 41 закріплена ось 46, на якій встановлені два ролики 47 і дві зірочки холостого ходу 48. Знизу верхньої додаткової поперечки 43 закріплений кронштейн 49 з роликом 50,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

вісь якого (на фіг. не позначена) перпендикулярна площині додаткової секції щогли 39. Бурова установка містить два розкоси 51 і 52, сполучених між собою поперечними вставками 53 з утворенням драбини; на нижній поперечній вставці 53 між розкосами 51 і 52 встановлена лебідка 54. Обидва розкоси 51 і 52 шарнірами 55 сполучені з верхнім зв'язком 12 задньої стійки 9, а шарнірами 37 сполучені з щоглою 2 і додатковою секцією 39. Каретка 7 закріплена на двох роликових ланцюгах 36, які знаходяться в зачепленні з двома робочими зірочками 35 на валу щогли 34 і двома зірочками холостого ходу 48, розташованими на осі 46 додаткової секції щогли 39 для переміщення каретки 7 в ручному режимі. Каретка 7 додатково сполучена з тросом 56, що проходить через ролики 45 і 47 до лебідки 54 і призначений для її переміщення при навантаженнях. До корпусу (на фіг. не позначений) мотор-редуктора 8 жорстко приєднаний вертлюг 57 для забезпечення подання води при бурінні.

Шарнірні з'єднання 16, 20, 37 і 55 виконані таким чином, що забезпечують розгортання бурової установки в робоче положення і складання в транспортне без розбирання на окремі елементи. Бурова установка працює таким чином. При приведенні бурової установки до робочого стану оператор штурвалом 30 переміщує каретку 7 з мотор-редуктором 8 в крайнє верхнє положення. До вертлюга 57, жорстко закріпленого до корпусу (на фіг. не позначений) мотор-редуктора 8, приєднують першу бурову трубу з інструментом (на фіг. не показані) і опускають її на ґрунт. Включають мотор-редуктор 8 і після початку буріння включають насос 15. Подання бурової труби з інструментом (на фіг. не показані) на занурення виконують обертанням штурвалу 30. При зануренні в ґрунт першої бурової труби (на фіг. не показана) подання припиняється, бурова труба (на фіг. не показана) від'єднується від вертлюга 57 короточасним включенням реверсного обертання мотор-редуктора 8. Після від'єднання бурової труби (на фіг. не показана) від вертлюга 57 штурвалом 30 вручну (або лебідкою 54) піднімають каретку 7 у верхнє положення. Далі нижню частину другої бурової труби (на

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

фіг. не показана) вручну сполучають з першою буровою трубою (на фіг. не показана), а її верхню частину з вертлюгом 57 короточасним включенням мотор-редуктора 8 закріплюють з'єднання бурових труб (на фіг. не показані) між собою і з вертлюгом 57 і повторюють послідовність операції буріння. Досягши проектної глибини свердловини, не відключаючи мотор-редуктора 8, бурові труби піднімають лебідкою 54 із зупинками для послідовного від'єднання бурових труб (на фіг. не показані) до повного витягання. Після закінчення буріння бурову установку вимикають, складають в транспортне положення, і її можна транспортувати на інший робочий майданчик.

Складання бурової установки виконують в такій послідовності: звільняють роз'ємне з'єднання 38 щогли 2 і додаткової секції щогли 39; підтримуючи додаткову секцію 39 на шарнірі 37, опускають додаткову секцію 39 до торкання з розкосами 51, 52 і закріплюють. Звільняють роз'ємне з'єднання 17 між рамою 1 і стійкою задньою 9, потім щоглу 2 на шарнірах 20 подають вперед, доки стійка задня 9 на шарнірах 16, а розкоси 51 і 52 на шарнірах 55 і 37 не займуть положення прямої лінії. Підтримуючи щоглу 2, укладають стійку задню 9 паралельно рамі 1, відповідно розкоси 51 і 52 з додатковою секцією щогли 39 і щогла 2 при цьому займають горизонтальне положення. Закріплюють елементи між собою. Монтаж установки в робоче положення виконують в зворотному порядку.

Для розширення діапазону застосування і автономності роботи бурова установка може комплектуватися пересувною дизельною електростанцією потужністю до 10 кВт для електрозабезпечення споживачів при бурінні свердловини.

На рисунку 1.5 показано поворотна бурова установка згідно патенту на винахід України №79525. В основу винаходу поставлено задачу вдосконалити відому поворотну бурову установку, шляхом нового виконання основи та механізму переміщення бура, що призведе до підвищення точності буріння та одночасно зменшить розміри установки.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

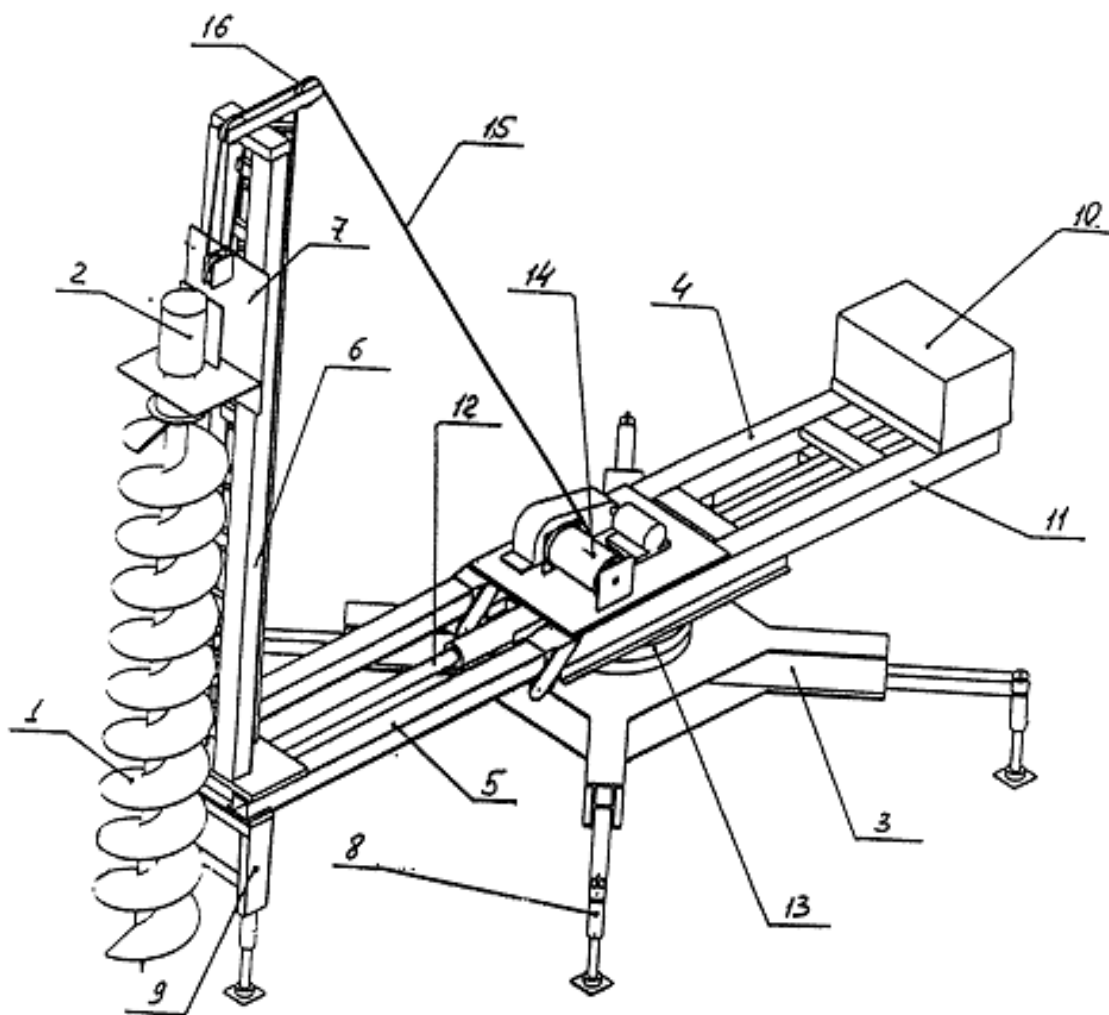


Рисунок 1.5 – Поворотна бурова установка (патент на винахід України №79525)

Все це також буде сприяти зменшенню трудомісткості буріння та підвищенню продуктивності. Поставлена задача вирішується тим, що у відомій поворотній буровій установці, що містить бур, який приводиться в обертовий рух за допомогою мотор-редуктора, основу, на якій з можливістю повороту встановлений механізм переміщення бура, що забезпечує вертикальне та поздовжнє його переміщення, згідно винаходу, механізм переміщення бура містить раму, яка має телескопічну висувну частину, вертикальний стояк, що приєднаний до висувної частини рами, повзун, що встановлений з можливістю вертикального переміщення по напрямних стояка, при цьому бур з мотор-

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 22   |

редуктором встановлені на повзуні, а основа виконана у вигляді рамної конструкції, що розташована на опорах.

Таке виконання дозволяє встановлювати установку на будівельному майданчику, в місці, яке буде центром майбутнього пального поля, точно задати відстань від центру на якій буде знаходитися група свердловин, після чого послідовно пробурити свердловини, здійснюючи поворот рами механізму переміщення бура. Завдяки відсутності автомобіля, установка є компактною її можна розташовувати на невеличких майданчиках, можливо здійснювати поворот механізму переміщення бура на 360°.

Доцільно, коли механізм переміщення бура виконаний принаймні з однією регульованою опорою, яка відходить до низу від торця висувної частини рами. Це дозволяє більш точно розташовувати стояк та фіксувати його у місці, де необхідно влаштовувати свердловину.

Для точного буріння необхідно, щоб рама механізму переміщення бура під час роботи знаходилася у суворо горизонтальному положенні. Опори основи доцільно виконувати у вигляді гідравлічних опорам, які забезпечують точне встановлення установки.

Положення рами може бути збалансовано за допомогою противаги, яка розташована на нерухомій частині рами. Це запобігає перекидання поворотної бурової установки при бурінні лідерних свердловин. Противага, як правило, встановлена на рамі нерухомо.

Можливість висування частини рами, як правило, забезпечена за допомогою гідроциліндру, що закріплений до відповідних частин рами.

Можливість повороту рами відносно основи забезпечена тим, що рама встановлена на поворотній платформі, яка має зубчастий вінець, що знаходиться у зачепленні з бігунковою шестернею, яка приводиться за допомогою принаймні однієї зубчастої передачі, що через пружну муфту, яка суміщена з гальмом, з'єднана з двигуном, що встановлений на рамі установки. Можуть бути застосовані і інші виконання, що розповсюджені у конструкціях автомобільних кранів, наприклад КС 2565.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Для буріння свердловин, що сягають за глибиною кількох метрів, можливість вертикального переміщення повзуна забезпечують за допомогою лебідки, що встановлена на рамі та тросом, через поліспаст, з'єднана з повзуном.

Поворотна бурова установка містить бур 1, який приводиться в обертовий рух за допомогою мотор-редуктора 2, основу 3, на якій з можливістю повороту встановлений механізм переміщення бура, що містить раму 4, яка має телескопічну висувну частину 5, вертикальний стояк 6, що приєднаний до висувної частини 5 рами 4, повзун 7, що встановлений з можливістю вертикального переміщення по напрямних стояка 6. Бур 1 з мотор-редуктором 2 встановлені на повзуні 7. Основа 3 виконана у вигляді рамної конструкції, що розташована на опорах 8. Механізм переміщення бура 1 виконаний з двома регульованими опорами 9, які відходять до низу від торця висувної частини 5 рами 4. Опори 8 основи 3 виконані у вигляді регульованих гідравлічних опор. Противага 10 розташована на нерухомій частині 11 рами 4. Можливість висування частини 5 рами 4 забезпечена за допомогою гідроциліндру 12. Можливість повороту рами 4 відносно основи 1 забезпечена тим, що рама встановлена на поворотній платформі 13, яка виконана аналогічно поворотним платформам автомобільних кранів (наприклад, має зубчастий вінець, що знаходиться у зачепленні з бігунковою шестернею, яка приводиться за допомогою принаймні однієї зубчастої передачі, що через пружну муфту, яка суміщена з гальмом) та кінематичне з'єднана з двигуном 14, що встановлений на рамі 4 установки. Можливість вертикального переміщення повзуна 7 забезпечена за допомогою лебідки 14, що встановлена на рамі 4 та тросом 15, через поліспаст 16, з'єднана з повзуном 7.

Вся гідросхема установки приводиться в дію за допомогою маслостанції, закріпленої до основи 3 поворотної бурової установки, яка в свою чергу працює від двигуна 14.

Гідросхема установки розділена на два контури: а) контур основи (неповоротної частини) - приводить в дію гідроопори 8 розміщені на

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

неповоротній частині, які служать для приведення всієї поворотної бурової установки в горизонтальне положення незалежно від того на якій поверхні знаходиться поворотна бурова установка. б) контур механізму переміщення бура 1 (поворотної частини) - приводить в дію всі гідроциліндри розміщені на поворотній частині: гідродвигун повороту, гідроопори стояка 6.

Всі інші модифікації установки можуть бути очевидні для фахівця в цієї галузі. Стояк 6 може бути приєднаний до висувної частини 5 рами 4 з можливістю нахилу на гострий кут та фіксації у цьому положенні - це дозволить з високою точністю бурити похилі свердловини. Якщо необхідно бурити свердловини незначної глибини, то можливість вертикального переміщення повзуна 7 доцільно забезпечувати за допомогою гідроциліндру підйому-опускання. Він створює додаткове зусилля при бурінні. Противага 10 може бути розташована на рами 4 з можливістю поздовжнього переміщення - це дозволяє більш гнучко регулювати положення, особливо при використанні змінних бурів.

Робота установки. Установку транспортують до будівельного майданчику за допомогою звичайного вантажного автомобіля та встановлюють в місці, яке буде центром майбутнього пального поля. За допомогою опор 8 забезпечують точне її розташування відносно горизонту. Висувають частину 5 рами 4 на визначену відстань від центру (на якій буде знаходитися група свердловин). Фіксують положення стояка 6 за допомогою опор 9. Бурять першу свердловину, здійснюючи опускання бура 1 разом з мотор-редуктором 2, що рухаються закріплені на повзуні 7 по напрямних стояка 6. Після чого послідовно пробурюють свердловини, здійснюючи поворот рами 4 механізму переміщення бура 1. Завдяки відсутності автомобіля, установка є компактною її можна розташовувати на невеличких майданчиках, можливо здійснювати поворот механізму переміщення бура на 360°.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



## 2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ

В ході виконання МКР необхідно розробити мобільну бурову установку для буріння свердловин шнеками на глибину до 30м і діаметром до 180 мм на базі тракторного шасі. За аналог на нашу думку доцільно взяти розвідувальну установку УРБ-2А-2 (рисунок 2.1) та модернізовану установку встановити на вітчизняний універсальний колісний трактор АМІ моделі 10286 (Farmer) (рисунок 2.2) [8].



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд бурової установки УРБ-2А-2



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд трактору АМІ моделі 10286 (Farmer)

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 26   |

Бурова установка УРБ-2А-2 [9] призначена для буріння геофізичних та структурно-пошукових свердловин на нафту та газ, розвідки родовищ твердих корисних копалин, будівельних матеріалів та підземних вод, інженерно-геологічні дослідження, буріння водозабірних та вибухових свердловин. Технічні характеристики представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики бурової установки УРБ-2А-2

|                                                            |                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Спосіб буріння                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- обертальне, з промивкою або продувкою</li> <li>- колонкове</li> <li>- шнекове</li> <li>- шарошечне ударно-обертальне погрузним пневмоударником</li> </ul> |
| Глибина буріння з промивкою                                | 300 м                                                                                                                                                                                              |
| Глибина буріння з продувкою (в тому числі пневмоударником) | 30 м                                                                                                                                                                                               |
| Глибина буріння шнеком                                     | 30 м                                                                                                                                                                                               |
| Діаметр буріння початковий                                 | 190 мм                                                                                                                                                                                             |
| Діаметр буріння кінцевий                                   | 93 мм                                                                                                                                                                                              |
| Діаметр буріння шнеками                                    | 0; 225; 325 об/хв                                                                                                                                                                                  |

Загальний вигляд розробленої мобільної бурової установки представлено на рисунку 2.3. Установка має: зварну односекційну щоглу, підйом – опускання якої здійснюється за допомогою одного гідроциліндра 7; обертається 9 з гідроприводом, що використовується в процесі буріння, нарощування бурильних шнеків без відриву породоруйнуючого інструменту від вибою. Переміщення обертача забезпечується гідроциліндром та талевою системою, яка забезпечує у свою чергу збільшення ходу переміщення у 2 рази.

Управління установкою повністю гідролікковано, зокрема підйом – опускання щогли, і сконцентровано на пульті управління 6. З метою підвищення стійкості верстата там встановлено два аутригера 11. Також на установці передбачена установка промивного насоса 3, який забезпечить очищення свердловини у разі буріння штангами. Як робочий орган використовуються шнеки 10, на кінці яких розміщується долото.

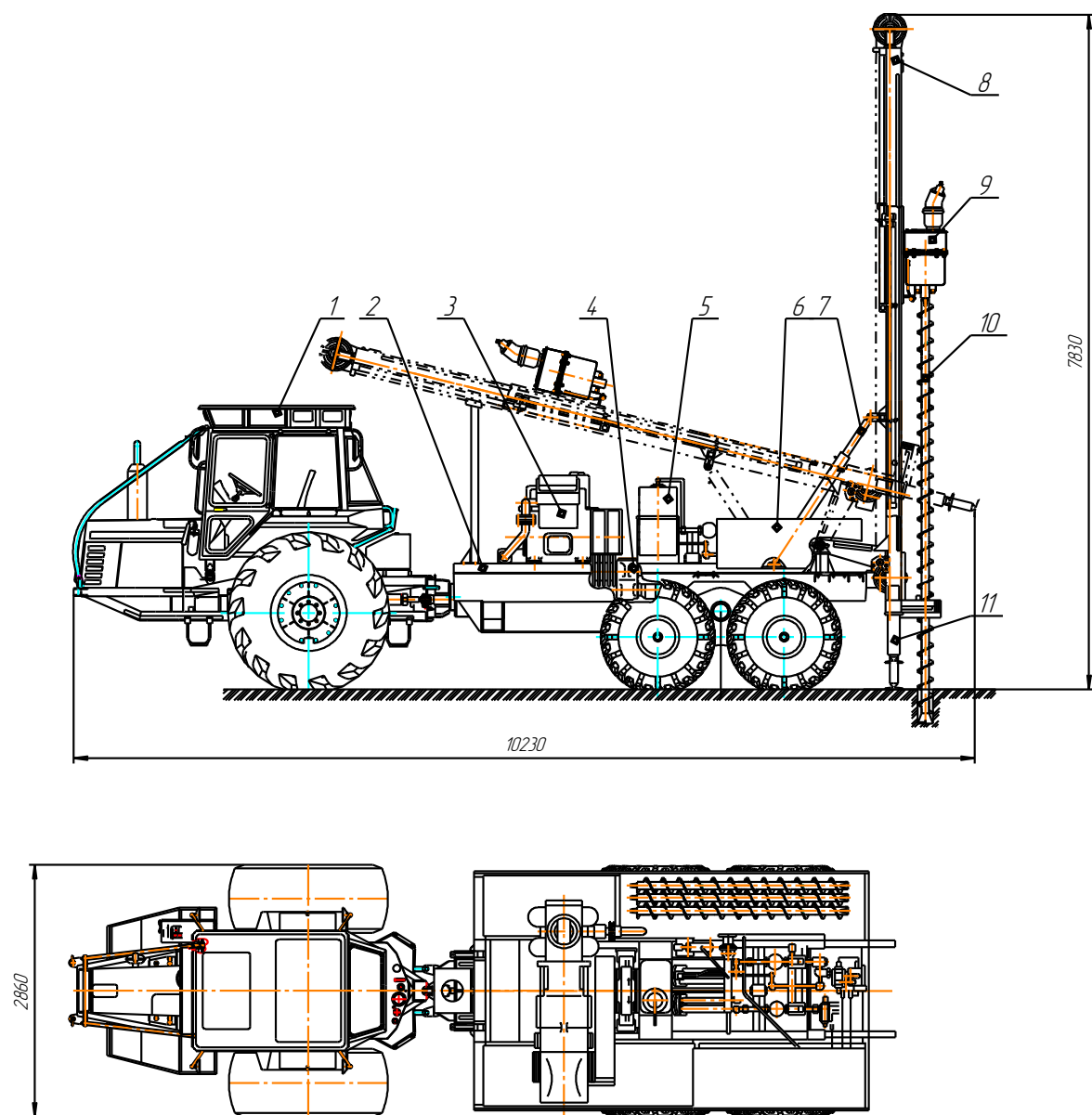


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд розробленої мобільної бурової установки

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 28   |

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок стійкості установки

*Визначення центру мас машини.* Початок системи координат, у якій визначаються координати центру мас, розташуємо у центрі машини. І тут раціональність просторового становища її елементів оцінюється мірою близькості центру тиску початку системи (рисунок 3.1).

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для розрахунку координат центрів мас

Визначення центру мас будемо робити як робочого положення машини при піднятій щоглі, так і при транспортному положенні. Маса відповідних частин бурового агрегату та координати їх центрів мас представлені у таблиці 3.1

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 3.1 – Координати центрів мас

| №<br>п/п | Найменування                             | Маса, $m_i$<br>кг | Координати центрів мас |           |           |
|----------|------------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------|-----------|
|          |                                          |                   | $x_i$ , М              | $y_i$ , М | $z_i$ , М |
| 1        | Шасі тракторне АМІ моделі 10286 (Farmer) | 12000             | 0                      | -0,540    | 0         |
| 2        | Насос буровий                            | 1200              | -0,030                 | 0,630     | 0,900     |
| 3        | Редуктор                                 | 1000              | 0                      | 1,400     | 0,230     |
| 4        | Щогла                                    | 1600              |                        |           |           |
|          | - в робочому положенні                   |                   | 0                      | 4,470     | 3,430     |
|          | - в транспортному положенні              |                   | 0                      | 0,930     | 2,100     |
| 5        | Обертач                                  | 700               |                        |           |           |
|          | - в робочому положенні                   |                   | 0                      | 4,850     | 4,000     |
|          | - в транспортному положенні              |                   | 0                      | 0,680     | 2,600     |
| 6        | Загальна маса установки                  | 16500             |                        |           |           |

1) Координати центра мас машини в робочому положенні [10]:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i m_i}{\sum m_i} = \frac{(-0,03) \cdot 1200}{12000 + 1200 + 1000 + 1600 + 700} = 0,002 \text{ м};$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^5 y_i m_i}{\sum m_i} = \frac{(-0,54) \cdot 12000 + 0,63 \cdot 1200 + 1,4 \cdot 1000 + 4,47 \cdot 1600 + 4,85 \cdot 700}{12000 + 1200 + 1000 + 1600 + 700} = 0,378 \text{ м};$$

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^5 z_i m_i}{\sum m_i} = \frac{0,9 \cdot 1200 + 0,23 \cdot 1000 + 3,43 \cdot 1600 + 4 \cdot 700}{12000 + 1200 + 1000 + 1600 + 700} = 0,582 \text{ м}.$$

2) Знайдемо координати центру мас машини в транспортному положенні:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i m_i}{\sum m_i} = \frac{(-0,03) \cdot 1200}{12000 + 1200 + 1000 + 1600 + 700} = 0,002 \text{ м};$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^5 y_i m_i}{\sum m_i} = \frac{(-0,54) \cdot 12000 + 0,63 \cdot 1200 + 1,4 \cdot 1000 + 0,93 \cdot 1600 + 0,68 \cdot 700}{12000 + 1200 + 1000 + 1600 + 700} = -0,143 \text{ м};$$

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^5 z_i m_i}{\sum m_i} = \frac{0,9 \cdot 1200 + 0,23 \cdot 1000 + 3,43 \cdot 2100 + 2,6 \cdot 700}{12000 + 1200 + 1000 + 1600 + 700} = 0,626.$$

*Визначення реакцій на колесах при транспортному положенні  
машини та підбір шин*

Для визначення навантажень на ходові колеса розглянемо схему, представлену на рисунку 3.2

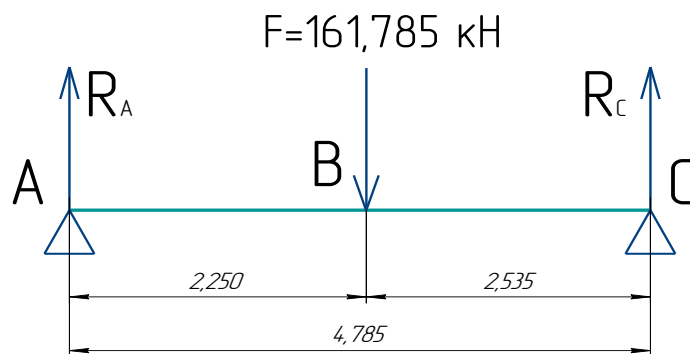


Рисунок 3.2 – Схема навантаження мостів машини

Сумарне навантаження на колеса автомобіля, що прикладене до центру мас машини з врахуванням поперечного крена:

$$F = m \cdot g \cdot \cos 2 = 16500 \cdot 9,81 \cdot \cos 2 = 161,785 \text{ кН.} \quad (3.1)$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 31   |

Навантаження на передні колеса:

$$\sum M_c = 0; \quad R_A \cdot (AB + BC) - F \cdot BC = 0; \quad (3.2)$$

$$R_A = \frac{F \cdot BC}{AB + BC} = \frac{161,785 \cdot 2,535}{2,250 + 2,535} = 72 \text{ кН.}$$

Так як центр мас машини приблизно розташований по центру, то навантаження на кожне переднє колесо:

$$R_{II} = \frac{R_A}{2} = \frac{72}{2} = 36 \text{ кН.} \quad (3.3)$$

Навантаження на задні колеса [11]:

$$\sum M_A = 0; \quad R_C \cdot (AB + BC) - F \cdot AB = 0; \quad (3.4)$$

$$R_c = \frac{F \cdot AB}{AB + BC} = \frac{161,785 \cdot 2,25}{2,250 + 2,535} = 76 \text{ кН.} \quad (3.5)$$

Так як центр мас машини приблизно розташований по центру, тому навантаження на кожне

заднє колесо:

$$R_3 = \frac{R_C}{4} = \frac{76}{4} = 19 \text{ кН.} \quad (3.6)$$

По каталогу шин вибираємо такі розміри коліс:

|         |             |
|---------|-------------|
| передні | 30,5L32     |
| задні   | 600/55-26,5 |

### Визначення реакцій на аутригерах під час робочого стану машини

Для визначення навантажень на аутригер розглянемо схему, представлену на рисунку 3.3. Причому вважатимемо, що навантаження на задні колеса повністю знімається аутригерами.

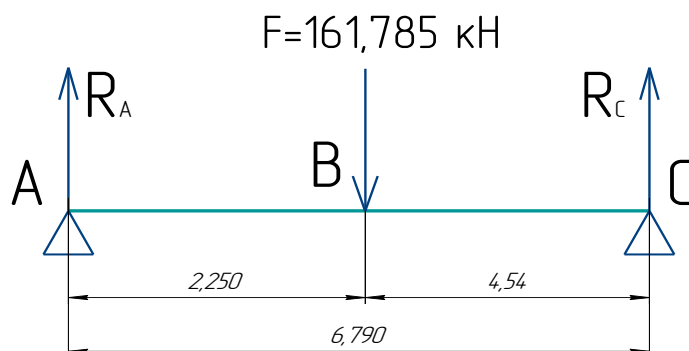


Рисунок 3.3 – Схема навантаження аутригерів

Сумарне навантаження на аутригери, що прикладені до центру мас машини з врахуванням поперечного крена:

$$F = m \cdot g \cdot \cos 2 = 16500 \cdot 9,81 \cdot \cos 2 = 161,785 \text{ кН}. \quad (3.7)$$

Знаходимо реакції на передні колеса:

$$\sum M_c = 0; \quad R_A \cdot (AB + BC) - F \cdot BC = 0; \quad (3.8)$$

$$R_A = \frac{F \cdot BC}{AB + BC} = \frac{161,785 \cdot 4,54}{2,25 + 4,54} = 108 \text{ кН}. \quad (3.9)$$

Так як центр мас машини розташований по центру, то навантаження на кожне переднє колесо:

$$R_{II} = \frac{R_A}{2} = \frac{108}{2} = 54 \text{ кН}. \quad (3.10)$$



Реакції на задні ауттригерах:

$$\sum M_A = 0; \quad R_C \cdot (AB + BC) - F \cdot AB = 0; \quad (3.11)$$

$$R_c = \frac{F \cdot AB}{AB + BC} = \frac{161,785 \cdot 2,25}{2,250 + 4,54} = 54 \text{ кН}. \quad (3.12)$$

Так як центр мас машини розташований по центру, то навантаження на кожний задній ауттригер:

$$R_3 = \frac{R_C}{2} = \frac{54}{2} = 27 \text{ кН}. \quad (3.13)$$

### 3.2 Розрахунок маневреності

Схема агрегату з метою оцінки маневреності представлена рисунку 3.4. Оцінку маневреності машини будемо проводити за двома умовами: фактором маневреності та максимальним габаритним радіусом розвороту.

1) Фактор маневреності [12]:

$$E_{\text{ман}} = \frac{B_{\text{габ.пр.}}}{S_{\text{габ.пов.полоси}}} \geq [E]_{\text{дон}} = 0,75, \quad (3.14)$$

де  $E_{\text{ман}}$  — показник маневреності;

$B_{\text{габ.пр.}}$  — габаритна ширина машини, м;

$S_{\text{габ.пов.полоси}}$  — ширина поворотної полоси, м;

2) Максимальний габаритний радіус розвороту  $R_{\text{габ.мак}}$  повинен бути менше допустимого  $[R_{\text{габ.}}]_{\text{дон}} = 12 \text{ м}$ .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

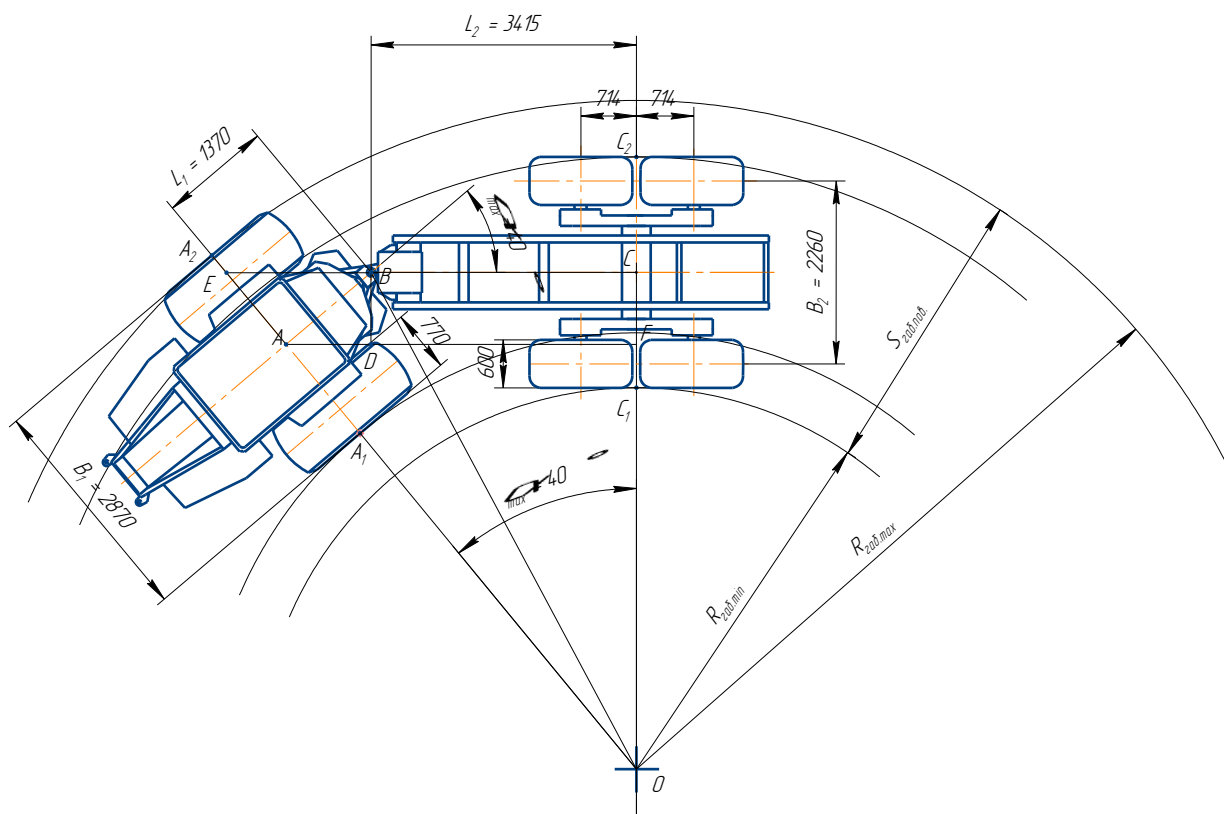


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема маневреності

Для розрахунку введемо позначення:

$A$  – геометричний центр переднього моста машини;

$B$  – точка повороту рами;

$C$  – геометричний центр заднього моста машини;

$A_1, A_2$  – крайні точки переднього моста машини;

$C_1, C_2$  – крайні точки заднього моста машини;

$AB = L_1 = 1370$  мм – відстань від геометричного центру  $A$  передньої осі машини до точки повороту рами  $B$ .

$BC = L_2 = 3415$  мм – відстань від геометричного центру  $C$  задньої осі машини до точки повороту рами  $B$ .

$AA_1 = B_1 = 2860$  мм – відстань між крайніми габаритами задньої осі машини.

$CC_1 = B_2 = 2870$  мм – відстань між крайніми габаритами передньої осі машини.

Приймаємо для розрахунку максимальний кутповороту  $\alpha_{\max} = 40^\circ$  відносно точки В, знайдемо максимальний габаритний радіус розвороту  $R_{\text{габ. max}}$ .

$$\text{Із } \triangle ABE \text{ отримуємо: } EB = \frac{AB}{\cos \angle ABE} = \frac{1370}{\cos 40^\circ} = 1788 \text{ мм},$$

$$AE = \sqrt{EB^2 - AB^2} = \sqrt{1788^2 - 1370^2} = 1149 \text{ мм}.$$

$$\text{Із } \triangle ABD \text{ отримуємо: } AD = AB \cdot \cos \angle ABD = 1370 \cdot \cos 40^\circ = 1049 \text{ мм}.$$

$$AF = AD + DF = AD + BC = 1049 + 3415 = 4464 \text{ мм},$$

$$EC = EB + BC = 1788 + 3415 = 5203 \text{ мм}.$$

Розглянемо подібний трикутники  $\triangle OAF$  і  $\triangle OEC$ :

$$\frac{OA}{OE} = \frac{AF}{EC} = \frac{OF}{OC}, \quad \text{звідки} \quad OA = \frac{OE \cdot AF}{EC}.$$

$$\text{З другої сторони:} \quad OA = OE - AE.$$

Прирівнюючи отримані вирази:

$$\frac{OE \cdot AF}{EC} = OE - AE;$$

$$OE \cdot AF = (OE - AE) \cdot EC;$$

$$OE \cdot EC - OE \cdot AF = AE \cdot EC;$$

$$OE = \frac{AE \cdot EC}{(EC - AF)} = \frac{1149 \cdot 5203}{5203 - 4464} = 8090 \text{ мм}.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$OA = OE - AE = 8090 - 1149 = 6941 \text{ мм.}$$

$$R_{\text{заб. max}} = OA + AA_2 = OA + \frac{B_1}{2} = 6941 + \frac{2870}{2} = 8376 \text{ мм.}$$

Знайдемо ширину поворотної полоси  $S_{\text{заб. пов. полоси}}$ :

$$S_{\text{заб. пов. полоси}} = R_{\text{заб. max}} - R_{\text{заб. min}} = OA_2 - OC_1$$

$$\text{Із } \triangle OAB \text{ отримуємо: } OB = \sqrt{AB^2 + OA^2} = \sqrt{1370^2 + 6941^2} = 7075 \text{ мм.}$$

$$\text{Із } \triangle OBC \text{ отримуємо: } OC = \sqrt{OB^2 - BC^2} = \sqrt{7075^2 - 3415^2} = 6196 \text{ мм.}$$

$$R_{\text{заб. min}} = OC_1 = OC - CC_1 = OC - \frac{B_2}{2} = 6196 - \frac{2860}{2} = 4766 \text{ мм.}$$

Тоді

$$S_{\text{заб. пов. полоси}} = R_{\text{заб. max}} - R_{\text{заб. min}} = 8376 - 4766 = 3610 \text{ мм}$$

Таким чином:

$$E_{\text{ман}} = \frac{B_{\text{заб. пр.}}}{S_{\text{заб. пов. полоси}}} = \frac{2870}{3610} = 0,79 \geq [E]_{\text{дон}} = 0,75,$$

$$R_{\text{заб. max}} = 8376 \leq [R_{\text{заб. }}]_{\text{дон}} = 12000$$

Умови виконання. Тому можна вважати мобільну установку достатньо маневреною.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

### 3.3 Розрахунок балансу потужності

#### 3.3.1 Розрахунок потужності, що необхідна для переміщення машини по прямій

При русі по прямій агрегат переборює такі сили опору руху:

1. Сила опору деформування несівної основи [13]

$$P_1 = \mu_k \cdot m \cdot g \cdot \cos \phi = 0,1 \cdot 16500 \cdot 9,81 \cdot \cos 2 = 16178 \text{ Н}, \quad (3.15)$$

де  $\mu_k = 0,1$  – коефіцієнт опору кочення колеса;

$m \cdot g$  – вага машини;

$\theta = 2^\circ$  – кут поперечного крена машини.

2. Сила опору від складової сили тяжіння перпендикулярної опорної поверхні під час руху машини в гору

$$P_2 = m \cdot g \cdot \sin \phi = 16500 \cdot 9,81 \cdot \sin 5 = 12699 \text{ Н}, \quad (3.16)$$

де  $\phi = 5^\circ$  – кут повздовжнього крена машини.

3. Сила опору інерції при розгоні (початку руху з місця) агрегата

$$P_3 = c \cdot m \frac{dv}{dt} = 1,2 \cdot 16500 \cdot \frac{2,778}{80} = 687 \text{ Н}, \quad (3.17)$$

де  $c$  – коефіцієнт, що враховує наявність обертальних мас в трансмісії;

$m$  – маса машини;

$dv$  – зміни діючої швидкості;  $dv = 10 \text{ км/ч} = 2,778 \text{ м/с}$ ;

$dt$  – час розгону;  $dt = 80 \text{ с}$ .

4. Сила опору в підшипниках кочення

$$P_4 = 0,03 \cdot (P_1 + P_2) = 0,03 \cdot (16178 + 12699) = 866 \text{ Н}, \quad (3.18)$$

Потужність, необхідна для пересування агрегату по прямій,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$N = \frac{\sum_{i=1}^4 P_i \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{(16178 + 12699 + 687 + 866) \cdot 2,778}{1000 \cdot 0,9} = 83 \text{ кВт}, \quad (3.18)$$

де  $v$  – діюча швидкість руху машини;  $dv = 10 \text{ км/ч} = 2,778 \text{ м/с}$ ;

$\eta$  – ККД привода руху;  $\eta = 0,9$ .

Таким чином, ми бачимо, що вказаної потужності двигуна достатньо для забезпечення машини по прямій.

### 3.3.2 Потужність, що необхідна на поворот машини

При повороті колісного ходу долається ті самі опори, що і при прямолінійному русі, включаючи опір повороту, який дорівнює [14]:

$$P_5 = \frac{1}{4} \cdot \mu \cdot f \cdot \frac{D}{R} \cdot G = \frac{1}{4} \cdot 0,25 \cdot 0,5 \cdot \frac{2,87}{8,4} \cdot 16500 \cdot 9,81 = 2411 \text{ Н}, \quad (3.19)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт опору кочення колеса;  $\mu = 0,25$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя;  $f = 0,5$ ;

$R$  – радіус повороту машини;  $R = 8,4 \text{ м}$ ;

$D$  – ширина колісної бази машини;  $D = 2,87 \text{ м}$ .

Потужність, що необхідна для повороту агрегату:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^4 P_i \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{(16178 + 12699 + 687 + 866 + 2411) \cdot 1,38}{1000 \cdot 0,9} = 50 \text{ кВт}. \quad (3.20)$$

Вказаної потужності двигуна достатньо для повороту машини на швидкості 5 км/год.

### 3.3.2 Розрахунок потужності, що необхідна для роботи інструменту

1. Споживане зусилля подачі на долото  $P_{oc}$  для руйнування породи [15]:

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

08-62.МКР.03.00.000 ПЗ

Арк.

39

$$P_{oc} = 0,25 \cdot 10^3 \cdot \kappa_3 \cdot D \cdot h \cdot \sigma_{м.б.} = 0,25 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,18 \cdot 0,011 \cdot 20 = 10 \text{ кН}, \quad (3.21)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт, що враховує затушення інструмента;  $\kappa=1$ ;

$D$  – діаметр долота;  $D=0,180 \text{ м.}$  ;

$h$  – величина заглиблення шнека;  $h=0,011 \text{ м.}$  ;

$\sigma_{м.б.}$  – приведена межа міцності породи;  $\sigma_{м.б.}=20 \text{ МПа.}$

2. Необхідний момент обертання долота  $M_l$ , що необхідний для руйнування породи

$$M_l = 62,5 \cdot D^2 \cdot \sigma_{м.б.} \cdot h \cdot z \cdot (1 + \mu_1 \cdot k_3) = 62,5 \cdot 0,18^2 \cdot 20 \cdot 0,011 \cdot 2 \cdot (1 + 1) = 1,8 \text{ кН м}, \quad (3.22)$$

де  $z$  – кількість зубів на долоті;  $z=2$ ;

$\mu_1$  – коефіцієнт тертя породи об сталь;  $\mu_1=1$ .

3. Мінімальна частота обертання шнека

$$n_0 = \sqrt{\frac{g \cdot (\sin \beta + \mu_1 \cdot \cos \beta)}{2 \cdot \pi^2 \cdot \mu_2 \cdot D_1}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot (\sin 30^\circ + 1 \cdot \cos 30^\circ)}{2 \cdot 3,14^2 \cdot 1,2 \cdot 0,16}} = 1,88 \text{ с}^{-1}, \quad (3.23)$$

де  $\beta$  – кут нахилу гвинтової лінії шнека;  $\beta=30$ ;

$\mu_2$  – коефіцієнт тертя породи об породу;  $\mu_2=1,2$ .

$D_1$  – діаметр шнека;  $D_1=0,160 \text{ м.}$

4. Максимальна теоретична продуктивність шнека

$$V_{\theta} = 9 \cdot 10^2 \cdot \pi \cdot (D_1^2 - d^2) \cdot k \cdot S \cdot \psi \cdot n_{\theta\theta} = 9 \cdot 10^2 \cdot 3,14 \cdot (0,16^2 - 0,07^2) \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2 = 26,58 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.24)$$

де  $n_{\theta\theta}$  – гранична частота обертання долота;  $n_{\theta\theta}=2 \text{ с}^{-1}$ ;

$d$  – діаметр валу шнека;  $d=0,07$ ;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$\kappa$  – коефіцієнт просипання породи в зазор між шнеком та стінками свердловини;  $\kappa=0,8$ .

5. Момент, що необхідний для забезпечення підйому породи шнеком

$$M_2 = 0,125 \cdot \pi \cdot \mu_1 \cdot D_1 \cdot (D_1^2 - d^2) \cdot H \cdot \psi \cdot \rho \cdot k_p^{-1} \cdot g \cdot (\operatorname{tg} \beta + \mu_2) =$$

$$= 0,125 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,16 \cdot (0,16^2 - 0,07^2) \cdot 30 \cdot 0,7 \cdot 1,8 \cdot 1,3^{-1} \cdot 9,81 \cdot (\operatorname{tg} 30^\circ + 1,2) = 0,68 \text{ кН м},$$
(3.25)

де  $v_{\text{nod}}$  – гранична частота обертання долота;  $v_{\text{nod}} = 0,02 \text{ м/с}$  ;

$\rho$  – щільність породи;  $\rho = 1,8 \text{ т/м}^3$ .

$\kappa_p$  – коефіцієнт розрихлення породи;  $\kappa_p = 1,3$ .

$H$  – глибина буріння породи;  $H = 30 \text{ м}$ .

6. Потужність двигуна обертального приводу

$$N_{\text{вр}} = \frac{2\pi \cdot (M_1 + M_2) \cdot n_{\text{вр}}}{\eta_{\text{вр}}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (1,8 + 0,07) \cdot 2}{0,85} = 36,4 \text{ кВт}. \quad (3.26)$$

7. Технічна швидкість шнекового буріння

$$v_{\text{б.т.}} = \frac{3600 \cdot n_{\text{вр}} \cdot P_{\text{ос}}}{2 \cdot 10^4 \cdot \Pi_{\text{б}}^2 \cdot D_{\text{к}}^2} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 10}{2 \cdot 10^2 \cdot 5^2 \cdot 0,18^2} = 4,6 \text{ м.пог/год} \quad (3.27)$$

де  $\Pi_{\text{б}}$  – показник буримості породи;  $\Pi_{\text{б}} = 5$  ;

### 3.4 Розрахунок на прохідність

Розрахункова схема на прохідність представлена на рисунку 3.5. Крім перевірки достатності потужності двигуна на пересування бурильного агрегату, що розробляється зробимо перевірку прохідності по зчепленню коліс з ґрунтом і по опорним тискам на ґрунт.

1) Зчеплення коліс із ґрунтом.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



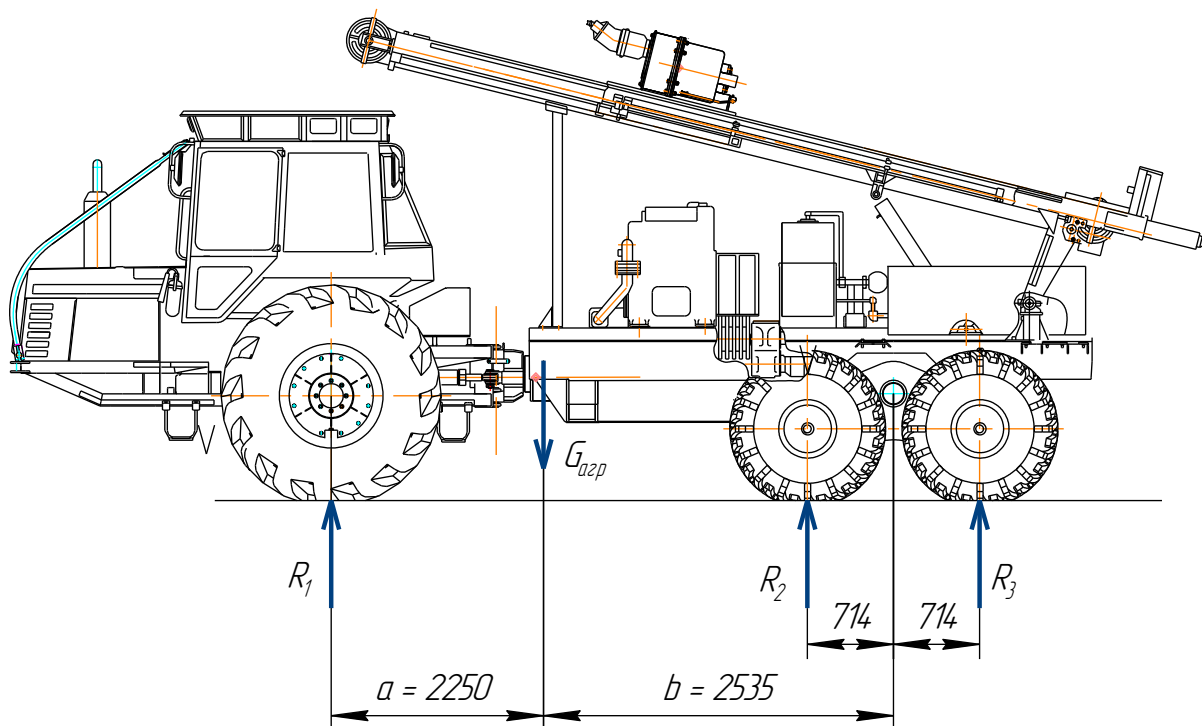


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема для розрахунку расчету на прохідність

Визначимо тягове зусилля:

$$P_{f\Sigma} = f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R_2 + f_3 \cdot R_3 + F_{ck} \quad H, \quad (3.28)$$

де  $f_1 = f_2 = f_3 = f_{cp} = 0,12$  – коефіцієнт опору коченню коліс;

$R_1, R_2, R_3$  – відповідні реакції;

$F_{zk}$  – зкочувальна сила, Н.

$$F_{zk} = G_{acr} (\cos \alpha \cdot f_{cp} + \sin \alpha) = 16500 \cdot 9,8 \cdot (\cos 5^\circ \cdot 0,12 + \sin 5^\circ) = 33457 \text{ Н}. \quad (3.29)$$

де  $\alpha$  – кут підйому дорожнього полотна,  $5^\circ$ .

$$P_{f\Sigma} = 0,12 \cdot (72000 + 38000 + 38000) + 33457 = 51217 \text{ Н},$$

Коефіцієнт щеплення коліс з ґрунтом  $\phi_{cp} = \phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = 0,5$ , тоді

можливий максимум тягового зусилля при тягачі за схемою 6 X 6 рівний

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 42   |

$$P_m = G_T \cdot \phi_{cp} = 16500 \cdot 9,8 \cdot 0,5 = 80850 \text{ Н}, \quad (3.30)$$

Якщо  $(P_m - P_{f\Sigma}) \gg 0$ , то рух можливий.

$80850 - 51217 = 29633 > 0$ , умова виконана.

Відповідно прохідність бурильного агрегата за щепленням коліс з ґрунтом забезпечена.

2) Перевірка на прохідність за опорним тиском:

$$P_{i\text{ко́леса}} \leq [P]_{\text{доп}} = 90 \text{ кПа}, \quad (3.31)$$

де  $P_{i\text{ко́лес}}$  – опорний тиск і-го колеса, Па;

$[P]_{\text{доп}}$  – допустимий тиск на колесо, Па;

$$P_{i\text{ко́леса}} = \frac{G_{i\text{ко́леса}}}{B_{\text{ко́леса}} \cdot L_{\text{пк}}}, \text{Па}, \quad (3.32)$$

де  $G_{i\text{ко́лес}}$  – навантаження на і-е колесо, Н;

$B_{\text{ко́леса}}$  – ширина колеса, м;

$L_{\text{пк}}$  – довжина п'ятна контакту, м.

$$P_{\text{ко́леса}} = \frac{36000}{0,77 \cdot 0,65} = 71928 \text{ Па} < [P]_{\text{доп}}$$

Умова виконана.

Перевірка за осадкою ґрунта:

$$h_{i\text{ко́леса}} \leq [h]_{\text{доп}} = 0,05 \text{ м}, \quad (3.33)$$

де  $h_{i\text{ко́леса}}$  – осадка колеса, м;

$[h]_{\text{доп}}$  – допустима осадка колеса, м.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$h_{\text{іколеса}} = \sqrt[3]{\frac{G_{\text{колеса}}^2}{k_{\text{см}}^2 \cdot B^2 \cdot D_{\text{пр}}}}, \text{ м}, \quad (3.34)$$

де  $k_{\text{зм}}$  – коефіцієнт об'ємного зминання,  $k_{\text{зм}} = 1 \cdot 10^8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$ ;

$D_{\text{пр}}$  – приведений діаметр, 1,56 м.

$$h_{\text{іколеса}} = \sqrt[3]{\frac{36000^2}{1 \cdot 10^8 \cdot 0,65^2 \cdot 1,56}} = 0,043 \text{ м} < 0,05.$$

Умова виконано. Отже, в цілому можна вважати прохідність розробленої мобільної установки достатньою.

### 3.5 Кінематичний розрахунок

За загального кінематичного розрахунку керуватимемося умовою забезпечення необхідної частоти обертання для гідронасосної станції бурильного агрегату. Внаслідок того, що привід насосів і привід задніх коліс тракторного шасі передбачається здійснювати від ВОМ за допомогою одного валу, необхідно врахувати той факт, що частота обертання валу при русі машини становить 500 – 600 об/хв, а при приводі гідронасосів 1700 об/хв. Для вирішення цієї проблеми та забезпечення плавності включення приводу насосної станції та заднього моста в конструкції агрегату є фрикціон, що забезпечує можливість перемикання частот обертання карданних валів

Кінематична схема приводу обертача представлена на рисунку 3.6. Обертання від двигуна тракторного шасі через коробку передач, гідропідтискну фрикційну муфту включення ВОМ через карданний вал передається на привідний вал коробки бурової установки. На вихідних кінцях роздавальної коробки встановлені гідронасоси, а також шків із зубчастою

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 44   |

муфтою включення для приводу засобами клинопасової передачі бурового насоса.

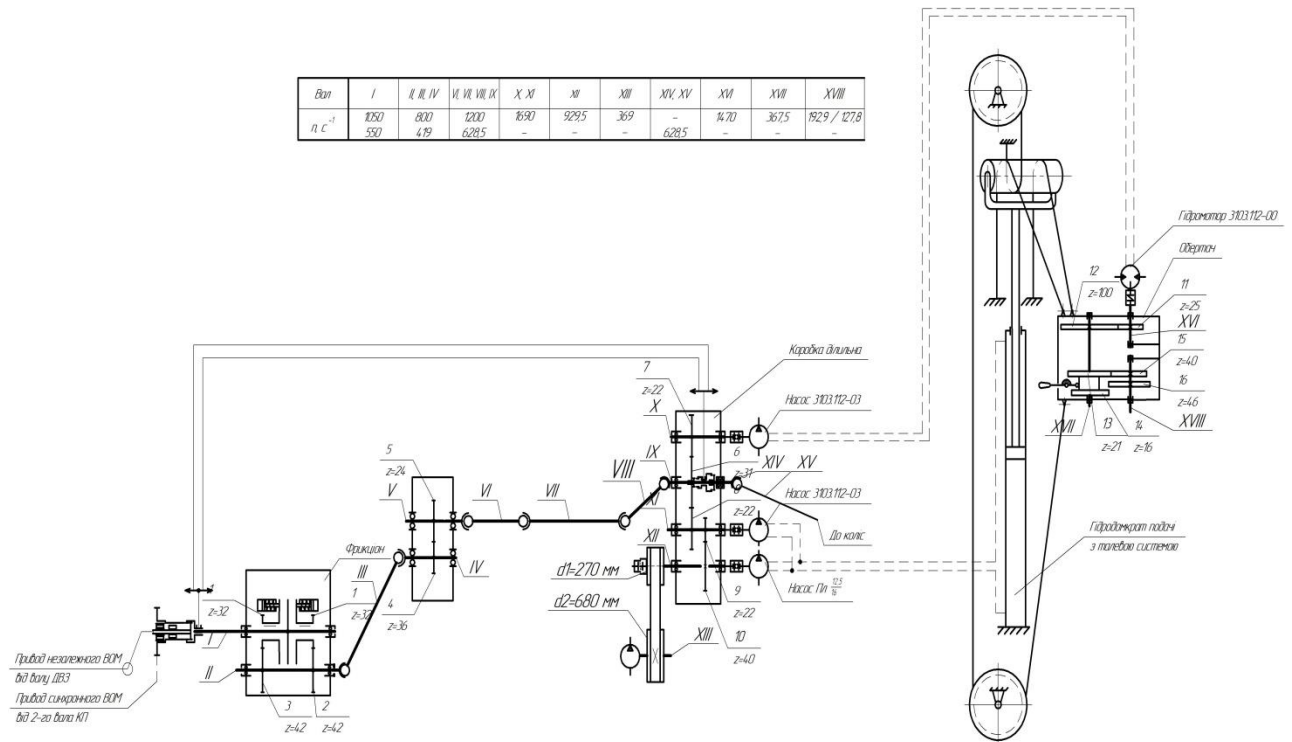


Рисунок 3.6 – Кінематична схема приводу обертання інструменту бурової

Для приводу обертача служить гідромотор, від якого обертання через муфту передається на вал XVI. На валу XVII вільно переміщається блок-шестерня, яка може входити в зачеплення з однією з двох шестерень, посаджених на вал XVIII, що забезпечує обертання цього валу із двома різними частотами.

Переміщається обертач по щоглі за допомогою гідроциліндра та талевої системи, що забезпечує подвоєння ходу.

Номінальна частота обертання ВОР  $n_I = 1050 \text{ об/хв.}$

$$n_{II} = n_{III} = n_{IV} = n_I \cdot \frac{z_1}{z_2} = 1050 \cdot \frac{32}{42} = 800 \text{ об/хв.}$$

$$n_{IX} = n_{VIII} = n_{VII} = n_{VI} = n_V = n_{IV} \cdot \frac{z_4}{z_5} = 800 \cdot \frac{36}{24} = 1200 \text{ об/хв.}$$

Номінальна частота вхідних валів насосів:

- тип 3103.112-03 для приводу виконавчих механізмів  $n_2=1700$  об/хв.;
- тип Пл12,5/16 –  $n_3=935$  об/хв.

Грунтуючись на цьому розраховуємо необхідне передочне число ділильної коробки [16].

$$u_{6,7} = \frac{z_7}{z_6} = \frac{n_{IX}}{n_2} = \frac{1200}{1700} = 0,7;$$

$$u_{6,8} = \frac{z_8}{z_6} = \frac{n_{IX}}{n_2} = \frac{1200}{1700} = 0,7;$$

$$u_{9,10} = \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{1700}{935} = 1,81.$$

Підбираємо числа зубів зубчастих коліс виходячи із значення передаточних чисел, розмірів ділильної коробки і приймаємо до уваги конструкцію аналогічної техніки.

$$u_{6,7} = \frac{z_7}{z_6} = \frac{22}{31} = 0,71;$$

$$u_{6,8} = \frac{z_8}{z_6} = \frac{22}{31} = 0,71.$$

$$u_{9,10} = \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{40}{22} = 1,81.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Частоти обертання валів:

$$n_X = \frac{n_{IX}}{u_{6,7}} = \frac{1200}{0,7} = 1690 \text{ об/хв};$$

$$n_{XI} = \frac{n_{IX}}{u_{6,8}} = \frac{1200}{0,7} = 1690 \text{ об/хв};$$

$$n_{XII} = \frac{n_{XI}}{u_{9,10}} = \frac{1690}{1,81} = 929,5 \text{ об/хв};$$

$$n_{XIII} = \frac{n_{XII}}{d_2 / d_1} = \frac{929,5}{680 / 270} = 369 \text{ об/хв}.$$

### 3.6 Розрахунок гідравлічного приводу

Схема гідравлічної бурильної установки представлена на рисунку 3.7. До виконавчих органів, що мають гідравлічний привід, робоча рідина подається насосами Н1, Н3 та Н4 з гідробаку.

Насос Н1 служить для повільного підйому та подачі інструменту на забій, а також для підйому – опускання щогли. Від насоса Н1 мастило через зворотні клапани КО1 і КО2 надходить у розподільник Р2, який нормально повинен бути включений у положення ("підйом") і потрапляє в нижню (поршневу) порожнину гідроциліндра Ц1, забезпечуючи таким чином підйом інструменту. З верхньої штокової порожнини гідроциліндра Ц1 мастило через розподільник Р3 та Р2 надходить у зливну магістраль. Підйом інструменту за допомогою насоса Н1 відбувається тільки при закритому вентилі ВН1 (регулятор подачі).

Щоб зупинити підйом і залишити інструмент у будь-якому піднятому положенні, достатньо вентиль Н1 повністю відкрити і мастило від насоса Н1

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

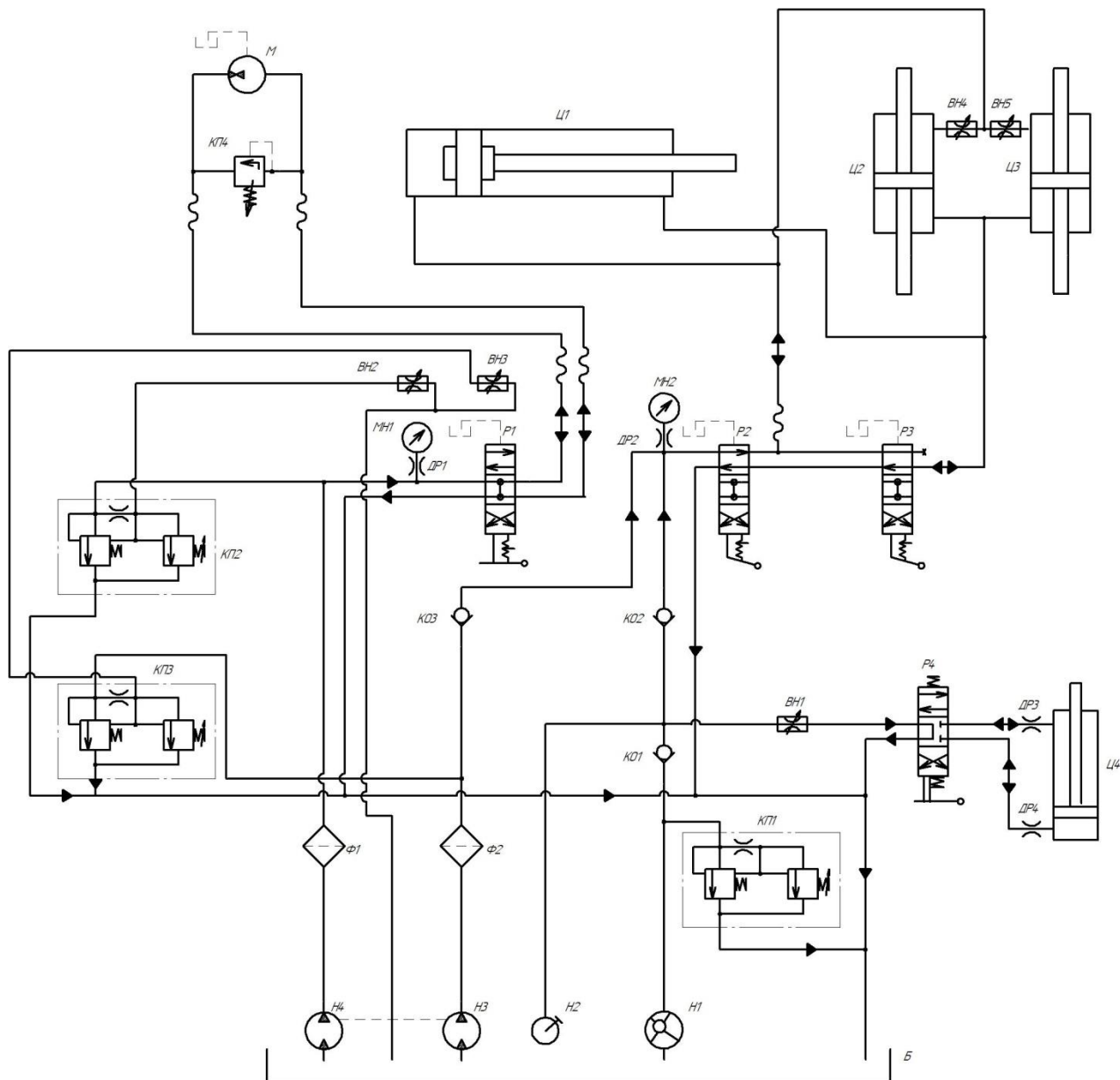


Рисунок 3.7 – Гідравлічна схема

направити на злив. Спуск інструменту під власною вагою можна здійснити за допомогою розподільника Р2, встановивши його в нейтральне положення.

Для створення навантаження на забій необхідно розподільник Р2 переключити в положення ("вниз"), тобто мастило від насоса Н1 направити у верхню (штокову) порожнину гідроциліндра Ц1. Навантаження на забій регулюється вентилем ВН1.

Окрім функції розподільника рідини розподільник Р2 виконує функції дроселя. Встановивши рукоятку розподільника у положення, проміжне між

положеннями „підйом” та нейтральним можна регулювати як швидкість підйому обертача, так і швидкість опускання його під власною вагою.

Для підйому або опускання щогли необхідно включити розподільник Р2 в положення "вниз", відкрити клапан ВН1 і включити розподільник Р4 в положення "підйом" або "спуск". надходитиме в розподільник Р4 і далі в нижню або верхню порожнину гідроциліндра Ц4.

Для захисту системи від перевантаження в нагнітальній лінії насоса Н1 встановлений запобіжний клапан КП1.

Насос Н4 служить для підйому інструменту. Мастило від насоса Н4 через фільтр Ф2 і зворотний клапан КОЗ надходить у розподільник Р2. Від перевантажень насос Н4 захищений запобіжно-розвантажувальним клапаном КПЗ, який має дистанційне керування клапаном ВН3 („регулятор швидкості підйому”).

Управління підйомом і спуском обертача під час роботи насоса Н4 аналогічне управлінню при роботі насоса Н1. Для зупинки обертача в будь-якому піднесеному положенні достатньо відкрити клапан ВН3 та мастило від насоса Н4 через клапан КПЗ без тиску піде на злив.

Розподільник Р3 забезпечує диференціальну роботу гідроциліндра подачі. При включенні їх у положення "б" забезпечується нормальна робота гідроциліндра подачі, а при включенні його в положення "в" – диференціальна, тобто поршнева та штокова порожнини гідроциліндра з'єднуються між собою та з підведенням. Тиск мастила при цьому в обох порожнинах однакова, але за рахунок різниці площ поршневої і штокової порожнин гідроциліндра шток висувається з гідроциліндра, а мастило витіснене зі штокової порожнини перетікає в поршневу разом з мастилом, що надходить від насоса, що забезпечує швидкий підйом обертача зі швидкістю 2 2 рази, що перевищує швидкість при нормальній роботі гідроциліндра.

Опускання обертача під дією власної ваги при диференціальній роботі гідроциліндра відбувається так само з більшою швидкістю, ніж при нормальній роботі. Подача інструменту на забій, а як і робота опорних

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



домкратів може бути забезпечені за нормальної роботі гідроциліндра, тобто. при включенні розподільника РЗ у положення "б".

Насос НЗ призначений для приводу обертача. Олія від насоса НЗ через фільтр Ф1 надходить у розподільник Р1 з ручним управлінням, при включенні якого в положення "б" або "в" мастило подається до гідромотора М і забезпечує праве або ліве обертання шпинделя обертача.

При включенні розподільника Р1 у положенні "а" ("нейтральне") мастило через нього прямує в зливну магістраль і надходить у масляний бак.

Від перевантажень насос НЗ захищений запобіжно-розвантажувальним клапаном КП2, який має дитанційне керування вентилем ВН2 ("регулятор частоти обертання"), що за потреби дозволяє плавно включати обертання та регулювати частоту обертання шпинделя обертача.

Для розвантаження тракторного шасі від зусиль, що виникають під час буріння та підйому інструменту, а також для зручності в експлуатації, установка забезпечена гідравлічними опорними домкратами Ц2 та Ц3. Верхні порожнини опорних домкратів з'єднані з нижньою порожниною гідроциліндра Ц1 трубопроводами, яке врізані вентилі ВН4 та ВН5 нижні порожнини опорних домкратів між собою та з верхньою порожниною гідроциліндра Ц1. створенням тиску в нижній (поршневій) порожнині гідроциліндра Ц1 при відкритих вентилях. ВН4 та ВН5 забезпечується висуванням опорних домкратів на необхідну величину, після чого вентилі мають бути закриті. Наявність роздільного управління опорними домкратами дозволяє коригувати вертикальне положення щогли.

Для зняття установки з опорних домкратів необхідно відкрити обидва вентилі і створити тиск у верхній (штоковій) порожнині гідроциліндра Ц1.

На установці передбачений аварійний ручний насос Н2, що застосовується при виході з ладу двигуна тракторного шасі. В цьому випадку від'єднують шнеки від шпинделя, піднімають насосом Н2 обертач, опускають щоглу і можна транспортувати установку буксиром. Управління насосом Н2 здійснюється так само, як і під час роботи насоса Н1.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Для створення оптимального режиму буріння тиску на забій і крутного моменту, а також для підтримки постійного режиму в процесі буріння в нагнітальних лініях встановлені манометри МН1 і МН2.

Для очищення мастила від механічних домішок у нагнітальних лініях насосів Н3 та Н4 встановлені фільтри Ф1 та Ф2 з тонкістю фільтрації 25 мікрон.

### ***Розрахунок гідроциліндрів***

При розрахунках гідроциліндра в першу чергу необхідно знайти зусилля на шток. Для визначення навантажень розглянемо схему, представлену на рисунку 3.8.

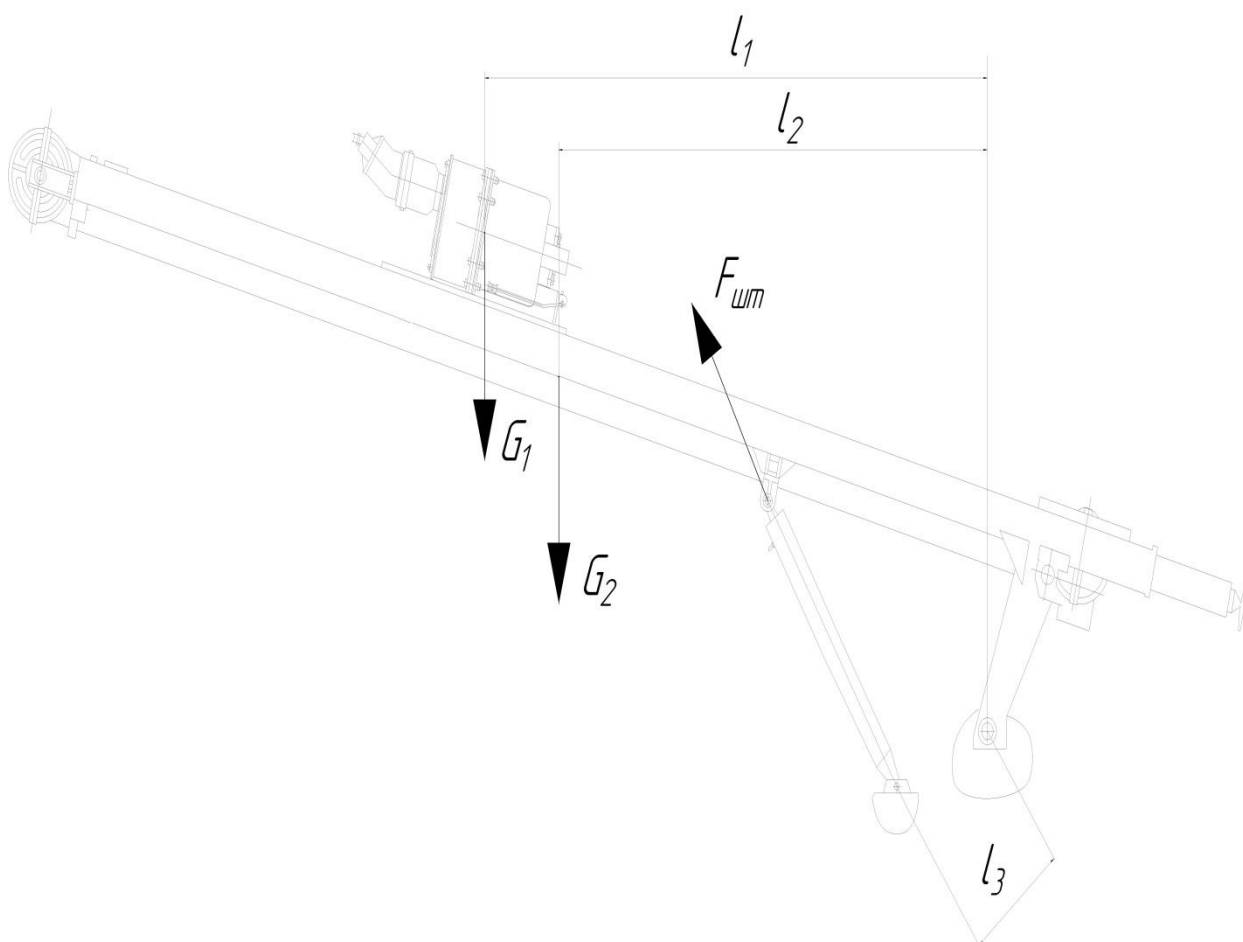


Рисунок 3.8 – Схема навантаження гідроциліндрів підйому щогли

Зусилля на штоках гідроциліндрів [17]:

$$\sum M_o = 0; \quad F_{um} \cdot l_3 - G_1 \cdot l_1 - G_2 \cdot l_2 = 0; \quad (3.34)$$

Навантаження на штоці гідроциліндра:

$$F_{um} = \frac{G_1 \cdot l_1 + G_2 \cdot l_2}{l_3} = \frac{1600 \cdot 9,81 \cdot 3,0 + 700 \cdot 9,81 \cdot 2,55}{0,55} = 143 \text{ кН}. \quad (3.35)$$

З точки зору надійності та безпеки розроблювальної машини приймемо зусилля на штоці  $F_u = 150 \text{ кН}$ .

Робоча площа поршня

$$S = \frac{F_u}{p_1 \cdot \eta_{мч} \cdot \eta_z} = \frac{150000}{20 \cdot 10^6 \cdot 0,95 \cdot 0,90} = 0,0087 \text{ м}^2, \quad (3.36)$$

де  $p_1$  – прийняте робочий тиск в гідросистемі;  $p_1 = 20 \text{ МПа}$ ;

$\eta_{мч} = 0,95$  – механічне ККД гідроциліндра;

$\eta_z = 0,90$  – гідравлічне ККД гідропередачі.

Внутрішній діаметр циліндра при подачі робочої рідини в поршневу порожнину [18]

$$D = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,000087}{3,14}} = 0,105 \text{ м} \quad (3.37)$$

Товщина стінки корпусу сталюого гідроциліндра:

$$t = \frac{D}{2} \left( \sqrt{\frac{[\sigma] + P_1(1 - 2\mu)}{[\sigma] - P_1(1 + 2\mu)}} - 1 \right) = \frac{0,105}{2} \cdot \left( \sqrt{\frac{550 \cdot 10^5 + 16 \cdot 10^6 \cdot (1 - 2 \cdot 0,3)}{550 \cdot 10^5 - 16 \cdot 10^6 \cdot (1 + 2 \cdot 0,3)}} - 1 \right) = 0,016 \text{ м}, \quad (3.38)$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

де  $[\sigma] = 550 \cdot 10^5 \text{ Па}$  – допустима напруга розтягу для сталі;  
 $\mu = 0,3$  – коефіцієнт Пуасона (для сталі).

Діаметр штоку гідроциліндра:

$$d = 0,6D = 0,6 \cdot 0,105 = 0,065 \text{ м.} \quad (3.39)$$

### ***Підбір гідравлічного обладнання***

#### **1. Підбір гідромотора.**

Крутний момент на валу гідромотору [17]

$$M_2 = \frac{M_{кр}}{i_p \cdot \eta_p} = \frac{2479}{12,25 \cdot 0,9} = 224 \quad \text{Н} \quad \text{м,}$$

(3.40)

де  $M_{кр}$  – необхідний момент обертання долота;

$i_p$  – передаточне число зубчастої пари ротора;  $i_p = 12,25$ ;

$\eta_p = 0,90$  – ККД редуктора.

Частота обертання валу гідромотору:

$$n_2 = n_{ер} \cdot i_p = 2 \cdot 12,25 = 24,5 \text{ с}^{-1}, \quad (3.41)$$

де  $n_{ер}$  – частота обертання долота;  $n_{ер} = 2 \text{ с}^{-1}$ .

По крутному моменту на валу гідромотору і по частоті обертання цього ж валу підбираємо гідромотор 3103.112-00, який забезпечує такі технічні характеристики:

номінальний крутний момент – 250 Н·м;

робочий об'єм –  $125 \text{ см}^3 / \text{об}$ ;

тиск: номінальний – 20 МПа;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

максимальний – 25 МПа;

частота обертання: номінальна  $1450 \text{ хв}^{-1}$ ;

максимальна  $2000 \text{ хв}^{-1}$ ;

ККД: загальний 0,98;

Об'ємний 0,94.

## 2. Підбір гідронасосу.

Необхідний тиску на виході із насосу:

$$p_1 = 2\pi M_2 / (\eta_m \eta_z q_z) = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 224}{0,95 \cdot 0,98 \cdot 125} = 18,53 \text{ МПа}, \quad (3.42)$$

де  $M_2$  – необхідний момент на валу гідромотору;

$q_z$  – робочий об'єм гідромотору;

$\eta_z$  – гідравлічний ККД передачі.

Необхідна подача насосу

$$Q_1 = \frac{n_2 \cdot q_z}{\eta_{02}} = \frac{24,5 \cdot 60 \cdot 125}{0,94 \cdot 1000} = 105,3 \text{ л/хв}, \quad (3.43)$$

де  $\eta_{02}$  – об'ємний ККД гідромотору.

Підбір насосу здійснюється за необхідною подачею  $Q_1$  і за робочим тиском  $p_1$ . Вибираємо насос 3103.112-03 з такими технічними характеристиками:

витрата  $Q = 112 \text{ л/хв}$ ;

тиск: номінальний 20 МПа;

максимальний 25 МПа;

ККД: об'ємний 0,95; загальний 0,87;

## 3. Визначення розмірів перерізу трубопроводів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Внутрішній діаметр трубопровода

$$d = 2 \cdot (Q_1 / \pi \cdot v_p)^{0.5} = 2 \cdot (1,8 \cdot 10^{-4} / 3,14 \cdot 4)^{0.5} = 0,018 \text{ м}, \quad (3.44)$$

де  $Q_1$  - витрата рідини через трубопровід,  $Q_1 = 112 \text{ л/хв} = 0,0018 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$v_p$  – швидкість руху робочої рідини в трубопроводі,  $v_p = 4 \text{ м/сек}$ .

Товщина стінки труби із умови роботи на розрив:

$$\delta = \frac{p \cdot d}{2[\sigma]} = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot 0,018}{2 \cdot 126 \cdot 10^6} = 0,0014 \text{ м}, \quad (3.45)$$

де  $p$  – максимальний тиск робочої рідини;

$[\sigma]$  – допустиме напруження розтягу для матеріалу труби (для сталі 20 – 126 МПа).

Приймаємо трубопровід 12 X 1 ГОСТ 8734-75/Б 20 ГОСТ 8733-74.

Визначення втрат тиску та гідравлічного ККД гідроприводу.

У гідроприводах мають місце втрати тиску в гідроапаратурі  $\Delta p_a$  і допоміжних пристроях  $\Delta p_y$ .

Втрати тиску під час руху рідини в циліндричних трубах (формула Дарсі):

$$\Delta p = \lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v_p^2 / (2 \cdot d) = 0,13 \cdot 10 \cdot 906 \cdot 4^2 / (2 \cdot 0,018) = 523467 \text{ Па}, \quad (3.46)$$

де  $l = 10 \text{ м}$  – довжина ділянки труби;

$\rho = 906 \text{ кг/м}^3$  – щільність робочої рідини;

$\lambda$  – коефіцієнт опору;

$$\lambda = 0,11(k_e / d + 68 / \text{Re})^{0.25} = 0,11(0,03 / 0,018 + 68 / 960)^{0.25} = 0,13, \quad (3.47)$$

де  $k_e$  – абсолютна величина еквівалентної рівномірно-зернистої шорсткості (для сталевих безшовних труб і рукавів високого тиску  $k_e = 0,03 \text{ мм}$ );

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$Re$  – число Рейнольдса;

$$Re = v_p \cdot d / \nu = 4 \cdot 0,018 / (75 \cdot 10^{-6}) = 960,$$

де  $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості.

#### 4. Втрати тиску в місцевих опорах [18]

$$\Delta p_m = \zeta \cdot \rho \cdot v_p^2 / 2 = 0,75 \cdot 906 \cdot 4^2 / 2 = 5436 \text{ Па}, \quad (3.48)$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт місцевого опору.

#### 5. Гідравлічний ККД гідроприводу

$$\eta_{гн} = 1 - \frac{(\sum \Delta p + \sum \Delta p_m)}{p_1} = 1 - \frac{(523467 + 5436)}{15530000} = 0,97. \quad (3.49)$$

#### 6. Потужність споживана гідромотором

$$N_2 = M_2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_2 = 224 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 24,5 = 34 \text{ кВт}. \quad (3.50)$$

Повний ККД гідроприводу

$$\eta = \eta_{мн} \eta_{мз} \eta_{02} \eta_{он} \eta_z = 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,94 \cdot 0,8 \cdot 0,97 = 0,67. \quad (3.51)$$

#### 7. Потужність, що підводиться до насоса

$$N_1 = \frac{N_z}{\eta} = \frac{34}{0,67} = 50,7 \text{ кВт}. \quad (3.52)$$

#### 8. Підбір гідроапаратури.

Розподільник: РН203-ФМ14

витрата: номінальний 160л/хв;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

максимальний 32 МПа.



Для нормальної роботи бурової установки необхідно виконання наступних умов:

1. Потужність приводного двигуна обертача повинна бути не меншою за розрахункову ( $N_{обр}=36,4$  кВт).

2. Частота обертання обертача повинна бути більшою за розрахункову мінімальну частоту обертання. Прийmemo граничну частоту обертання обертача, що дорівнює 2 об/с.

Отже, прийнявши як приводний двигун гідромотор потужністю 40кВт і номінальною частотою обертання валу 1470 об/хв, загальне передатне число редуктора

$$u_{заг} = \frac{n_{об}}{n_{вр} \cdot 60} = \frac{1470}{2 \cdot 60} = 12,25 \quad (3.53)$$

Підбираємо числа зубів зубчастих коліс виходячи із значення передавальних чисел, розмірів роздавальної коробки та зважаючи на конструкцію аналогової техніки.

$$u_{11,12} = \frac{z_{12}}{z_{11}} = \frac{100}{25} = 4 \cong u_1.$$

$$u_{14,16} = \frac{z_{16}}{z_{14}} = \frac{46}{15} = 3,06 \cong u_2.$$

### 3.7.2 Проектний розрахунок зубчасті передачі

Розраховуватимемо найбільш швидкохідну циліндричну пару.

Для першої шестерні 8 приймаємо сталь матеріал 45. Термічна обробка – нормалізація, твердість 205 НВ.

Для колеса 9 приймаємо сталь матеріал 45. Термічна обробка – нормалізація, твердість 175 НВ.

Межа контактної витривалості

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$\sigma_{\lim H_1} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 205 + 70 = 480 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\lim H_2} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 175 + 70 = 420 \text{ МПа}.$$

Допустиме контактне напруження

$$\sigma_{H_1} = \frac{0,9 \cdot \sigma_{\lim H_1} \cdot z_{\text{№1}}}{S_H} = \frac{0,9 \cdot 480 \cdot 1}{1,1} = 393 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{H_2} = \frac{0,9 \cdot \sigma_{\lim H_2} \cdot z_{\text{№2}}}{S_H} = \frac{0,9 \cdot 420 \cdot 1}{1,1} = 344 \text{ МПа};$$

де  $z_{\text{№1}}=1$ ;  $z_{\text{№2}}=1$ ;

$S_H=1,1$  – коефіцієнт запасу міцності.

Розрахункова міжосьова відстань

$$a_w^p = k_a \cdot (u_{12} + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{\psi_{ba} \cdot u_{12}^2 \cdot \sigma_{H_1}}} = 49 \cdot (4 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1040}{0,315 \cdot 4^2 \cdot 393}} = 212,91 \text{ мм}, \quad (3.54)$$

де  $k_a=49$  – коефіцієнт, що залежить від типу зачеплення;

$\psi_a=0,315$  – коефіцієнт ширини шестерні;

$T_2$  – момент на валу II;

$$T_2 = T_1 \cdot u_{12} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} \cdot u_{12} = \frac{N_{\text{дв}}}{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{дв}}} \cdot u_{12} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 1470} \cdot 4 = 260 \cdot 4 = 1040 \text{ Нм},$$

де  $N = 40 \text{ кВт}$  – потужність двигуна.

Модуль зачеплення:

$$m_t = \frac{2 \cdot a_w}{z_1 \cdot (u_{12} + 1)} = \frac{2 \cdot 212,91}{24 \cdot (4 + 1)} = 3,8 \text{ мм}; \quad (3.55)$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 59   |

Значення  $m_t$  округляємо до найближчої величини у відповідності до нормативних документів. Приймаємо  $m_t = 4 \text{ мм}$ .

Число зубів зубчастого колеса 1

$$z_1 = \frac{2 \cdot a_w}{m \cdot (u + 1)} = \frac{2 \cdot 212,91}{4 \cdot (4 + 1)} = 22,3. \quad (3.56)$$

Приймаємо  $z_1 = 23$  зубів.

Число зубів зубчастого колеса 2:

$$z_2 = z_1 \cdot u_{12} = 23 \cdot 4 = 92 \text{ (зубця)} \quad (3.57)$$

Діаметри ділільних діаметрів коліс:

$$d_{w1} = z_1 \cdot m_t = 23 \cdot 4 = 92 \text{ мм}; \quad (3.58)$$

$$d_{w2} = z_2 \cdot m_t = 92 \cdot 4 = 368 \text{ мм} \quad (3.59)$$

Діаметри вершин зубів коліс:

$$d_{a1} = (z_1 + 2) \cdot m_t = (23 + 2) \cdot 4 = 100 \text{ мм}; \quad (3.60)$$

$$d_{a2} = (z_2 + 2) \cdot m_t = (92 + 2) \cdot 4 = 376 \text{ мм}. \quad (3.61)$$

Діаметри впадин зубів коліс:

$$d_{f1} = (z_1 - 2,5) \cdot m_t = (23 - 2,5) \cdot 4 = 82 \text{ мм}; \quad (3.62)$$

$$d_{f2} = (z_2 - 2,5) \cdot m_t = (92 - 2,5) \cdot 4 = 358 \text{ мм}. \quad (3.63)$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Уточняємо міжосьова відстань:

$$a_w = (d_{w1} + d_{w2})/2 = (92 + 368)/2 = 230 \text{ мм} \quad (3.64)$$

Ширина вінців:

$$b_2 = \Psi_{ba} \cdot a_w = 0,235 \cdot 230 = 54 \text{ мм}; \quad (3.65)$$

$$b_1 = b_2 + (3..5) = 72 + 4 = 60 \text{ мм}. \quad (3.66)$$

Колова сила в зачеплення швидкості коліс:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1 \cdot 10^3}{d_{w1}} = \frac{2 \cdot 260 \cdot 10^3}{92} = 19 \cdot 4 = 6842 \text{ Н}. \quad (3.67)$$

Колова швидкість коліс:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{3,14 \cdot 76 \cdot 1470}{60 \cdot 10^3} = 5,8 \text{ м/с}. \quad (3.68)$$

Питтома колова динамічна сила:

$$W_{HV} = \delta_H \cdot g_0 \cdot v \cdot \sqrt{\frac{a_w}{u_{12}}} = 0,06 \cdot 5,3 \cdot 5,8 \cdot \sqrt{\frac{228}{5}} = 12,45 \text{ Н/мм}, \quad (3.69)$$

де  $\delta_H$  – коефіцієнт, що враховує вплив виду зубчастої передачі і модифікації профіля зуба [14];  $\delta_H = 0,06$ ;

$g_0$  – коефіцієнт, що враховує вплив різності кроків зачеплення зубів шестерні і колеса [14];  $g_0 = 5,3$ ;

Питома розрахункова окружна сила у зоні її найбільшої концентрації:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$W_{Htp} = \frac{F_t \cdot k_{H\beta}}{b_2} = \frac{6842 \cdot 1,05}{72} = 99,7 \text{ Н}, \quad (3.70)$$

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в зачепленні:

$$k_{HV} = 1 + \left( \frac{W_{HV}}{W_{Htp}} \right) = 1 + \frac{12,45}{99,7} = 1,12. \quad (3.71)$$

Питома розрахункова окружна сила:

$$W_{Ht} = \frac{F_t \cdot k_{H\beta} \cdot k_{HV} \cdot k_A}{b_2} = \frac{6842 \cdot 1,05 \cdot 1,12 \cdot 49}{72} = 5475 \text{ Н/мм}. \quad (3.72)$$

Розрахункове контактне напруження:

$$\sigma_H = z_H \cdot z_E \cdot z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{W_{Ht} \cdot (u_{12} + 1)}{d_{w1} \cdot u_{12}}} = 1,77 \cdot \sqrt{275} \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{5475 \cdot (5 + 1)}{76 \cdot 5}} = 153 \text{ Н/мм} \quad (3.73)$$

$\sigma_H < \sigma$  – умова міцності виконується.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Комерційний та технологічний аудит проводиться з метою розробки мобільної бурової установки з покращеними техніко-економічними показниками на базі вітчизняного трактора.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету кафедри галузевого машинобудування: д.т.н., проф. Поліщук Л.К., к.т.н., доц. Слабкий А.В. та к.т.н., доц. Поліщук О.В.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 4.1 [19] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

| Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою) |                                                                        |                                                                       |                                                             |                                                                       |                                                                        |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Кри-терій                                            | 0                                                                      | 1                                                                     | 2                                                           | 3                                                                     | 4                                                                      |
| Технічна здійсненність концепції:                    |                                                                        |                                                                       |                                                             |                                                                       |                                                                        |
| 1                                                    | Достовірність концепції не підтверджена                                | Концепція підтверджена експертними висновками                         | Концепція підтверджена розрахунками                         | Концепція перевірена на практиці                                      | Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах                  |
| Ринкові переваги (недоліки):                         |                                                                        |                                                                       |                                                             |                                                                       |                                                                        |
| 2                                                    | Багато аналогів на малому ринку                                        | Мало аналогів на малому ринку                                         | Кілька аналогів на великому ринку                           | Один аналог на великому ринку                                         | Продукт не має аналогів на великому ринку                              |
| 3                                                    | Ціна продукту значно вища за ціни аналогів                             | Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів                              | Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів             | Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів                             | Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів                            |
| 4                                                    | Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Продовження табл. 4.1

|                         |                                                                                                                                       |                                                                                                                                      |                                                                                                                   |                                                                                           |                                                                                     |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                       | Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів                                                                                    | Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів                                                                                     | Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів                                                   | Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів                                        | Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів                                 |
| Ринкові перспективи     |                                                                                                                                       |                                                                                                                                      |                                                                                                                   |                                                                                           |                                                                                     |
| 6                       | Ринок малий і не має позитивної динаміки                                                                                              | Ринок малий, але має позитивну динаміку                                                                                              | Середній ринок з позитивною динамікою                                                                             | Великий стабільний ринок                                                                  | Великий ринок з позитивною динамікою                                                |
| 7                       | Активна конкуренція великих компаній на ринку                                                                                         | Активна конкуренція                                                                                                                  | Помірна конкуренція                                                                                               | Незначна конкуренція                                                                      | Конкурентів немає                                                                   |
| Практична здійсненність |                                                                                                                                       |                                                                                                                                      |                                                                                                                   |                                                                                           |                                                                                     |
| 8                       | Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї                                                                  | Необхідно наймати фахівців або витрачати значні кошти та час на навчання наявних фахівців                                            | Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату                                                       | Необхідне незначне навчання фахівців                                                      | Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї              |
| 9                       | Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні                                                   | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні                                                                   | Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є                                                         | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є                               | Не потребує додаткового фінансування                                                |
| 10                      | Необхідна розробка нових матеріалів                                                                                                   | Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі                                                           | Потрібні дорогі матеріали                                                                                         | Потрібні досяжні та дешеві матеріали                                                      | Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві    |
| 11                      | Термін реалізації ідеї більший за 10 років                                                                                            | Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років                                            | Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років                       | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років |
| 12                      | Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту | Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу | Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу | Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту  | Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту       |

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

| Середньоарифметична сума балів СБ,<br>розрахована на основі висновків<br>експертів | Рівень комерційного потенціалу<br>розробки |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-10                                                                               | Низький                                    |
| 11-20                                                                              | Нижче середнього                           |
| 21-30                                                                              | Середній                                   |
| 31-40                                                                              | Вище середнього                            |
| 41-48                                                                              | Високий                                    |

В таблиці 4.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 4.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

| Критерії                                       | Прізвище, ініціали, посада експерта                                         |                     |                     |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                | Слабкий А.В.                                                                | Поліщук Л.К.        | Поліщук О.В.        |
|                                                | Бали, виставлені експертами:                                                |                     |                     |
| 1                                              | 2                                                                           | 2                   | 2                   |
| 2                                              | 4                                                                           | 3                   | 3                   |
| 3                                              | 1                                                                           | 2                   | 1                   |
| 4                                              | 4                                                                           | 4                   | 4                   |
| 5                                              | 2                                                                           | 1                   | 2                   |
| 6                                              | 3                                                                           | 3                   | 4                   |
| 7                                              | 1                                                                           | 0                   | 1                   |
| 8                                              | 3                                                                           | 3                   | 4                   |
| 9                                              | 3                                                                           | 3                   | 3                   |
| 10                                             | 4                                                                           | 4                   | 3                   |
| 11                                             | 4                                                                           | 4                   | 4                   |
| 12                                             | 2                                                                           | 3                   | 3                   |
| Сума балів                                     | СБ <sub>1</sub> =31                                                         | СБ <sub>2</sub> =34 | СБ <sub>3</sub> =34 |
| Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$ | $\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{33 + 32 + 34}{3} = 33$ |                     |                     |

Середньоарифметична оцінка, отримана на основі експертних висновків, становить 33 бали, і згідно з таблицею 4.3, це вказує на вище середнього рівень комерційного потенціалу результатів проведених досліджень.



В результаті магістерської роботи розроблено конструкцію мобільної бурової установки з покращеними техніко-економічними показниками на базі вітчизняного трактора.

Результати досліджень магістерської роботи можуть бути реалізовані на підприємствах, які займаються георозвідкою, будівництвом, геодезні підприємства.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом.

В якості аналога для розробки було обрано УРБ-2А-2. Основними недоліками аналога є застаріла та не енергоощадна мобільна платформа. Також до недоліків можна віднести відносно мала питома потужність. У розробці дана проблема вирішується використанням сучасного вітчизняного трактора з енергоощадною силовою установкою.

В таблиці 4.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Таблиця 4.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

| Показник                       | Варіанти                  |                             | Відносний показник якості | Коефіцієнт вагомості параметра |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
|                                | Базовий (товар-конкурент) | Новий (інноваційне рішення) |                           |                                |
| 1                              | 2                         | 3                           | 4                         | 5                              |
| Глибина буріння з промивкою, м | 300                       | 350                         | 1,2                       | 10%                            |
| Діаметр буріння початковий, мм | 190                       | 190                         | 1                         | 15%                            |
| Діаметр буріння кінцевий, мм   | 93                        | 93                          | 1                         | 10%                            |
| Діаметр буріння шнеками, об/хв | 225                       | 225                         | 1                         | 30%                            |
| Швидкість буріння, м/хв        | 1                         | 2                           | 2                         | 30%                            |

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (4.1) та (4.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.6.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.2)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{350}{300} = 1,2;$$

$$q_2 = \frac{190}{190} = 1;$$

$$q_3 = \frac{93}{93} = 1;$$

$$q_4 = \frac{225}{225} = 1;$$

$$q_5 = \frac{2}{1} = 2.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.3)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,2 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,3 = 1,27$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 4.6 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 4.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

| Показники                        | Варіанти                     |                                |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                                  | Базовий<br>(товар-конкурент) | Новий<br>(інноваційне рішення) |
| 1                                | 2                            | 3                              |
| 1. Нормативно-технічні показники |                              |                                |
| Глибина буріння з промивкою, м   | 300                          | 350                            |
| Діаметр буріння початковий, мм   | 190                          | 190                            |
| Діаметр буріння кінцевий, мм     | 93                           | 93                             |
| Діаметр буріння шнеками, об/хв   | 225                          | 225                            |
| Швидкість буріння, м/хв          | 1                            | 2                              |
| 2. Економічні показники          |                              |                                |
| Ціна придбання, грн.             | 260000                       | 240000                         |

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.4)$$

де  $I_{m.n.}$  – індекс технічних параметрів;  $I_{e.n.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.5)$$

де  $P_{Hei}$ ,  $P_{Bei}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{260000}{240000} = 1,08;$$

$$K = \frac{1,27}{1,08} = 1,18.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

## 4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників  $З_0$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$З_0 = \frac{M}{T_p} * t \text{ (грн)} \quad (4.6)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p \approx 21...23$  дні;

$t$  – число робочих днів роботи дослідника.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 69   |

Для розробки необхідно залучити інженера з посадовим окладом 35000 грн. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів інженера складає 132. Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.7.

Таблиця 4.7 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

| Найменування посади | Місячний посадовий оклад, грн. | Оплата за робочий день, грн. | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату грн. |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Керівник            | 25000                          | 1190,5                       | 5                 | 5952                            |
| Інженер             | 35000                          | 1666,7                       | 132               | 220000                          |
| Всього              |                                |                              |                   | 225952                          |

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

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.7)$$

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

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

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{3M}}, \quad (4.8)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

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

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

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

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

| Найменування робіт | Тривалість роботи, год | Розряд роботи | Погодинна тарифна ставка, грн | Величина оплати на робітника, грн |
|--------------------|------------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1.Підготовчі       | 25                     | 2             | 52,4                          | 1309,5                            |
| 2.Монтажні         | 4                      | 3             | 64,3                          | 257,1                             |
| 3.Складальні       | 18                     | 5             | 81,0                          | 1457,1                            |
| 4.Налагоджувальні  | 7                      | 2             | 52,4                          | 366,7                             |
| 5.Випробувальні    | 3                      | 4             | 71,4                          | 214,3                             |
| Всього             |                        |               |                               | 3604,8                            |

### 3. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $З_d$  всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$З_d = (З_o + З_p) * \frac{Н_{дод}}{100\%} \quad (4.9)$$

$$З_d = 0,11 * (225952 + 3604,8) = 25251,29 \text{ (грн)}$$

4. Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.10):

$$H_{зп} = (З_о + З_р + З_д) * \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (4.10)$$

де  $З_о$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$З_д$  – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$З_р$  – основну заробітну плату робітників, грн.;

$\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{зп} = (225952 + 3604,8 + 25251,29) * \frac{22}{100} = 56057,85 \text{ (грн)}$$

#### 5. Сировина та матеріали.

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій організації, чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

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

$$M = \sum_{i=1}^n H_j \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{i=1}^n B_j \cdot Ц_{вj}, \quad (4.11)$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

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

$n$  – кількість видів матеріалів;

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

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

$V_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

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

Проведені розрахунки зведені в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на матеріали

| Найменування матеріалу, марка, тип, сорт  | Ціна за 1 кг, грн | Норма витрат, кг | Вартість витраченого матеріалу, грн |
|-------------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------------|
| Сталь 45                                  | 36                | 500              | 18000                               |
| Сталь 20Х                                 | 42                | 420              | 17640                               |
| Олива                                     | 240               | 320              | 76800                               |
| Зварювальний дріт                         | 137               | 65               | 8905                                |
| Фіксатори різьби                          | 800               | 0,4              | 320                                 |
| З врахуванням коефіцієнта транспортування |                   |                  | 133832                              |

#### 6. Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

Балансову вартість спецустаткування розраховують за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (4.12)$$

де  $C_i$  – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.і}}$  – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які

придбані для проведення досліджень, шт.;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 73   |



$K_i$  – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ );

$k$  – кількість найменувань устаткування.

Отримані результати необхідно звести до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

| Найменування устаткування | Кількість,<br>шт | Ціна за<br>одиницю, грн | Вартість,<br>грн |
|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Метизи                    | 128              | 120                     | 15360            |
| Всього                    |                  |                         | 16896,00         |

## 7. Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

Балансову вартість програмного забезпечення розраховують за формулою:

$$B_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inpg} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (4.13)$$

де  $C_{inpg}$  – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

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

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

$k$  – кількість найменувань програмних засобів.

Отримані результати необхідно звести до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

| Найменування програмного засобу         | Кількість,<br>шт | Ціна за<br>одиницю, грн | Вартість,<br>грн |
|-----------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Solidworks                              | 1                | 2000                    | 2000             |
| Всього з врахування транспортних витрат |                  |                         | 2200             |

## 8. Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_е} \cdot \frac{t_{вук}}{12}, \quad (4.14)$$

де  $Ц_б$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

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

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

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

| Найменування обладнання | Балансова вартість, грн | Строк корисного використання, років | Термін використання обладнання, місяців | Амортизаційні відрахування, грн |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| Комп'ютер               | 40000                   | 2                                   | 3                                       | 5000,00                         |
| Комплект гідроапаратури | 180000                  | 5                                   | 2                                       | 6000,00                         |
| Шасі                    | 500 000                 | 5                                   | 2                                       | 16666,67                        |
| Всього                  |                         |                                     |                                         | 27666,67                        |

## 9. Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

Балансову вартість спецустаткування розраховують за формулою:

$$B_{спеу} = \sum_{i=1}^k Ц_i \cdot C_{пр.i} \cdot K_i, \quad (4.15)$$

де  $Ц_i$  – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 75   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$C_{np.i}$  –кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ );

$k$  – кількість найменувань устаткування.

Отримані результати необхідно звести до таблиці 4.13

Таблиця 4.13 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

| Найменування устаткування | Кількість, шт | Ціна за одиницю, грн | Вартість, грн |
|---------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Тахометр BENETECH GM8905  | 1             | 900                  | 900           |
| Всього                    |               |                      | 990           |

10. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yt} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{впi}}{\eta_i} \quad (4.16)$$

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

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

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

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

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$B_e = \frac{1 \cdot 270 \cdot 10,5 \cdot 0,5}{0,8} = 1771,88$$

11. Службові відрядження.

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

$$B_{CB} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{CB}}{100\%}, \quad (4.17)$$

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

$$B_{CB} = 0,2 \cdot (225952 + 3604,8) = 45911,43$$

12. Накладні (загальновиробничі) витрати  $B_{H3B}$  охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати  $B_{H3B}$  можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{H3B} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{H3B}}{100\%}, \quad (4.18)$$

де  $H_{H3B}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$B_{H3B} = (225952 + 3604,8) \cdot \frac{100}{100\%} = 229557,14 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 225962 + 3604,8 + 25251,29 + 56057,85 + 133832 + 16896 + 2200 + 27666,67 + 990 + 1771,88 + 45911,43 + 229557,14 = 769690,89 \text{ грн}$$

Прогнозування загальних втрат  $3B$  на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$3B = \frac{B}{\eta}, \quad (4.19)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 77   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт  $\beta = 0,5$ .

Звідси:

$$ЗВ = \frac{769690,89}{0,5} = 1539381,79 \text{ грн.}$$

#### 4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$ , для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.20)$$

де  $\Delta\Pi_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

$\Pi_o$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 78   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$p$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту.  $p = 0,25$ ;

$x$  – ставка податку на прибуток. У 2024 році – 18%.

Припустимо, що ціна зростає на 2000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 100 шт., протягом другого року – на 130 шт., протягом третього року на 150 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 240000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\Delta P_1 = [2000 \cdot 1 + (240000 + 2000) \cdot 100] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ = 4134343 \text{ грн.}$$

$$\Delta P_2 = [2000 \cdot 1 + (240000 + 2000) \cdot (100 + 130)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ = 9510203 \text{ грн.}$$

$$\Delta P_3 = [2000 \cdot 1 + (240000 + 2000) \cdot (100 + 130 + 150)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \\ \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 15711205 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо величину початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (4.21)$$

$k_{\text{інв}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 79   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ( $k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$ ).

$$PV = 2 \cdot 1539381,79 = 3078763,58$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{\text{абс}}$  згідно наступної формули:

$$E_{\text{абс}} = (ПП - PV) \quad (4.22)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.23)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн.;

$T$  – період часу, протягом якою виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

$t$  – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{4134343}{(1 + 0,2)^1} + \frac{9510203}{(1 + 0,2)^2} + \frac{15711205}{(1 + 0,2)^3} = 19184014,9 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{абс}} = (19184014,9 - 3078763,58) = 16105251,32 \text{ грн.}$$

Оскільки  $E_{\text{абс}} > 0$  то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_{\text{в}}$ . Для цього користуються формулою:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 80   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$E_{\varepsilon} = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.24)$$

$T_{жс}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_{\varepsilon} = \sqrt[3]{1 + \frac{16105251,32}{3078763,58}} - 1 = 1,25 = 125\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.25)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні  $d = (0,14 \dots 0,2)$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05 \dots 0,1)$ .

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як  $E_{\varepsilon} > \tau_{\min}$  то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_{\varepsilon}} \quad (4.26)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{1,25} = 0,8 \text{ роки}$$

Так як  $T_{ок} \leq 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на вище середнього рівень комерційного потенціалу. У порівнянні з аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 81   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 8 місяців. Загальні витрати складають 1539381,79 грн.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 82   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## Висновки

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено агрегат мобільного бурильного шнекового буріння. Агрегат призначений для буріння: сейсморозвідувальних, структурно-картувальних, геологорозвідувальних, вибухових та водозабірних свердловин глибиною до 30 м та діаметром до 180 мм. Так само він може застосовуватися для інженерно-геологічних вишукувань та облаштування свердловин під час будівництва різних споруд. Аналіз вітчизняного ринку використання бурильних установок свідчить про ритмічний розвиток даної галузі та наявності необхідності створенню нових зразків та модернізація існуючих. На нашу думку однією із переваг спроектованої мобільної бурової установки є побудова на базі сучасного енергоефективного вітчизняного трактору – універсальному колісному тракторі АМІ моделі 10286 farmer.

У ході дипломного проектування здійснено загальний розрахунок виробу, розрахунок основних вузлів (редуктор, гідросистема). На підставі цих розрахунків виконані креслення машини та складальних одиниць.

Здійснено підбір та обґрунтування основних параметрів агрегату бурильного за допомогою комп'ютерних технологій. Розроблено та наведено алгоритм вибору оптимальних режимних параметрів буріння розробленої установки.

Для підвищення технічних характеристик вподальшому за цією темою можна виконати розробку з поліпшення техніко-економічних показників гідравлічної системи агрегату та поліпшити ергономічні показники, зокрема шумові.

Економічний розрахунок підтвердив високу рентабельність розробки, та з врахуванням сучасних погодніх змін на території нашої країни, що негативно вплинуло на водозабезпечення громадян питевою водою можна вважати перспективними подальші розробки аналогічних установок.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 83   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Орловський В.М. Буріння нафтових і газових свердловин : підручник / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. І. Сіренко. – Львів : Видавництво ПП «Новий Світ-2000», 2024. – 408 с. ISBN 978-966-418-488-2
2. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи : Навчальний посібник для ВНЗ [Друге видання виправлене і доповнене] / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. – Львів: Новий Світ-2000, 2018. – 312 с.
3. Бучинський М. Я. Системи верхнього привода для буріння та підземного ремонту свердловин / М. Я. Бучинський, В. М. Світлицький. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 78 с.
4. Войтенко В. С. Технологія і техніка буріння: узагальнювальна довідкова книга / В. С. Войтенко, В. Г. Вітрик, Р. С. Яремійчук, Я. С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с
5. Пат. 22085U, Україна, E11C27 /24, Бурова навісна установка / Жуков Б.О., Брагін В.П., Хацкальов В.М., Звягільський Ю.Л. (Україна) – № u 20061601 Заявл. 30.11.2006; – Опубл. 10.04.2007, Бюл. 4 / 2007, 10.04.2007р.
6. Пат. 35712U, Україна, E21B7 /02, Мобільна бурова установка / Крижанівський Є.І., Лях М.М., Короп І.В., Федорович Я.Т. (Україна) – № a200512779 Заявл. 29.12.2005; – Опубл. 10.10.2008, Бюл. 19 / 2008, 10.10.2008р.
7. Пат. 87913U, Україна, E21B7 /02, Бурова установка «МУРБ – 80» / Єжель В.О., Орлів В.С. (Україна) – № u201310509 Заявл. 29.08.2013; – Опубл. 25.02.2014, Бюл. 4 / 2014, 25.02.2014р.
8. <http://www.agromashinvest.com/ua/farmer-10286>
9. <https://kzbt.com.ua/equipment/urb-2a-2-modernizovana/>
10. Штанько П.К., Шевченко В.Г., Дзюба Л.Ф., Пасіка В.Р., Поляков О.М. Теоретична механіка. Навчальний посібник / За ред. Штанька П.К. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 376 с.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 84   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

11. Робочі процеси землерийно-транспортних машин і їх інтенсифікація: Учбовий посібник. / В.В. Нічке, М.А.Антонов, О.А.Єрмакова. – Харків: УСДО, 1995. – 184 с.
12. 3. Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання: підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький та ін. – Київ : Українська академія наук; «МП Леся» , 2015. – 612 с.
13. Стадник В.А. Деталі машин. Електронне навчальне видання – К.: –НТУУ КПІ, 2012. – 650 с.
14. Деталі машин. Навчальний посібник. В. Павлов, Г. Борозенець, І. Семак. – К. :Кондор, 2021. – 220 с.
15. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А, Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В~, Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010.
16. Мархель І. І. Деталі машин : навчальний посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2017. – 368 с.
17. Дідур В. А. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: підручник/ В. А. Дідур, О. Д. Савченко, Д. П. Журавель, С.І.Мовчан. – К.: Аграрнаосвіта, 2008. – 577 с.
18. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. – Кам’янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. – 566 с. ISBN 978-617-539-131-0
19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 08-62.МКР.03.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 85   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Орловський В.М. Буріння нафтових і газових свердловин : підручник / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. І. Сіренко. – Львів : Видавництво ПП «Новий Світ-2000», 2024. – 408 с. ISBN 978-966-418-488-2
2. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи : Навчальний посібник для ВНЗ [Друге видання виправлене і доповнене] / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. – Львів: Новий Світ-2000, 2018. – 312 с.
3. Бучинський М. Я. Системи верхнього привода для буріння та підземного ремонту свердловин / М. Я. Бучинський, В. М. Світлицький. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 78 с.
4. Войтенко В. С. Технологія і техніка буріння: узагальнювальна довідкова книга / В. С. Войтенко, В. Г. Вітрик, Р. С. Яремійчук, Я. С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с
5. Пат. 22085U, Україна, E11C27 /24, Бурова навісна установка / Жуков Б.О., Брагін В.П., Хацкальов В.М., Звягільський Ю.Л. (Україна) – № u 20061601 Заявл. 30.11.2006; – Опубл. 10.04.2007, Бюл. 4 / 2007, 10.04.2007р.
6. Пат. 35712U, Україна, E21B7 /02, Мобільна бурова установка / Крижанівський Є.І., Лях М.М., Короп І.В., Федорович Я.Т. (Україна) – № a200512779 Заявл. 29.12.2005; – Опубл. 10.10.2008, Бюл. 19 / 2008, 10.10.2008р.
7. Пат. 87913U, Україна, E21B7 /02, Бурова установка «МУРБ – 80» / Єжель В.О., Орлів В.С. (Україна) – № u201310509 Заявл. 29.08.2013; – Опубл. 25.02.2014, Бюл. 4 / 2014, 25.02.2014р.
8. <http://www.agromashinvest.com/ua/farmer-10286>
9. <https://kzbt.com.ua/equipment/urb-2a-2-modernizovana/>
10. Штанько П.К., Шевченко В.Г., Дзюба Л.Ф., Пасіка В.Р., Поляков О.М. Теоретична механіка. Навчальний посібник / За ред. Штанька П.К. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 376 с.

11. Робочі процеси землерийно-транспортних машин і їх інтенсифікація: Учбовий посібник. / В.В. Нічке, М.А.Антонов, О.А.Єрмакова. – Харків: УСДО, 1995. – 184 с.
12. 3. Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання: підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький та ін. – Київ : Українська академія наук; «МП Леся», 2015. – 612 с.
13. Стадник В.А. Деталі машин. Електронне навчальне видання – К.: –НТУУ КПІ, 2012. – 650 с.
14. Деталі машин. Навчальний посібник. В. Павлов, Г. Борозенець, І. Семак. – К. :Кондор, 2021. – 220 с.
15. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А, Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010.
16. Мархель І. І. Деталі машин : навчальний посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2017. – 368 с.
17. Дідур В. А. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: підручник/ В. А. Дідур, О. Д. Савченко, Д. П. Журавель, С.І.Мовчан. – К.: Аграрнаосвіта, 2008. – 577 с.
18. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. – 566 с. ISBN 978-617-539-131-0
19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

## ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Леонід ПОЛІЩУК,

---

(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На розробку мобільної бурової установки

Розробив студент

Спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

Владислав ВЕГЕРА

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

Керівник: к.т.н., доцент

Андрій СЛАБКИЙ

## **1 Найменування і область застосування**

Найменування – мобільна бурова установка.

## **2 Підстава для виконання роботи**

Підставою для розробки даної магістерської кваліфікаційної роботи є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

## **3 Мета і призначення дослідження**

Мета розробка мобільної бурової установки, з покращеними техніко-економічними показниками.

Призначення розробки – виконання комплексних робіт з буріння геологорозвідувальних свердловин невеликої глибини

## **4 Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки

4.1 Орловський В.М. Буріння нафтових і газових свердловин : підручник / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. І. Сіренко. – Львів : Видавництво ПП «Новий Світ-2000», 2024. – 408 с. ISBN 978-966-418-488-2

4.2 Білецький В. С. Основи нафтогазової справи : Навчальний посібник для ВНЗ [Друге видання виправлене і доповнене] / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. – Львів: Новий Світ-2000, 2018. – 312 с.

4.3 Бучинський М. Я. Системи верхнього привода для буріння та підземного ремонту свердловин / М. Я. Бучинський, В. М. Світлицький. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 78 с.

4.4 Войтенко В. С. Технологія і техніка буріння: узагальнювальна довідкова книга / В. С. Войтенко, В. Г. Вітрик, Р. С. Яремійчук, Я. С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с

4.5 Пат. 35712U, Україна, E21B7 /02, Мобільна бурова установка / Крижанівський Є.І., Лях М.М., Короп І.В., Федорович Я.Т. (Україна) – №



а200512779 Заявл. 29.12.2005; – Опубл. 10.10.2008, Бюл. 19 / 2008, 10.10.2008р.

### **5 Вихідні дані для розробки мобільної бурової установки:**

|   |                                     |               |
|---|-------------------------------------|---------------|
| 1 | Продуктивність, м.пог./год          | 0...6;        |
| 2 | Глибина буріння, м                  | 50            |
| 3 | Діаметр свердловини, мм             | 120           |
| 4 | Сумарна встановлена потужність, кВт | 240           |
| 5 | Тип силової установки               | Дизельний ДВЗ |

#### **5.1 Технічні вимоги**

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажно-ї придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 5000кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини конструкції мобільної бурової установки взаємозамінні;
- деталі, складальні одиниці мобільної бурової установки, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила, цементу;
- система керування – логістичний контролер чи механічна система.

#### **5.2 Вимоги до надійності:**

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність мобільної бурової установки в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації – конструкція мобільної бурової установки повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки мобільної бурової установки використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, і ремонті. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонті пристрою.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей слід вибирати відповідно до рекомендацій.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 1 год;

- вид обслуговування періодичний;

- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 2 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

– можливість транспортування на будь – якому виді транспортних засобів

- захист від ударів під час завантаження і розвантаження
- зберігання на складі готової продукції
- зберігання у законсервованому вигляді
- складування на стелажах.

#### **6 Економічні показники:**

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – 2,5 роки,
- освоєння виробництва продукції,
- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

**7 Виконавці НДР:** студент спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Владислав ВЕГЕРА

#### **8 Етапи НДР і терміни їх виконання:**

- дослідження проблематики теми МКР та формування напрямків покращення та розробки нових зразків аналогічних зразків техніки;
- розробка нової конструкції мобільної бурової установки;
- проектні та перевірочні розрахунки елементів обладнання;
- техніко-економічне обґрунтування МКР;
- висновки.
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

#### **9 Порядок контролю і прийомки**

- попередній захист проекту
- захист проекту перед МКР

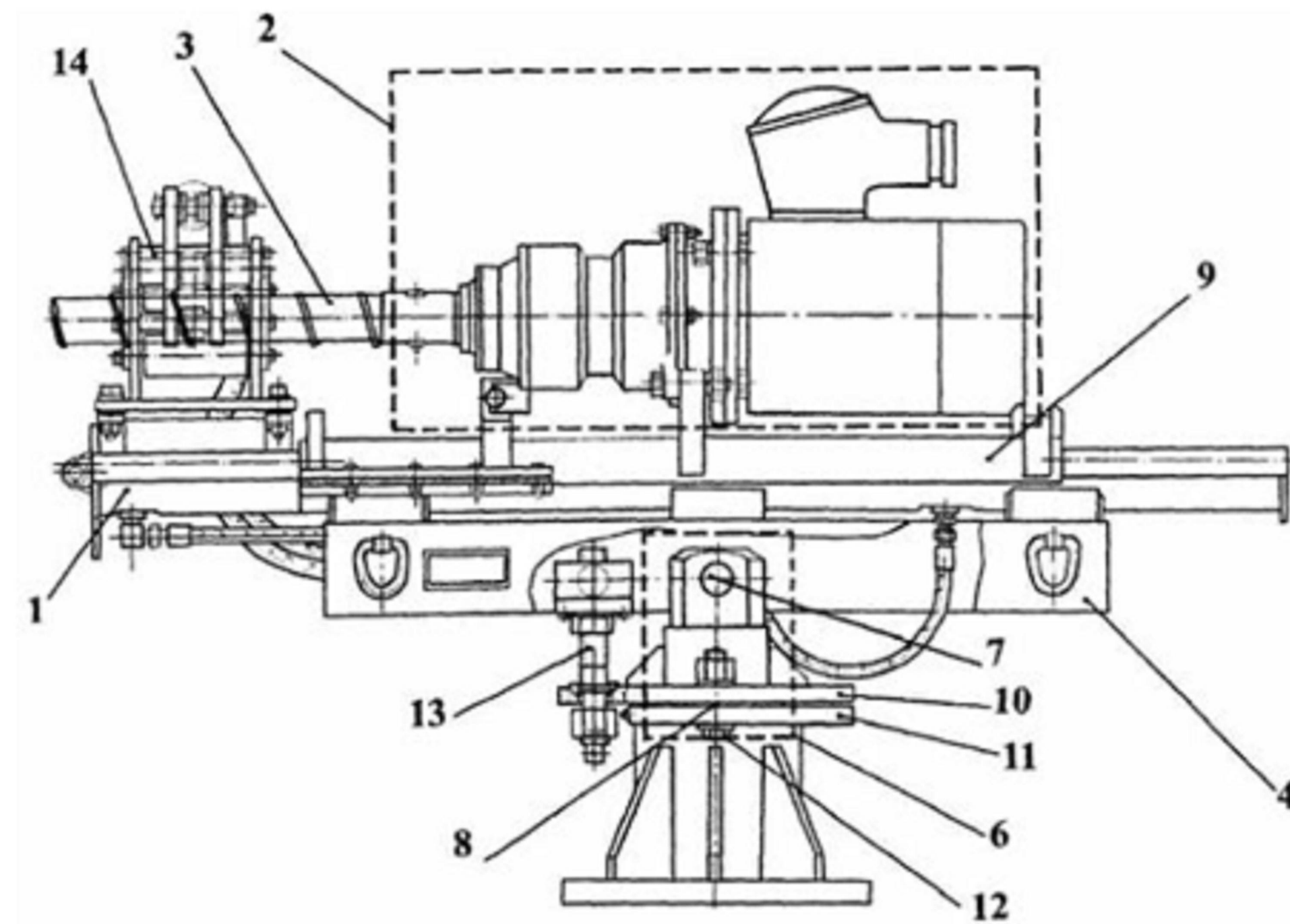
Додаток Б (обов'язковий)

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

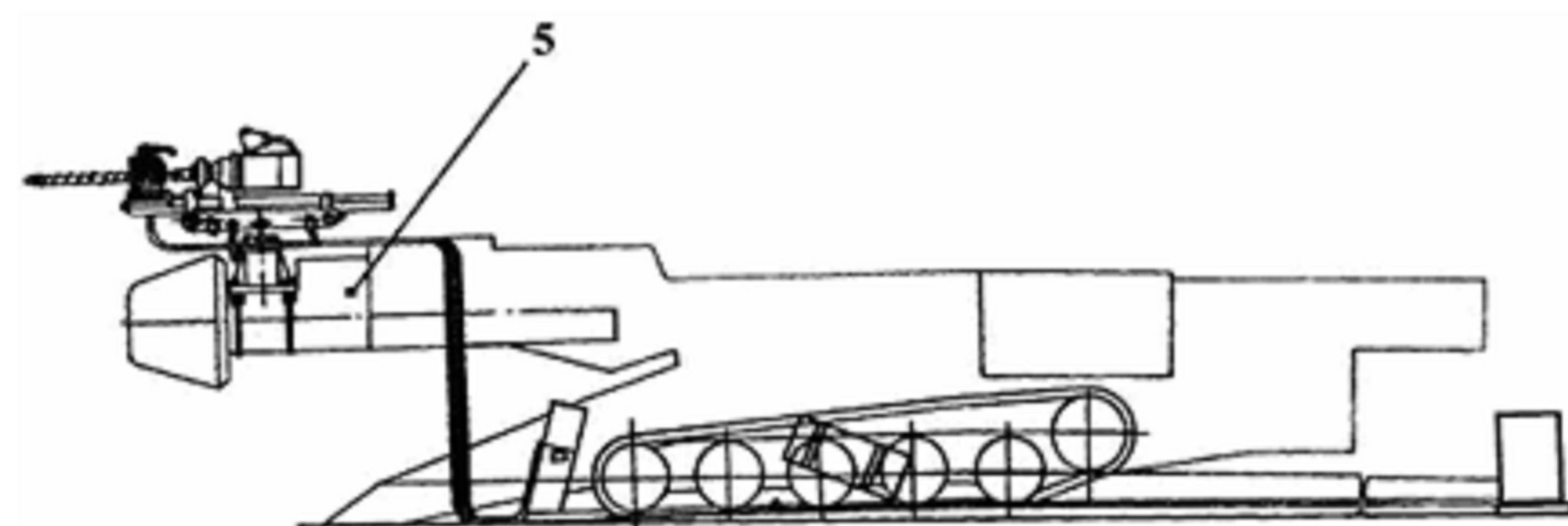
**РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ**



# Патентно-інформаційний огляд

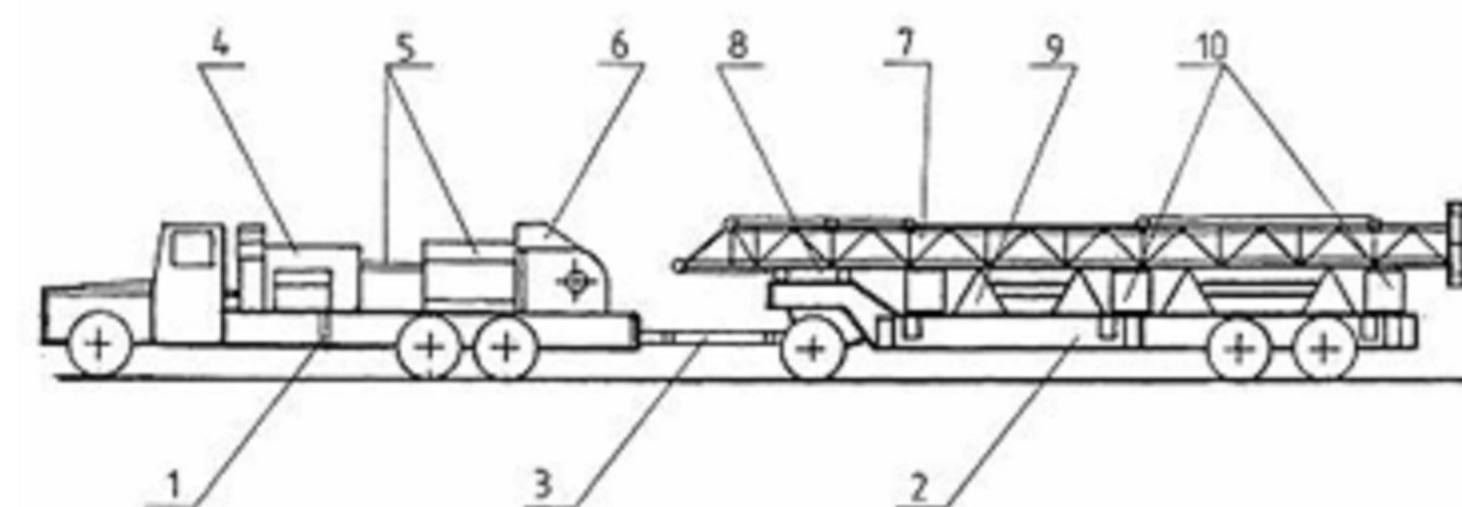


а) – бурова навісна установка, вид збоку

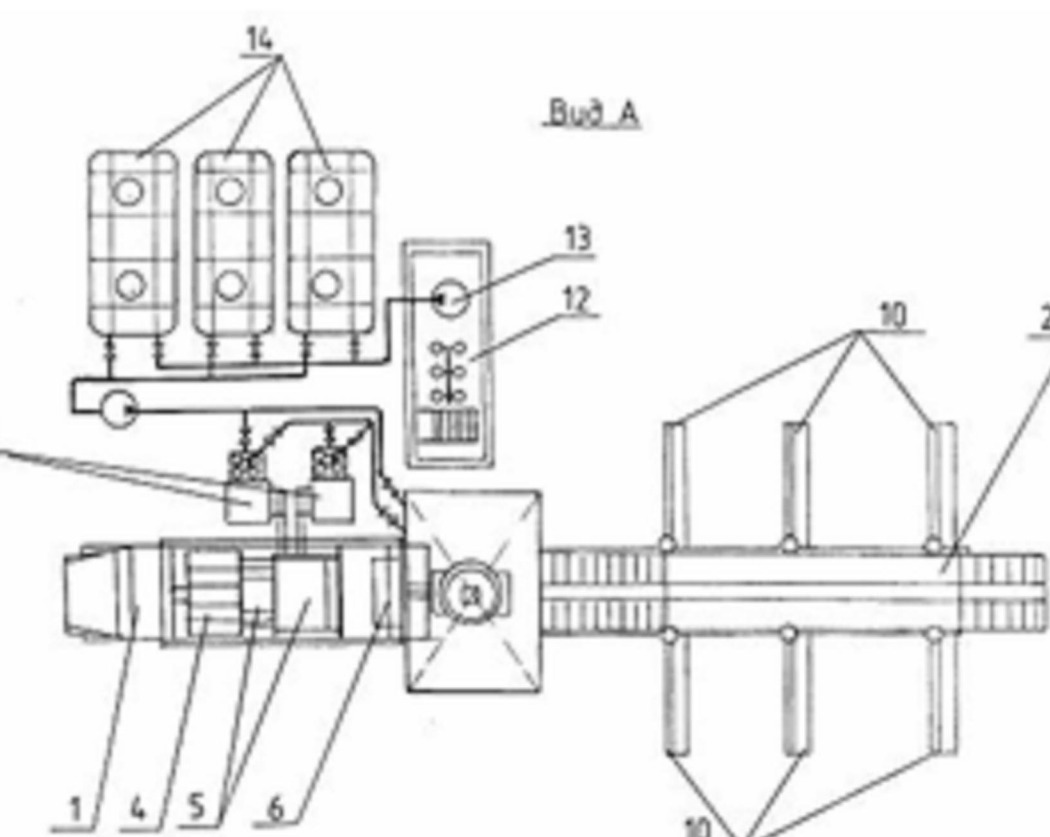
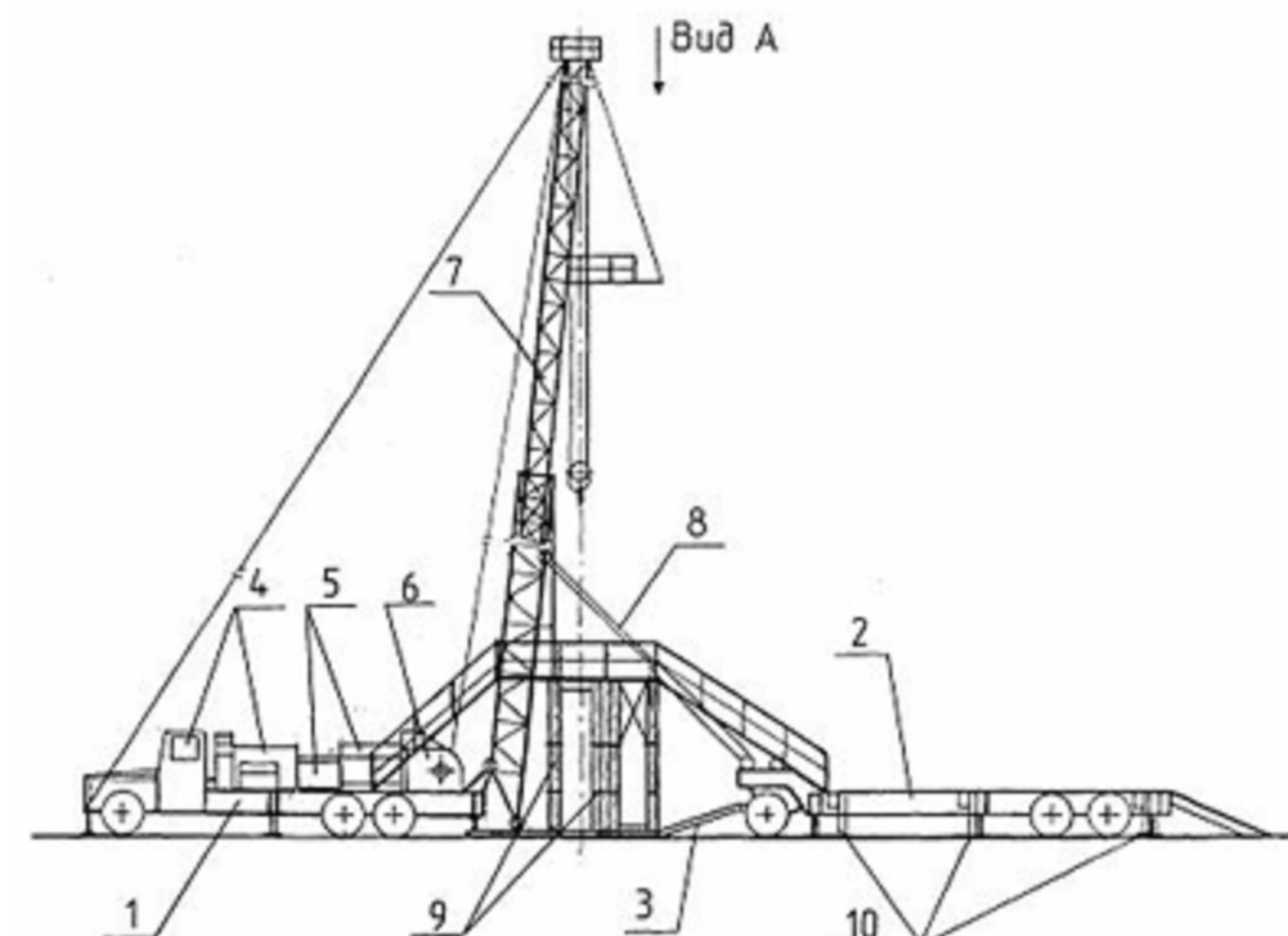


б) – прохідницький комбайн з буровою навісною установкою, вид збоку

Рисунок 1 – Бурова навісна установка згідно патенту на корисну модель України №22085



а) – установка в транспортному положенні



б) установка в робочому положенні

Рисунок 2 – Мобільна бурова установка (патент на корисну модель України №35712)

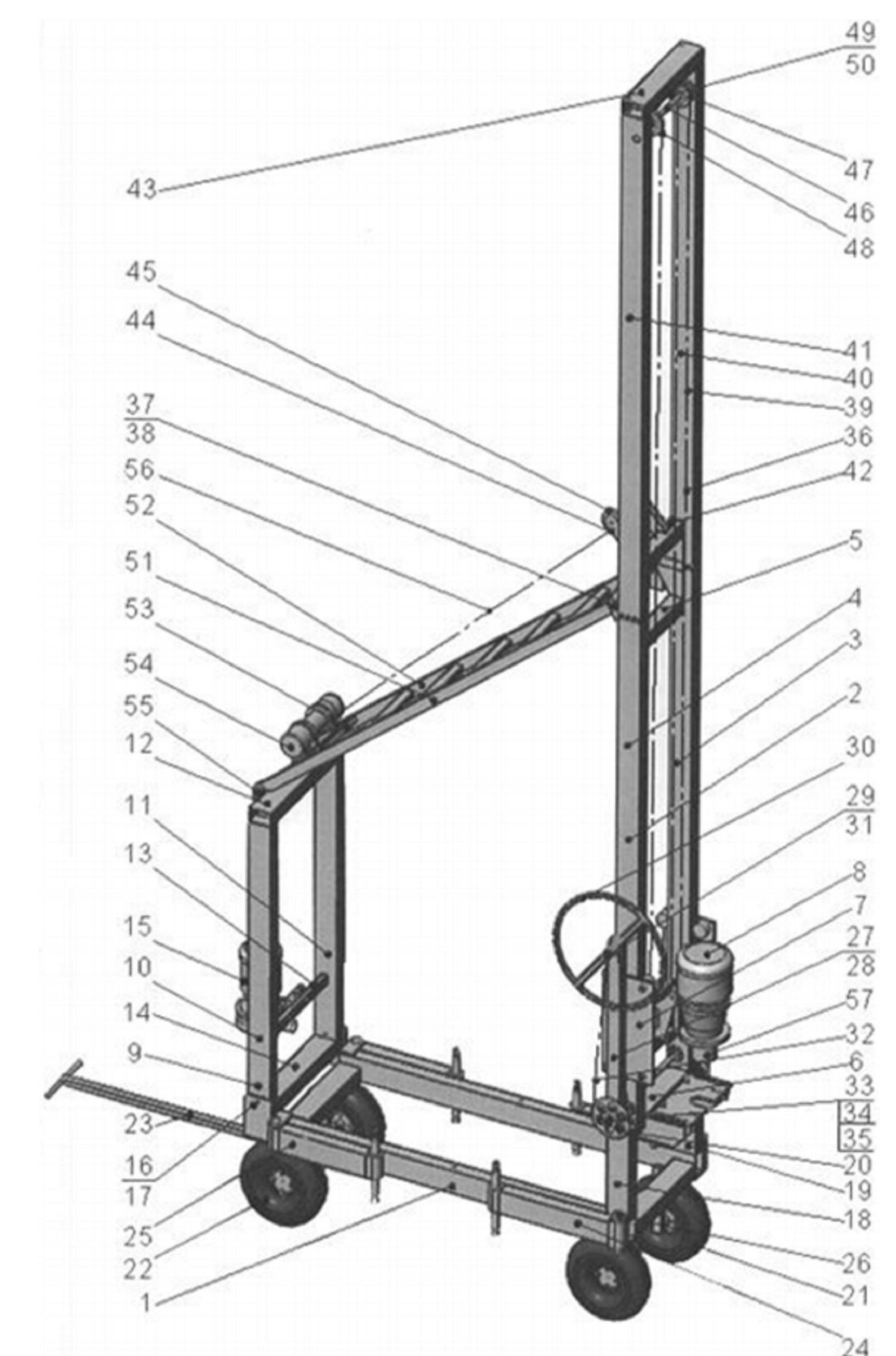


Рисунок 3 – Загальний вигляд бурової установки «МУРБ 80» (патент на корисну модель України №87913)

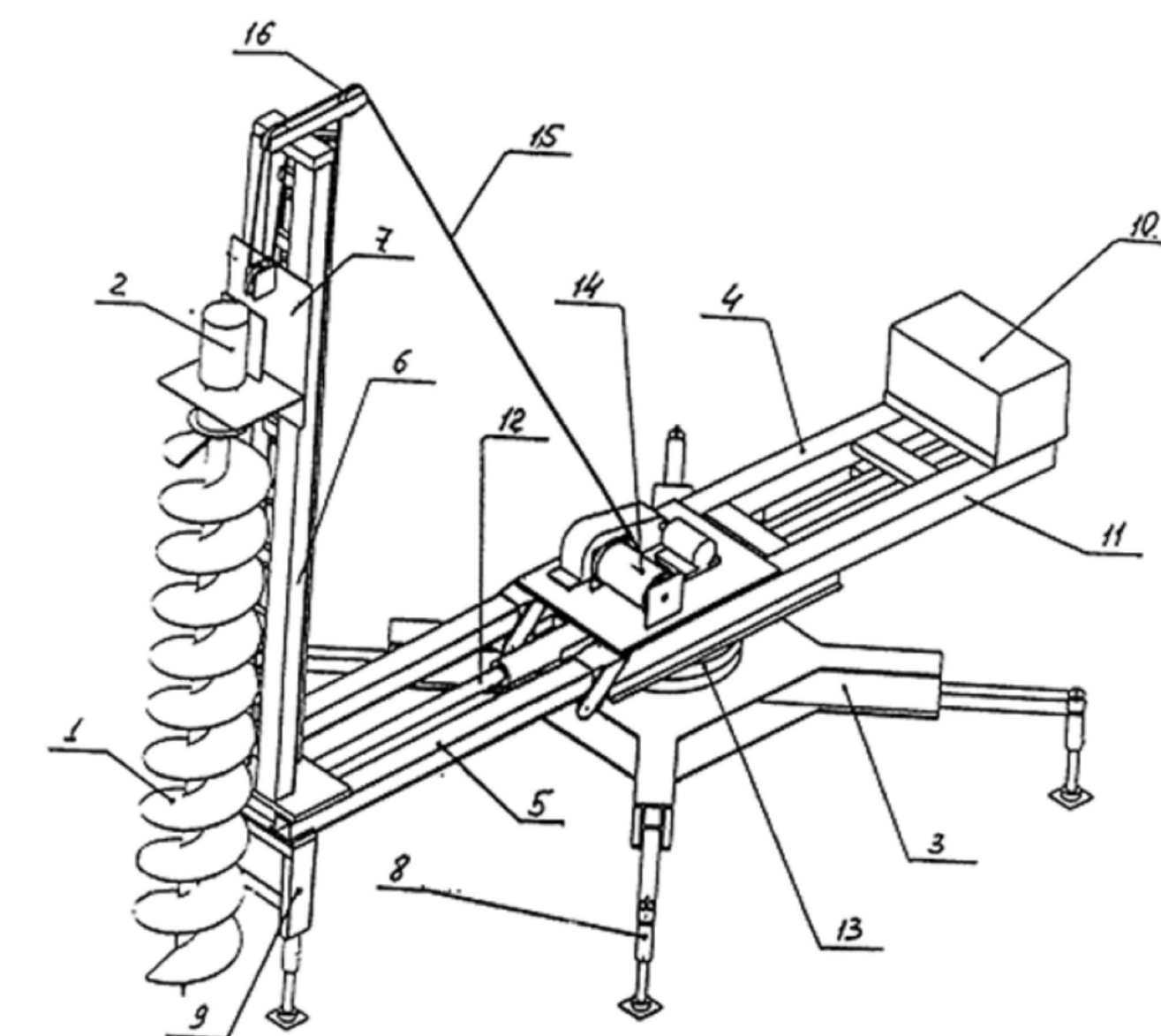


Рисунок 4 – Поворотна бурова установка (патент на винахід України №79525)



| Ид. № нәти | Пәтн. у. дәннә | Взрн. и.д. № | Ид. № ә.д.и | Пәтн. у. дәннә | Срәд. № | Пәтн. примеч. |
|------------|----------------|--------------|-------------|----------------|---------|---------------|
|            |                |              |             |                |         |               |

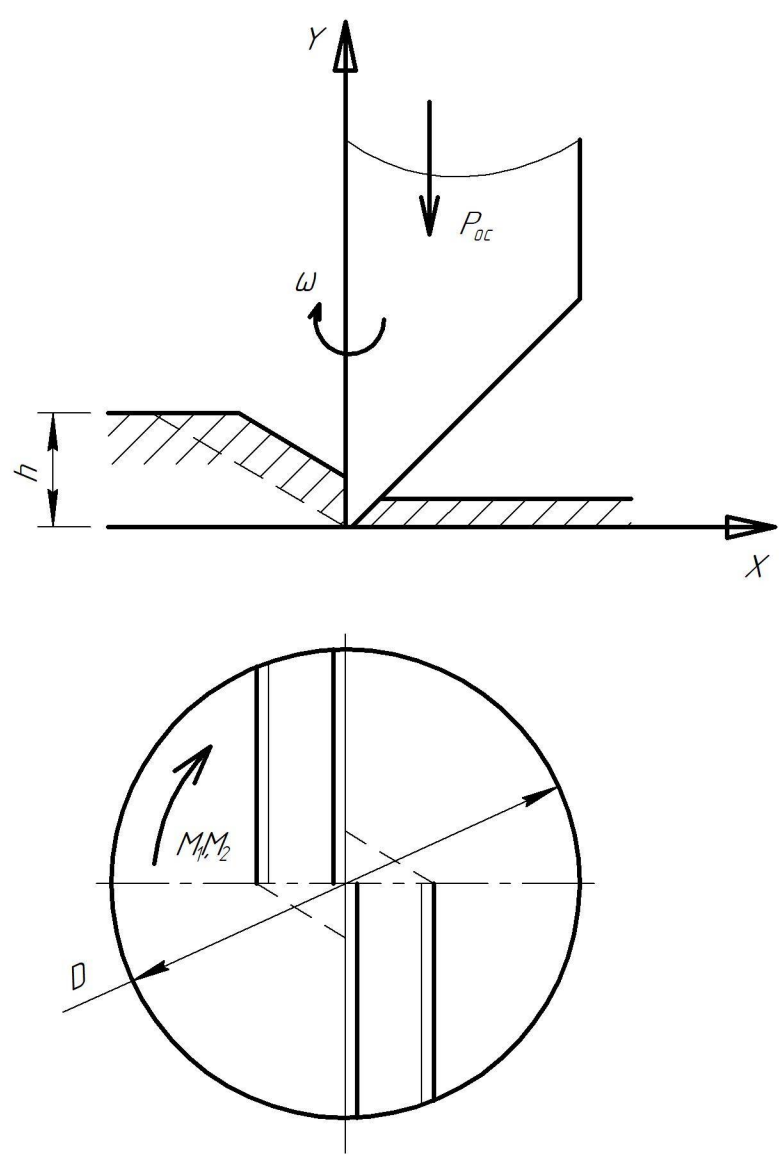
08-62MKP.01.00.001171

|          |      |              |       |      |                                 |                       |        |         |
|----------|------|--------------|-------|------|---------------------------------|-----------------------|--------|---------|
|          |      |              |       |      | 08-62.МКР.01.00.001.П/1         |                       |        |         |
|          |      |              |       |      | Патентно-інформаційний<br>огляд | Лит.                  | Маса   | Масштаб |
| Изм.     | Лист | № докум.     | Подп. | Дата |                                 |                       |        |         |
| Разраб.  |      | Вегера В.В.  |       |      |                                 |                       |        |         |
| Проб.    |      | Слабкий А.В. |       |      |                                 |                       |        |         |
| Т.контр. |      |              |       |      |                                 |                       |        |         |
|          |      |              |       |      |                                 | Лист                  | Листов | 1       |
| Н.контр. |      | Слабкий А.В. |       |      |                                 | ВНТУ, см. зр. 1ГМ-23м |        |         |
| Утв.     |      | Поліщук Л.К. |       |      |                                 |                       |        |         |



# Результати аналізу робочого процесу бурильного агрегату

Розрахункова схема виконавчого органу агрегату бурильного



## Основні розрахункові залежності:

1. Необхідне зусилля подачі на долото  $P_{oc}$  для руйнування породи

$$P_{oc} = 0,25 \cdot 10^3 \cdot \kappa_3 \cdot D \cdot h \cdot \sigma_{м.б.}$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт, що враховує затуплення інструменту;

$D$  – діаметр долота;

$h$  – величина заглиблення шнека;

$\sigma_{м.б.}$  – приведене межа міцності породи;

2. Необхідний момент обертання долота  $M_1$ , що необхідний для руйнування породи

$$M_1 = 62,5 \cdot D^2 \cdot \sigma_{м.б.} \cdot h \cdot z \cdot (1 + \mu_1 \cdot \kappa_3)$$

де  $z$  – кількість зубів на долоті;

$\mu_1$  – коефіцієнт тертя породи об сталь;

3. Мінімальна частота обертання шнека

$$n_0 = \sqrt{\frac{g \cdot (\sin \beta + \mu_1 \cdot \cos \beta)}{2 \cdot \pi^2 \cdot \mu_2 \cdot D_1}}$$

де  $\beta$  – кут нахилу гвинтової лінії шнека;

$\mu_2$  – коефіцієнт тертя породи об породу;

$D_1$  – діаметр шнека;

4. Максимальна теоретична продуктивність шнека

$$V_{ш} = 9 \cdot 10^{-2} \cdot \pi \cdot (D_1^2 - d^2) \cdot k \cdot S \cdot \psi \cdot n_{ер}$$

де  $n_{ер}$  – межа частоту обертання долота;

$d$  – діаметр вала шнека;

$\kappa$  – коефіцієнт просипання породи в зазор між шнеком і стінками свердловини;

5. Момент, що необхідний для забезпечення підйому породи шнеком

$$M_2 = 0,125 \cdot \pi \cdot \mu_1 \cdot D_1 \cdot (D_1^2 - d^2) \cdot H \cdot \psi \cdot \rho \cdot k_p^{-1} \cdot g \cdot (ig \beta + \mu_2)$$

де  $n_{вр}$  – гранична частота обертання долота;

$\rho$  – щільність породи;

$\kappa_p$  – коефіцієнт розрихлення породи;

$H$  – глибина буріння породи;

6. Потужність двигуна обертання

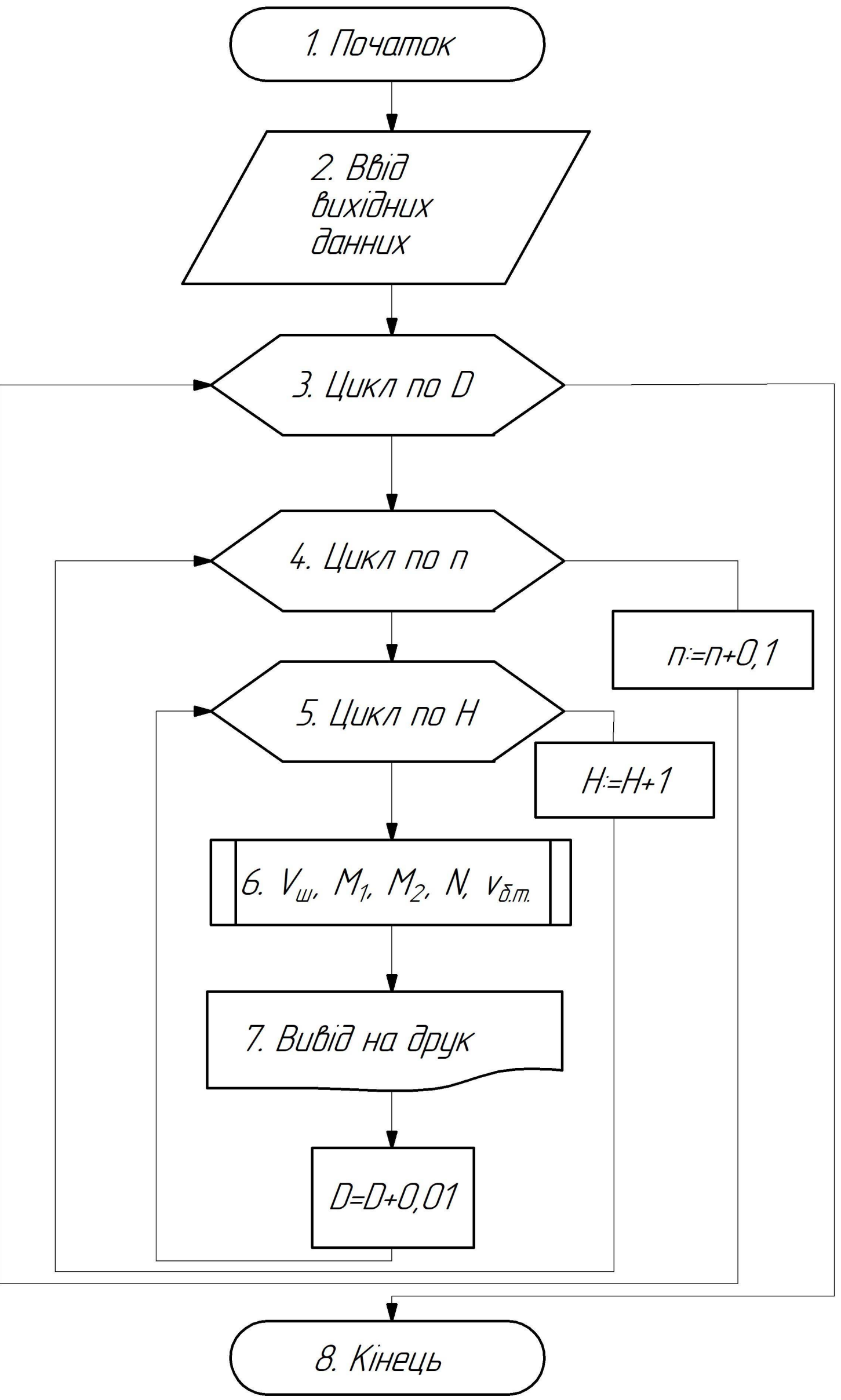
$$N_{ер} = \frac{2 \pi \cdot (M_1 + M_2) \cdot n_{ер}}{\eta_{ер}}$$

7. Технічна швидкість шнекового буріння

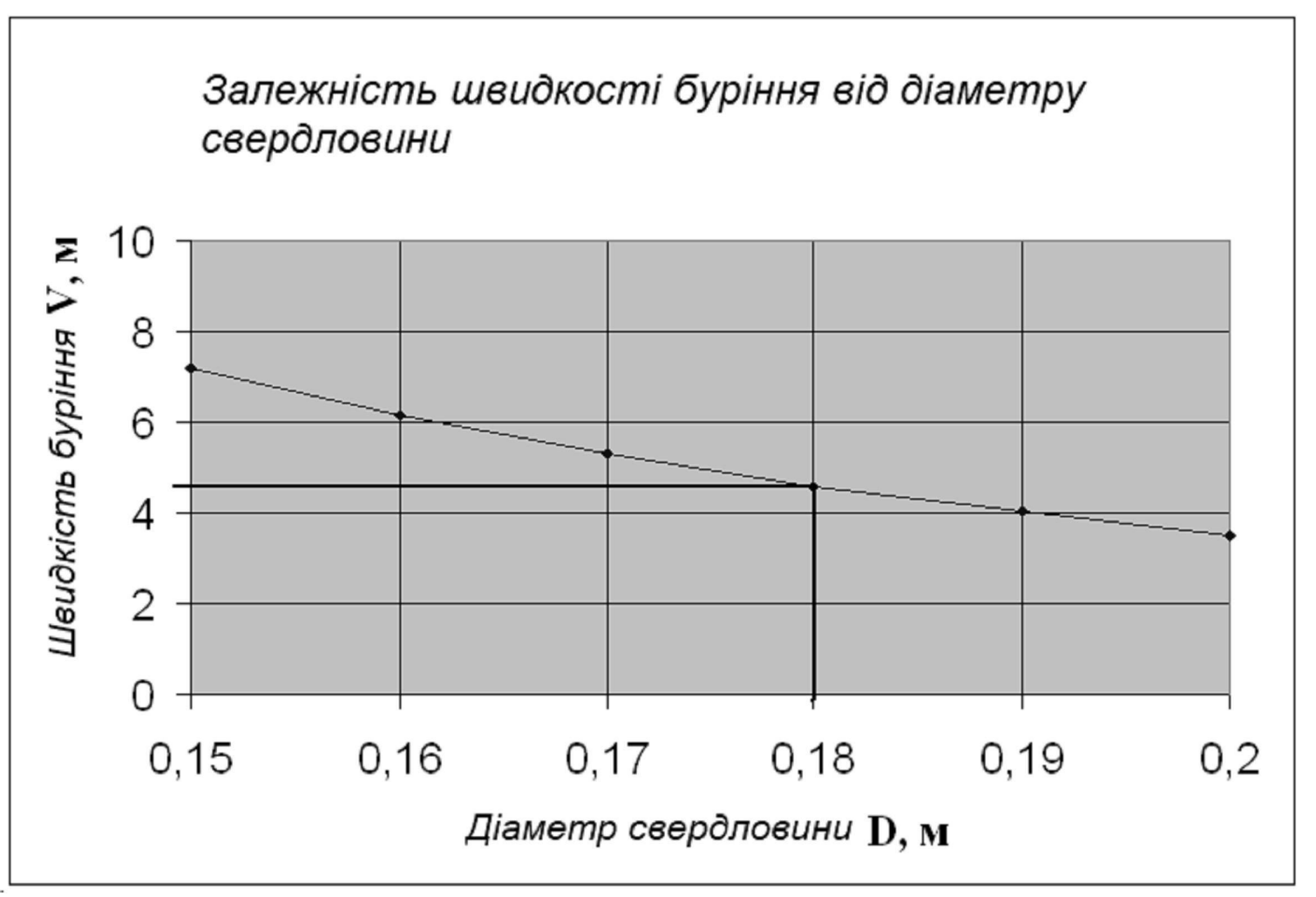
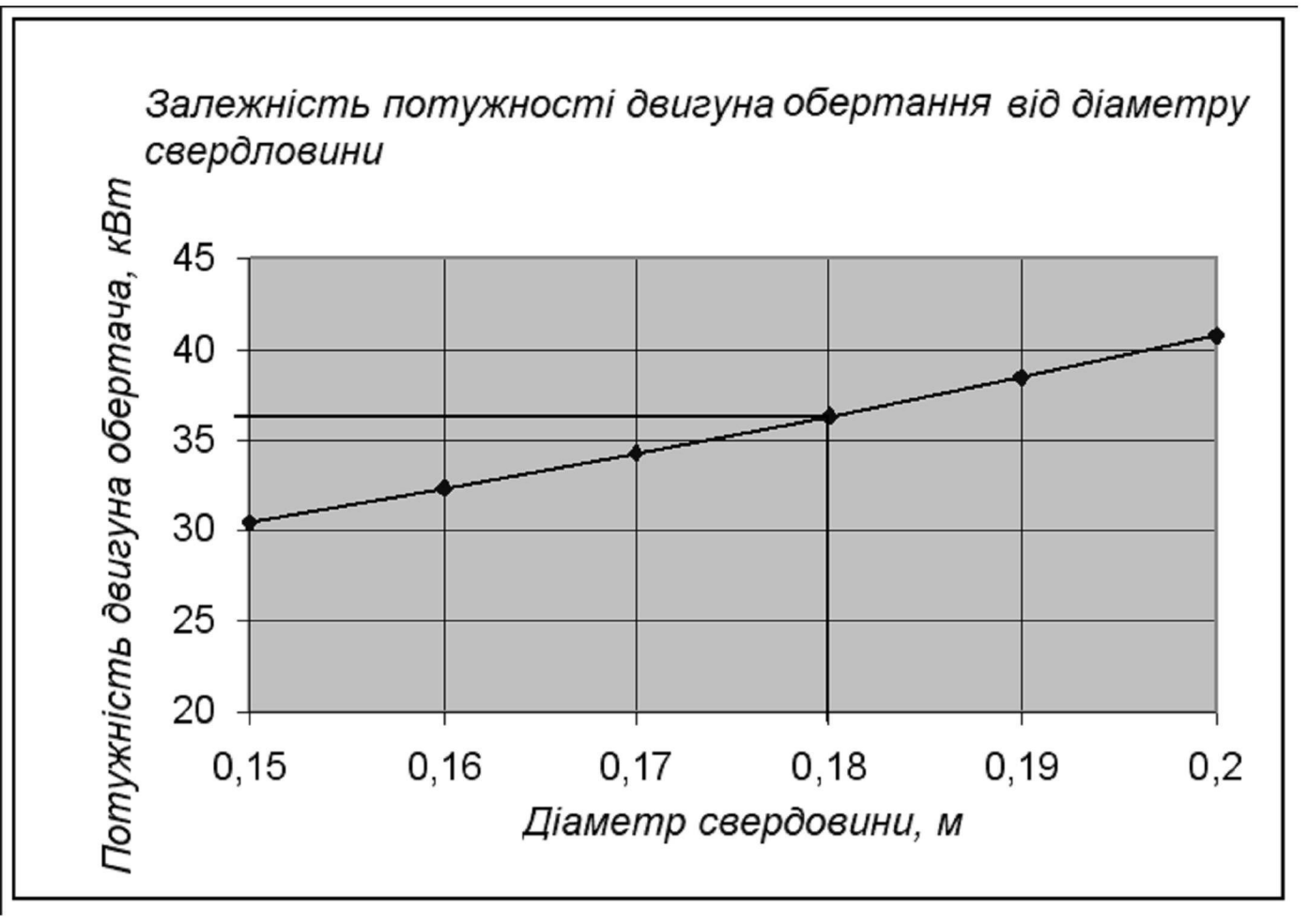
$$v_{б.м.} = \frac{3600 \cdot n_{ер} \cdot P_{ос}}{2 \cdot 10^{-4} \cdot \pi^2 \cdot D^2}$$

де  $P_{б}$  – показник буріння породи.

Блок-схема алгоритму вибору оптимальних режимних параметрів буріння



Графіки основних залежностей розрахунку режимних параметрів шнекового буріння



Матриця плану багатоваріантного розрахунку аналізу параметрів буріння:

|                     |      | Частота обертання долота, об/сек |     |     |     |     |     |                            |  |
|---------------------|------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|--|
|                     |      | 187                              | 197 | 207 | 217 | 228 |     |                            |  |
| Діаметр долота D, м | 0,20 |                                  |     |     |     |     | 3,5 | Швидкість буріння V, м/год |  |
|                     | 0,19 |                                  |     |     |     |     | 4,0 |                            |  |
|                     | 0,18 |                                  |     |     |     |     | 4,6 |                            |  |
|                     | 0,17 |                                  |     |     |     |     | 5,3 |                            |  |
|                     | 0,16 |                                  |     |     |     |     | 6,1 |                            |  |
|                     | 0,15 |                                  |     |     |     |     | 7,2 |                            |  |
|                     |      | 10                               | 20  | 30  | 40  | 50  |     |                            |  |
|                     |      | Глибина буріння H, м             |     |     |     |     |     |                            |  |



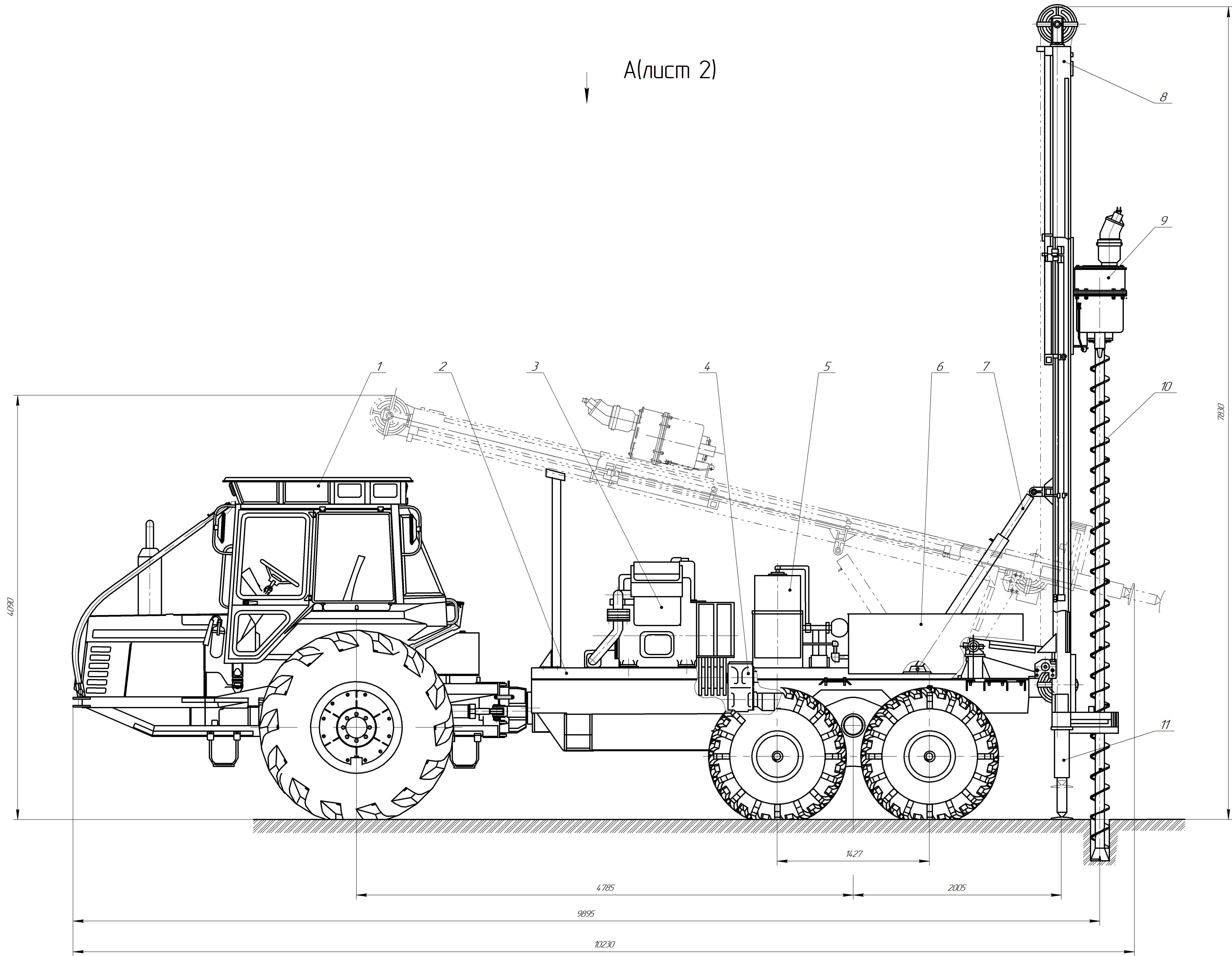
08-62.MKP.03.00.002.П/1

|              |              |               |              |              |          |                |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|----------|----------------|
| Инд. № разд. | Підп. і дата | Взам. лист. № | Инд. № разд. | Підп. і дата | Склад. № | Період примен. |
|              |              |               |              |              |          |                |

|          |      |              |       |      |                                                         |                       |        |         |
|----------|------|--------------|-------|------|---------------------------------------------------------|-----------------------|--------|---------|
|          |      |              |       |      | 08-62.MKP.03.00.002.П/1                                 |                       |        |         |
| Изм.     | Лист | № докум.     | Подп. | Дата | Результати аналізу робочого процесу бурильного агрегату | Лист                  | Масса  | Масштаб |
| Разраб.  |      | Весера В.В.  |       |      |                                                         |                       |        |         |
| Проб.    |      | Слоджий А.В. |       |      |                                                         |                       |        |         |
| Т.контр. |      |              |       |      |                                                         | Лист                  | Листов | 1       |
| И.контр. |      | Слоджий А.В. |       |      |                                                         | ВНТУ, см. зр. 1ГМ-23М |        |         |
| Утв.     |      | Полещук Л.К. |       |      |                                                         |                       |        |         |
|          |      |              |       |      | Копіювати                                               | Формат А1             |        |         |



А(лист 2)



Технічні характеристики:

- |                                                             |                                        |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Тип                                                      | самохідний                             |
| 2. Призначення                                              | шнекове буріння свердловин             |
| 3. Монтажно-транспортна база                                | Шасі тракторне АМІ моделі 10286 farmer |
| 4. Привод механізмів                                        | двигун Perkins (72,5 кВт)              |
| 5. Глибина буріння, м                                       | 50                                     |
| 6. Діаметр свердловин, мм                                   | 180                                    |
| 7. Габаритні розміри агрегата в транспортному положенні, мм | 10230X2860X4090                        |

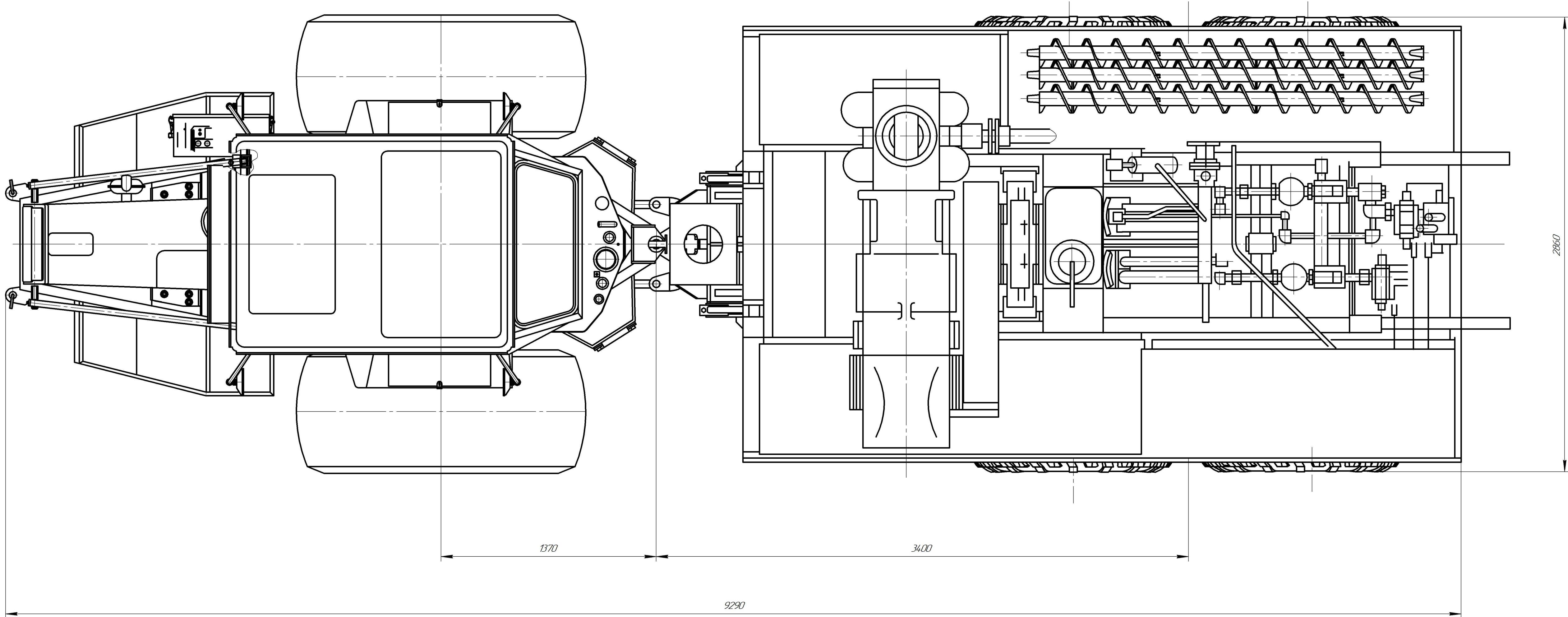
Технічні вимоги:

\*Розмір для відвідок

|            |              |       |      |  |                                                     |               |         |
|------------|--------------|-------|------|--|-----------------------------------------------------|---------------|---------|
|            |              |       |      |  | 08-62.MKP.03.00.000.CK                              |               |         |
| Відк. Лист | № докум.     | Підп. | Дата |  | Модільна бурова установка<br>(складальне креслення) | Лист          | Масштаб |
| Розроб.    | Васеро В.В.  |       |      |  |                                                     |               | 1:20    |
| Проб.      | Слодій А.В.  |       |      |  |                                                     | Лист          | Листів  |
| Т.контр.   |              |       |      |  |                                                     |               | 1       |
| Н.контр.   | Слодій А.В.  |       |      |  |                                                     | ВНТУ, 1ГМ-23М |         |
| Утв.       | Поліщук Л.К. |       |      |  |                                                     | Формат А1     |         |

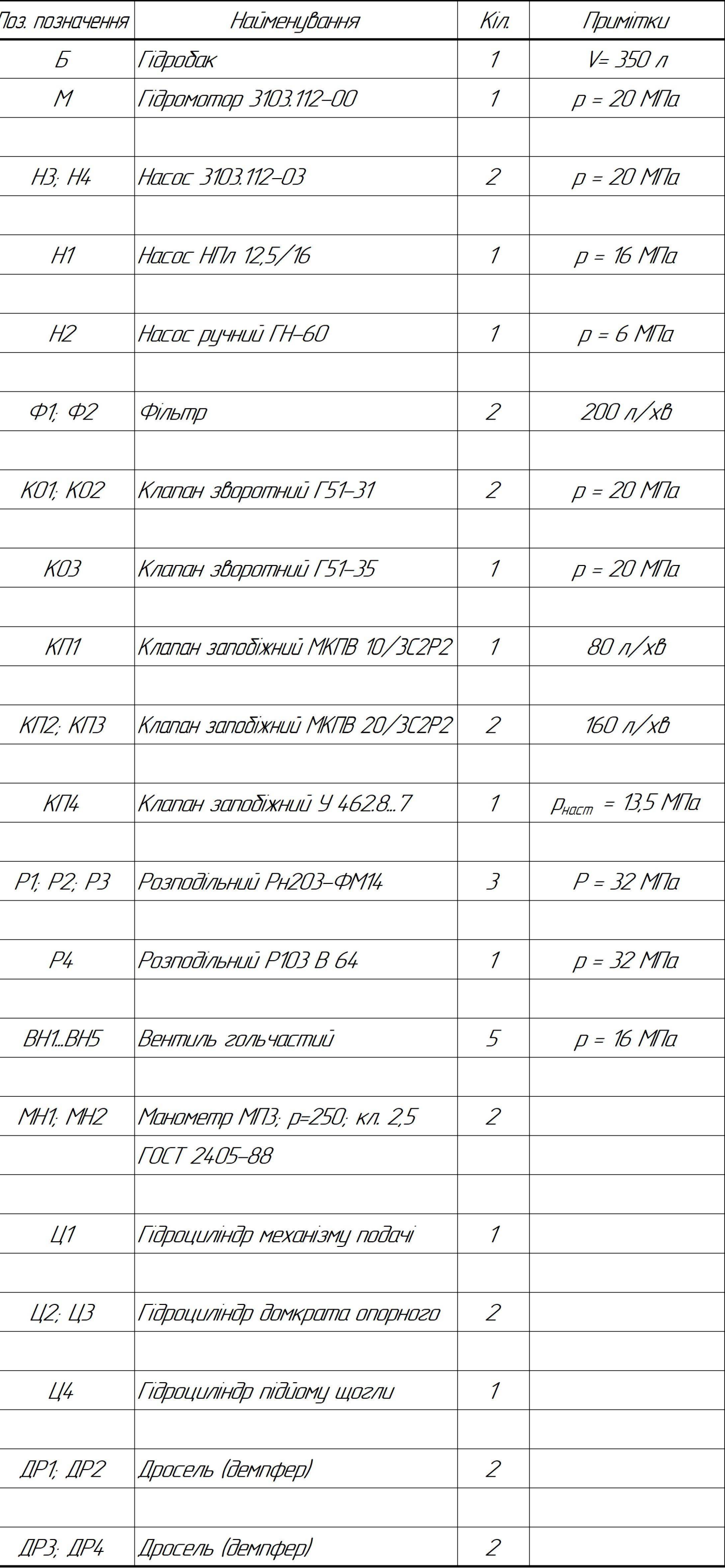


Вид А (1:15)



|                        |                |          |       |      |  |                                                          |        |         |
|------------------------|----------------|----------|-------|------|--|----------------------------------------------------------|--------|---------|
| 08-62.MKP.03.00.000.CK |                |          |       |      |  | Модульная буровая установка<br>(складывальное крепление) |        |         |
| Изм.                   | Лист           | № докум. | Подп. | Дата |  | Лист                                                     | Масса  | Масштаб |
| Разраб.                | Ведущий В.В.   |          |       |      |  |                                                          |        |         |
| Проб.                  | Складский А.В. |          |       |      |  | Лист                                                     | Листов | 1       |
| Т.контр.               |                |          |       |      |  | ВНТУ, 1ГМ-23М                                            |        |         |
| Н.контр.               | Складский А.В. |          |       |      |  | Копировать                                               |        |         |
| Утв.                   | Полещук Л.К.   |          |       |      |  | Формат А1                                                |        |         |



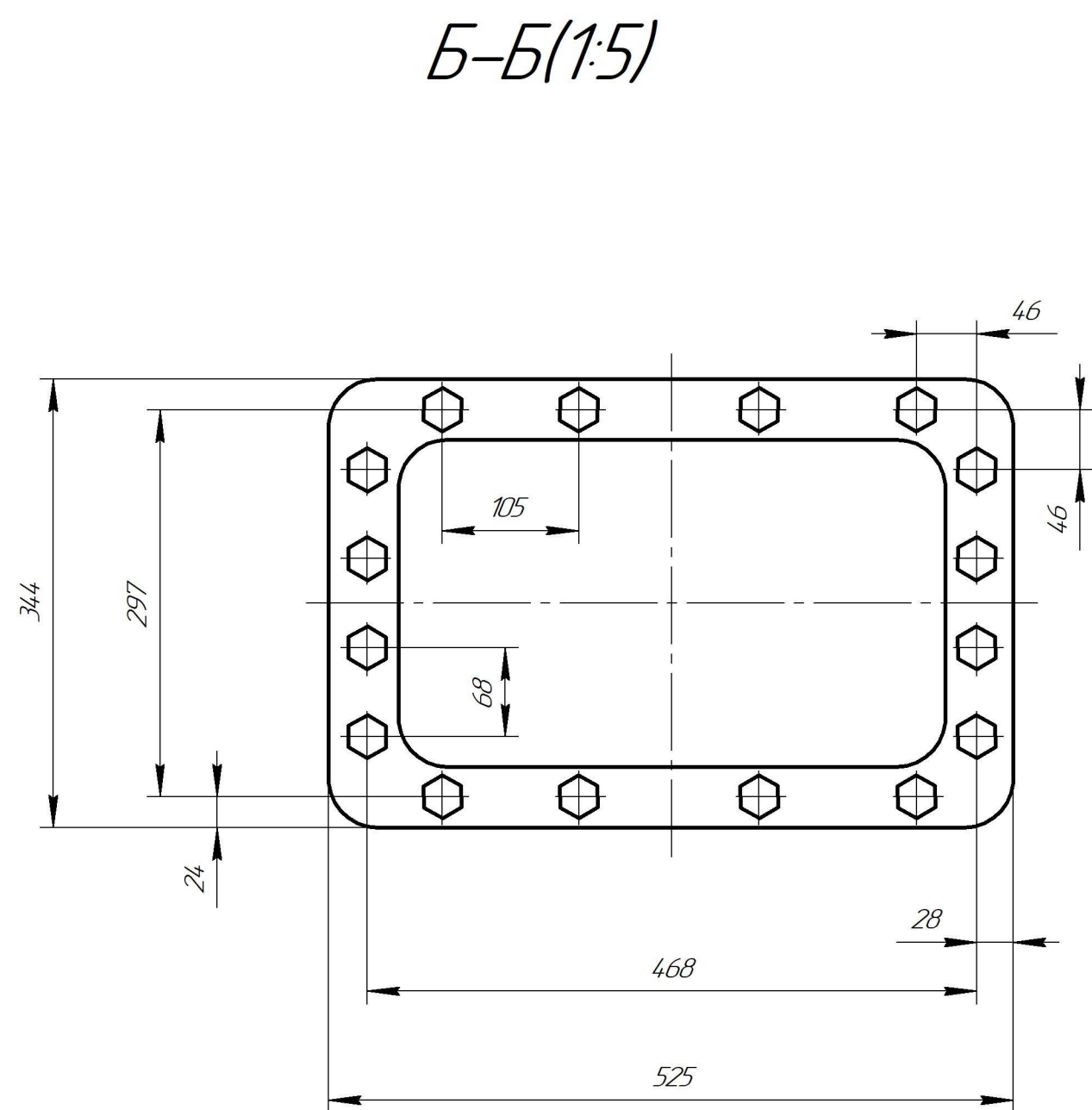
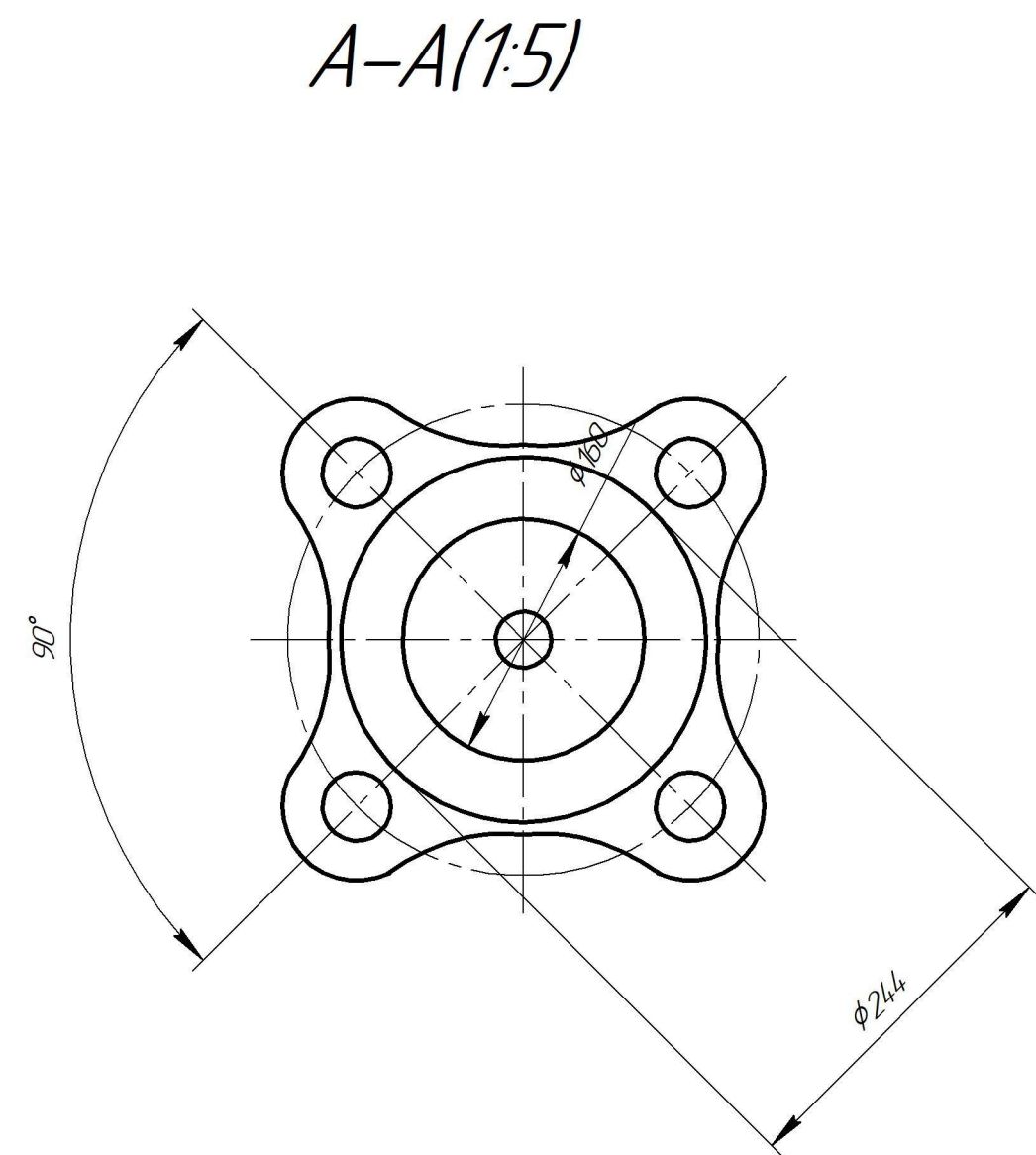
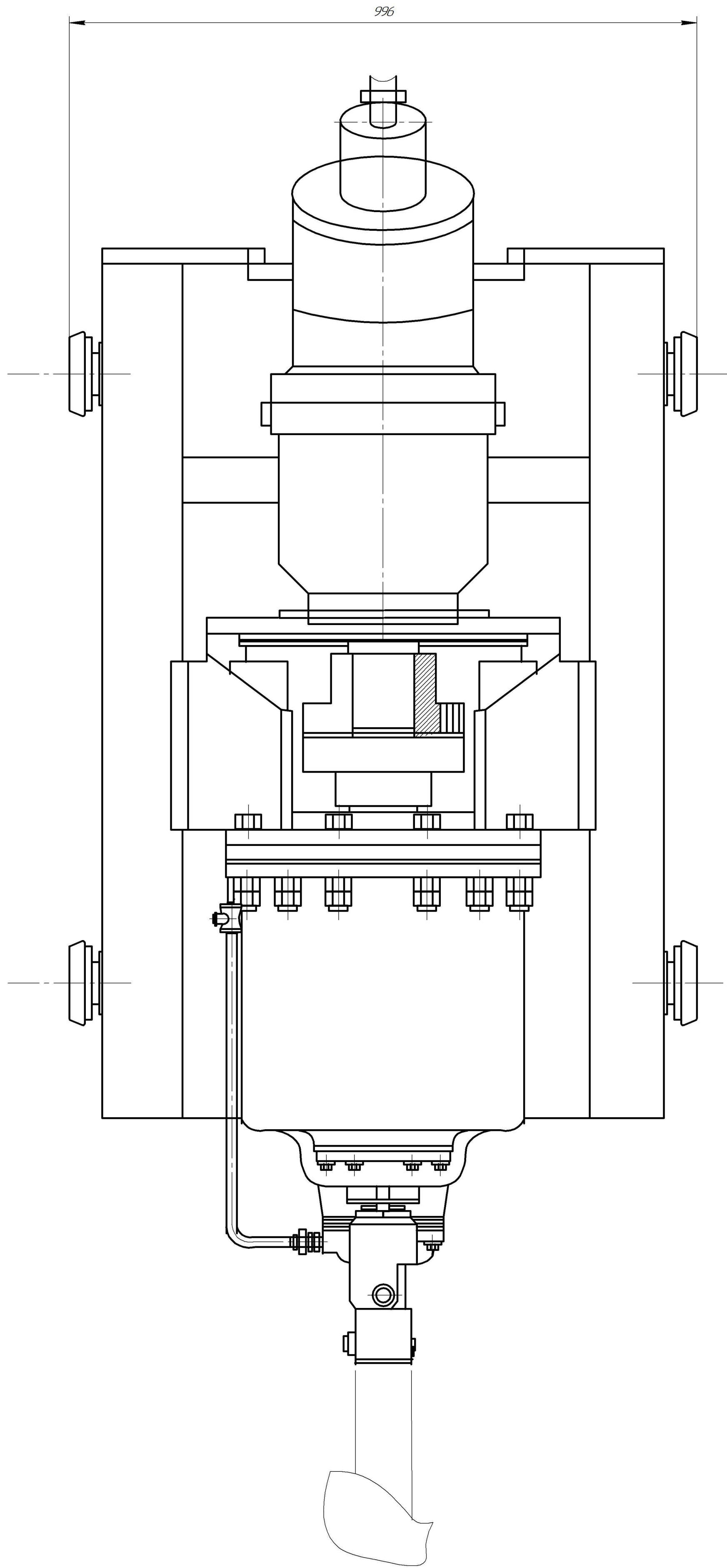
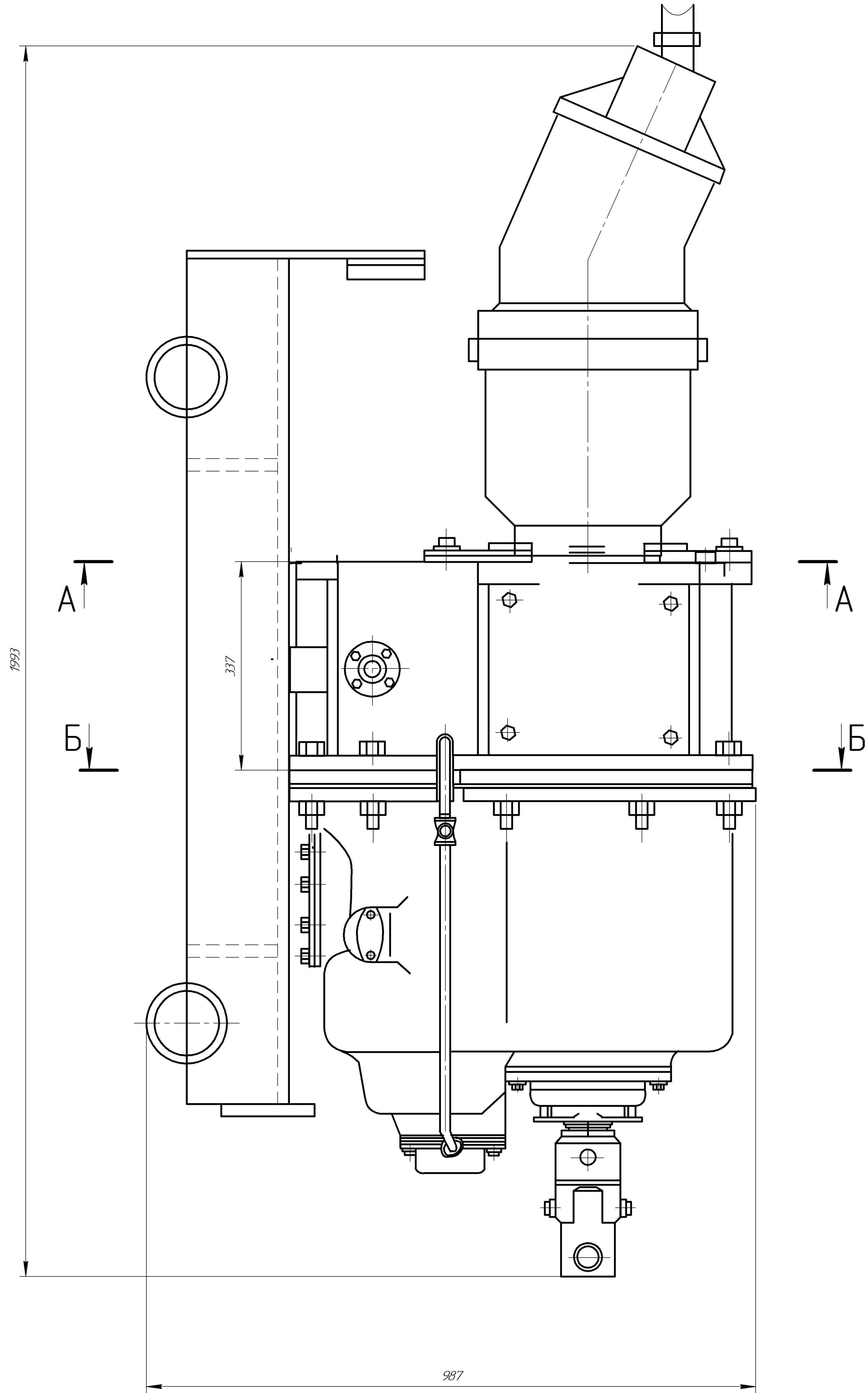


|           |               |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |
|-----------|---------------|-------|------|--|--|----------------------------------------------------|--|--|---------------|--------|---------|
|           |               |       |      |  |  | 08-62.МКР.03.00.000.ГЗ                             |  |  |               |        |         |
|           |               |       |      |  |  | Агрегат буровий<br>Схема гідравлічна<br>принципова |  |  | Лист          | Маса   | Масштаб |
|           |               |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |
|           |               |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |
| Изм./Лист | № докум.      | Подп. | Дата |  |  |                                                    |  |  | Лист          | Листов | 1       |
| Разработ. | Везера В.В.   |       |      |  |  |                                                    |  |  | ВНТУ, 1ГМ-23М |        |         |
| Проб.     | Славский А.В. |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |
| Т.контр.  |               |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |
| И.контр.  | Славский А.В. |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |
| Утв.      | Полещук А.К.  |       |      |  |  |                                                    |  |  |               |        |         |



|             |             |          |       |      |                                                                   |               |        |          |
|-------------|-------------|----------|-------|------|-------------------------------------------------------------------|---------------|--------|----------|
|             |             |          |       |      | 08-62.МКР.03.00.000. К3                                           |               |        |          |
| Изм.        | Лист        | № докум. | Подп. | Дата | Мобильна дурова установка<br><br>(Схема kinematically principles) | Лит.          | Масса  | Мощность |
| Разработ.   | Векерко ВВ  |          |       |      |                                                                   |               |        |          |
| Проект.     | Славский АВ |          |       |      |                                                                   |               |        |          |
| Технический |             |          |       |      |                                                                   | Лист          | Листов | 1        |
| Исполнитель | Славский АВ |          |       |      |                                                                   | ВНТУ, 1ГМ-23М |        |          |
| Удобр.      | Полещук ЛК  |          |       |      |                                                                   |               |        |          |





|          |              |          |       |                        |                                                                                       |         |    |
|----------|--------------|----------|-------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
|          |              |          |       | 08-62МКР.03.09.000. СК |                                                                                       |         |    |
| Изм.     | Лист         | № докум. | Подп. | Дата                   | Привод обертання інструменту<br>модульної бурової установки<br>(складальне креслення) |         |    |
| Розроб.  | Васеро В.В.  |          |       |                        |                                                                                       |         |    |
| Проб.    | Слодій А.В.  |          |       |                        |                                                                                       |         |    |
| Т.контр. |              |          |       |                        |                                                                                       |         |    |
| Н.контр. | Слодій А.В.  |          |       |                        | ВНТУ, 1ГМ-23м                                                                         |         |    |
| Утв.     | Полещук Л.К. |          |       |                        |                                                                                       |         |    |
|          |              |          |       |                        | Лист                                                                                  | Листів  | 1  |
|          |              |          |       |                        | Маса                                                                                  | Масштаб | 15 |
|          |              |          |       |                        | ВНТУ, 1ГМ-23м                                                                         |         |    |

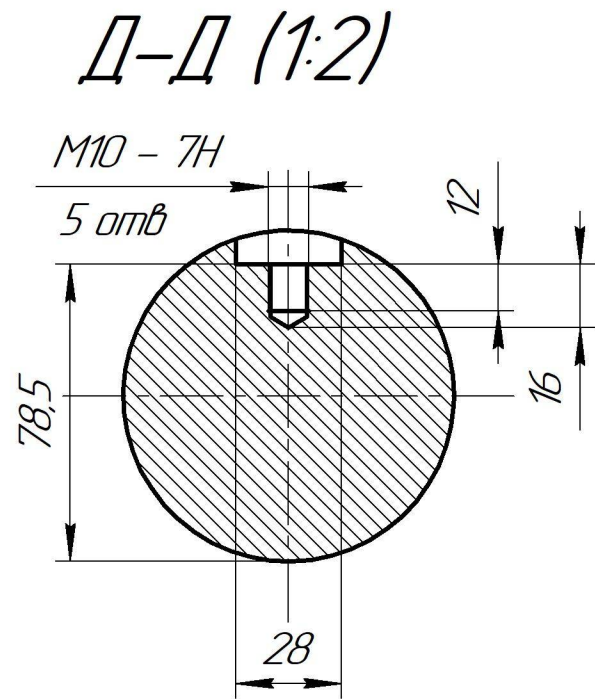
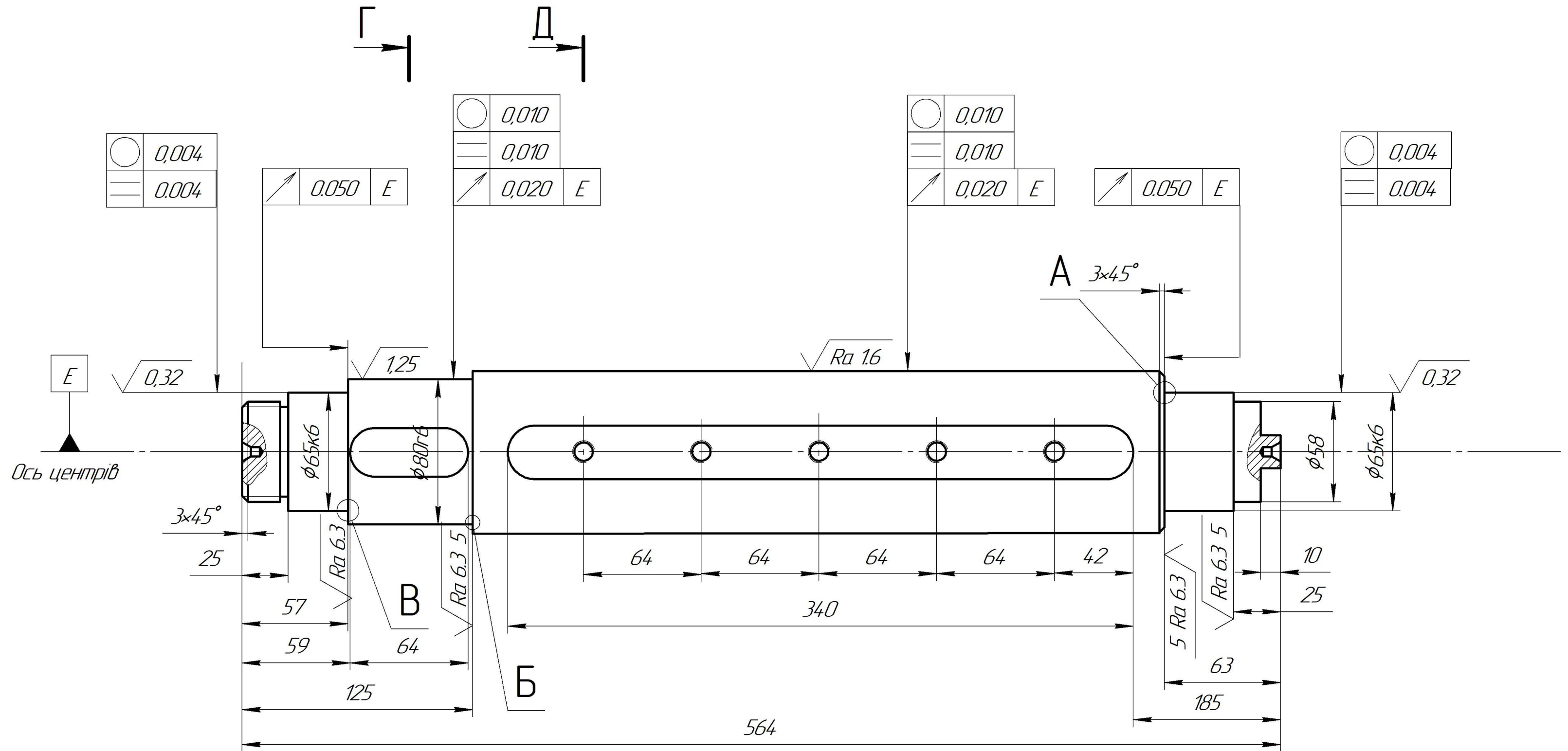




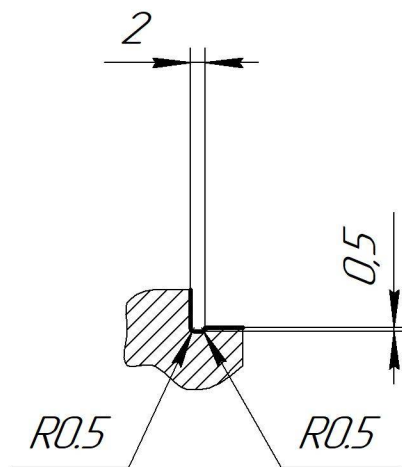


|               |  |
|---------------|--|
| Перв. примен. |  |
| Справа №      |  |

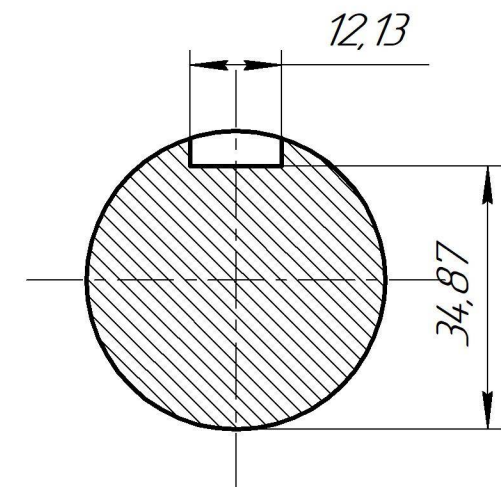
|               |  |
|---------------|--|
| Подп. и дата  |  |
| Инд. № эл.дн. |  |
| Взам. инд. №  |  |
| Подп. и дата  |  |
| Инд. № подл.  |  |



A (1:1)  
B (1:1)  $\odot 180^\circ$

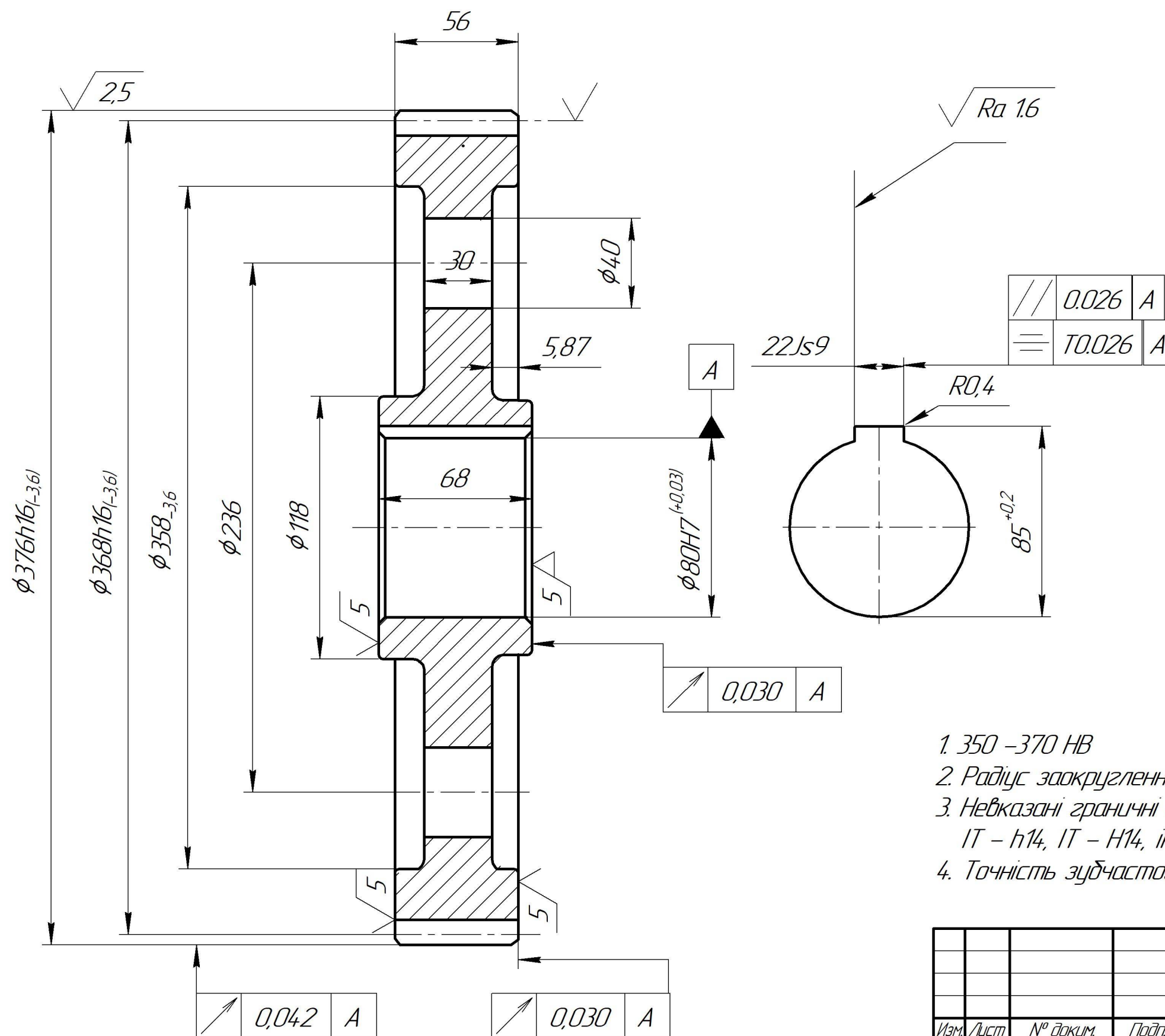


Г-Г (1:2)



|                       |              |       |      |                                   |        |         |
|-----------------------|--------------|-------|------|-----------------------------------|--------|---------|
| 08-62.MKP.03.09.011   |              |       |      | Вал                               |        |         |
| Изм. / лист           | № докум.     | Подп. | Дата | Лист                              | Масса  | Масштаб |
| Разраб. Везера В.В.   | Сладкий А.В. |       |      |                                   |        | 1:2     |
| Проб. Сладкий А.В.    | Полещук Л.К. |       |      | Лист                              | Листов | 1       |
| Н.контр. Сладкий А.В. | Полещук Л.К. |       |      | Ст 45X ГОСТ 4543-84 ВНТУ, 1ГМ-23М |        |         |
| Утв.                  |              |       |      | Копирован                         |        |         |
|                       |              |       |      | Формат А2                         |        |         |





|                           |  |               |           |
|---------------------------|--|---------------|-----------|
| Модуль, мм                |  | $m$           | 4         |
| Число зубів               |  | $Z$           | 92        |
| Кут нахилу лінії зуба     |  | $\beta$       | $0^\circ$ |
| Направл. лінії зуба       |  | –             | ліве      |
| Норм. вих. контур         |  | ГОСТ 13755–81 |           |
| Коеф. зміщення            |  | $X$           | 0,600     |
| Ступінь точності          |  | –             | 7–Г       |
| Дов. заг. норм. на 5 зуб. |  | $W$           | 110,018   |
| Ділильний діаметр, мм     |  | $d$           | 368       |
| Спряж<br>зуб. кол.        |  | –             |           |
|                           |  | $Z$           | 23        |
| Міжос. відстань, мм       |  | $a_w$         | 230       |

1. 350 – 370 НВ
2. Радіус заокруглення – 2мм
3. Невказані граничні відхилення розмірів:  
IT – h14, IT – H14, інші –  $\pm 0,5IT14$
4. Точність збудчастого колеса у відповідності з ГОСТ 1643–81

|           |              |          |       |      |                     |  |  |               |        |         |     |
|-----------|--------------|----------|-------|------|---------------------|--|--|---------------|--------|---------|-----|
|           |              |          |       |      | 08-62.МКР.03.09.012 |  |  |               |        |         |     |
|           |              |          |       |      | Колесо зубчасте     |  |  | Лист          | Масса  | Масштаб |     |
| Изм.      | Лист         | № докум. | Подп. | Дата |                     |  |  |               |        |         | 1:2 |
| Разработ. | Вегера В.В.  |          |       |      |                     |  |  |               |        |         |     |
| Пров.     | Сладкий А.В. |          |       |      |                     |  |  |               |        |         |     |
| Т.контр.  |              |          |       |      |                     |  |  | Лист          | Листов | 1       |     |
| Н.контр.  | Сладкий А.В. |          |       |      | Ст 45Х ГОСТ 4543-71 |  |  | ВНТУ, 1ГМ-23М |        |         |     |
| Утв.      | Поліщук ЛК   |          |       |      |                     |  |  |               |        |         |     |

Додаток В

**СПЕЦИФІКАЦІЇ**

**РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ**







| Формат | Зона | Поз      | Позначення          | Найменування                          | Кіл  | Примітка |
|--------|------|----------|---------------------|---------------------------------------|------|----------|
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
|        |      | 19       | 08-62.МКР.03.09.019 | Вал                                   | 1    |          |
|        |      | 20       | 08-62.МКР.03.09.020 | Шайба                                 | 1    |          |
|        |      | 21       | 08-62.МКР.03.09.021 | Колесо зубчасте                       | 1    |          |
|        |      | 22       | 08-62.МКР.03.09.022 | Колесо зубчасте                       | 1    |          |
|        |      | 23       | 08-62.МКР.03.09.023 | Втулка                                | 1    |          |
|        |      | 24       | 08-62.МКР.03.09.024 | Кришка                                | 1    |          |
|        |      | 25       | 08-62.МКР.03.09.025 | Вал                                   | 1    |          |
|        |      | 26       | 08-62.МКР.03.09.026 | Наконечник                            | 1    |          |
|        |      | 27       | 08-62.МКР.03.09.027 | Палець                                | 1    |          |
|        |      | 28       | 08-62.МКР.03.09.028 | Шайба                                 | 1    |          |
|        |      | 29       | 08-62.МКР.03.09.029 | Прокладка                             | 1    |          |
|        |      | 30       | 08-62.МКР.03.09.030 | Прокладка                             | 1    |          |
|        |      | 31       | 08-62.МКР.03.09.031 | Прокладка                             | 1    |          |
|        |      | 32       | 08-62.МКР.03.09.032 | Прокладка                             | 1    |          |
|        |      | 33       | 08-62.МКР.03.09.033 | Прокладка                             | 1    |          |
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
|        |      |          |                     | <u>Стандартні вироби</u>              |      |          |
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
|        |      | 35       |                     | Болт М8-6gx40.58 (S13) ГОСТ 7798-70   | 6    |          |
|        |      | 36       |                     | Болт М10-6gx25.58 (S16) ГОСТ 7798-70  | 24   |          |
|        |      | 37       |                     | Болт М20-6gx50.58 (S30) ГОСТ 7798-70  | 6    |          |
|        |      | 38       |                     | Болт М20-6gx105.58 (S30) ГОСТ 7798-70 | 10   |          |
|        |      | 39       |                     | Винт М10-6gx20.58 (S13) ГОСТ 17738-84 | 5    |          |
|        |      | 40       |                     | Гайка М20-6Н.5 (S30) ГОСТ 5915-70     | 10   |          |
|        |      | 41       |                     | Гідромотор                            | 1    |          |
|        |      | 42       |                     | Манжета 1.1-50x70-1 ГОСТ 8752-79      | 2    |          |
|        |      | 43       |                     | Манжета 1.1-65x90-1 ГОСТ 8752-79      | 2    |          |
|        |      | 44       |                     | Муфта фланцева 315-50-11              | 1    |          |
|        |      |          |                     | ГОСТ 20761-80                         |      |          |
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
|        |      |          |                     | 08-62.МКР.03.09.000                   |      |          |
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
|        |      |          |                     |                                       |      |          |
| Зм     | Лист | № докум. | Підпис              | Дата                                  |      |          |
|        |      |          |                     |                                       | Лист |          |
|        |      |          |                     |                                       | 2    |          |

[illegible]

Додаток Г

**ПРОТОКОЛ**  
**ПЕРЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ**  
**ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**  
**РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ**

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Розробка мобільної бурової установки.»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ.  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Turnitin**

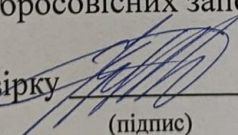
Оригінальність 89% Схожість 11%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

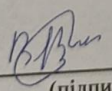
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

3. Виявлені у роботі запозичення с недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

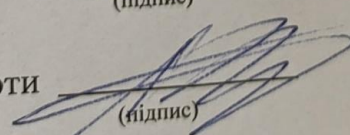
Особа, відповідальна за перевірку   
(підпис)

Шенфельд В. Й.  
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи   
(підпис)

Вегера В. В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи   
(підпис)

Слабкий А. В.  
(прізвище, ініціали)