

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання  
планувальних робіт»

08-27.МКР.09.000.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу за ОПП «Магістра»,  
групи 1ГМ-20м  
спеціальності 133

Галузеве машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

Яремчук Владислав Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

Слабкий Андрій Валентинович

(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент

Галушак Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ГМ  
д.т.н., професор Поліщук Л.К.  
« » \_\_\_\_\_ 2021р.

Вінниця ВНТУ – 2021 року

## АНОТАЦІЯ

УДК 625.08.(075.8)

Яремчук В.О. Розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма – галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2021. 126 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 37 назв; рис.: 22; табл. 14.

В магістерській кваліфікаційній роботі визначено тенденції розвитку робочих органів екскаваторів для планувальних робіт ґрунтуючись на яких розроблено нову конструкцію робочого органу (ківш) екскаватора з покращеними техніко-економічними показниками.

В конструкторській частині розроблена нова конструкція робочого органу екскаватора для здійснення планувальних робіт. В роботі представлено складальні та робочі креслення і відповідні розрахунки.

Ключові слова: робочий орган, ківш, екскаватор, конструкція, розрахунки.

## ABSTRACT

Yaremchuk V.O Development of the design of the working body of the excavator for planning work. Master's qualification work in the specialty 133 - branch mechanical engineering, educational program - branch mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2021. 126 p.

In Ukrainian language. Bibliogr .: 37 titles; fig .: 22; table 14.

The master's qualification work identifies trends in the development of working bodies of excavators for planning work, based on which developed a new design of the working body (bucket) of the excavator with improved technical and economic performance.

A new design of the working body of the excavator for planning works has been developed in the design part of the master's qualification work. The paper presents assembly and working drawings and corresponding calculations.

Key words: working body, bucket, excavator, construction, calculations.

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**

**Поліщук Л.К.**

“ ” 2021 року

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Яремчуку Владиславу Олександровичу

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт».

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи: к.т.н. доц. Слабкий Андрій Валентинович, затверджені наказом вищого навчального закладу від “27” вересня 2021 року №277

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 13.12/2021р.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: 1) номінальний тиск енергоносія – 24 МПа; 2) кількість гідроциліндрів управління – 4; 3) Маса робочого органу з відвальною поверхнею не більше, т – 1; 4) максимальні габаритні розміри – довжина – 2700 мм, ширина – 1400мм, висота – 1500 мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1) вступ; 2) - теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів; 3) висновки з аналізу та постановка задачі проектування; 4) розрахунок конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт; 5) Визначення дотичних зусиль на різальній кромці модернізованого ковша і реактивних зусиль в нерухомих гідроциліндрах; 6) проектні та перевірочні розрахунки елементів конструкції; 8) економічне оцінювання доцільності розробки; 9) аналіз умов праці та розробка заходів безпеки життєдіяльності, зокрема заходів віброзахисту під час роботи установки.

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

1) Огляд екскаваторів для виконання планувальних робіт (пл. ф.А1); 2) Огляд конструкцій робочих органів екскаваторів для виконання планувальних робіт (пл. ф.А1) 3) Екскаватор гідравлічний загальний вид (креслення ф.А1 – 1 арк) 4) Складальне креслення робочий орган екскаватора для виконання планувальних робіт (креслення ф.А1 – 1 арк); 5) Складальне креслення планувальний робочий орган (пл. ф.А1 – 2 арк.); 6) Складальне креслення відвальна поверхня(пл. ф.А1 – 1 арк.); 7) гідросистема екскаватора(пл. ф.А1 – 1 арк.); робочі креслення (пл. ф.А3 – 3 арк.; пл. ф.А4 – 2 арк.).

## 6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний	к.т.н., доц. Слабкий А.В.		
Економічний	к.т.н., доц. Слабкий А.В.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Віштак І.В.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доц. Поліщук О.В.		

7. Дата видачі завдання 04.10.2021 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Вступ	10.10.2021р	
2	Теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів	15.10.2021р	
3	Розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт	2.11.2021р	
4	Технологічні розрахунки	9.11.2021р	
6	Конструкторські розрахунки	19.11.2021р	
7	Економічний аудит розробки	22.11.2021р	
8	Розрахунок кількості коштів на впровадження розробки, та строку їх окупності	24.11.2021р	
9	Аналіз умов праці при використанні робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт	26.11.2021р	
10	Розробка заходів безпеки життєдіяльності та надзвичайних ситуаціях	28.11.2021р	
11	Підготовка графічної частини МКР	4.12.2021р	
12	Попередній захист на кафедрі	13.12.2021р	

Студент \_\_\_\_\_ Яремчук В.О.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Слабкий А.В.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ABSTRACT

ВСТУП .....	6
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ .....	8
1.1 Огляд ескаваторів для виконання планувальних робіт.....	
1.2 Основні напрямки і загальні тенденції розвитку робочих органів ескаватора.....	21
1.3 Характеристики оброблювального середовища.....	23
1.4 Умови раціональності побудови ковшів ескаватора.....	24
1.5 Принцип конструювання робочих органів ковшового типу.....	25
2 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЛАНУВАЛЬНИХ РОБІТ .....	30
2.1 Розрахунок ескаватора оснащеного ковшом підвищених планувальних можливостей.....	30
2.2 Визначення дотичних зусиль на різальній кромці модернізованого ковша і реактивних зусиль в нерухомих гідроциліндрах.....	35
2.3 Визначення максимальних навантажень що сприймаються модернізованим робочим обладнанням – зворотна лопата.....	42
2.4 Визначення продуктивності ескаватора з модернізованим ковшем і визначення ефективності нової конструкції на підставі зіставлення результатів з базовою машиною.....	45
2.5 Визначення раціональних параметрів робочого органу ескаватора.....	47
2.6 Визначення раціональних розмірів відвальної поверхні.....	50
2.7 Розрахунок розпушувального елемента планувального ковша.....	54
2.8 Розрахунок на міцність елементів робочого устаткування ескаватора, оснащеного ковшем підвищеної планувальної здатності.....	65
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА (РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ТА ПЕРІОДУ ОКУПНОСТІ).....	73
3.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки .....	73

3.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	75
3.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	83
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	89
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	89
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	91
4.3 Пожежна безпека.....	95
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	97
ВИСНОВКИ.....	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	105
ДОДАТКИ .....	108
ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	109
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	115
ДОДАТОК В – СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	126

## ВСТУП

Однією з першочергових завдань досліджень в області будівельних машин є подальший розвиток існуючих конструкцій робочих органів екскаваторів. Принцип конструювання основних елементів робочих органів землерийних машин полягає в досягненні ними більшої продуктивності при мінімальній питомій енергоємності. Основним типом робочих органів є ковші різних розмірів і конфігурацій, які здійснюють розробку ґрунтів за принципом лобового різання.

Принцип конструювання основних елементів робочих органів відноситься до всіх видів екскаваторних машин (ковшів механічних лопат, стругів, зворотних лопат, причіпних скреперів, екскаваторів і т. п.) незалежно від ємності або форми робочого органу. Розробка нових технічних рішень, що направлені на створення раціональних форм робочих органів екскаваторів (ковшів), які забезпечують зменшення зусиль різання в порівнянні з ковшами тієї ж ємності (існуючими конструкціями) є актуальною науковою та інженерною задачами.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** (далі МКР) – розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт, яка в цілому підвищить технічні характеристики екскаватора.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- Виконати теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів;
- Визначити вплив параметрів ковша на процес розробки ґрунту;
- Обґрунтувати заходи по покращенню конструкції ковша;
- Виконати конструкторські розрахунки, що необхідні для побудови робочого органу;
- Розробити заходи з охорони праці по використанню розробленої конструкції;



– Розрахувати економічну доцільність розробки конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт.

**Об'єкт дослідження** – процеси, що використовуються для визначення та аналізу найбільш раціональної конструкції робочого органу екскаватора.

**Предмет дослідження** – робочий орган екскаватора для виконання планувальних робіт.

**Методи дослідження** – методи логічного моделювання раціоналізації конструкції.

**Новизна одержаних результатів** – запропоновані заходи по покращенню конструкції ковшів екскаваторів для виконання планувальних робіт. Розроблена нова конструкція робочого органу екскаватора (ковша) для виконання планувальних робіт раціональної форми, що забезпечило зменшення зусиль різання в порівнянні з існуючими конструкціями ковшів тієї ж ємності.

**Практична цінність роботи** – розроблено нову конструкцію ковша екскаватора з покращеними техніко-економічними показниками.

**Публікації.** Основні матеріали МКР доповідались на наукових семінарах кафедри Галузевого машинобудування (ГМ) ВНТУ, на щорічній НТК ВНТУ та опубліковані тези на всеукраїнській науково-практичній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 2022».

# 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

## 1.1 Огляд екскаваторів для виконання планувальних робіт

Екскаватори є основним типом землерийних навантажувально-розвантажувальних машин, але якщо брати в відсотковому співвідношенні, то екскаваторів-планувальників (рис.1.1) з усього різноманіття моделей не так вже й багато. Екскаватори-планувальники призначені в основному для планування ґрунтових укосів, на яких значну частку в їх протяжності займає земляне полотно на насипу або у виїмці, в тому числі навіть в умовах рівнинної місцевості, де висота насипу значно збільшується на підходах до мостів і шляхопроводів (рис.1.2).



Рисунок 1.1 – Екскаватори-планувальники

Екскаватори-планувальники – універсальні, вони можуть замінити цілий парк машин, тому що за допомогою навісного обладнання виконують всі необхідні операції: копання ґрунту, навантаження ґрунту і інших матеріалів в транспортні засоби, розпушування ґрунту і киркування дорожніх покриттів, знесення будівель, ремонт труб в будь-якій галузі (водопостачання та тепlopостачання, нафтова, газова).

У дорожньому будівництві такий екскаватор незамінний під час планування укосів, насипів і різних виїмок земляного полотна. Укоси

зустрічаються по 12 метрів і більше, тому автогрейдером практично їх обробити не можливо. До того ж, укоси по всій довжині ремонтваної дороги бувають змінними. Навіть при невеликій висоті будь-яка інша техніка не ефективна.

Також екскаватори-ланувальники впорасться з планувальними роботами на підходах до мостів та інших штучних споруд. Крім можливості рити траншеї або котловани, екскаватор-планувальник за короткий проміжок часу можуть здійснити завантаження або вивантаження сипучих матеріалів, в тому числі з відкритих залізничних платформ.

Екскаватор-планувальник може працювати в умовах обмеженого простору. Весь комплекс земляних робіт виконає дана машина. Завдяки телескопічній стрілі (рис.1.2) Екскаватор працює на недоступних іншій техніці ділянках. Також він може дублювати функції автокрана. Практично на всіх екскаваторах-планувальниках зміна обладнання для виконання тієї чи іншої частини роботи не займає багато часу.

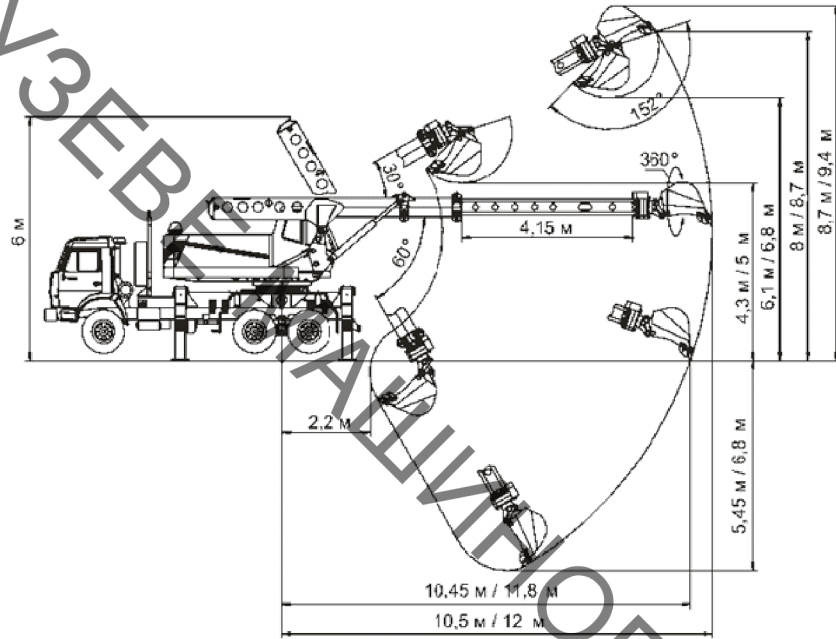


Рисунок 1.2 – Конструктивні особливості екскаваторів-планувальників

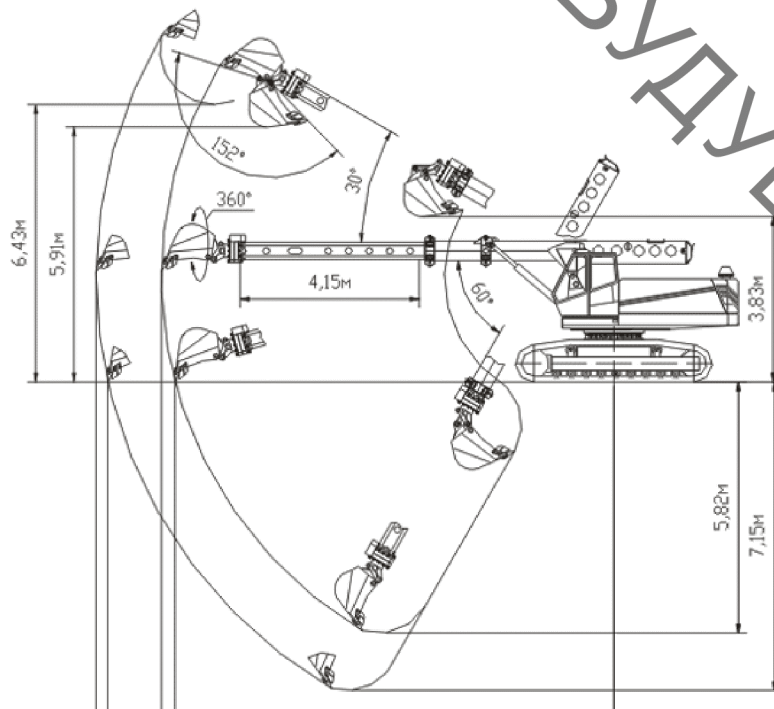
Екскаватор-планувальник виконує такі складні технічні операції, як обвалування свердловин бурових установок, будівництво та аварійно-ремонтні роботи на трубопроводах. До всього перерахованого, він задіяний

при зведенні та обслуговуванні інфраструктури нафтопереробних підприємств, ліквідації аварійних ситуацій на об'єктах нафтовидобутку.

Екскаратори-планувальники випускаються на пневмоколісному і гусеничному ході (рис.1.3).



a)



b)

Рисунок 1.3 – Схеми роботи екскаваторів: а – пневмоколісних, б – гусеничних.

Гусеничні машини (рис. 1.4) застосовуються виключно на будівництві вимок, каналів і плануванні укосів земляного полотна. Застосування їх на ремонті та утриманні земляного полотна автомобільних доріг пов'язано з постійним використанням причепів-вагозовів для їх доставки до місця робіт і видалення після завершення робіт. Тому на ремонті та утриманні доріг вони використовуються вкрай рідко.

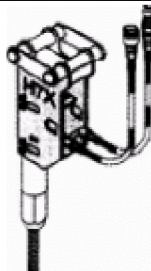

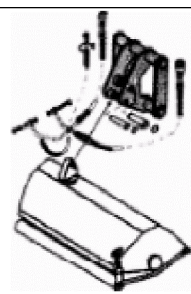
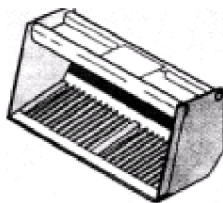


Рисунок 1.4 – Гусеничний екскаватор-планувальник

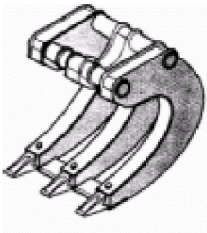
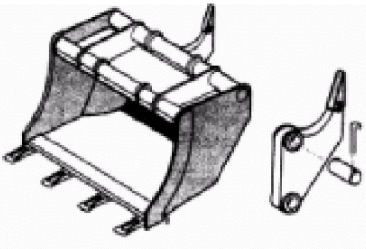
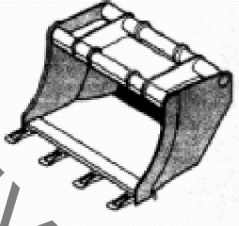
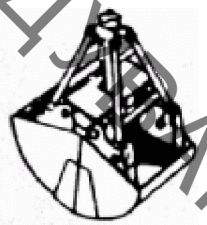
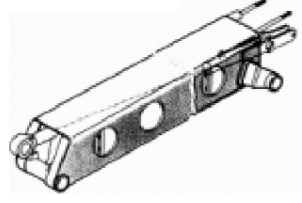
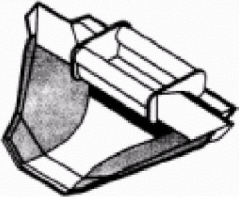
Екскаватори-планувальники на пневмоколісному ході знайшли широке застосування саме на ремонті та утриманні автомобільних доріг. Вони незамінні при подачі ґрунту на укіс земляного полотна в місцях утворення вимоїн; зняття, заміну і ремонт родючого шару ґрунту на схилах, а також при влаштуванні на схилах водовідвідних споруд.

Крім штатного робочого обладнання екскаватора в номенклатуру опціонально входять більше 20 найменувань (табл.1.1): ковші профільні, планувальні та дренажні, відвали, кліщі-захоплення, різьбярі асфальтобетону, каток статичний, віброплита, гідромолот, вила із захопленням, косарка-кущоріз, бур , дробарка бетонних блоків, грейфери, подовжувальні стріли.

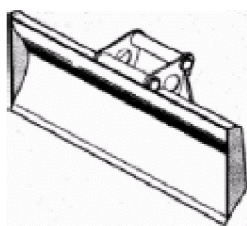
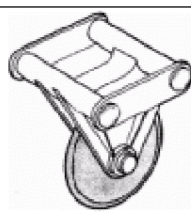
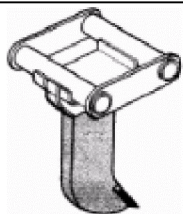
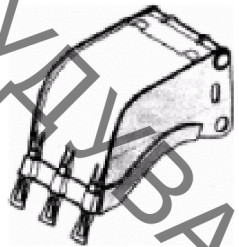
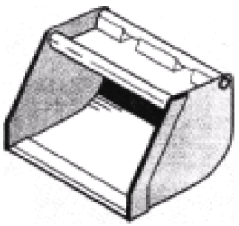
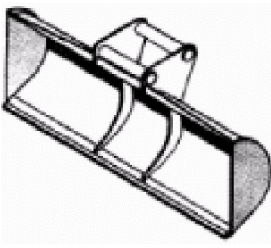
Таблиця 1.1 – Навісне обладнання екскаваторів-планувальників

№	Назва	Вид
1	Гідравлічний молот	
2	Захват для твердих тіл масой до 1250 кг.	
3	Гідравлічна косилка	
4	Лопата для завантаження овочів	

Продовження таблиці 1.1

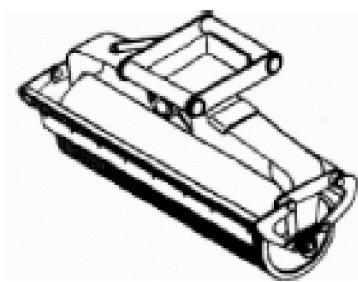
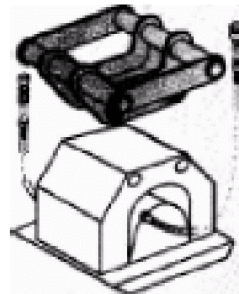
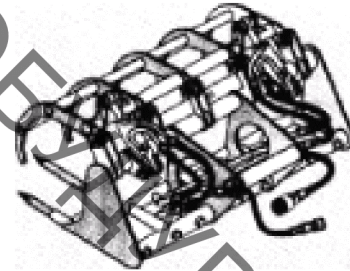
5.	Ківш для руйнування дорожнього полотна	
6.	Ківш з розрихлювачем	
7.	Основний ківш	
8.	Грейфер	
9.	Подовжувач стріли, довжина 1,5 і 3 м.	
10.	Профільний ківш для водовідвідних каналів з кутом 45 град.	

Продовження таблиці 1.1

11.	Відвал	
12.	Фреза	
13.	Розрихлювач	
14	Дренажні лопати шириною 0.4, 0.5, 0.6 м. і об'ємом 0.21, 0.27, 0.34 м <sup>3</sup> .	
15	Ковш без зубів	
16	Ковш планувальний	



Продовження таблиці 1.1

17	Ущільнювальний каток	
18	Вібраційна платформа	
19	Гідравлічні вили	

Найбільш відомий вітчизняний виробник "АТЕК" випускає екскаватори-планувальники АТЕК-011А і АТЕК-012А на базі шасі КраЗ-65101 (рис. 1.5) [3]. Дане шасі має велику вантажопідйомність, широкі односкіли шини, а також дозволений дорожніми правилами габарит по ширині в 2,75 метра. Обсяг ковша АТЕК-011А дорівнює 0,75 кубометра, максимальна висота навантаження - 6,3 метра, глибина копання - 4,8 метра. АТЕК-012А при обсязі ковша 0,55 кубометра досягає максимальної висоти розвантаження 5,52 метра і глибини копання 4,47 метра .

Білоруське ВАТ "Кохановський екскаваторний завод" [4] виробляє екскаватори-планувальники ЕО-3533, ЕО-3533У, ЕО-3533УА, 3540, 3532А. Між собою вони відрізняються деякими технічними характеристиками і шасі

(КамАЗ, МАЗ, Урал). В цілому машини (рис. 1.6) мають велику швидкість пересування, високу маневреність і прохідність, що робить їх універсальними для виробництва земляних робіт. Телескопічна стріла дозволяє проводити розробку ґрунту в важкодоступних місцях. В наявності є змінні робочі органи різного призначення (5 видів), які забезпечують широке застосування екскаватора.



Рисунок 1.5 – Екскаватори-планувальники АТЕК-011А і АТЕК-012А на базі шасі КрАЗ-65101



Рисунок 1.6 – Екскаватори-планувальники серії EO-3533М (а) та EO-3533У (б)

Важливою перевагою екскаватора-планувальника EO-3533М з телескопічним робочим обладнанням в порівнянні з традиційними екскаваторами є можливість розробки ґрунту в важкодоступних місцях.

У другій половині 1990-х років Кохановський завод починає випуск екскаваторів-планувальників серії EO-3533 / EO-3533М на шасі МАЗ-5337,

ЕО-3533У та ЕО-3533УА на шасі Урал-4320-30 (рис. 1.6). Перші дві моделі не мали функції повороту робочого органу, остання оснащувалася пристроєм, що забезпечує поворот робочого органу на 360 °. На цій моделі стояв більш потужний двигун Д-245 (100 к.с.) замість Д-243 (78 к.с.), що встановлювався на екскаватори без ротації робочого органу. Робочі параметри у ЕО-3533УА були вищими: глибина копання – 4,9 м замість 4,5 м. У комплекті змінного робочого обладнання були екскаваційні ковші місткістю 0,4-0,5 м<sup>3</sup>, планувальний ківш 0,4 м<sup>3</sup>, планувальний відвал шириною 2 м і зуб-розпушувач. Пік виробництва Кохановських екскаваторів-планувальників припав на 90-і роки. У 2000-х роках випуск цих машин фактично було згорнуто.

З початку 90-х років Кентаускій екскаваторний завод (КентЕЗ, нині АТ «Екскаватор», Казахстан) випускав телескопічні екскаватори на автомобільних шасі в трьох модифікаціях: ЕО-3532 на шасі КамАЗ-55111 та ЕО-3532У на шасі Урал-4320-30 з неповноповоротним робочим обладнанням та ЕО-3532П на шасі КамАЗ-55111 з повноповоротним робочим обладнанням [5].

Екскаватор-планувальник ЕО-3532 змонтований на шасі автомобіля КамАЗ-5511. Оснащується змінними ковшами ємністю від 0,15 до 0,63 м<sup>3</sup>. В якості силової установки на поворотній платформі застосований двигун Д-240 або Д-240л, що відрізняються системою запуску. Випускався на Кентаускому екскаваторному заводі. На базі автомобіля Урал-4320-1912-30 випускалися екскаватори планувальники ЕО-3532У та ЕО-3533.

Європейським виробником екскаваторів-планувальників є словацька фірма «CSM Tisovec a.s.» [6]. Про якість машин можна судити по спільним проектам з відомими світовими виробниками будівельної техніки Західної Європи і США.

«CSM Tisovec a.s.» виробляє такі моделі екскаваторів-планувальників: ДН- 214, ДН -21421, UDS-114R, UDS-214 (дві моделі: 11 і 22), UDS-232 (рис. 1.7) [7]. Практично всі машини встановлено на шасі ТАТРА з хребтової

рамою. У цих шасі є незалежна торсіонна підвіска переднього моста і незалежна рессорно-балансирная підвіска заднього моста. UDS-214.11, на відміну від UDS-214.22, має мікрорух. Відмінною особливістю моделі UDS-214.11 є ще й наявність пневмосистеми, що забезпечує можливість управління ходом шасі та аутригерами з кабіни оператора.

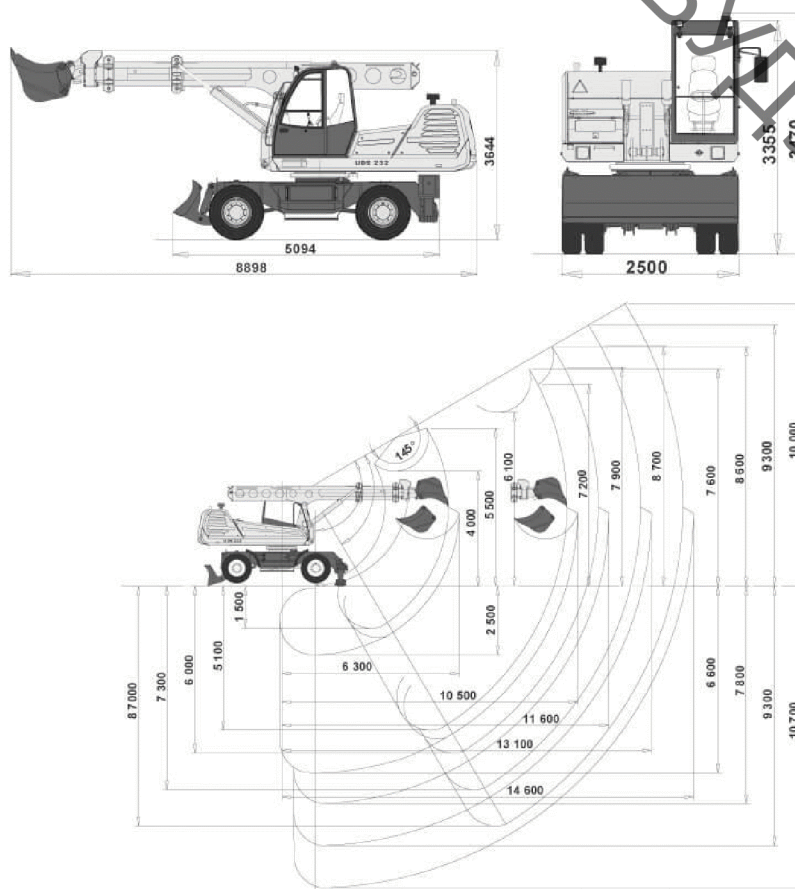


Рисунок 1.7 – Екскаватор-планувальник UDS 232 на колісному ході

У кожній моделі – набір додаткового робочого обладнання: кліщі-захоплення, різьбярі асфальтобетону, каток статичний, віброплита, гідромолот, вила із захопленням, косарка-кущоріз, бур і дробарка бетонних блоків і т.д. Екскаватори DH- 214, UDS-214 і UDS-232 оснащені гідравлічним устаткуванням німецької фірми Rexroth.

Українська компанія «Торговий дім «Будшляхмаш» завершила роботи з монтажу екскаватора-планувальника UDS-114R на автомобільному шасі МАЗ-6302С5 [8] (рис. 1.8). Це перший випадок використання автомобільного шасі МАЗ-6302С5 для монтажу такого спецобладнання. У відповідності до вимог Закону України «Про дорожній рух», розподіл навантажень на вісі автомобіля становить: 9 т – на передню вісь, 18 т – на задній спарений візок. Кабіна має підштамповку в середній частині для укладки стріли. Повна маса спецавтомобіля дорівнює 27 т. Обладнання UDS-114R виготовлено словацькою компанією CSM Industry s.r.o, яка вже понад 50 років спеціалізується на виготовленні екскаваторів-планувальників. Максимальний радіус копання спецмашини становить 10,5 м, ємність ковша – 0,63 куб. м. Продуктивність установки у 108 куб. м/год забезпечують привідний двигун обладнання John Deere 4045HF потужністю 104 кВт та гідравлічне обладнання Bosch Rexroth.

Установка має додаткову гідролінію для під'єднання додаткового навісного обладнання – гідромотола, віброплити тощо.



Рисунок 1.8 – Екскаватор-планувальник UDS-114R на автомобільному шасі МАЗ-6302С5

Фірма Gradall (США) [9] виробляє і поставляє 8 моделей екскаваторів-планувальників: 5 пневмоколісних, з яких дві моделі (XL-2300 і XL-3300) мають аутригери для забезпечення стійкості, і у трьох моделей (XL-3100, XL4100 і XL- 5100 ) стійкість платформи під час роботи забезпечується без аутригерів; 4 моделі на гусеничному ході (див. рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Екскаватор-планувальник Фірма Gradall

Основна конструктивна особливість екскаваторів-планувальників цієї фірми полягає в тому, що ківш не обертається навколо поздовжньої осі стріли, стріла сама повертається навколо своєї горизонтальної осі на кут 110-120 градусів в обидві сторони. Привід обертання - від гідромотора, який

встановлений на протилежному від ковша кінці стріли, в той час як в моделях з повноповоротним ковшем гідромотор розташований в місці кріплення ковша. Так що гідромотор знаходиться в комфортних умовах, оскільки ізольований від контакту із ґрунтом. Ходова частина колісного екскаватора являє собою самохідне шасі з двома або одним привідним мостом. Застосовувані безкамерні шини з наповнювачем продовжують термін служби колеса до 10 років.

На всіх моделях встановлена система «Мікрохід», яка забезпечує управління ходом машини з кабіни машиніста-оператора. Вузька кабіна оператора забезпечує хороший огляд робочої зони.

До складу додаткового обладнання входять: ковші – траншейний, екскаваторний з зубами, зачистної, землечерпальний, грейдерний відвал, кірковщіка, подовжувач стріли від 1,2 до 3,6 метра, стріла Telestick зі збільшенням радіуса копання до 15 метрів (крім моделей XL 2300 і XL 3100), пневмо- і гідромолотки, бур і т.д.

Ще однією американською фірмою, що виготовляє екскаватори-планувальники є фірма Badger. Вона виробляє такі моделі планувальників, як Badger 670 і Badger 470 [10]. Американський виробник визнає, що машини сьогодні повинні працювати в важкодоступних місцях. Тому для використання на бездоріжжі Badger пропонує лінію екскаваторів з гумовими шинами і додатками. Ефективне використання техніки так само досягається за рахунок забезпечення операторів надійним і зручним контролем машини.

Екскаватор-планувальник Badger 470 ТМ (рис. 1.10) оснащений потужним двигуном Cummins (158 кВт) та має відмінні робочі характеристики і високу мобільність (макс. швидкість руху – 95 км/год). Спеціальне шасі з колісною формулою 4x2 або 4x4 роблять машину однаково ефективною як на автомобільних дорогах, так і на бездоріжжі. Багатоконтурна гідравлічна система, автоматична трансмісія Allison, надійні мости Dana – все це робить 470 ТМ однією з кращих машин у своєму класі.



Рисунок 1.10 – Екскаватор-планувальник Badger 470 ТМ

## 1.2 Основні напрямки і загальні тенденції розвитку робочих органів екскаватора

Аналіз розвитку землерийних машин і патентних матеріалів дозволяє встановити такі основні тенденції в розвитку робочих органів [11 – 17]:

- збільшення розмірів відповідно підвищенню потужності машин;
- поділ на функціональні елементи і вузли відповідно до особливостей процесів взаємодії з ґрунтом;
- застосування пристроїв, що інтенсифікують копання, транспортування і розвантаження ґрунту;
- застосування пристроїв, що забезпечують оптимізацію параметрів в процесі роботи залежно від виконуваних операцій; застосування нових фізичних методів руйнування ґрунтів.

Загальні тенденції розвитку конструкції екскаватора пов'язані з удосконаленням конструкції базових машин екскаватора і робочих органів (РО). Найбільш важливими з них є:

- розширення типорозмірного ряду в напрямку створення малогабаритних і важких машин;



- підвищення питомої потужності за порівняно невеликого збільшення маси;
- застосування більш міцних матеріалів, введення мастила, захисних пристроїв;
- зниження трудомісткості технічного обслуговування;
- поліпшення умов праці за рахунок зниження трудомісткості управління машиною, зменшення шуму, вібрацій, загазованості, запиленості;
- підвищення безпеки роботи оператора, завдяки впровадженню захисту;
- створення важких екскаваторів на базі спарених платформ;
- розширення номенклатури екскаваторного обладнання (ківш з розпушувачем, сферичні і напівсферичні РО);
- використання автоматичних (дистанційних) систем управління РО;
- розширення сфери застосування екскаватора шляхом використання змінного РО.

### **1.3 Характеристики оброблювального середовища**

Ґрунтами називаються гірські породи, з яких складаються верхні шари земної кори. Зазвичай це верхній шар глибиною до 10 м. Зустрічаються різноманітні ґрунтові умови як по гранулометричному складу (піски) глини, супіски, так і по вологості, щільності і температурі (талі або мерзлі).

Залежно від складності розробки ґрунти розділені на 8 категорій відповідно до даних [18]. Як відомо, класифікація по ударнику Дорн адекватно відображає опірність ґрунту механізованої розробці. Основні характеристики ґрунтів представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні характеристики ґрунтів

Параметри	Тип ґрунту				
	Пісчаний	Супісчаний	Суглинистий	Важкий суглинок, глина	«Середній ґрунт»
Імовірність появи	0,21	0,11	0,38	0,26	-
Щеплення, МПа	0,0001	0,01	0,03	0,06	0,03
Число ударів (С)	1	6	12	16	12...13
Кут внутрішнього тертя, $\phi$ , град	29	27	25	23	26
Кут зовнішнього тертя, $\rho$ , град	18	25	21	22	21
Об'ємна маса, $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	18	2,0	2,1	2,1	2,0

#### 1.4 Умови раціональності побудови ковшів екскаватора

При достатній міцності, надійності та технологічності ковшів основними умовами їх раціональності слід вважати малу енергоємність різання ґрунту, обмеження розмірів відокремлюваних шматків, рівномірність робочого режиму, достатнє наповнення ковша при швидкому і повному розвантаженні.

У конкретному випадку робочого процесу екскаватора переважними можуть бути одне або частина названих умов, хоча в іншому випадку вони можуть бути другорядними. Тому оцінювати конструкцію ковшів слід за сукупністю умов раціональності, але виділяючи переважні для галузі використання екскаватора. Слід з обережністю ставитися до рекомендацій

конструкцій «раціональних взагалі» без обґрунтування і вказівки переважної сфери застосування. Серед рекомендованих і застосованих конструкцій є найрізноманітніші.

Фірма «Orenstein & koppel» застосує на екскаваторах ковші з трапецеїдальної та ортогональної до переважаючим траєкторіях кромкою козирка і ріжучої частиною у вигляді двох полігональних ножів в кутових з'єднаннях бічних гілок і середній частині козирка. Поперечний переріз внутрішньої частини ковша трапецієподібний.

На екскаваторах експлуатувалися ковші з різною ріжучою частиною, в тому числі такі, у яких вона складається з двох бічних зубів і двох рихлячих вузьких зубів, розташованих на середній частині козирка. Кромка козирка трапецеїдальна та ортогональна по відношенню до переважаючих траєкторій; поперечний переріз внутрішньої частини ковша трапецієподібний.

Фірма «Лаухгаммер» [19] встановила на екскаваторі ковші з трапецеїдальним козирком, оснищений шістьма однаковими зубами (двома кутовими і чотирма бічними). Кромка козирка ортогональна по відношенню до переважаючих траєкторій; поперечний переріз ковша трапецієподібний.

Ця ж фірма застосовує ковші з трапецеїдальною кромкою козирка і чотирма свуженими зубами (двома кутовими і двома середніми). Кромка козирка ортогональна по відношенню до переважаючих траєкторій, поперечний переріз ковша трапецієподібний.

### **1.5 Принцип конструювання робочих органів ковшового типу**

Принцип конструювання основних елементів робочих органів землерийних машин полягає в досягненні ними більшої продуктивності при мінімальній питомій енергоємності. Основним типом робочих органів є ковші різних розмірів і конфігурацій, які здійснюють розробку ґрунтів за принципом лобового різання.

Принцип конструювання основних елементів робочих органів відноситься до всіх видів екскаваторних машин (ковшів механічних лопат, стругів, зворотних лопат, причіпних скреперів, екскаваторів і т. п.) Незалежно від ємності або форми робочого органу.

Технічні умови проектування ковшів раціональної форми полягають в наступному:

1. Ковші повинні бути двох типів:

а) ємністю, що забезпечує роботу в важких ґрунтах IV категорії;

б) збільшеною ємністю (до 70%) для роботи в ґрунтах I, II в частково III категорії, без збільшення потужності двигуна.

2. При однаковій площі поперечного перерізу стружки, тобто при  $P = const$ , зусилля чистого різання зменшується зі збільшенням довжини горизонтальної різальної кромки; при відповідному зменшенні глибини різання. Питомий опір різанню різко зменшається зі збільшенням  $l$  до 60-80 см, а потім при  $l > 80$  см це зменшення буде незначно. У зв'язку з цим в першу чергу слід на 25-35% збільшити ширину ковшів малих ємностей (до  $0,75 \text{ м}^3$ ).

Для ковшів з довжиною різальної кромки  $l > 1 \text{ м}$  збільшення їх ширини з урахуванням зручності розвантаження можна допускати на 15%.

3. Бічні стінки ковшів при різанні створюють великий опір, внаслідок чого їх слід конструктивно виключати з процесу різання шляхом установки на горизонтальному профілі двох крайніх зубів, що перекривають ці стінки зовні на 1-2 см.

Зусилля різання зростає зі збільшенням товщини бічних стінок, тому стінки необхідно виконувати по можливості тонкими і з високоякісної сталі. Кут загострення лез бічних стінок повинен бути одностороннім, рівним  $45^\circ$ , зі скосом, спрямованим назовні ковша. Такий скіс виключає бічне стиснення стружки і покращує заповнення ковша. Крім того, бічні стінки ковшів повинні бути фасонної форми, так щоб їх кут різання (по вертикалі) в межах

товщини стружки становив  $35^\circ$ , і тільки починаючи від цього розміру (за висотою ковша) стінки можуть мати більший кут підйому.

4. Ковші повинні мати зуби з правильним розташуванням, що майже виключає роботу бічних стінок, знижує опір різання на 20-30% і дозволяє розробляти більш міцні ґрунти. Зуби повинні мати кут при вершині  $\beta - 25^\circ$  і задній кут різання  $\gamma = 5 - 10^\circ$ .

Ширина зубів в залежності від ємності ковша повинна бути 6-8 см (не більше 10см), що забезпечує необхідну їх міцність у поєднанні з хорошою технологією різання. Довжина зуба  $L$ , повинна дорівнювати 15-20 см для стружок товщиною  $h = 10-20$ см.

З міркувань міцності ширина зуба може бути дещо збільшена.

5. Оптимальна відстань між зубами має бути в 2-3 рази більше ширини зуба. Така відстань відповідає мінімальному зусиллю різання і повністю виключає забивання ґрунтом проміжку між зубами навіть при розробці налипаючих ґрунтів.

6. Кінчики зубів повинні бути завжди по можливості гострими, і це важливе положення повинно відзначатися у відповідних інструкціях та досягатися за рахунок високоякісного наплавлення.

7. Хвостові елементи зубів з боку робочої поверхні ріжучої кромки повинні мати мінімальну товщину без шкоди для міцності зуба і надійності його кріплення.

8. Застосування знімних так званих «підрізних» зубів на бічних стінках ковша має бути виключено, так як вони збільшують зусилля різання за рахунок розширення бічних стінок ковша.

Підрізані зуби доцільно ставити тільки на ковшах скреперів, що повністю заглиблюються в ґрунт, наприклад під час копання силосних ям і в інших аналогічних випадках.

9. Кут загострення горизонтальної ріжучої кромки повинен бути асиметричним, з скосом в зовнішню сторону (у бік забою); кут скоса  $\beta$ , повинен забезпечувати необхідну величину кута  $\gamma$ .

10. Для поліпшення планування при пересуванні екскаватора всі леза зубів ковшів механічних лопат повинні бути розташовані на одній прямій, а середні зуби ковшів драглайнів повинні виступати вперед, що сприятиме кращому заповненню ковшів.

11. Різучі горизонтальні кромки ковшів великовантажних скреперів завжди (виключаючи роботу в пухких, насипних ґрунтах) повинні забезпечуватися зубами або східчасто розташованими середніми ножами.

12. Ковші не повинні мати звуженої горловини. Така горловина викликає сильне пресування стружки з боків і веде до непродуктивної витрати енергії і поганого заповнення ковша.

13. Задня стінка ковшів драглайнів, причіпних скреперів, стругів і екскаваторів повинна мати параболічну форму за типом ножів бульдозерів. Така форма добре забезпечує вільне загинання стружки пластичних ґрунтів вгору і сприяє гарному заповненню ковша біля задньої стінки.

14. Дужки ковшів драглайнів, екскаваторів і стругів повинні бути розташовані по можливості вище, щоб виключити пресування ґрунту і підвищити коефіцієнт заповнення.

Дотримання всіх перерахованих умов дозволяє для ковшів раціональної форми значно знизити зусилля різання в порівнянні з ковшами екскаваторів тієї ж ємності, що раніше випускалися промисловістю.

У зв'язку з цим на існуючих екскаваторах можуть бути встановлені ковші раціональної форми збільшеної місткості, що дасть істотне збільшення продуктивності екскаваторів. Крім того, можна створити нові екскаватори з меншою питомою потужністю двигуна на  $1\text{м}^3$  ємності ковша. В обох випадках отримана економія буде мати суттєве виробниче значення.

Результати теоретичного аналізу свідчать про актуальність досліджуваної теми та необхідність створення нових зразків екскаваторів-планувальників з розширеними технічними можливостями та підвищеними економічними показниками.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** – розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт, яка в цілому підвищить технічні характеристики екскаватора.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- Виконати теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів;
- Визначити вплив параметрів ковша на процес розробки ґрунту;
- Обґрунтувати заходи по покращенню конструкції ковша;
- Виконати конструкторські розрахунки, що необхідні для побудови робочого органу;
- Розробити заходи з охорони праці по використанню розробленої конструкції;
- Розрахувати економічну доцільність розробки конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт.

## 2 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЛАНУВАЛЬНИХ РОБІТ

### 2.1 Розрахунок екскаватора оснащеного ковшом підвищених планувальних можливостей

Під час проектування робочого обладнання на базі будівельного гідравлічного екскаватора 4-ої розмірної групи, будемо керуємося тим фактом, що основні вузли: ходова частина, силова установка, поворотна платформа, стріла, рукоять, елементи управління стрілою і рукояттю повинні бути дуже близькими до прототипу.

Найбільш поширеним в будівництві одноківшевим екскаватором є екскаватор EO-4224 з наступними основними технічними даними:

- Потужність двигуна, кВт – 95,6;
- Подоланий ухил, град – 26;
- Швидкість переміщення, км/год – 2,5;
- Середній тиск на ґрунт, МПа – 0,0625;
- Габаритні розміри в транспортному положенні, мм –  
Довжина: 6800; Ширина: 3000; Висота: 3060.
- Маса експлуатаційна з обладнанням зі зворотною лапатою, т – 25,5.

В основі конструкції екскаватора – гусенична платформа, на якій розміщений повноповоротний механізм. На поворотному механізмі розміщені кабіна, дизельний двигун, робоче обладнання, гідравлічна і паливна системи, а також противаги.

Платформа спирається на раму ходової частини через роликівий пристрій. Поворот платформи забезпечується одним з гідравлічних двигунів. Також гідросистема забезпечує натяг гусеничних стрічок і приводить гусениці в рух. Гідравлічна система екскаватора є одним з головних досягнень розробників. Гідравлічні моделі були справжнім проривом в порівнянні моделями з канатно-блокової системою управління. Вони відрізнялися більшою продуктивністю і зручністю в роботі. А



збільшення тиску до 25 МПа дозволило істотно підвищити потужність обладнання і досягти максимальної продуктивності.

**Визначення лінійних і масових характеристик проектного робочого органу (РО) ескаватора**

Габаритні розміри ескаватора і робочого обладнання:

Поздовжня база (опорна довжина гусениць), висота гусеничного ходу і ширина гусеничної стрічки, м:

$$B = 1,1 \cdot m^{1/3}; H_x = 0,3m^{1/3}; v_{\text{л}} = 0,22m^{1/3}, \quad (2.1)$$

$$B = 1,1\sqrt[3]{28} = 3,34\text{м}; \quad H_x = 0,3\sqrt[3]{28} = 0,91\text{м}; \quad v_{\text{л}} = 0,22\sqrt[3]{28} = 0,67\text{м};$$

де  $m = 28$  – маса ескаватора, т.

Ширину  $B$  гусеничного ходу рекомендується приймати в залежності від поздовжньої бази  $B$ :

$$B = B / (1,2 \dots 1,25), \quad (2.2)$$

$$B = \frac{3,34}{1,2} = 2,67\text{м}.$$

Радіус  $R_x$  хвостової частини поворотної платформи визначають з умови незачіплювання платформою відвалу ґрунту, основа якого віддалене від опорного контуру машини на відстань  $l_{\text{від}} = 500 \dots 700\text{мм}$ .

В такому випадку

$$R_x = 0,5B + l_{\text{від}} + (H_x + \Delta)\text{ctg}45^\circ, \quad (2.3)$$

$$R_x = 0,5 \cdot 3,34 + 0,6 + (0,91 + 0,2)\text{ctg}45^\circ = 3,38\text{м}.$$

де  $\Delta = 150 \dots 250\text{мм}$  – зазор між гусеницею і поворотною платформою.

Діаметр опорно-поворотного кола, м:

$$D_{ОПК} = 0,55m^{1/3}, \quad (2.4)$$

$$D_{ОПК} = 0,55\sqrt[3]{28} = 1,67 \text{ м}.$$

Маси вузлів проектуваного екскаватора:

– платформа

$$m_{пл}^{np} = \frac{m_{пл}^e}{m^e} m^{np} = \frac{17920}{36921} 28000 = 13104,00 \text{ кг};$$

– стріла

$$m_{стр}^{np} = \frac{m_{стр}^e}{m^e} m^{np} = \frac{4530}{36921} 28000 = 3416,00 \text{ кг};$$

– рукояті

$$m_{рук}^{np} = \frac{m_{рук}^e}{m^e} m^{np} = \frac{1720}{36921} 28000 = 1288,00 \text{ кг};$$

– ківш

$$m_{ківш}^{np} = \frac{m_{ківш}^{np}}{m^e} m^{np} = \frac{1590}{36921} 28000 = 1204,00 \text{ кг};$$

– ходова частина

$$m_{хч}^{np} = \frac{m_{хч}^e}{m^e} m^{np} = \frac{11790}{36921} 28000 = 8932,00 \text{ кг};$$

Маса проектуемого екскаватора

$$m^{np} = 13104 + 3416 + 1288 + 1204 + 8932 = 27944 \text{ кг}.$$

Модернізований ківш навішується на робоче обладнання екскаватора, параметри якого наведені в табл. 2.1 і показані на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри механізмів привода робочого обладнання

№	Параметр	Умовне позначення	Розмірність	Механізми привода		
				стріли	рукоятки	ковша
1	Довжина радіуса коромисла	$\rho$	м	2,02	0,88	1,1
2	Кути відхилення радіуса коромисла від осі нерухомої ланки в крайніх положеннях штока	$\varphi_n$	град	35,93	17,53	37,07
3	Повний кут повороту веденої ланки	$\varphi_o$	град	87,57	130	109
4	Довжина нерухомої ланки	$\ell$	м	0,81	2,87	2,76
5	Кути тиску	$\gamma_n$	град	70,6	65	35,54
		$\gamma_k$		74,6	65	65
6	Кут установки нерухомої ланки	$\beta$	град	42,11	17,47	10
7	Кут відхилення радіуса коромисла від осі веденої ланки	$\lambda$	град	31,82	10	23,512
8	Характеристика гідроциліндра:					
	діаметр поршня	$D$	мм	90	90	125
	діаметр штока	$d$	мм	50	50	65
	хід поршня	$S$	мм	1120	1600	1600
	найменша довжина	$S_n$	мм	1440	2050	2,05
	найбільша довжина	$S_k$	мм	2560	3650	3,65
9	Довжина стріли, рукояті і радіус ковша	$\ell_s, \ell_p, R$	мм	6300	3400	1330

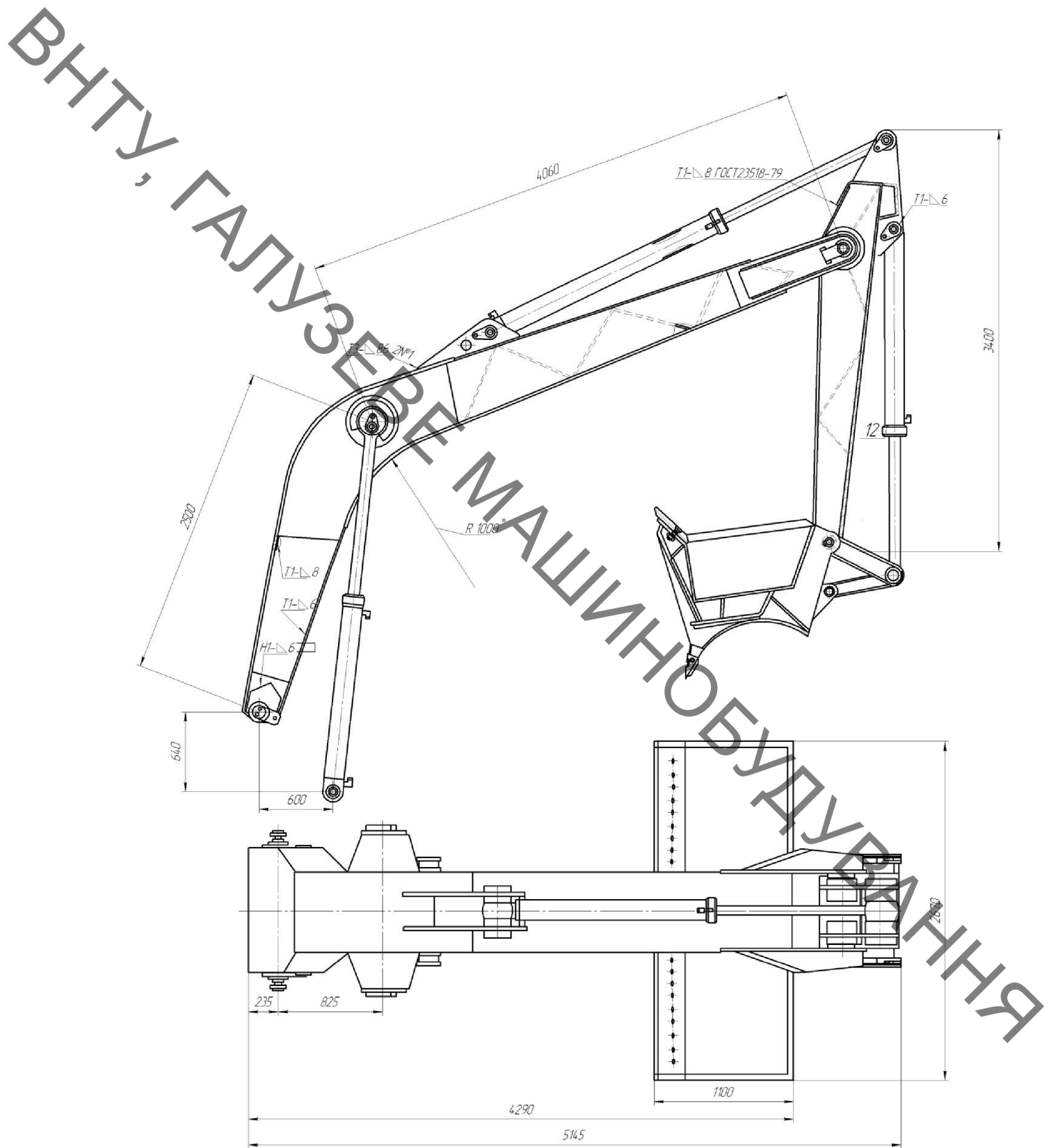


Рисунок 2.1 – Проектоване робоче обладнання екскаватора

Параметрична схема розроблювального РО приведена на рис. 2.2. Для визначення вірного шляху модернізації зробимо розрахунок запропонованого обладнання.

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ НАУКОВО-ДИСЦИПЛІНАРНЕ ВИСНОВАННЯ

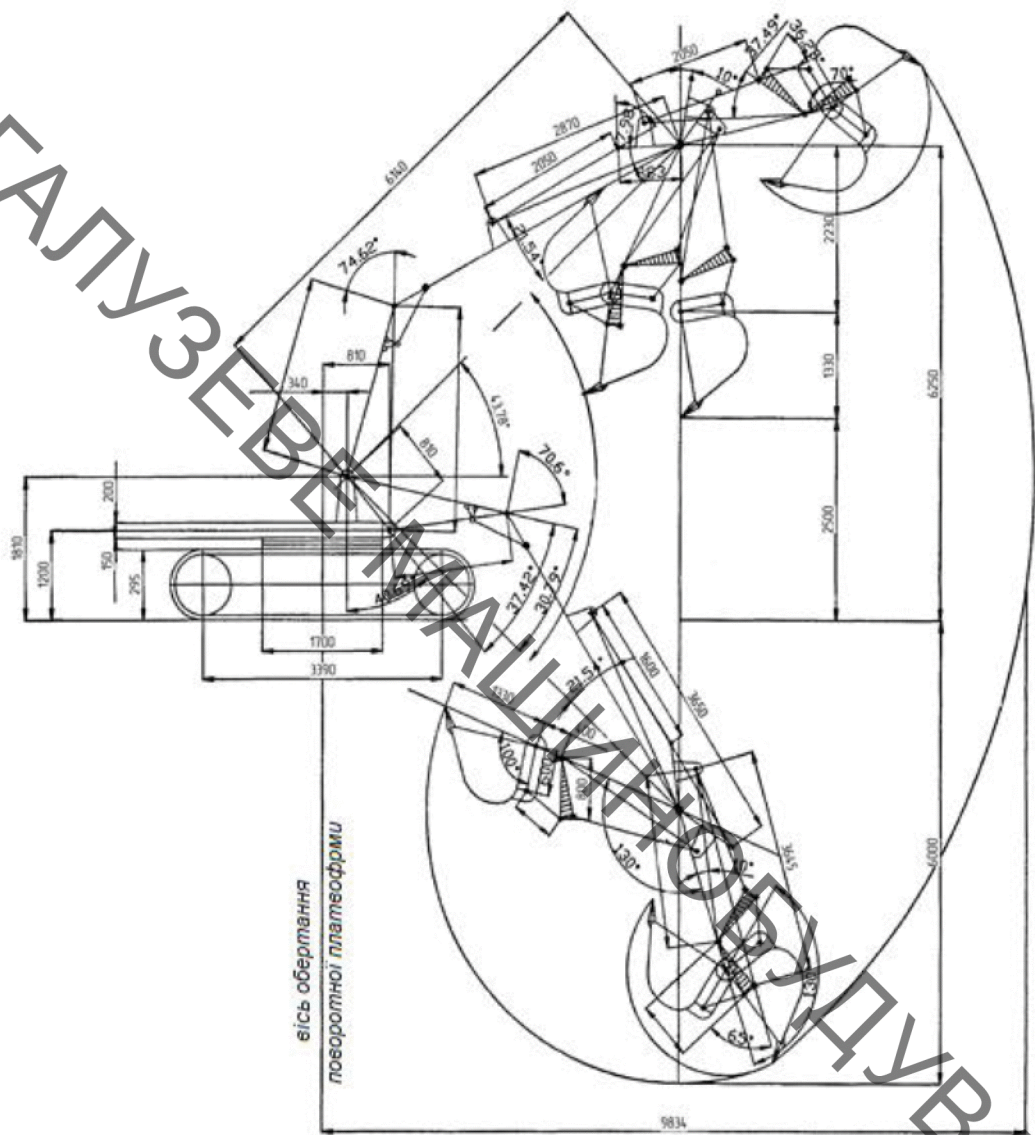


Рисунок 2.2 – Параметрична схема зворотної лопати

## 2.2 Визначення дотичних зусиль на різальній кромці модернізованого ковша і реактивних зусиль в нерухомих гідроциліндрах.

При розрахунку приймають, що гідроциліндр рукояті (ковша) розвиває постійне активне зусилля  $F_u$  при номінальному тиску  $P_n$  в гідроприводі:

$$F_{up(\kappa)} = P_n \frac{\pi D^2}{4}, \quad (2.5)$$

Дотичні зусилля на різучій кромці ковша знаходять з рівності рушійного моменту від гідроциліндра моменту зовнішніх сил щодо осі

повороту рукояті (точки  $B$ ) при максимально опущеною нерухомою стрілі (рис. 2.3).

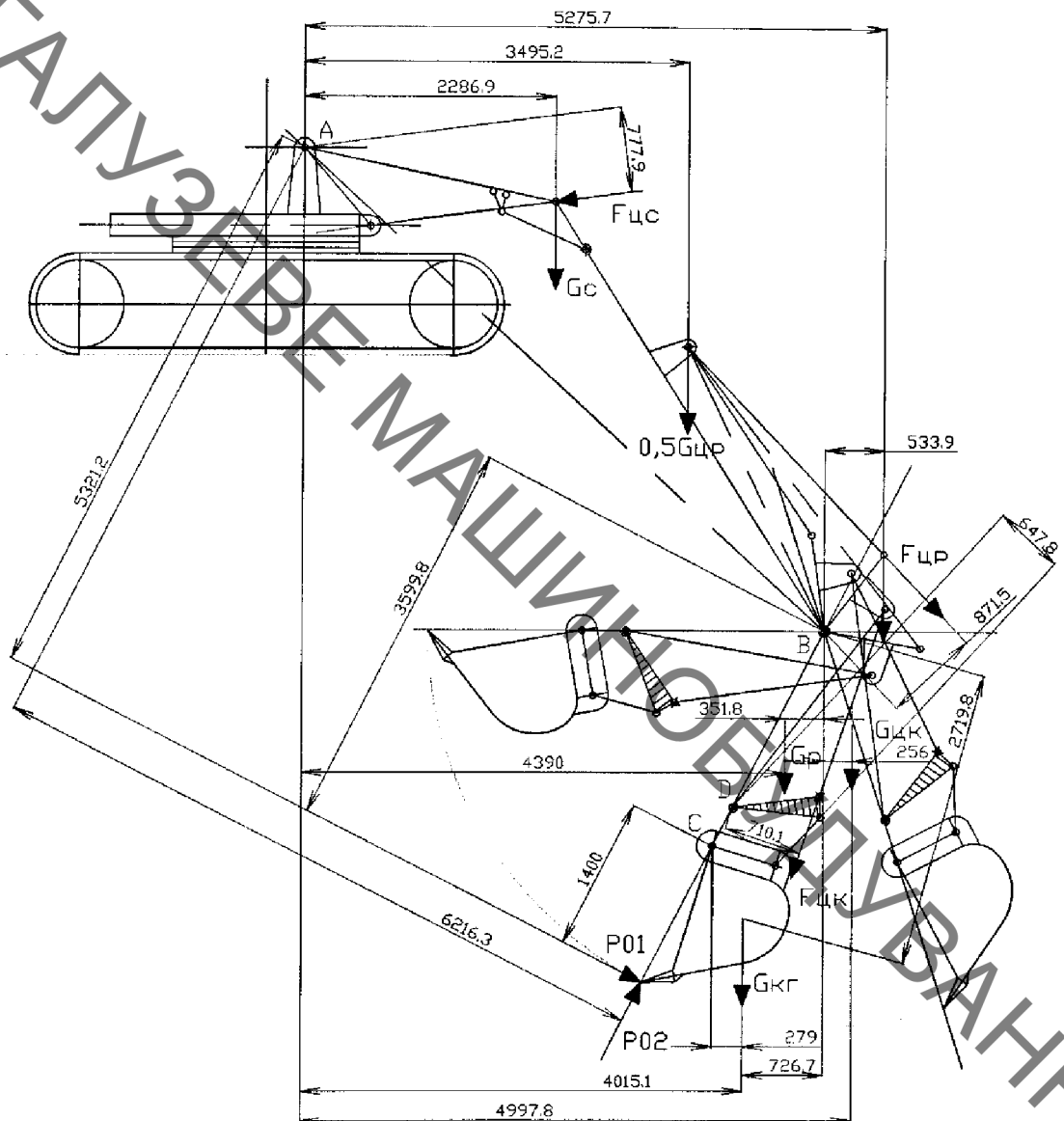


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема копання поворотом рукоятки

$$P_{01} = \frac{F_{цр} \cdot r_{цр} \pm G_p r_{p8} \mp G_{кр} \cdot r_{rs} + 0,5G_{цр} \cdot r_e}{r_{oe}}, \quad (2.6)$$

а при копанні поворотом ковша щодо точки  $C$  при нерухомій рукояті для розрахункового положення 2

$$P_{01} = \frac{F_{цк} \cdot r_{цк} \frac{r_{Tc}}{r_{TD}} \pm G_{кр} \cdot r_{кc}}{R}, \quad (2.7)$$

де  $r_{OB}$  – радіус копання поворотом рукояті, який відповідає фіксованому положенню ковша щодо рукояті.

Якщо кромка зубів ковша знаходиться на продовжені осі рукоятки, то  $r_{OB}=R+l_p$ ;  $G_{кр}=G_k+G_r$  – вага ковша і ґрунту в ковші.

Довжини плечей сил для відповідного розрахункового положення рукояті або ковша визначають графічно за схемою, побудованою в обраному масштабі.

Дотичні зусилля по  $P_{01}$  визначають для крайніх положень рукояті (ковша) і двох-чотирьох проміжних положень. Результати розрахунку в зобразимо у вигляді графіка залежності  $P_{01} = f(\varphi)$ .

Вага ґрунту в ковші необхідно збільшувати в міру повороту рукояті (ковша) від  $G = 0$  на початку копання до ваги ґрунту в кінці копання, Н:

$$G_r = q \cdot \frac{k_n}{k_p} \cdot \gamma_0 \cdot g, \quad (2.8)$$

де  $\gamma_0$  – щільність ґрунту в природному його заляганні, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

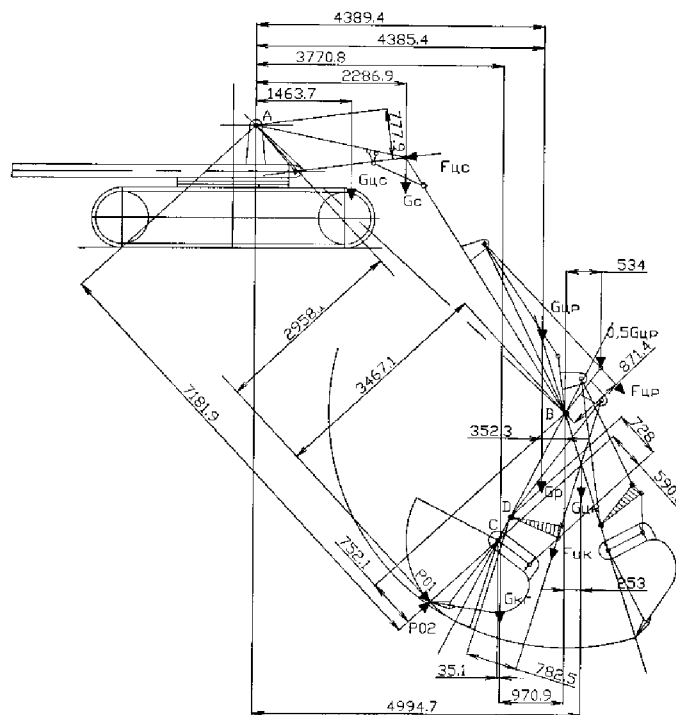


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема копання поворотом ковша.

Наведені формули для визначення  $P_{01}$  дозволяють обчислювати дотичне зусилля на ріжучій кромці ковша (по зусиллю гідроциліндра) після вибору координат кріплення корпусу і штока гідроциліндрів. Ці формули записані для фіксованого кута повороту рукояті або ковша, тому кожному значенню кута повороту відповідають свої довжини плечей діючих сил. Зі зміною положення рукояті або ковша в формулах для обчислення дотичного зусилля на ріжучій кромці ковша змінюються довжини плечей відповідних сил. За розрахункової схемою необхідно також вирішити питання, які знаки, "+" або "-" матимуть моменти від сил тяжіння. Дотичне зусилля можна визначити наступним чином:

– дотичне зусилля поворотом рукоятки:

$$P_{01} = \frac{1}{R + \ell_p} \left[ \frac{P_y \pi D^2 \rho \ell \sin(\varphi_n + \varphi)}{4 \sqrt{\rho^2 + \ell^2 - 2\rho\ell \cos(\varphi_n + \varphi)}} + (G_k + G_r \frac{\varphi}{\varphi_0}) r_{\text{шток}} \cos(\varphi + \alpha_n - \eta) + 0,35 G_p \ell_p \cos(\varphi + \alpha_n) \right] \quad (2.9)$$

– дотичне зусилля поворотом ковша:

$$P_{01} = \frac{1}{R} \cdot \left\{ \left[ P_y \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{\rho \cdot \ell \cdot \sin(\varphi_n + \varphi)}{\sqrt{\rho^2 + \ell^2 - 2\rho\ell \cos(\varphi_n + \varphi)}} - 0,5 \cdot (G_2 + G_3) \cdot \ell_2 \cdot \cos(\theta + \varphi_y + \varphi) \right] \times \right. \\ \left. \times \frac{\ell_4 \sin(\alpha + w - \varphi_y - \varphi)}{\ell_2 \cdot \sin \omega} - (G_k + G_r \frac{\alpha - \alpha_y}{\alpha_k}) \cdot 1,2 \cdot \ell_4 \cos(0,5\delta + \theta + \alpha) - 0,5 G_3 \cdot \ell_4 \cos(\theta + \alpha) \right\}; \quad (2.10)$$

За цими формулами враховують залежність дотичного зусилля від координат кріплення корпусу і штока обраного гідроциліндра, тобто від кута  $\gamma_n$ . Зі зміною кута  $\gamma_n$  змінюються координати  $\rho$  і  $\ell$ , а отже, і дотичне зусилля. Таким чином, виявляється доцільним використовувати ПК для виявлення залежності координат  $\rho$  і  $\ell$  від кута  $\gamma_n$ , а також дотичного зусилля від кутів  $\gamma$  і  $\gamma_n$ . Оскільки координати  $\rho$  і  $\ell$  залежать від ходу поршня гідроциліндра, а також від повного кута  $\gamma_0$  повороту рукояті або ковша, за допомогою ПК можна встановити залежність геометричних параметрів механізмів, а потім і



дотичного зусилля від кутів  $\gamma_n, \gamma_o$ , ходу  $s$ , діаметра  $D$  поршня тиску –  $P_u$  в гідроциліндрі.

В результаті розрахунку отримано наступний графік залежності зусилля копання від кута повороту рукояті і ковша (рис. 2.5).

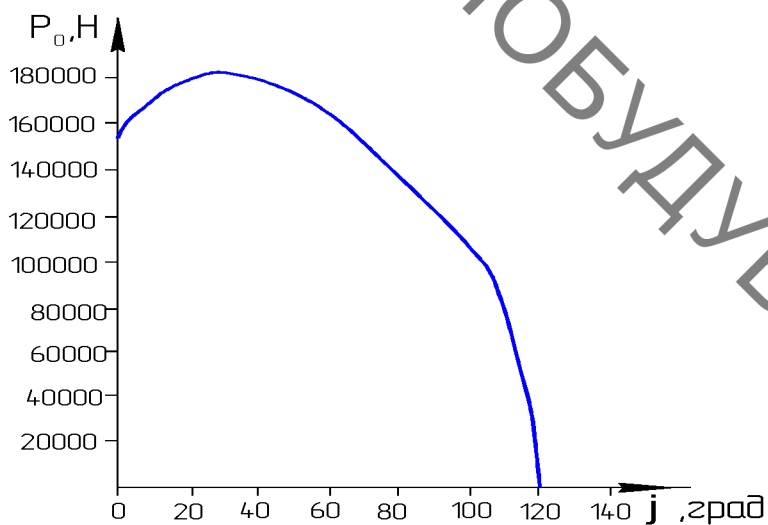
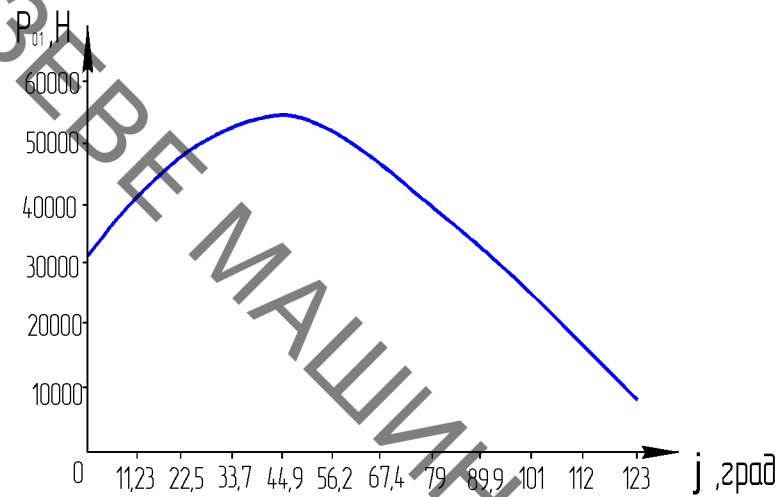


Рисунок 2.5 – Залежність зусилля копання від кута повороту рукояті

Дотичне зусилля на ріжучій кромці ковша обмежується реактивними зусиллями в нерухомих циліндрах стріли і ковша при копанні поворотом рукояті або в нерухомих циліндрах стріли і рукояті при копанні поворотом ковша, а також умовами стійкості екскаватора. Тому реактивні зусилля на штоках нерухомих гідроциліндрів визначаємо по відомим дотичним зусиллям на ріжучій кромці ковша.

Обчисливши зусилля  $P_{01}$  для відповідних положень рукояті, визначаємо реактивні зусилля на штоках нерухомих гідроциліндрів:

– стріли: 
$$F_{uc} \rightarrow \sum M_A = 0; , \quad (2.11)$$

$$F_{uc} = \frac{1}{2r_{uc}} [P_{01}r'_{0A} - P_{02}r'_{0A} + G_{k+r}r_{kA} + G_p r_{pA} + G_c r_{cA} + G_{uc} r_A + 0,5G_{up}(r'_A + r''_A)]; \quad (2.12)$$

– ковша: 
$$F_{uc} \rightarrow \sum M_c = 0; , \quad (2.13)$$

$$F_{uc} = \frac{(P_{01} \cdot r_{0c} \pm G_{uc} \cdot r_{uc})r_{TD}}{r_{UD} \cdot r_{TC}}, \quad (2.14)$$

де  $r$  – довжини плечей відповідних сил щодо точок  $A$ ,  $C$  і  $D$ ;  $P_{01}, P_{02}$  – дотичні зусилля на ріжучої кромці ковша.

$$P_{01} = 53994,23H; \quad P_{02} = 0,2P_{01} = 0,2 \cdot 53994,23 = 10798,846H;$$

вага ковша з ґрунтом, приймаємо, що ківш в цьому положенні заповнений на половину:

$$G_{k+r} = (m_k + 0,5m_r)g, \quad (2.15)$$

$$G_{k+r} = (1204 + 0,5 \cdot 1500 \cdot 0,65) \cdot 9,81 = 16576,7H;$$

Вага рукоятки: 
$$G_{PUC} = m_{PUC} \cdot g = 1288 \cdot 10 = 12880H;$$

Вага стріли: 
$$G_{CTP} = m_{CTP} \cdot g = 3416 \cdot 10 = 34160H;$$

$G_{uc}, G_{up}, G_{uc}$  – вага відповідно ковша, рукоятки, стріли.  $G_{ui} = m_i g$ .

$$F_{\text{цс}} = \frac{1}{2 \cdot 0,77} [53994,2 \cdot 5,32 - 10798 \cdot 6,21 + 16576,7 \cdot 4,01 - 12880 \cdot 4,39 - 34160 \cdot 2,28 - 1765,8 \cdot 4,99 - 0,5 \cdot 1765,8(5,27 + 3,49)] = 87116,62 \text{ Н}.$$

$$F_{\text{цк}} = \frac{(53994,23 \cdot 1,4 - 16576,70 \cdot 0,28)}{0,54 \cdot 0,71} = 119870 \text{ Н}.$$

За відомим зусиллям  $P_{01}$  для відповідних положень ковша знаходимо реактивні зусилля на штоках нерухомих гідроциліндрів:

$$\text{рукояті: } F_{\text{цр}} \rightarrow \sum M_B = 0, \quad (2.16)$$

$$F_{\text{цр}} = \frac{1}{r_{\text{цр}}} (P_{01} r_{0B} + P_{02} r'_{0B} - G_{\text{кр}} r_{\text{кв}} + G_p r_{pB} - 0,5 G_{\text{цр}} r_B - G_{\text{цк}} r_{\text{кв}}); \quad (2.17)$$

$$\text{стріли: } F_{\text{цс}} \rightarrow \sum M_A = 0, \quad (2.18)$$

$$F_{\text{цс}} = \frac{1}{2r_{\text{цс}}} (P_{01} r_{0A} \pm P_{02} r'_{0A} - G_{\text{кр}} r_{\text{кв}} - G_p r_{pA} - G_c r_{cA} - G_{\text{цс}} r'_{\text{цс}} - G_{\text{цр}} r'_{\text{цр}} - G_{\text{цк}} r''_{\text{цк}}), \quad (2.19)$$

де  $r$  вимірюють безпосередньо за розрахунковою схемою, побудованою в довільному масштабі.

$$F_{\text{цр}} = \frac{1}{2 \cdot 0,78} (181390 \cdot 2,95 + 0,2 \cdot 181390 \cdot 7,18 + 16576,70 \cdot 0,97 + 12880 \cdot 0,352 - 0,5 \cdot 1765,8 \cdot 0,53 - 1765,8 \cdot 0,25) = 900099,91 \text{ Н}.$$

$$F_{\text{цс}} = \frac{1}{2 \cdot 0,78} (181390 \cdot 2,96 + 0,2 \cdot 181390 \cdot 7,18 - 16576 \cdot 3,77 + 12880 \cdot 4,39 - 34160 \cdot 2,29 - 1765,8 \cdot 1,46 - 1765,8 \cdot 4,38 - 1765,8 \cdot 4,99) = 270964,89 \text{ Н}.$$

За знайденими реактивним зусиллям визначають реактивні тиски в циліндрах стріли, ковша і рукояті з урахуванням того, яка порожнину гідроциліндрів працює:

$$P_{\text{нс}} = \frac{4F_{\text{цс}}}{\pi D^2}; \quad (2.20)$$

$$P_{usc} = \frac{4F_{yc}}{\pi(D^2 - d^2)}, \quad (2.21)$$

стріли:

$$P_{ПС} = \frac{4 \cdot 270964,89}{3,14 \cdot 0,09^2} = 42,57 \text{ МПа};$$

$$P_{шс} = \frac{4 \cdot 270964,89}{3,14 \cdot (0,09^2 - 0,05^2)} = 61,58 \text{ МПа};$$

рукоятки:

$$P_{ПР} = \frac{4 \cdot 415567}{3,14 \cdot 0,05^2} = 65,35 \text{ МПа};$$

$$P_{шр} = \frac{4 \cdot 415567}{3,14 \cdot (0,05^2 - 0,09^2)} = 94,53 \text{ МПа};$$

ковша:

$$P_{ПК} = \frac{4 \cdot 119870}{3,14 \cdot 0,125^2} = 9,77 \text{ МПа};$$

$$P_{шр} = \frac{4 \cdot 119870}{3,14 \cdot (0,125^2 - 0,065^2)} = 13,39 \text{ МПа};$$

де  $P_n$ ,  $P_{ш}$  – реактивний тиск відповідно в поршневій і штоковій порожнині;  
 $F_y$  – реактивне зусилля на штоку гідроциліндра.

Якщо реактивний тиск перевищує номінальне не менше ніж в 1,2-1,5 рази, необхідно передбачити установку запобіжного клапана у відповідній магістралі.

### **2.3 Визначення максимальних навантажень що сприймаються модернізованим робочим обладнанням – зворотна лопата.**

Максимальні навантаження на робоче обладнання зворотної лопати діють при копанні поворотом ковша. При цьому реактивний тиск в циліндрі рукояті не може бути вище граничного значення  $P_{max} = (1,2 \dots 1,5) P_H$ , де  $P_H$  – тиск в гідроприводі.

$$P_{\max} = 1,2 \cdot P_H = 1,2 \cdot 25 \cdot 10^6 = 30 \text{ МПа}.$$

Максимальна реактивне зусилля в циліндрі рукояті (при роботі поршневою порожниною):

$$F_{\text{црт}} = P_{\max} \frac{\pi D^2}{4} = 30 \cdot 10^6 \frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} = 190,75 \text{ кН}.$$

Навантаження на робоче обладнання досягають максимальних значень приблизно у другій позиції рукояті при копанні поворотом ковша приблизно в четвертому положенні. При цьому зусилля на зубах ковша  $P_{01}$  не може бути більше, ніж при копанні поворотом рукояті з максимальним реактивним зусиллям в її циліндрі. Зусилля  $P_{01}$ , перпендикулярний до радіуса ковша, знаходимо за умови  $\Sigma M_B = 0$ :

$$P_{01} = \frac{1}{r_{os} + 0,2r'_{os}} (F_{\text{црт}} \cdot r_{\text{цп}} - G_{kr} \cdot r_{\text{кв}} - G_p r_{\text{рв}} + G_{\text{чк}} \cdot r'_{\text{чв}} + 0,5G_{\text{чп}} \cdot r''_{\text{чв}}); \quad (2.22)$$

де  $G_{kr}$  – сила тяжіння ковша з ґрунтом, наповненого на  $\frac{1}{2}$  своєї місткості.

Довжину плечей сил беремо з розрахункової схеми. Нормальна складова  $P_{02} = 0,2P_{01}$ .

Навантаження на робоче обладнання досягають максимальних значень при повороті рукоятки від початкового положення на  $44,928^\circ$ , при цьому зусилля на зубах ковша  $P = 53,99423 \text{ кН}$ .

Зусилля в тязі ковша:

$$T = \frac{1}{r_{\text{Тс}}} (P_{01} \cdot R - G_{kr} \cdot r_{\text{кв}}), \quad (2.23)$$

$$T = \frac{1}{0,54} (53,99 \cdot 1,4 - 16576,70 \cdot 0,28) = 131,38 \text{ кН}.$$

Активне зусилля в циліндрі ковша за умови рівноваги важеля:

$$F_{цк} = T \cdot \frac{r_{ТД}}{r_{цД}}, \quad (2.24)$$

$$F_{цк} = 131,38 \frac{0,65}{0,71} = 120,27 \text{ кН}.$$

де  $r_{цД}$ ,  $r_{ТД}$  – довжина плеча сили відповідно  $F_{цк}$  і  $T$ .

Зусилля по величині і напрямку у всіх шарнірах робочого обладнання визначаємо графічно. Для цього будемо багатокутники сил за розрахунковою схемою наведеної в на рисунку 2.6.

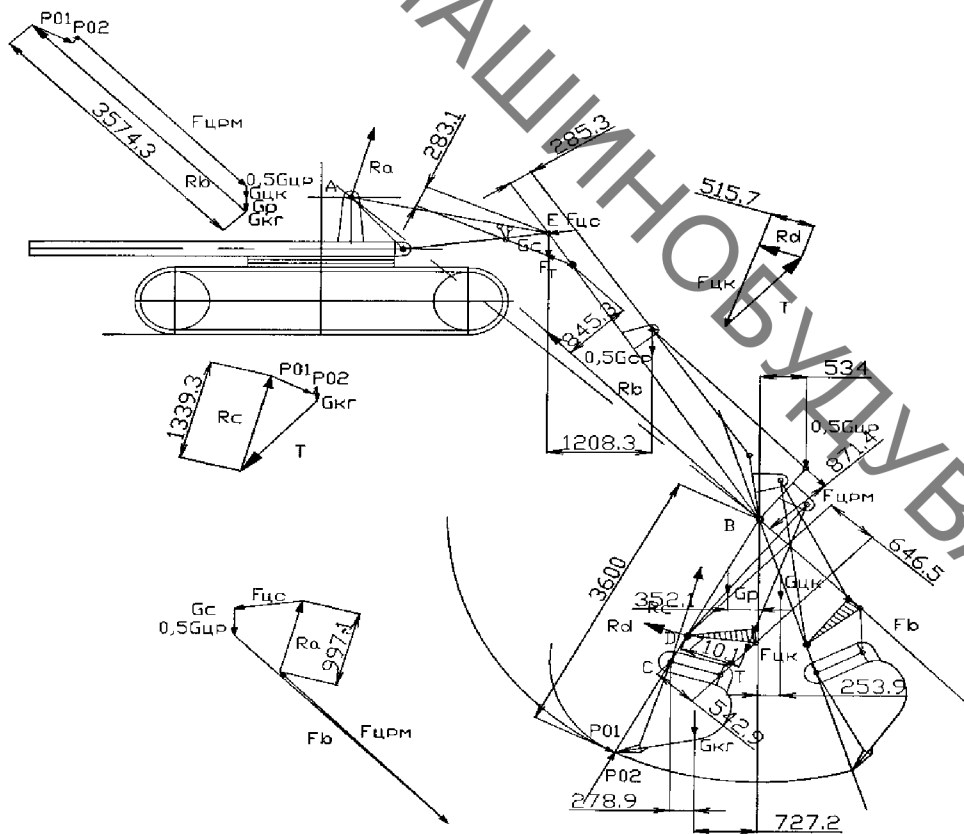


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема для визначення максимальних навантажень.

Звідси:

– реакцію в точці  $D$  знаходимо побудовою багатокутника сил  $T = 129,707 \text{ кН}$ ,  $F_{цк} = 118,087 \text{ кН}$ . Звідси  $R_D = 51,57 \text{ кН}$ ;

– реакцію в точці  $C$  знаходимо побудовою багатокутника сил  $F = 129,707 \text{ кН}$ ;  $G_{\kappa+r} = 18,5517 \text{ кН}$ ;  $P_{02} = 10,779 \text{ кН}$ ;  $P_{01} = 53,994 \text{ кН}$ . Звідси –  $R_c = 133,93 \text{ кН}$ ;

– реакцію в точці  $B$  знаходимо побудовою багатокутника сил  $P_{01} = 53,994 \text{ кН}$ ;  $P_{01} = 53,994 \text{ кН}$ ;  $G_{\text{цк}} = 1,77 \text{ кН}$   $F_{\text{црм}} = 190,75 \text{ кН}$ ;  $0,5G_{\text{цр}} = 0,88 \text{ кН}$ ;  $G_p = 12,8 \text{ кН}$ ;  $G_{\kappa+\Gamma} = 16,576 \text{ кН}$ . Звідси –  $R_B = 323,92 \text{ кН}$ ;

– реакцію в точці  $A$  знаходиться побудовою багатокутника сил  $F_{\text{цс}} = 79,977 \text{ кН}$ ;  $0,5G_{\text{цр}} = 0,883 \text{ кН}$ ;  $F_B$  – рівнодіюча сил спрямована зворотно реакції  $R_B = 323,92 \text{ кН}$ . Звідси –  $R_A = 99,71 \text{ кН}$ .

#### 2.4 Визначення продуктивності екскаватора з модернізованим ковшем і визначення ефективності нової конструкції на підставі зіставлення результатів з базовою машиною.

Експлуатаційна годинна продуктивність  $\Pi_e$  екскаватора:

$$\Pi_e = q \frac{3600 \cdot K_H}{t_y \cdot K_p} K_B \quad (2.25)$$

де  $q$  – геометрична місткість ковша ( $q = 0,65 \text{ м}^3$  – базовий ковш,  $q' = 0,65 + 0,55 = 1,2 \text{ м}^3$  – місткість планувального ковша, м<sup>3</sup>);

$K_H$  – коефіцієнт наповнення ковша,  $K_H = 0,9 \dots 1,1$ ;

$t_y = 20 \text{ с}$  – тривалість робочого циклу, с;

$K_p$  – коефіцієнт розпушення ґрунту,  $K_p = 1,15 \dots 1,4$ ;

$K_B$  – коефіцієнт використання екскаватора за часом,  $K_B = 0,6, \dots 0,8$ .

Експлуатаційна годинна продуктивність  $\Pi_e$  базового екскаватора:

$$P_E = 0,65 \frac{3600 \cdot 0,9}{20 \cdot 1,20} 0,7 = 61,4 \text{ м}^3 / \text{год},$$

Експлуатаційна годинна продуктивність  $P_e$  нового екскаватора:

$$P'_E = 1,2 \frac{3600 \cdot 0,9}{20 \cdot 1,20} 0,7 = 113 \text{ м}^3 / \text{год},$$

Експлуатаційна змінна продуктивність  $P_{e.зм}$  екскаватора:

базова конструкція:  $P_{E.зм} = t \cdot P_E = 8,2 \cdot 61,4 = 503,68 \text{ м}^3 / \text{см};$

нова конструкція:  $P'_{E.зм} = t \cdot P'_E = 8,2 \cdot 113 = 929,78 \text{ м}^3 / \text{см};$

де  $t=8,2 \text{ год}$ — тривалість зміни, год.

Визначення ефективності нової конструкції:

$$K_{Pe} = \frac{P'_e}{P_e}; \quad K_{Pe.зм} = \frac{P'_{e.зм}}{P_{e.зм}} \quad (2.26)$$

де  $K_{Pe}$  і  $K_{Pe.зм}$ — коефіцієнти визначають ефективність нової конструкції на підставі зіставлення результатів розрахунку годинна  $P_e$  і змінної продуктивності  $P_{e.зм}$  екскаватора.

$$K_{Pe} = \frac{113}{61,4} = 1,84;$$

$$K_{Pe} = \frac{929,78}{503,68} = 1,846.$$

Визначення коефіцієнта ефективності нової техніки, що базується на результатах розрахунку продуктивності дозволив довести працездатність і ефективність нового технічного рішення, яка в 1,84 рази вище показників базової машини.



## 2.5 Визначення раціональних параметрів робочого органу екскаватора

Модернізований ківш підвищеної ємності навішується на робоче обладнання екскаватора (прототипом якого є ЕО-4224) як комплект спареного обладнання, до складу якого входить: базова машина, механізми управління, стріла, рукоять і ківш. Причому ківш, оснащений ножовою системою (за прикладом відвальних робочих органів), розпушувальним обладнанням і відвальною поверхнею (рис. 2.7).

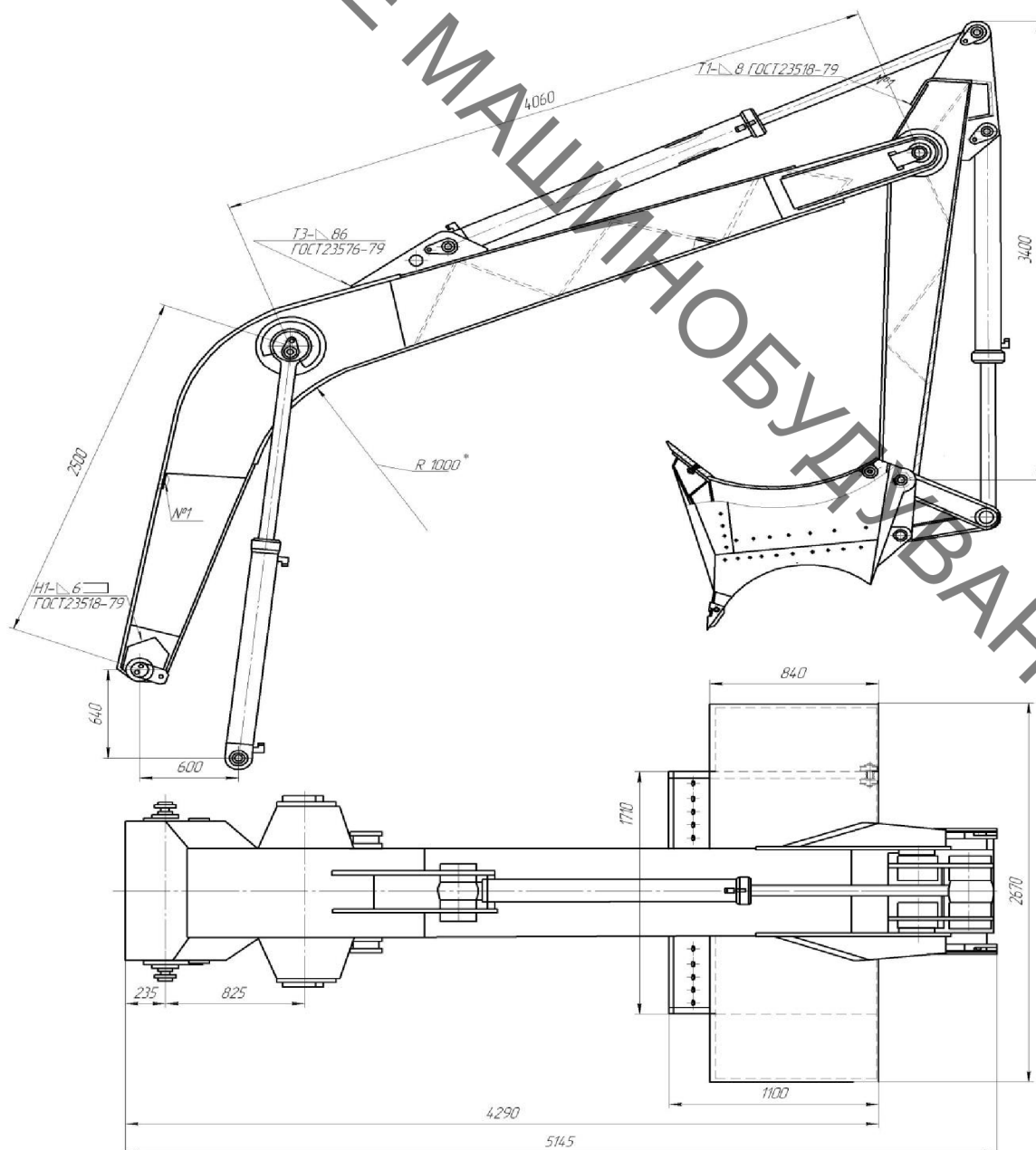


Рисунок 2.7 – Робочий орган екскаватора, оснащений відвальною поверхнею і розпушувальними зубами.

Для затвердження вірного шляху модернізації проведемо розрахунок основних параметрів ковша і спроекуємо його.

Основні параметри будівельних екскаваторів регламентовані ГОСТ 17383-83. Розміри ковша з напівкруглої кромкою знаходяться за такими формулами:

$$\text{Ємкість ковша: } V = BHL, \quad (2.27)$$

$$\text{де } B \text{ – довжина ковша, м: } b = 1,7q^{1/3} - 0,5, \quad (2.28)$$

$$b = 1,7\sqrt[3]{1,2} = 1,71\text{м}$$

$$H \text{ – висота ковша, м: } H = 885 \sqrt[3]{V}, \quad (2.29)$$

$$H = 885 \sqrt[3]{1,2} = 1,2\text{м}$$

$$L \text{ – ширина ковша, м: } L_o = 770 \sqrt[3]{V}, \quad (2.30)$$

$$L_o = 770 \sqrt[3]{1,2} = 1,35\text{м}$$

$$L_1 = 0.45L, \quad (2.31)$$

$$\text{Висота задньої стінки ковша: } H_1 = 1000 \sqrt[3]{V}, \quad (2.32)$$

$$H_1 = 1000 \sqrt[3]{0,65} = 0,87\text{м}$$

$$\text{Висота бокових граней ковша: } H_2 = Ro + K, \quad (2.33)$$

$$\text{Висота ковша з кріпильними елементами: } H_3 = 1140 \sqrt[3]{V}, \quad (2.34)$$

$$H_3 = 1140 \sqrt[3]{1,2} = 1,30\text{м}$$

$$\text{Радіус криволінійної поверхні ковша: } Ro = 0,5B, \quad (2.35)$$

$$R_2 = R_K + 0,21K, \quad (2.36)$$

$$R_K = Ro + So, \quad (2.37)$$

Радіус ковша, тобто відстань між оссю шарніра кріплення ковша до рукоятки і ножом, м:

$$R = 1,25 \cdot q^{1/3} + 0,25, \quad (2.38)$$

$$R = 1,05 \sqrt[3]{1,2} = 1,38 \text{ м}$$

де  $q$  – місткість ковша проектованого екскаватора, м<sup>3</sup>.

Товщина дна ковша:  $S_0 = 37 \sqrt[3]{V}, \quad (2.39)$

$$S_0 = 37 \sqrt[3]{0,65} = 32 \text{ мм}$$

Конструктивна схема позначення розмірів ковша представлено на рис. 2.8

Отримані розміри були зіставлені з сучасними зразками ковшів екскаваторів, а також з розмірами зазначеними в ГОСТ 17383-83.

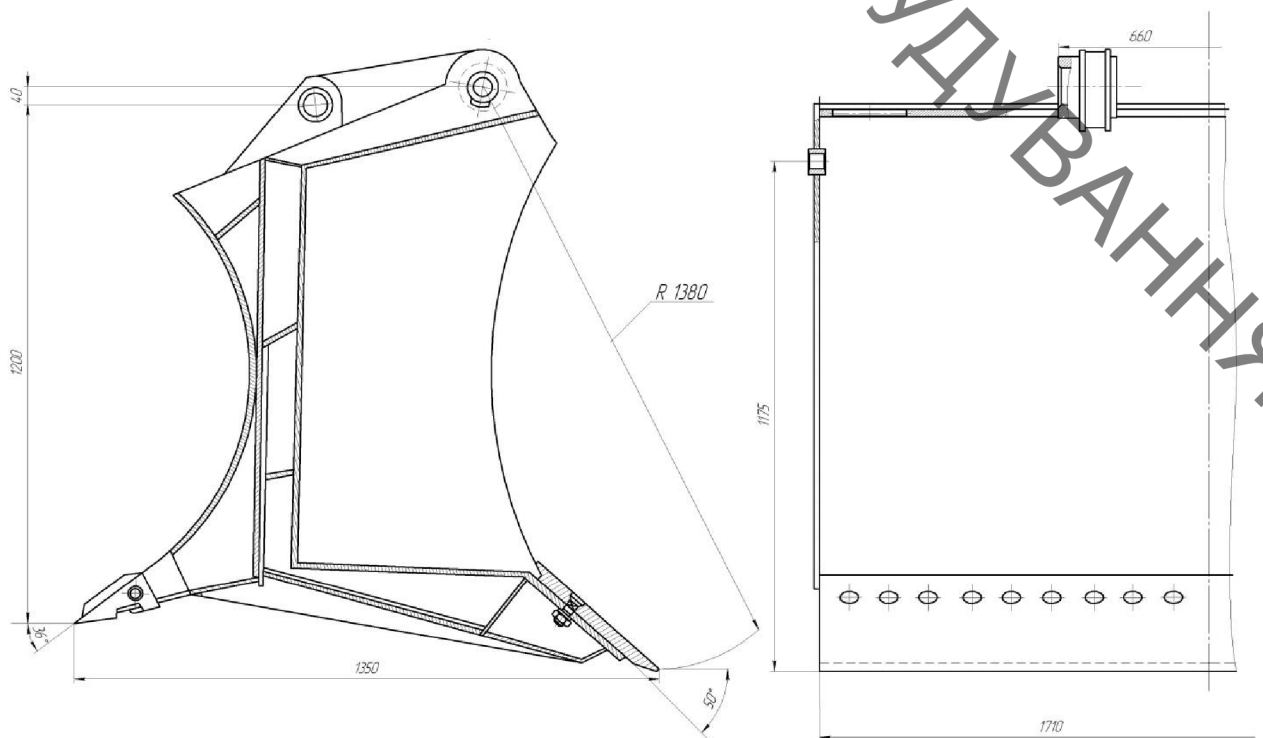


Рисунок 2.8 – Основні розміри ковшів зворотної лопати з напівкруглою ріжучою кромкою.

Далі відповідно до прийнятих принциповими рішеннями по конструкції екскаваторного робочого органу орієнтовно була визначена забезпечена мінімальна маса металоконструкції ковша:

$$m = (0,6 \dots 1,7) V, \quad (2.40)$$

$$m = 0,63 \times 1,2 = 750 \text{ кг}$$

Грунтуючись на теоретичних даних, прийнемо, для зменшення сил опору копання кут різання ріжучої кромки ковша  $\alpha_p = 45^\circ$ .

Основні геометричні параметри модернізованого ковша наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри модернізованого екскаваторного ковша

1	Ширина ковша, мм	1350
2	Висота ковша, мм.	1300
3	Довжина ковша, мм.	1710
4	Радіус ковша, мм.	1380
5	Кут різання кромки ковша, град.	45
6	Кут різання зубів ковша, град.	45
7	Кількість зубів, шт.	4
8	Маса коша, т.	0,75

## 2.6 Визначення раціональних розмірів відвальної поверхні.

1. Визначимо дотичну складову опору ґрунту копання –  $P_{01}$  (Н) визначаємо за формулою [21]:

$$P_{01} = \frac{K_r \cdot q_k \cdot K_H}{K_p \cdot R_k}, \quad (2.41)$$

де  $K_r$  – питомий опір ґрунту копання, за даними при копанні немерзлих ґрунтів III групи, типу – суглинок, ковшем  $K_r = 14 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ;

$q_k$  – ємкість ковша,  $\text{м}^3$ ;

$K_p$  – коефіцієнт рихлення ґрунту, для мерзлих ґрунтів,  $K_p = 1,1$  [22].

Вага ковша з ґрунтом  $\delta_{k+r}$  (Н) визначаємо за формулою:

$$\delta_{k+r} = \delta_k + \delta_r = K_M \cdot q_k \cdot q + \frac{\rho_r \cdot q_k \cdot K_H}{K_p} \cdot q, \quad (2.42)$$

де  $\delta_k$ ,  $\delta_r$  – відповідно вага ковша і ґрунту в ковші, Н;

$q$  – пришвидшення вільного падіння,  $q = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$K_M$  – питома матеріаломісткість ковша,  $K_M = 800 \text{ кг/м}^3$  [21];

$\rho_r$  – щільність ґрунту, для немерзлих ґрунту III групи типу – суглинок

$\rho_r = 1700 \text{ кг/м}^3$  [22];

$K_H$  – коефіцієнт наповнення ковша, приймаємо  $K_H = 1,0$ .

$$P_{oi} = \frac{14 \cdot 10^4 \cdot 1,2 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 9,3} = 10626 \text{ Н}.$$

2. Довжину відвальної поверхні вибирають з розрахунку перекриття габариту базової машини по ширині.

Приймаємо:  $L = 2670 \text{ мм}$ .

3. Висоту відвальної поверхні визначають залежно від конструктивних параметрів ковша і уточнимо їх методом розрахунку на підставі існуючих показань зусиль, що розвиваються базовою машиною, мм

$$H \approx 500 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot T_T} - 0,5 \cdot T_T = 500 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot 10626} - 0,5 \cdot 10626 = 1025 \text{ мм} \quad (2.43)$$

Приймаємо:  $H = 1025 \text{ мм}$ .

Визначимо конструктивні параметри методом побудови і знаходження невідомої графо-аналітично.

Побудова профілю виконується відповідно до рис. 2.9, в такий спосіб. З точки  $O$  (початок координат) проводять пряму  $O-A$  під кутом  $\varepsilon$  і пряму  $O-B$  під кутом  $\alpha$  до осі абсцис. Точка  $A$  виходить в результаті перетину прямої  $O-A$  з горизонталлю, проведеної на відстані  $H$  від осі абсцис, а точка  $B$  лежить на відстані  $a$  від точки  $O$ . З точки  $A$  проводиться пряма під кутом перекидання  $\beta$ , що є дотичною до профілю відвалу в цій точці. Перпендикуляр до цієї дотичної  $AO$  перетинається з перпендикуляром до дотичній  $OB$  в центрі профілю відвалу, звідки радіусом  $O_1A=O_1B=R$  може бути окреслений профіль криволінійної частини відвалу.

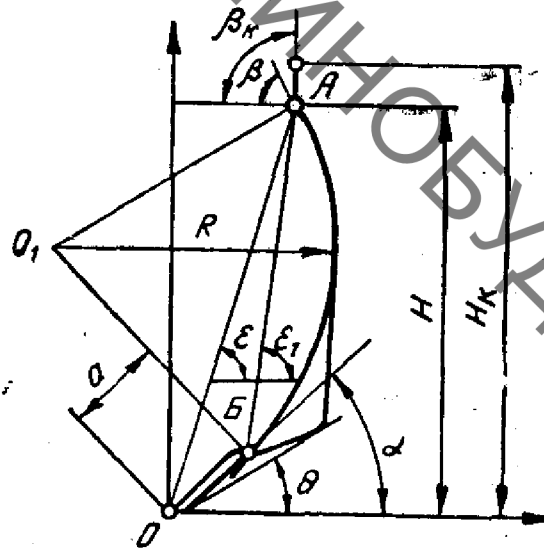


Рисунок 2.9 – Профіль відвальної поверхні.

Приймаємо  $\alpha = 50^\circ$ ,  $\varepsilon = 75^\circ$ .

5. Постійний радіус кривизни, *мм*

$$R = (0,8...0,9) \cdot H = 0,85 \cdot 1025 = 1000 \text{ мм} \quad (2.44)$$

6. Кут нахилу криволінійної частини профілю отримуємо з умови,

$$2 \cdot \varepsilon_1 - \alpha + \beta = 180^\circ, \quad (2.45)$$

відповідно  $2 \cdot \varepsilon_1 - 50^\circ + 70^\circ = 180^\circ$ ,

$$\text{тоді } \varepsilon_1 = \frac{180^\circ + 50^\circ - 70^\circ}{2} = 80^\circ.$$

7. Кут нахилу криволінійної частини профілю отримуємо за формулою

$$\varepsilon_1 = \operatorname{arctg} \left( \frac{H - a \cdot \sin \alpha}{H \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon - a \cdot \cos \alpha} \right), \text{ град} \quad (2.46)$$

$$\varepsilon_1 = \operatorname{arctg} \left( \frac{1154 - 200 \cdot \sin 50^\circ}{1154 \cdot \operatorname{ctg} 75^\circ - 200 \cdot \cos 50^\circ} \right) = 89,95 \approx 92^\circ$$

Опираючись на графічні побудови і конструктивні особливості, приймаємо  $\varepsilon_1 = 92^\circ$ .

Товщина лобового листа визначається орієнтовно в залежності від номінального тягового зусилля. Схема відвальної поверхні з основними габаритними розмірами представлена на рис. 2.10.

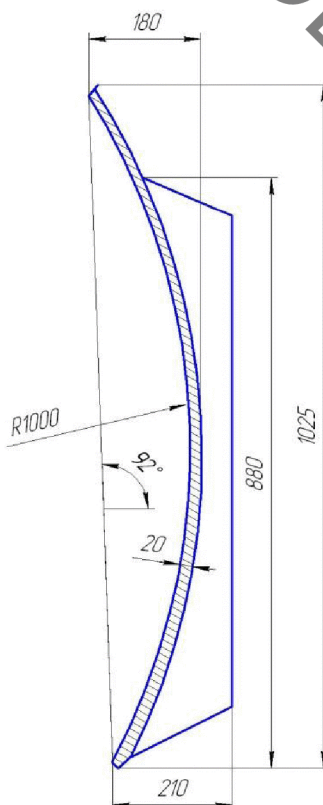


Рисунок 2.10 – Схема відвальної поверхні з основними габаритними розмірами.

### Конструкція відвальної поверхні

Відвальна поверхня виконана з листової сталі 09Г2С з ребрами жорсткості. Ширина листа була прийнята з урахуванням забезпечення приросту переміщеної призми (і можливості виконувати планувальні роботи) в середньому на 50%, а також попереднього міцнісного розрахунку. Товщина листа прийнята рівною 20мм.

Решту конструктивних параметрів підбираємо за графо-аналітичним методом, який ґрунтується на побудові конструкції і знаходженні її параметрів під час креслення наявних параметрів конструкції. В результаті побудови була обрана і обґрунтована конструкція відвальної поверхні наведеної на рис. 2.11.

Конструктивні параметри ковша оснащеного відвальною поверхнею представлені в табл. 2.3. Загальний вигляд робочого органу з відвальною поверхнею наведено на рис. 2.12.

Таблиця 2.3 – Параметри модернізованого екскаваторного ковша з відвальною поверхнею

1	Ширина ковша з відвальною поверхнею, мм	1350
2	Висота ковша з відвальною поверхнею, мм	1300
3	Довжина ковша з відвальною поверхнею, мм	2670
4	Радіус кривизни лобової поверхні, мм	900
5	Кут різання, град	45
6	Маса ковша з відвальною поверхнею, т	0,9

#### 2.7 Розрахунок розпушувального елемента планувального ковша.

До основних параметрів розпушувача відносяться: максимальна глибина розробки ґрунту  $H$ ; ширина  $B$ ; кут взаємодії розроблюваного ґрунту  $\alpha$ ; відстань від нижньої точки рами до опорної поверхні при максимальній глибині розробки ґрунту  $H$ ; задній кут в'їзду  $\psi$  (рис. 2.13).



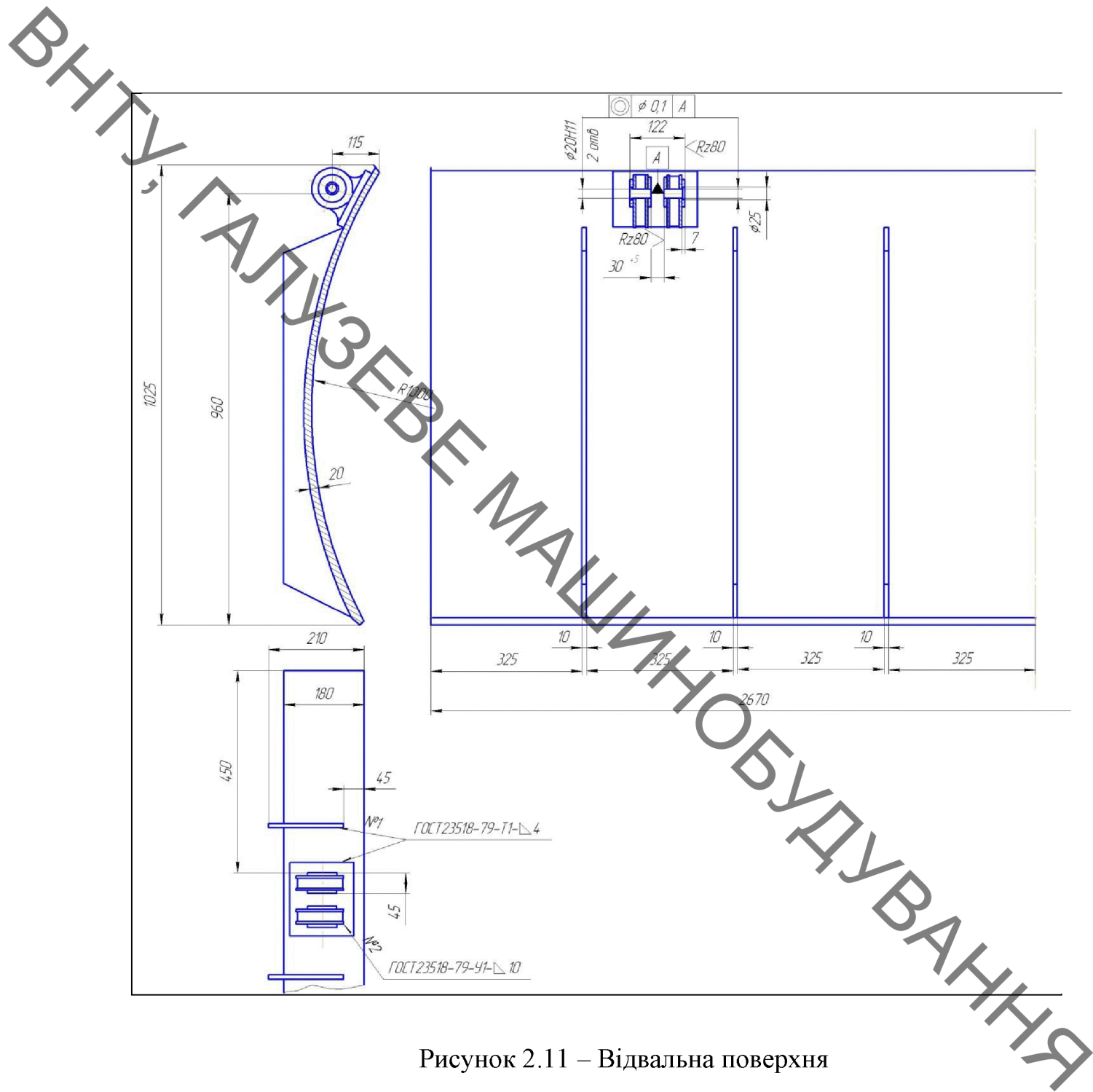


Рисунок 2.11 – Відвальна поверхня

1. Визначимо вертикальну складову зусилля розробки  $R_H$ , яку визначають по горизонтальній складовій  $R_r$  і кутом взаємодії:

$$R_H = R_r \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi_1) = 442 \operatorname{ctg}(45^\circ + 55^\circ) = 80,36 \text{ Н} \quad (2.47)$$

де  $\alpha$  – кут взаємодії першої секції, град;  $\alpha = 30^\circ - 45^\circ$ ;

$\varphi_1$  – кут тертя ґрунту по матеріалу наконечника розпушувача,  $\varphi_1 = 55^\circ$ .

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

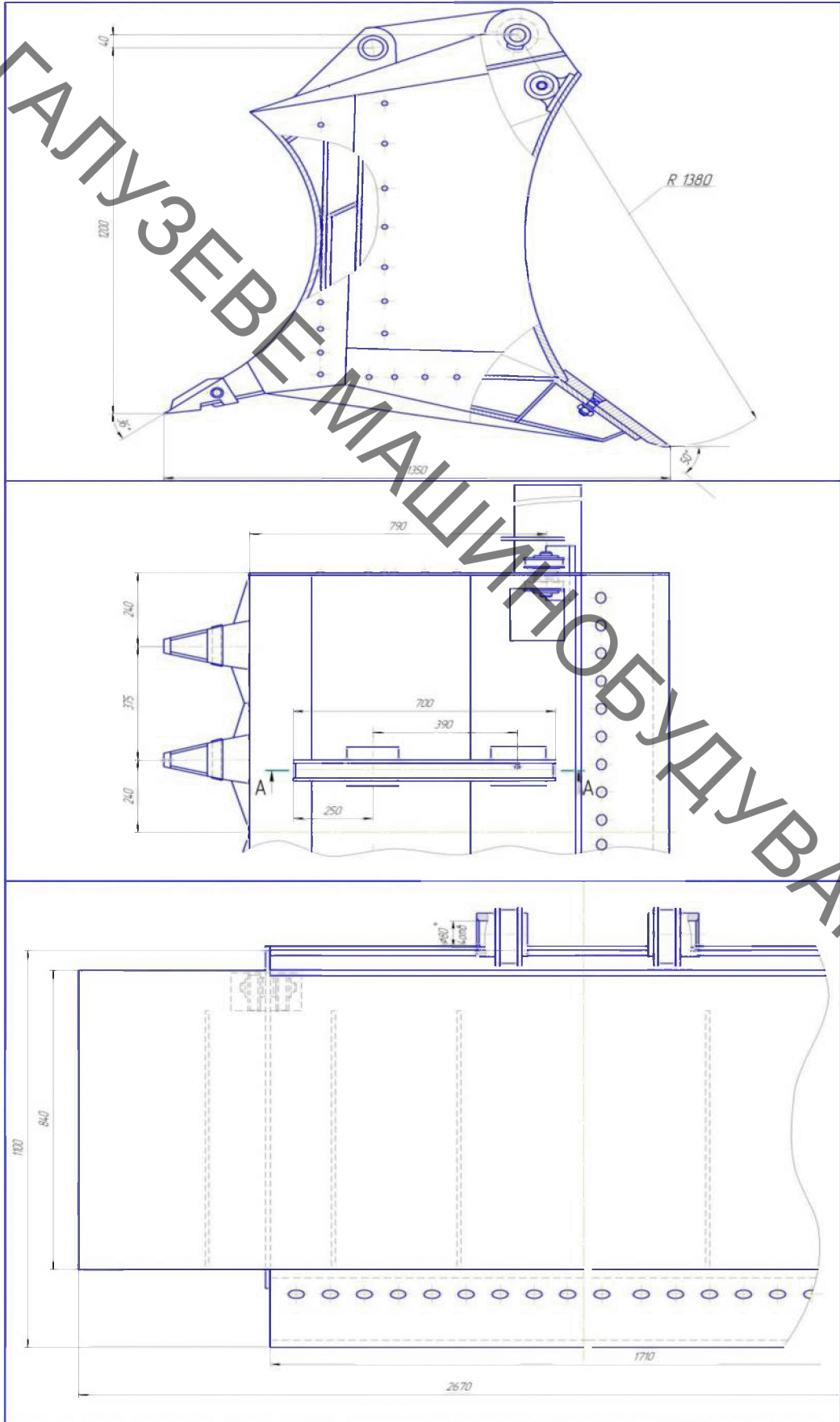


Рисунок 2.12 – Ковш оснащений відвальною поверхнею

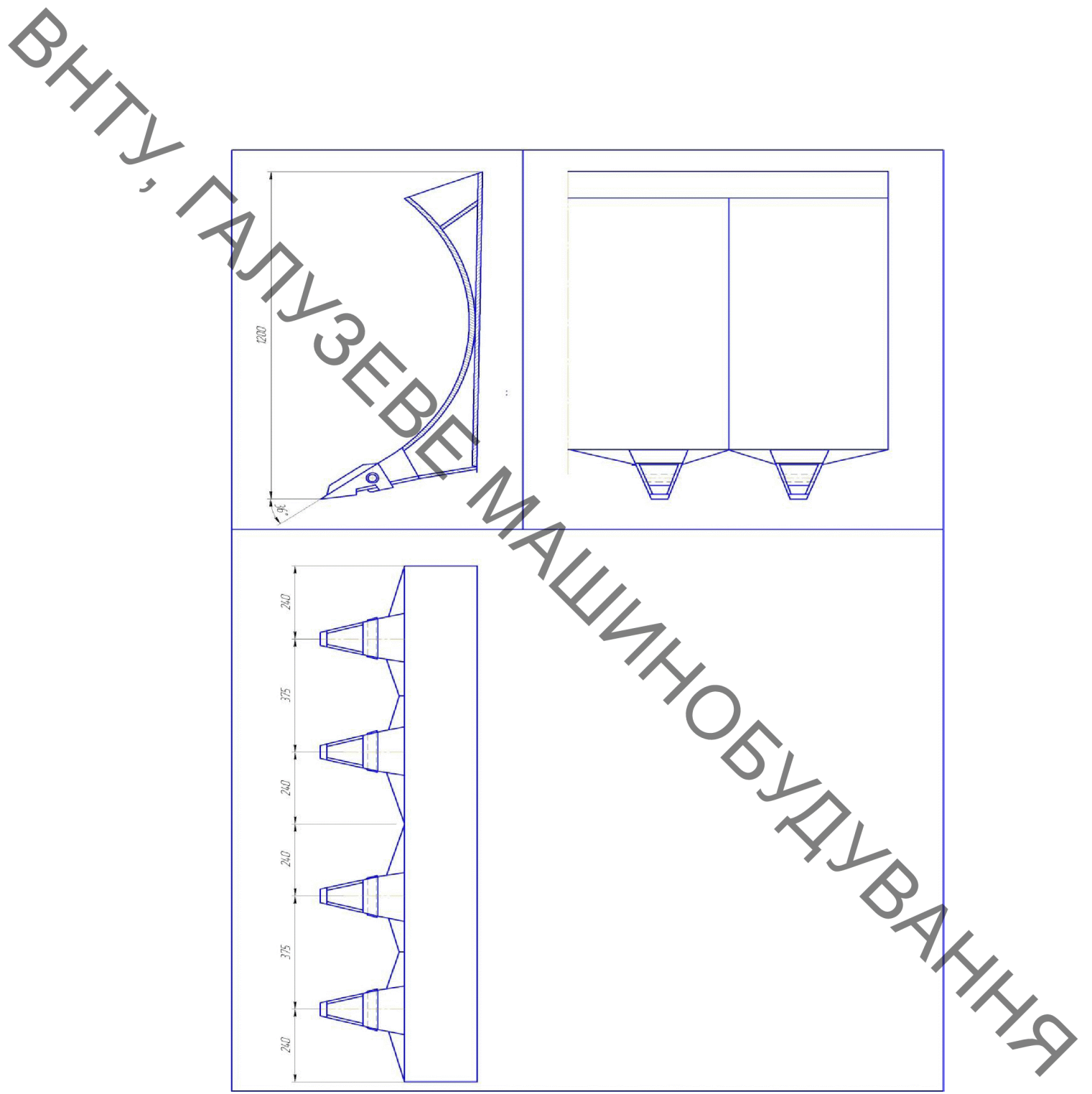


Рисунок 2.13 – Схема розпушувального елемента

Горизонтальна складова зусилля розпушення дорівнює:

$$R_r = h_1^2 \sigma_p = 0,48^2 \cdot 1920 = 442 \text{ кН}, \quad (2.48)$$

де  $h_1$  – глибина зони розвалу м, (див. рис. 2.1);

$\sigma_p$  – межа міцності ґрунта при розтягу Н/м<sup>2</sup> ,

Глибина розвалу визначається із залежності:

$$h_1 = KH = 0,8 \cdot 0,6 = 0,48 \text{ м}, \quad (2.49)$$

де  $K$  – коефіцієнт розширення бокової частини прорізи,  $K = 0,6-0,8$ .

2. Кут взаємодії з ґрунтом багатосекційного розпушувача.

Кут розроблення ґрунту вибирають виходячи з умов забезпечення міцності ножа розпушувача і задовільного заднього кута розпушування. Рекомендується приймати з  $\alpha = 30^\circ \div 45^\circ$ , при задньому куті розпушування не менше  $7^\circ \div 8^\circ$ . У зв'язку з вище сказаним приймаємо такий кут взаємодії:

$$\alpha_1 = 36^\circ.$$

3. Визначення максимальної глибини розробки ґрунту багатосекційним розпушувачем.

Розглядаючи стандартну методику (ГОСТ 7425-71) визначення максимальної глибини розпушування і комбінуючи її під розпушувач ковша планувальника, визначаємо, що оптимальна глибина розробки ґрунту  $h_{opt}$  не повинна перевищувати критичні показники:

$$h_{max} = 2,5 \dots 4,0 B_{сер} = 0,5 \text{ м},$$

де  $B_{сер}$  – середня арифметична ширина розпушувача. Приймаємо  $h_{max} = 0,5 \text{ м}$ .

Найменше значення максимальної глибини розробки ґрунту відповідає пластичним ґрунтам (глини, суглинки), а великі значення – крихким ґрунтам (піски, супіски).

Знаючи максимально допустиму глибину різання, приймаємо такі конструктивні розміри багатосекційного розпушувача:

$$h_{рпх} = h_{max} - \left(\frac{B}{2}\right) \sin \alpha = 1 - (0,50) \sin 30 = 0,3 \text{ м}.$$

4. Визначення зусиль заглиблення і виглиблення зубів

Зусилля заглиблення в ґрунт зубів розпушувача визначають з умов вивішування РО щодо ребра  $A$  і зуба розпушувача в статичному положенні. Схема для визначення зусиль заглиблення зубів розпушувача зображена на рис. 2.14.

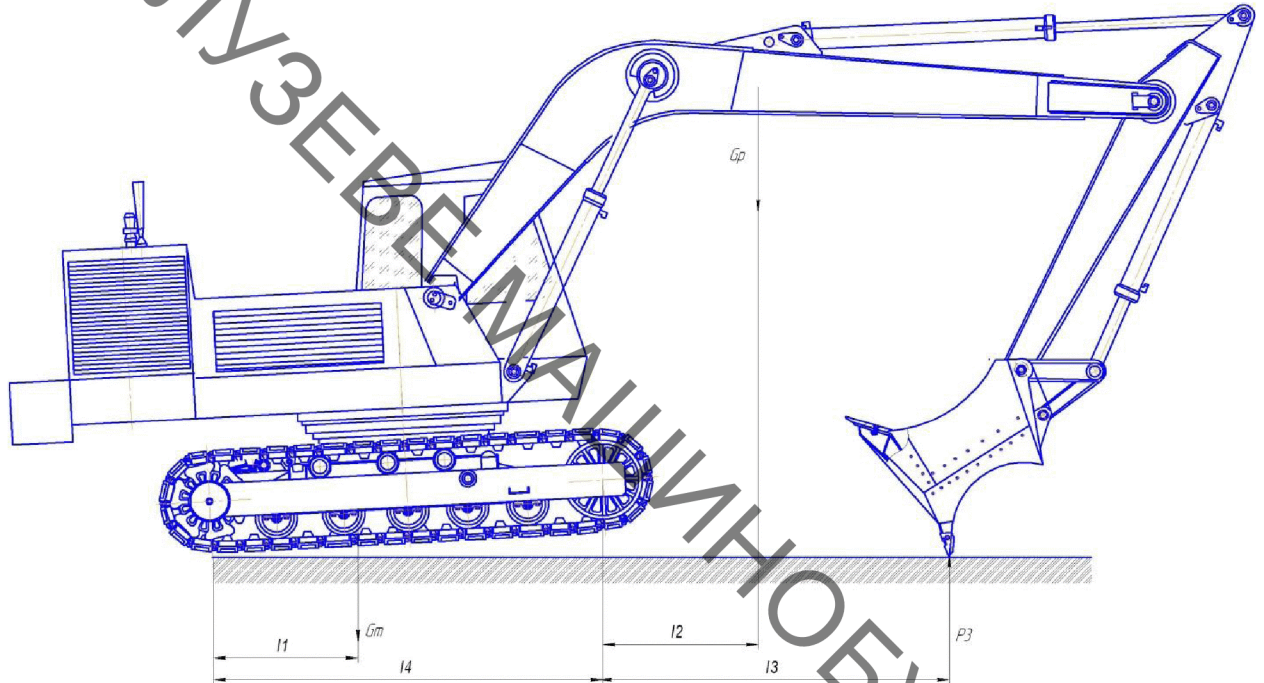


Рисунок 2.14 – Схема для визначення зусиль заглиблення зубів розпушувача

Умова рівноваги  $\sum M_A = 0$  звідси:

$$P_3 = \frac{G_T l_1 + G_P (l_4 + l_2) - G_B l}{l_4 + l_3} = \frac{34990 \cdot 0,78 + 4150(2,8 + 1,34) - 4200 \cdot 1,12}{2,6 + 2,56} = 7419,6 \text{ кг} \quad (2.50)$$

Зусилля виглиблення зубів розпушувача  $P_B$  визначають з умови рівноваги щодо задніх опорних катків при максимальній глибині розпушування (рис. 2.15). Умова рівноваги  $\sum M_B = 0$ , звідки:

$$P_B = \frac{G_B(l+l_4) + G_T l_1 - G_P l_2}{l_3} = \frac{4200(1,22 + 0,78) + 34990 \cdot 2 - 4150 \cdot 1,46}{4,14} = 17468 \text{ кг} \quad (2.51)$$

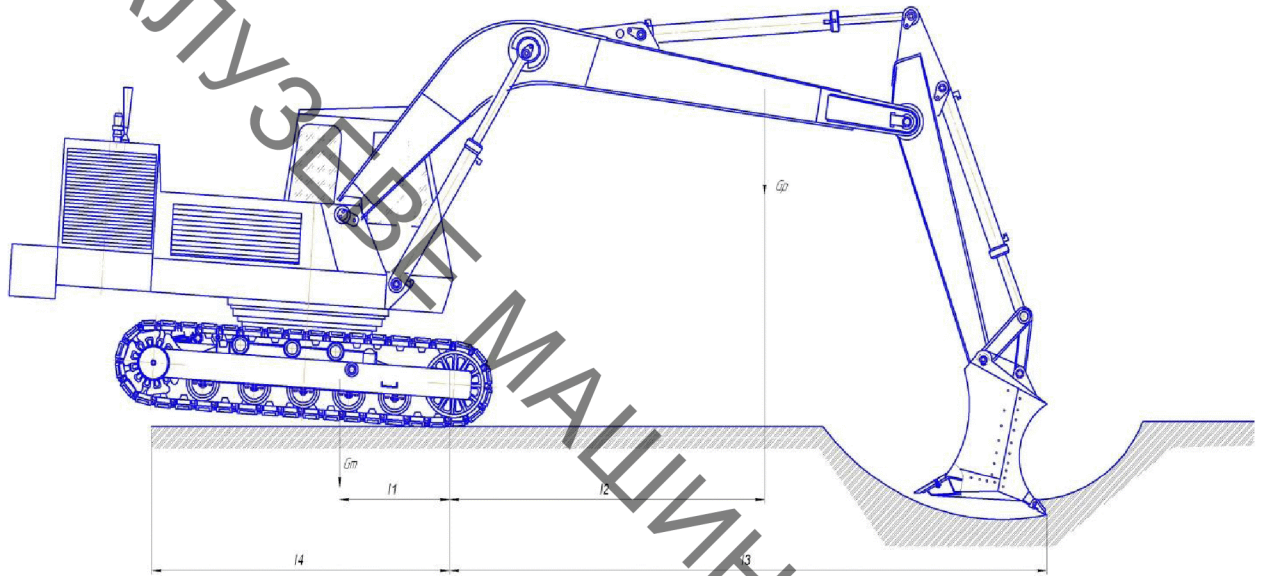


Рисунок 2.15 – Схема сил для визначення зусиль заглиблення зубів розпушувача

На зуб розпушувача в процесі роботи діють такі навантаження:

– горизонтальна складова опору ґрунту розпушування:

$$T_{сц}^D = T_{сц} K_D = 275 \cdot 3 = 825 \text{ кН} \quad (2.52)$$

де  $K_D$  – коефіцієнт динамічності,  $K_D = 2 - 3,5$ .

При розрахунку всі складові сил опору розпушування вважаються прикладеними до ріжучої кромки наконечника розпушувача.

Опорні реакції в шарнірах кріплення розпушувального обладнання і зусилля в його стрижнях визначають для одного розрахункового положення. Початок заглиблення зуба розпушувача або кінець виглиблення ( $H = 0$ ).

Розміри плечей і довжини стрижнів визначають з робочих креслень прототипу проектованого розпушувача.

Максимальне заглиблення зуба розпушувача ( $H = H_{\max}$ ) або виглибленням зуба з глибини  $H$ .

Визначають кути  $\alpha, \gamma, \beta$ :

$$\sin \alpha = \frac{l_1 - l_5}{l_7} = \frac{1,83 - 1,46}{1,55} = 0,23; \quad \cos \alpha = 0,97; \quad (2.53)$$

$$\sin \beta = \frac{l_3 - l_4}{l_{10}} = \frac{0,65 - 0,43}{1,4} = 0,2; \quad \cos \beta = 0,978; \quad (2.54)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{l_5 - l_2}{l_6 - l_9} = \frac{1,46 - 1,0004}{1/34 - 0,39} = 0,48; \quad \gamma = 25^\circ. \quad (2.55)$$

Реакції опор (зусилля в стрижнях) від сили  $T_{\text{ЦЦ}}^A$ :

З умови рівноваги:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum M_E = 0; \quad \sum M_D = 0;$$

$$\sum M_A = T_{\text{ЦЦ}}^A l_{14} - R_{\text{ДС}} \cos \beta (l_1 - l_3) - R_{\text{ДС}} \sin \beta \cdot l_{11} - R_{\text{BE}} \cos \gamma (l_1 - l_2) - R_{\text{BE}} \sin \gamma l_9 = 0; \quad (2.56)$$

$$82,5 \cdot 2,36 - R_{\text{ДС}} 0,978 \beta (1,83 - 0,65) - R_{\text{ДС}} 0,2 \cdot 0,19 - R_{\text{BE}} 0,9 (1,83 - 1,0) - R_{\text{BE}} 0,44 \cdot 1,46 = 0;$$

$$194,7 - 0,96 R_{\text{ДС}} - 1,39 R_{\text{BE}} = 0;$$

$$\sum M_E = T_{\text{ЦЦ}}^A (l_2 + H) + R_{\text{AB}} \cos \alpha (l_1 - l_2) + R_{\text{AB}} \sin \alpha l_3 - R_{\text{ДС}} \cos \beta (l_2 - l_3) + R_{\text{ДС}} \sin \beta (l_9 - l_{11}) = 0; \quad (2.57)$$

$$82,5 (1,0 + 0,6) + R_{\text{AB}} 0,97 (1,83 - 1,0) + R_{\text{AB}} \sin \alpha l_3 - R_{\text{ДС}} 0,978 (1,0 - 0,65) + R_{\text{ДС}} 0,2 (0,39 - 0,19) = 0;$$

$$-4,18 + 0,87 R_{\text{AB}} - 0,296 R_{\text{ДС}} = 0;$$

$$132 + 0,76 R_{\text{AB}} - 0,888 R_{\text{ДС}} = 0;$$

$$\sum M_D = T_{CII}^D (l_2 + H) + R_{AB} \cos \alpha (l_1 - l_3) + R_{AB} \sin \alpha l_{11} + R_{BE} \cos \gamma (l_2 - l_3) - R_{BE} \sin \gamma (l_9 - l_{11}) = 0; \quad (2.58)$$

$$82,5(1,0 + 0,6) + R_{AB} 0,97(1,83 - 0,65) + R_{AB} 0,23 \cdot 0,19 + R_{BE} 0,9(1,0 - 0,65) - R_{BE} 0,44(0,39 - 0,19) = 0;$$

$$103,12 + 1,1R_{AB} + 0,22R_{BE} = 0.$$

Вирішимо систему з трьох рівнянь:

$$\begin{cases} 194,7 - 0,96R_{DC} - 1,39R_{BE} = 0(1); \\ 132 + 0,76R_{AB} - 0,888R_{DC} = 0(2); \\ 103,12 + 1,1R_{AB} + 0,22R_{BE} = 0(3). \end{cases} \quad (2.59)$$

$$\text{Із 2-го } R_{DC} = \frac{132 + 0,76R_{AB}}{0,888};$$

$$\text{Із 3-го } R_{BE} = -\frac{-103,12 + 1,1R_{AB}}{0,22}$$

Підставивши в перший отримаємо:

$$194,7 - 0,96 \left( \frac{132 + 0,76R_{AB}}{0,888} \right) + 1,39 \left( \frac{103,12 + 1,1R_{AB}}{0,22} \right) = 0; \quad (2.60)$$

$$703,5 + 6,13R_{AB} = 0 \quad R_{AB} = -114,7 \text{ т.}$$

$$R_{DC} = \frac{132 - 0,76 \cdot 114,7}{0,888} = 50,46 \text{ (т);} \quad (2.61)$$

$$R_{BE} = -\frac{-103,12 + 1,1 \cdot 114,7}{0,22} = 105,7 \text{ (т).} \quad (2.62)$$

Реакції опор від сили  $P_B$ :



З умови рівноваги:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum M_E = 0; \quad \sum M_D = 0$$

$$\sum M_A = -P_B l_3 - R_{DC} \cos \beta (l_1 - l_3) - R_{DC} \sin \beta \cdot l_{11} - R_{BE} \cos \gamma (l_1 - l_2) - R_{BE} \sin \gamma l_9 = 0 \quad (2.63)$$

$$-17,4 \cdot 1,46 - R_{DC} 0,978 \beta (1,83 - 0,65) - R_{DC} 0,2 \cdot 0,19 - R_{BE} 0,9 (1,83 - 1,0) - R_{BE} 0,44 \cdot 1,46 = 0$$

$$-25,4 - 0,95 R_{DC} - 0,87 R_{BE} = 0$$

$$\sum M_E = -P_B (l_{13} + l_9) + R_{AB} \cos \alpha (l_1 - l_2) + R_{AB} \sin \alpha l_3 - R_{DC} \cos \beta (l_2 - l_3) + R_{DC} \sin \beta (l_9 - l_{11}) = 0 \quad (2.64)$$

$$-17,4 (1,46 + 0,39) + R_{AB} 0,97 (1,83 - 1,0) + R_{AB} \sin \alpha l_3 - R_{DC} 0,978 (1,0 - 0,65) + R_{DC} 0,2 (0,39 - 0,19) = 0$$

$$-18,6 + 0,76 R_{AB} - 0,39 R_{DC} = 0$$

$$\sum M_D = -P_B (l_{13} - l_{11}) + R_{AB} \cos \alpha (l_1 - l_3) + R_{AB} \sin \alpha l_{11} + R_{BE} \cos \gamma (l_2 - l_3) - R_{BE} \sin \gamma (l_9 - l_{11}) = 0 \quad (2.65)$$

$$-17,4 (1,46 - 0,19) + R_{AB} 0,97 (1,83 - 0,65) + R_{AB} 0,23 \cdot 0,19 + R_{BE} 0,9 (1,0 - 0,65) - R_{BE} 0,44 (0,39 - 0,19) = 0;$$

$$-22,098 + 1,1 R_{AB} + 0,22 R_{BE} = 0.$$

Реакції опор від сили  $G_p$ :

З умови рівноваги:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum M_E = 0; \quad \sum M_D = 0$$

$$\sum M_A = -G_p l_8 - R_{DC} \cos \beta (l_1 - l_3) - R_{DC} \sin \beta \cdot l_{11} - R_{BE} \cos \gamma (l_1 - l_2) - R_{BE} \sin \gamma l_9 = 0; \quad (2.66)$$

$$-4,1 \cdot 1,16 - R_{DC} 0,978 \beta (1,83 - 0,65) - R_{DC} 0,2 \cdot 0,19 - R_{BE} 0,9 (1,83 - 1,0) - R_{BE} 0,44 \cdot 1,46 = 0;$$

$$-4,756 - 0,95 R_{DC} - 0,87 R_{BE} = 0;$$

$$\sum M_E = -G_P(l_8 - l_9) + R_{AB} \cos \alpha (l_1 - l_2) + R_{AB} \sin \alpha l_3 - R_{DC} \cos \beta (l_2 - l_3) + R_{DC} \sin \beta (l_9 - l_{11}) = 0; \quad (2.67)$$

$$\rightarrow 4,1(1,16 + 0,39) + R_{AB} 0,97(1,83 - 1,0) + R_{AB} \sin \alpha l_3 - R_{DC} 0,978(1,0 - 0,65) + R_{DC} 0,2(0,39 - 0,19) = 0;$$

$$-3,157 + 0,76R_{AB} - 0,39R_{DC} = 0.$$

$$\sum M_D = -G_P(l_8 - l_{11}) + R_{AB} \cos \alpha (l_1 - l_3) + R_{AB} \sin \alpha l_{11} + R_{BE} \cos \gamma (l_2 - l_3) - R_{BE} \sin \gamma (l_9 - l_{11}) = 0 \quad (2.68)$$

$$-4,1(1,16 - 0,19) + R_{AB} 0,97(1,83 - 0,65) + R_{AB} 0,23 \cdot 0,19 + R_{BE} 0,9(1,0 - 0,65) - R_{BE} 0,44(0,39 - 0,19) = 0;$$

$$-3,977 + 1,1R_{AB} + 0,22R_{BE} = 0.$$

Решим систему из трех уравнений:

$$\begin{cases} -4,756 - 0,95R_{DC} - 0,87R_{BE} = 0; & (1) \\ -3,157 + 0,76R_{AB} - 0,39R_{DC} = 0; & (2) \\ -3,977 + 1,1R_{AB} + 0,22R_{BE} = 0; & (3) \end{cases}$$

$$3 \text{ 2-го } R_{DC} = \frac{3,157 + 0,76R_{AB}}{0,39};$$

$$3 \text{ 3-го } R_{BE} = -\frac{-3,977 + 1,1R_{AB}}{0,22}.$$

$$4,756 - 0,95 \left( \frac{3,157 + 0,76R_{AB}}{0,39} \right) - 0,87 \left( \frac{-3,977 + 1,1R_{AB}}{0,22} \right) = 0 \quad (2.69)$$

$$6,7 - 0,64R_{AB} = 0 \quad R_{AB} = 10,5 \text{ т.}$$

$$R_{DC} = \frac{3,157 + 0,76 \cdot 10,5}{0,39} = 15,05 \text{ (т);} \quad (2.70)$$

$$R_{BE} = -\frac{-3,977 + 1,1 \cdot 10,5}{0,22} = -20,6 \text{ (т).} \quad (2.71)$$

Обчислюємо сумарне зусилля в стрижнях навіски:

$$\sum R_{AB} = R_{AB}^{(T_{ст})} + R_{AB}^{(P_3)} + R_{AB}^{(G_P)} = -114,7 + 26,45 + 10,5 = -77,75(m);$$

$$\sum R_{AB} = R_{AB}^{(T_{ст})} + R_{AB}^{(P_3)} + R_{AB}^{(G_P)} = 50,48 + 3,85 + 15,05 = 69,38(m);$$

$$\sum R_{BE} = R_{BE}^{(T_{ст})} + R_{BE}^{(P_3)} + R_{BE}^{(G_P)} = 105,7 - 31,84 + 15,05 = 88,91(m).$$

## 2.8 Розрахунок на міцність елементів робочого устаткування екскаватора, оснащеного ковшем підвищеної маневривної здатності.

Умови роботи: стріла знаходиться в крайньому нижньому положенні. На стрілу діють максимальні зовнішні навантаження, що знаходяться в поздовжньо-вертикальній осьовій площині.

- реакція шарніра стійки платформи на п'яту стріли;
- зусилля дії рукояті на стрілу в шарнірі  $B$ ;
- зусилля штоків гідроциліндрів стріли;
- максимальне зусилля корпусу гідроциліндра рукояті.

Вагою стріли можна знехтувати, оскільки його вплив на напружений стан металокопструкції через розподіленого характеру незначно.

В даному розрахунку приймається допущення про відсутність дії на металокопструкцію стріли бічних навантажень і моментів, що скручують, хоча в реальних умовах дія цих чинників необхідно враховувати.

Вихідні дані:

$$R_A = 99,71 \text{ кН}; F_B = 323,92 \text{ кН}; F_{ш} = 79,9774 \text{ кН}; F_{ш.м} = 284,955 \text{ кН}, \rho = 2,337 \text{ м};$$
$$l_c = 6,45 \text{ м}; l_1 = 4,601 \text{ м}; l_2 = 1,753 \text{ м}; l_3 = 0,323 \text{ м}; \alpha_1 = 86,56^\circ; \alpha_2 = 30,79^\circ;$$
$$\alpha_3 = 19,44^\circ; \alpha_4 = 11,23^\circ; \alpha_5 = 11,92^\circ; \alpha_6 = 45,86^\circ;$$

Під дією зовнішніх навантажень в перетинах стріли виникає складний напружений стан, обумовлений наявністю нормальних напружень розтягу (стиску) і дотичних напружень зсуву. Перші виникають в результаті дії

осьових навантажень та згинальних моментів, а другі – в результаті дії поперечних сил.

Конструктивну схему стріли вибираємо по аналогії з прототипом. На основі прийнятої конструкції вичерчуємо розрахункову схему стріли з літерним позначенням її геометричних параметрів і зовнішніх навантажень.

Розрахунок поздовжньо-осьових сил. При лівосторонньої системі сил:

$$N_{AE} = -R_A \cdot \cos \alpha_1 = -99,71 \cdot \cos 86,58^\circ = -5,95 \text{ кН};$$

$$N_{EO} = R_A \cdot \cos(180^\circ - \alpha_7 - \alpha_6) + F_{yc} \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_6) = \\ = 99,71 \cdot \cos(180^\circ - 86,6^\circ - 45,86^\circ) + 79,9774 \cos(19,44^\circ + 45,86^\circ) = 4,015 + 33,4199 = 37,4349 \text{ кН};$$

$$N_{OB} = N_{OE} + F_{цр.м} \cos \alpha_4 = 37,4349 + 284,955 \cos 11,23^\circ = 316,93 \text{ кН}.$$

Перевірка:  $N_{OB} - F_B \cos \alpha_5 = 0;$

$$316,93 - 323,92 \cos 11,92 = 0,0053 \text{ кН}.$$

Отже, помилка виконаних розрахунків не перевищує 0,04%.

Розрахунок поперечних сил. При лівобічній системі сил:

$$Q_{AE} = R_A \sin \alpha_1 = 99,71 \cdot \sin 36,58^\circ = 99,53 \text{ кН};$$

$$Q_{EO} = R_A \sin(180^\circ - \alpha_1 - \alpha_6) - F_{yc} \sin(\alpha_3 + \alpha_6) = \\ = 99,71 \sin(180^\circ - 86,58^\circ - 45,86^\circ) - 79,9774 \sin(19,44^\circ + 45,86^\circ) = 73,584 - 72,6601 = 0,9243 \text{ кН};$$

$$Q_{OB} = Q_{EO} - F_{цр.м} \sin \alpha_4 = 0,9243 - 284,955 \sin 11,23^\circ = -66,9 \text{ кН}.$$

Перевіряємо правильність розрахунку:

$$Q_{OB} + F_B \sin \alpha_5 = -66,9 + 323,92 \sin 11,92^\circ = 0,0042 \text{ кН}.$$

Похибка розрахунку незначна.

Розраховуємо моменти сил, що діють в перетинах стріли:

$$M_A = 0$$

$$M_E = R_A \sin \alpha_1 \cdot \rho = 99,71 \sin 86,58^\circ \cdot 2,337 = 232,6 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_0 = R_A \sin(180^\circ - \alpha_1 - \alpha_6)(\rho \cdot \cos \alpha_6 + l_2) + R_A \cos(180^\circ - \alpha_1 - \alpha_6) \cdot$$

$$\rho \sin \alpha_6 - F_{\text{ЦС}} \sin(\alpha_3 + \alpha_6) l_2 =$$

$$= 99,71 \sin(180^\circ - 86,58^\circ - 45,86^\circ) \cdot (2,337 \cos 45,86^\circ + 1,753) + 99,71 \cos(180^\circ - 86,58^\circ - 45,86^\circ) \times \\ \times 2,337 \sin 45,86^\circ - 79,9774 \sin(19,44^\circ + 45,86^\circ) 1,7529 = 128,113 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

Момент справа:

$$M_0 = F_B \sin \alpha_5 (\ell_1 - \ell_2) = 232,92 \sin 11,92^\circ (4,6007 - 1,7529) = 190,53 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_B = 0.$$

За результатами розрахунків будемо епюри поздовжньо-осьових, поперечних сил і згинальних моментів.

Епюри свідчать про те, що найбільш небезпечними по поєднанню навантажень є перерізи  $E$  і  $O$ .

Умова міцності по нормальним напруженням для перерізу  $E$ :

$$\sigma_{cm} = \frac{N_{AE}}{F_E} + \frac{M_E}{W_Z} \leq [\sigma_{cm}], \quad (2.72)$$

$$\sigma_p = \frac{N_{EO}}{F_E} + \frac{M_E}{W_Z} \leq [\sigma_p], \quad (2.73)$$

де  $F_E$  – площа поперечного перерізу  $E$ ;

$W_Z$  – момент опору перерізу  $E$ .

За дотичним напруженням найбільш небезпечним є переріз E. В цьому випадку умова міцності визначається за формулою Журавського:

$$\tau = \frac{Q_{AE} S_{(y)}}{b \cdot J_z}, \quad (2.74)$$

де  $S_{(y)}$  – статичний момент перерізу E;  $b$  – ширина перерізу;

$J_z$  – осьовий момент інерції відносно осі рукоятки E.

Для визначення геометричних характеристик перерізів необхідно розробити їх конструкцію.

Сучасні конструкції моноблочних стріл виконані звареними з листової сталі 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г2 за ГОСТ 19282-73. Форма поперечних перерізів показана на рис. 2.16 та рис. 2.17.

Значення параметрів перерізу E:  $b=0,6$  м;  $h=0,8$  м;  $b_1=0,58$  м;  $t=0,016$  м;  $t_1=0,012$  м. Для перерізу O:  $b=0,6$  м;  $h=0,6$  м;  $b_1=0,58$  м;  $t=0,016$  м;  $t_1=0,012$  м.

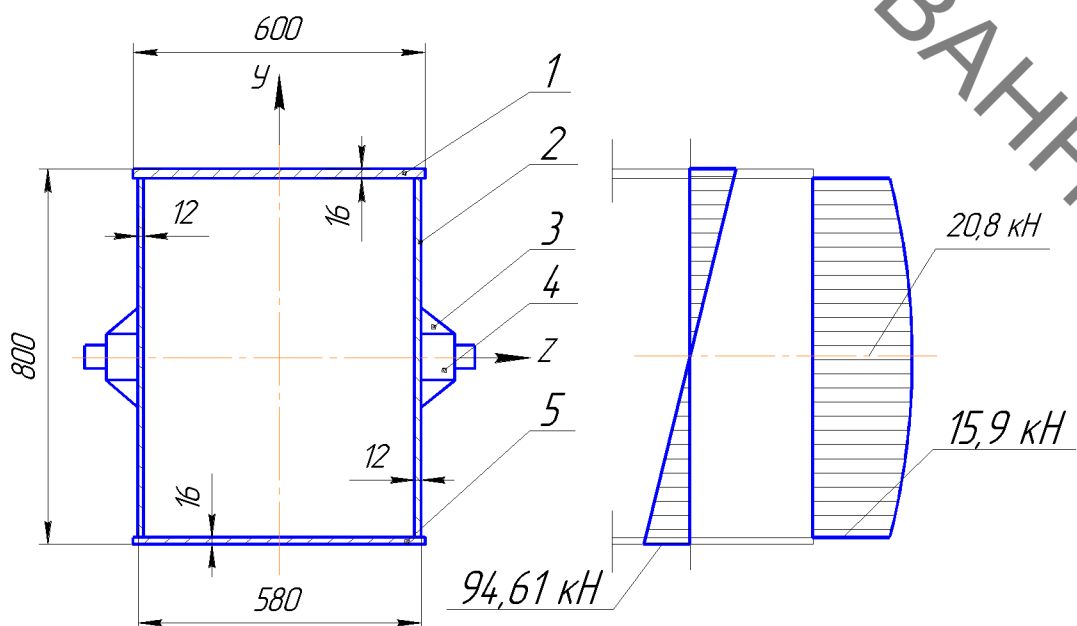


Рисунок 2.16 – Схема перерізу E і епюри діючих напружень: 1 - верхній пояс; 2 - стінка; 3 - косинка; 4 - цапфа; 5 - нижній пояс

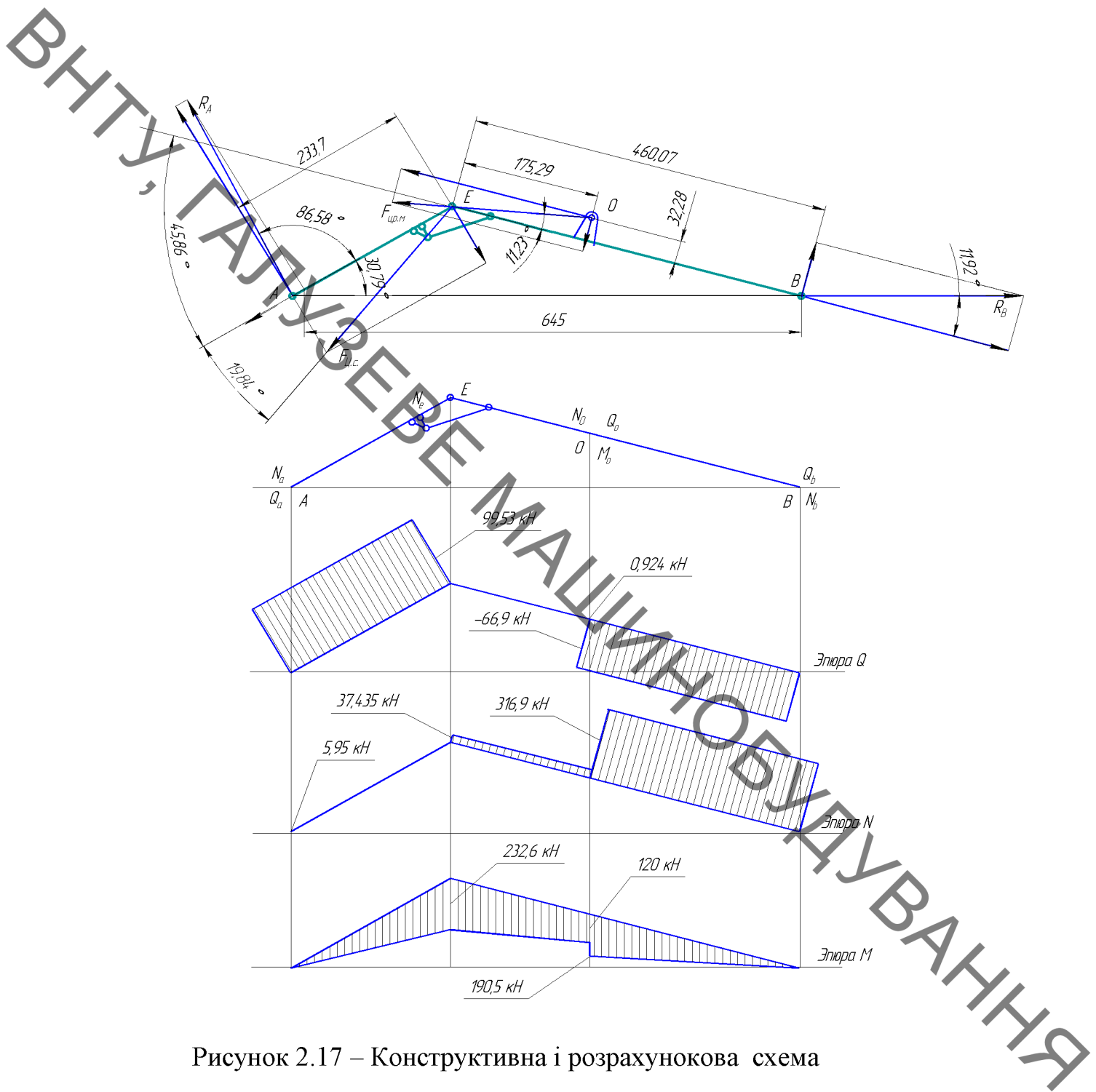


Рисунок 2.17 – Конструктивна і розрахункова схема

Площі перерізів:

$$F_E = 2[t \cdot b + t_1(h - 2t)] = 2 \cdot [1,6 \cdot 60 + 1,2(80 - 2 \cdot 1,6)] = 345,5 \text{ см}^2;$$

$$F_O = 2[t \cdot b + t_1(h - 2t)] = 2 \cdot [1,6 \cdot 60 + 1,2(60 - 2 \cdot 1,6)] = 328,32 \text{ см}^2.$$

Статичні моменти перетинів:

$$S_{ZE} = 2t \cdot b \left( \frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) - \frac{t_1(h - 2t)^2}{3} = 2 \cdot 1,6 \cdot 60 \cdot \left( \frac{80}{2} - \frac{1,6}{2} \right) + \frac{1,2(80 - 2 \cdot 1,6)^2}{3} = 9885,66 \text{ см}^2;$$

$$S_{ZO} = 2t \cdot b \left( \frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) - \frac{t_1(h-2t)^2}{3} = 2 \cdot 1,6 \cdot 60 \cdot \left( \frac{60}{2} - \frac{1,6}{2} \right) + \frac{1,2(60-2 \cdot 1,6)^2}{3} = 6896,89 \text{ см}^2;$$

Моменти інерції розрахованих перерізів:

$$J_{ZE} = 2J_{ZE}^c + 2[J_{Z,E}^n + F_E^n \cdot \left( \frac{h_E}{2} - \frac{t_E}{2} \right)]; \quad (2.75)$$

$$J_{ZO} = 2J_{ZO}^c + 2[J_{Z,O}^n + F_O^n \cdot \left( \frac{h_O}{2} - \frac{t_O}{2} \right)], \quad (2.76)$$

де  $J_{ZE}^c, J_{ZO}^c$  – моменти інерції стінок щодо осі  $Z$ :

$$J_{ZE}^c = \frac{t_1(h_E - 2t)^3}{12} = \frac{1,2(80 - 2 \cdot 1,6)^3}{12} = 45298,48 \text{ см}^4;$$

$$J_{ZO}^c = \frac{t_1(h_O - 2t)^3}{12} = \frac{1,2(60 - 2 \cdot 1,6)^3}{12} = 18325,04 \text{ см}^4;$$

$J_{Z,E}^n, J_{Z,O}^n$  – моменти інерції щодо осей симетрії поясів  $Z$ :

$$J_{Z,E}^n = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{60 \cdot 1,6^3}{12} = 20,48 \text{ см}^4;$$

$$J_{Z,O}^n = J_{Z,E}^n = 20,48 \text{ см}^4;$$

$F_E^n, F_O^n$  – площі поперечних перерізів поясів:

$$F_E^n = F_O^n = t \cdot b = 1,6 \cdot 60 = 96 \text{ см}^2.$$

Тоді:  $J_{ZE} = 2 \cdot 45298,48 + 2 \cdot [20,48 + 96 \cdot \left( \frac{80}{2} - \frac{1,6}{2} \right)] = 98164,32 \text{ см}^4;$

$$J_{ZO} = 2 \cdot 18325,04 + 2 \cdot [20,48 + 96 \cdot \left( \frac{60}{2} - \frac{1,6}{2} \right)] = 42297,44 \text{ см}^4.$$



Нормальні напруги в крайніх стиснутих волокнах перерізу:

$$\sigma_{cm}^E = \frac{N_{AE}}{F_E} + \frac{M_E \cdot h}{2J_{ZE}} = \frac{5,95 \cdot 10^{-3}}{345,5 \cdot 10^{-4}} + \frac{232,6 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 98164,32 \cdot 10^{-8}} = 94,61 \text{ МПа.}$$

За аналогією нормальні напруги розтягнення в перерізі  $O$ .

$$\sigma_p^O = \frac{N_{EO}}{F_E} + \frac{M_O \cdot h_O}{2 \cdot J_{ZO}} = \frac{316,93 \cdot 10^{-3}}{328,32 \cdot 10^{-4}} + \frac{128,113 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 42297,44 \cdot 10^{-3}} = 100,52 \text{ МПа.}$$

Приймаючи для стріли матеріал сталь 10Г2С1, що має  $[\sigma_T] = 250 \text{ МПа}$ , бачимо, що геометричні параметри перерізів при навантаженнях задовольняють умовам міцності.

Перевіряємо умову міцності по дотичним напруженням в перетині  $E$ . Для цього будемо епюру дотичних напружень по висоті перерізу.

На поверхнях поясів  $\tau_E = 0$ .

На внутрішніх поверхнях поясів:

$$\tau^n = \frac{Q_{AE} \cdot S_Z^n}{b \cdot J_{ZE}} = \frac{Q_{AE} \cdot t \cdot b \cdot \left(\frac{h_E}{2} - \frac{t_E}{2}\right)}{b \cdot J_{ZE}} = \frac{99,53 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 60 \cdot \left(\frac{80}{2} - \frac{1,6}{2}\right) \cdot 10^{-6}}{60 \cdot 10^{-2} \cdot 98164,32 \cdot 10^{-8}} = 0,636 \text{ МПа.}$$

На поверхнях стінок, що примикають до поясів:

$$\tau^c = \frac{Q_{AE} \cdot S_Z^n}{2t_1 \cdot J_{ZE}} = \frac{Q_{AE} \cdot t \cdot b \cdot \left(\frac{h_E}{2} - \frac{t}{2}\right)}{2t_1 \cdot J_{ZE}} = \frac{99,53 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 60 \cdot \left(\frac{80}{2} - \frac{1,6}{2}\right) \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 1,2 \cdot 98164,32 \cdot 10^{-8}} = 15,9 \text{ МПа.}$$

На рівні нейтрального шару  $Z$ :

$$\tau^n = \frac{Q_{AE} \cdot S_{ZE}}{2 \cdot 2t_1 \cdot J_{ZE}} = \frac{99,53 \cdot 9885,66 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 1,2 \cdot 98164,32 \cdot 10^{-8}} = 20,88 \text{ МПа.}$$

Для обраної сталі  $[\tau] = 160\text{МПа}$ . Отже, умова міцності по дотичним напруженням виконано із суттєвим запасом.

**Висновок.** Проведені розрахунки показують, що вибрані параметри РО забезпечують його працездатність і задовольняють умовам міцності при впливі врахованих зовнішніх навантажень. Найвний запас міцності може компенсувати дію неврахованих навантажень (бічних сил, крутних моментів, динамічних навантажень та ін.).

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА (РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ТА ПЕРІОДУ ОКУПНОСТІ)

Економічна частина є завершальним розділом магістерської дипломної роботи, в якому розробляються остаточні висновки щодо економічної ефективності запропонованої розробки. В даному розділі розглянемо основні питання конкурентоспроможності продукту та комерційного потенціалу розробки.

#### 3.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності, тобто під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Для проведення комерційного і технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть провідні викладачі випускової та споріднених кафедр.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу будемо здійснювати за 12-а критеріями згідно рекомендацій.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали, виставлені експертами		
Технічна здійсненність концепції	4	3	4
Ринкові переваги (наявність аналогів)	4	3	3
Ринкові переваги (ціна продукту)	4	4	3

Продовження таблиці 3.1			
Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	4
Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	4	3
Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	4	4
Ринкові перспективи (конкуренція)	3	4	3
Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	3	3
Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	4	4
Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	3	4
Практична здійсненність (термін реалізації)	3	3	3
Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	4
Сума балів	41	41	41
Середньоарифметична сума балів $\overline{CB}$	41		

За даними таблиці 3.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

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

Оскільки середньоарифметична сума балів складає 41, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження.

Можливі декілька шляхів реалізації розробки.

## 3.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

### 3.2.1 Витрати на оплату праці

#### *Основна заробітна плата дослідників*

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \quad (3.1)$$

де  $M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

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

$t_i$  – кількість днів роботи конкретного дослідника.

Дану розробку буде проводити інженер, величина окладу буде становити 12000 грн. на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 23, а кількість робочих днів дослідника складає 45.

Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 3.3.

Розрахуємо заробітну плату працівників, які беруть участь у виконанні НДР і виконують роботи за робочими професіями.

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (3.2)$$

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Кількість днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	12000	521,73	5	2608,65
Інженер	10000	434,78	55	23912,9
Всього				26521,55

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

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

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду визначається за формулою :

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_C}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (3.3)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн. (розмір мінімальної зарплати в 2021 році складає 6000 грн. в місяць);

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (таблиця 3.4);

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

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

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Таблиця 3.4 – Міжкваліфікаційні співвідношення для встановлення тарифних ставок робітникам

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

Зроблені розрахунки занесемо у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н-год	Розряд роботи	Погодинна тарифна	Величина оплати,
Заготівельні	2	2	38,85	77,7
Механічні	3	3	47,68	143,04
Складальні	1	4	52,98	52,98
Налагоджувальні	2	4	60,04	120,08
Всього				393,8

Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  розраховується як 10-12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{N_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (3.4)$$

де  $N_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_d = 0,10 \cdot (26521,55 + 393,8) = 2691,53(\text{грн.})$$

### 3.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату  $H_{\text{зп}}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (3.5):

$$З_{\text{дод}} = (З_0 + З_p + З_{\text{дод}}) \cdot \frac{Н_{\text{зп}}}{100\%}, \quad (3.5)$$

де  $Н_{\text{зп}}$  – норма нарахування на заробітну плату.

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

$$Н_{\text{зп}} = (26521,55 + 393,8 + 2691,53) \cdot \frac{22}{100} = 6513,51 \text{ (грн.)}$$

Отже, нарахування на заробітну плату складають 6513,51 грн.

### 3.2.3 Сировина та матеріали

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

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot Ц_{\text{в}j}, \quad (3.6)$$

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

$n$  – кількість видів матеріалів.

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

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, (1,1...1,15);

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

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

Розрахунки зведемо до таблиці 3.6.

### 3.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі



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

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Флюс БС-2	18,50	0,03	-	-	0,55
Припій ПОС-61	500	0,04	-	-	20
Склотекстоліт	98	0,1	-	-	9,8
Каніфоль	11,0	0,25	-	-	2,75
Всього					36,41

$$K_{\text{в}} = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j, \quad (3.7)$$

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

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

$K_j$  - коефіцієнт транспортних витрат, (1,1...1,15);

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.7.

### 3.2.5 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщення

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

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{б}}}{T_{\text{в}}} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (3.8)$$

де  $C_6$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн.;

$t_{\text{вик}}$  – термін корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців.

Таблиця 3.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, кг	Ціна за штуку, грн.	Разом
Метизи	-	-	188
Сталь 09гс2	350	21	7350
Сталь 40Х	40	16	640
Сталь 45	15	34	510
Сталь 110Г13Л	12	29	348
Всього			9939,6

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

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Офісне приміщення	95000	15	3	1583,33

Виробниче приміщення	27500	15	2	3055,55
Комп'ютер	15000	5	6	1500
Всього				6138,88

### 3.2.6 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{впн}}{\eta_i}, \quad (3.9)$$

де  $W_{yi}$  – 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;

$K_{впн}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Комп'ютер	0,5	70	126
Освітлення приміщення	0,6	50	108
Паяльна станція	0,2	20	14,4
Всього			248,4

### 3.2.7 Службові відрядження

Витрати на службові відрядження розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{CB} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{CB}}{100\%}, \quad (3.10)$$

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

$$V_{CB} = 0,25 \cdot (26521,55 + 393,8) = 6728,83(\text{грн.})$$

### 3.2.8 Інші витрати

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

$$V_{iH} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{iB}}{100\%}, \quad (3.11)$$

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

$$V_{iH} = 0,5 \cdot (26521,55 + 393,8) = 13457,67(\text{грн.})$$

### 3.2.9 Накладні (загальновиробничі) витрати

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

$$V_{H3B} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{H3B}}{100\%}, \quad (3.12)$$

де  $H_{H3B}$  – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати».

$$V_{\text{нзв}} = 1 \cdot (26521,55 + 393,8) = 26915,3 (\text{грн.})$$

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

$$V = Z_o + Z_p + Z_d + Z_n + M + K + A_{\text{обл}} + B_e + B_{\text{св}} + I_v + V_{\text{нзв}}, \quad (3.13)$$

$$V = 26521,55 + 393,8 + 2691,53 + 6513,51 + 36,41 + 9939,6 + 6138,88 + 248,4 + 6728,83 + 13457,67 + 26915,3 = 99585,48 (\text{грн})$$

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

$$ZB = \frac{V_{\text{заг}}}{\eta}, \quad (3.14)$$

Загальні витрати складають

$$ZB = \frac{99585,48}{0,9} = 110650,53 (\text{грн.})$$

### 3.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Розрахуємо можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки за формулою:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{100}\right), \quad (3.15)$$

де  $\pm\Delta C_0$  – зміна основного якісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає величину попиту на аналогічні чи подібні розробки у році до впровадження результатів нової науково-технічної діяльності;

$C_0$  – основний якісний показник, який визначає ціну реалізації нової науково-технічної розробки в аналізованому році;

$\Delta N$  – зміна основного кількісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році;

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту (послуги), рекомендується приймати 0,2...0,5;

$\vartheta$  – ставка податку на прибуток.

В середньому в рік продається 30 розробок. Середня вартість такої розробки становить 38000 грн.

Впровадження зразка розробки дозволяє збільшити ціну кожного зразка на 2000 грн, враховуючи ціни конкурентів. Також прогнозується, що попит на даний продукт зросте, оскільки даний продукт відрізняється якістю від конкурентних.

Попит збільшиться за перший рік на 20 примірників, за наступний на 15 та протягом третього року – ще на 10 примірників.

Ставка податку на додану вартість в 2021 році залишилась на рівні 20% , а коефіцієнт  $\lambda=0,8333$ . Ставка податку на прибуток складає 18%.

Коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, дорівнює 0,3.

Отже, розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства на 2022 - 2024 рр.:

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_{2022} &= (30 \cdot 38000 + (38000 + 2000) \cdot 20) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \\ &= 397684,1 \text{ (грн.)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_{2023} &= (30 \cdot 38000 + (38000 + 2000) \cdot (20 + 15)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \\ &\cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 520679,2 \text{ (грн.)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_{2024} &= (30 \cdot 38000 + (38000 + 2000) \cdot (20 + 15 + 10)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \\ &\cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 602675,9 \text{ (грн.)}\end{aligned}$$

Далі розрахуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків  $\Pi\Pi$ , що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^{t^i}} \quad (3.16)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

$T$  – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні;

$t$  – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\Pi\Pi = \frac{397684,1}{(1+0,1)^2} + \frac{520679,2}{(1+0,1)^3} + \frac{602675,9}{(1+0,1)^4} = 1131494,27 \text{ (грн.)}$$

Далі розрахуємо величину початкових інвестицій, які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (3.17)$$

де  $k_{\text{інв}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науко-во-технічної розробки та її комерціалізацію.

$3B$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 2 \cdot 110650,53 = 221301,06 \text{ (грн)}$$

Тоді абсолютний економічний ефект або чистий приведений дохід для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (3.18)$$

де  $\text{ПП}$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн.

$$E_{\text{абс}} = (1131494,27 - 221301,06) = 910193,21 \text{ (грн.)}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій, які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки, розраховується за формулою:



$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.19)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

$T_{ж}$  – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, роки.

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{910193,21}{221301,06}} - 1 = 0,72 = 72\%$$

Далі визначимо бар'єрну ставку дисконтування, тобто мінімальну внутрішню економічну дохідність інвестицій, нижче якої кошти у впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію вкладатися не будуть.

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій визначається за формулою:

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.20)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій.

$$\tau = 0,12 + 0,05 = 0,17$$

Далі розрахуємо період окупності інвестицій, які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B}, \quad (3.21)$$

де  $E_B$  – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = \frac{1}{0,72} = 1,38 \text{ роки}$$

Термін окупності складає 1,38 роки, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження цієї розробки та виведення її на ринок.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙШИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

#### 1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

При розробці конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт, на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори [30].

До шкідливих виробничих факторів відносять:

а) фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатня природного освітлення;

б) хімічні: загальнотоксичні ( $\text{CO}_2$  – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні – містяться у парах ЗОР); роздратовуючи (пари лугів з ЗОР);

в) психологічні: фізичні перевантаження (при перенесенні деталей з конвеєра до робочого місця); нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці).

Приміщення є вогнестійкими і оснащені приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Робочі місця оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі повина бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні.

Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним

відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

Вимоги до виробничих та допоміжних приміщень. Будівлі повинні відповідати вимогам:

- площа виробничого приміщення на одного працюючого -  $4,5 \text{ м}^2$ ;
- об'єм виробничого приміщення на одного працюючого -  $15 \text{ м}^3$ ;
- висота цеху - 3,5 м.

Ремонтні майстерні, інструментальні кладові, службові приміщення повинні розташовуватись в добудованих до основної будівлі.

Згідно зі [30] допоміжні приміщення потрібно розташовувати в добудованих до виробничих будівель в місцях з найменшою дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Висота допоміжних приміщень, розташованих в виробничих будівлях, повинна бути не менше 2,4 м.

#### 4.1.2 Електробезпека

Проектована дільниця по небезпеці ураження людей електричним струмом до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьохфазноїчотирьохпровідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі[2].

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні любої фази на

струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю.

Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

Застосовується 3-х фазна, 3-х провідна мережа з ізольованою нейтраллю.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є наступними: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року визначає [32]. Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Числові значення цих норм додано в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводиться на найбільш небезпечних робочих місцях. При однаковому обладнанні, або при виконанні однакових операцій контроль проводиться вибірково на окремих робочих місцях, розташованих в центрі і по периферії приміщення.

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

#### 4.2.2 Виробниче освітлення

Освітлення на ділянці природне бокове та штучне. Згідно з [33] роботи що виконуються на даній ділянці відносяться до розряду зорової роботи IVa. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На ділянці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами [33] наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	a	малий	300	1,5

Природне освітлення на ділянці - бокове одностороннє.

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл.4.3.

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами. На

дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

Таблиця 4.3 – Підбір штучних джерел світла

Характеристика зорової роботи	Освітленість пристеми за лампового освітлення, лк	Мінімальний індекс кольору передачі джерела світла для виробничого будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з механічними об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

#### 4.2.3 Виробничий шум

Під час роботи на дільниці робітники піддаються впливу шуму. Джерелами шуму є: верстати, допоміжний транспорт та інше обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях відповідно до [34] приведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізольованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані зсередини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерелашуму проводять акустичну обробку.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Крім впливу шуму на ділянці робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [34]. На робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "3" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	—	Xп, Ya, Zп	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z <sub>0</sub> . Y <sub>0</sub> . X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підшві, рукавиці з м'якими наладонниками. Віробезпека праці на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.



#### 4.3 Пожежна безпека

Дільниця належить до категорії приміщення з позначкою Г. Категорію Г для будівель застосовані тому, що дільниця характеризується негорючими речовинами і матеріалами в гарячому або розжареному стані з виділенням променевого тепла, іскр, газоподібних речовин [35].

Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці відображена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характер речовин та матеріалів, що знаходяться в приміщенні
Г	Негорючі речовини в гарячому або в розжареному стані, в процесі роботи яких виділяється промениста теплота, іскри полум'я, горючі гази, рідини і тверді речовини накопичуються і утилізуються в якості палива

За ступенем вогнестійкості елементів будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II - це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів таблиці 4.7 та 4.8.

Таблиця 4.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції перекрить	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесічі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
IIa	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Таблиця 4.8 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Роботи можуть спричинити пожежу. Для її запобігання вживаємо ряд протипожежних заходів, найважливішим з яких - суворе дотримання протипожежного режиму роботи, а також правил експлуатації електрообладнання. Неможливе зберігання легкозаймистих та вогненебезпечних матеріалів.

Для запобігання пожежі сигналізацію автоматичної дії та теплові попередники максимальної дії. Вони спрацьовують, коли температура повітря досягає заданого критичного значення. Для локалізації та ліквідації невеликих загорань та пожеж застосовуємо первинні засоби пожежогасіння.

Для гасіння пожежі передбачені:

- щити з пожежним інвентарем;
- ящик з піском, кирки, лопати;
- щит з вогнегасниками ОУ-8.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії приміщень Г, незалежно від об'єму, для ступеня вогнестійкості II - не обмежується.

У покритті будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

#### 4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

При використанні об'ємного гідроприводу, гідросистеми і гідропрстроїв, що входять до їх складу, в різного роду машинах виникають чинники і небезпеки, що впливають на безпеку цих машин.

При роботі об'ємного гідроприводу, гідросистеми і гідропрстроїв, що входять до їх складу, можуть виникати такі небезпеки:

1. Механічні небезпеки, що виникають через:

- недостатню механічну міцність конструкції гідропрстроїв внаслідок перевищення максимального тиску робочої рідини;
- дії зовнішніх механічних чинників - вібрації, удари і лінійні прискорення в місцях кріплення гідропрстроїв;
- накопичення енергії в пружних елементах (пружинах), робочих рідинах, газах під тиском або у вакуумі;
- кінетичну або потенційну енергію при контрольованому і неконтрольованому русі, утриманні піднятого гідроприводом вантажу і втраті стійкості утримуючих його прстроїв;
- недостатній або вичерпаний ресурс і надійність гідроприводів, гідросистем і гідропрстроїв;
- викиди робочої рідини під високим тиском.

2. Шумові (акустичні) і вібраційні дії, що створюються працюючим гідроприводом, гідросистемою або гідропрстроєм.

3. Термічні небезпеки, що утворюються:

- при порушенні герметичності з'єднань з витоком робочої рідини назовні, що проявляються у вигляді опіків або обварювання внаслідок зіткнення з нагрітою або переохолодженою робочою рідиною;
- при займанні або вибуху пари робочої рідини з ураженням органів людини внаслідок контакту і (чи) при вдиханні пари або туманів робочої рідини;
- при випромінюванні від теплових джерел

4. Небезпеки в результаті порушення в енергопостачанні гідроприводу, гідросистеми або керуючих пристроїв, що викликають коливальні процеси в роботі гідроприводу або гідросистеми, невиконання зупинної (аварійною) команди і неповне спрацювання захисних пристроїв, ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу.

5. Небезпеки ураження електричним струмом внаслідок порушення в ізоляції струмоведучих ланцюгів.

6. Небезпек, що виникають на спеціалізованих гідроприводах і гідросистемах, що мають у своєму складі іонізовані або неіонізовані джерела випромінювання.

7. Небезпеки, викликані неправильною установкою аварійних символів і сигналів, різних інформаційних або застережливих і аварійних пристроїв і що порушують безпеку роботи у разі можливого виникнення особливо небезпечних факторів

8. Небезпеки, пов'язані з незабезпеченням правильного монтажу, безпечної наладки і технічного обслуговування, сприятиме зниженню безпеки гідроприводу, гідросистеми або гідропристою.

9. Небезпеки через неумисні дії обслуговуючого гідропривід (гідросистему) персоналу внаслідок недостатнього опрацювання і розміщення гідропристоїв, що здатні привести до небезпечних станів машини (агрегату).

10. Небезпеки, викликані несправністю або неправильним функціонуванням системи управління гідроприводом (гідросистемою), роботи, що виражаються в несподіваному пуску або продовженні, і що призводять до небезпечних ситуацій в роботі машини.

11. Небезпеки, що виникають у зв'язку з несподіваним викидом деталей, що утримуються машиною, або з машин, що руйнуються, і вузлів, можуть привести до порушень роботи гідроприводу (гідросистеми) і виникнення вторинних небезпек.

12. Поежо- і вибухонебезпека гідроприводів (гідросистем)

13. Екологічні небезпеки, викликані виливанням робочої рідини в довкілля.

Для запобігання виникнення позаштатних ситуацій пов'язаних з експлуатацією обладнання з гідравлічним приводом під час його проектування та виготовлення необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Гідропривід та гідросистема мають містити у своїй конструкції запобіжні клапани, що дозволять обмежити перевищення тиску у всіх їх частинах в межах не більше 10% при тривалих та не більше 30% при пікових стрибках тиску.

2. Гідропривід та гідросистема мають проходити перевірку на міцність збирання та монтажу пробним тиском рівним 125% номінального.

3. Усі гідропристрої, гідросистема і гідропривід повинні витримувати механічні дії у вигляді вібрацій, лінійних прискорень і ударів, що виникають при роботі машини (агрегату), де встановлюється гідропристрій, гідросистема або гідропривід.

4. Під час монтажу так експлуатації має бути передбачено та контролюватись відсутність зовнішніх витоків. На рухомих елементах та з'єднаннях допускається наявність плівки робочої рідини.

5. Внутрішні витоки (перетікання) не повинні сприяти виникненню небезпеки.

6. Циклічні режими роботи гідроприводу або гідросистеми не повинні сприяти появі небезпеки.

7. Вібраційні характеристики гідропристроїв, встановлені в ГОСТ 28988-91, при номінальних робочих параметрах підлягають нормуванню або виміру, якщо вібрація, що виникає при їх функціонуванні, може впливати на надійність, працездатність, вібраційну безпеку їх самих або машин (агрегатів), складовими частинами яких вони є, і повинні вказуватися в стандартах або технічній умові на цю машину (агрегати). Параметри вібрації,

що створюється гідроприводами, гідросистемами або гідропрístроями на робочих місцях, повинні відповідати ГОСТ 12.1.012-90.

Для гідроприводу, гідросистеми і гідропрístроїв має бути вказаний діапазон граничних робочих температур. Температура робочої рідини при їх роботі не повинна перевищувати встановлені граничні значення її безпечного використання і встановлені робочі температури гідропрístроїв.

8. Конструкцією і розміщенням на машині (агрегаті) гідроприводів і гідросистем повинно бути передбачено, щоб температура поверхні, на яку може потрапити робоча рідина, не перевищувала температури займання цієї робочої рідини.

9. Гідроприводи (гідросистеми) мають бути оснащені пристроями аварійного відключення, що забезпечують самофіксацію робочих органів у вимкненому стані. За наявності декількох пультів управління кожен пульт має бути оснащений пристроєм для аварійного відключення, блокуваннями, що унеможлиблює одночасне управління від різних пультів, і сигналізацією, що вказує використаний для виключення системи аварійний пристрій.

10. За наявності декількох командних пристроїв мають бути забезпечені умови безпеки пуску з будь-якого з них. Перед пуском слід передбачити зупинку. При виникненні небезпечної ситуації повинне автоматично відбуватися повне відключення гідроприводу (гідросистеми) від джерела енергії, повинна автоматично відбуватися нейтралізація накопиченої в гідроприводі (гідросистемі) енергії при зупинці, повинна спостерігатися відсутність самопуску, а перемикач виду робіт повинен закриватися.

11. Для фіксації в заданому положенні вихідних ланок гідродвигунів мають бути встановлені гідрозамки або інші фіксувальні пристрої, якщо це необхідно.

12. Переважно слід використати управління незалежне від навантаження. Управління залежне від навантаження слід застосовувати у тому випадку, коли неправильне функціонування з послідовним обмеженням тиску (навантаження) або регулювання часу може привести до небезпеки.

13. Система управління об'ємним гідроприводом (гідросистемою) має бути спроектована так, щоб перешкодити неумисним небезпечним рухам, неприпустимій послідовності функцій приводів. Це повинно забезпечуватися на усіх етапах виробничого процесу гідрофікованої машини (агрегату).

14. У гідроприводах (гідросистемах) з розташуванням гідроприсроїв на різних рівнях має бути передбачений захист від витікання робочої рідини з високорозташованих гідроприсроїв у вимкненому стані гідроприводу (гідросистеми).

15. Якщо при зниженні тиску створюється небезпека, то мають бути передбачені блокування для відвертання небезпечної поведінки машини (агрегату). При цьому не повинні відключатися такі гідроприсрої, як затискні, гальмівні тощо.

16. Гідроприводи (гідросистеми) з декількома джерелами гідравлічної енергії (наприклад з насосами) повинні мати схемні блокування, що виключають появу небезпечних чинників у разі відключення одного з джерел енергії (одного з насосів) або різночасного їх включення.

17. Гідроприсрої повинні функціонувати у будь-якому положенні, якщо технічна документація на конкретний гідроприсрій не обмежує його робочого положення.

18. Усі гідроприсрої, гідросистема і гідропривід не повинні викликати небезпеку при зниженні параметрів енергії живлення, при включенні і відключенні енергопостачання або управління. При включенні усі присрої, що управляють, повинні знаходитися в початковому положенні, що не забезпечує подання гідравлічної енергії до робочого органу, а при відключенні повинні повертатися в початкове положення.

19. Конструкцією гідрооблаштувань управління має бути передбачене виключення мимовільного включення гідроприводу, гідросистеми або гідрооблаштування під дією власної маси їх елементів або вібрації, або прискорень, викликаних і пов'язаних з функціонуванням гідроприводів (гідросистем) у складі машини.

20. Біля органів управління або на них мають бути мнемонічні символи (позначення) з вказівкою напряму руху вихідних ланок гідроприводу (гідросистеми) при різних положеннях органів.

21. Якщо потрібно управління оператора двома руками, то необхідно унеможливити одночасне управління однією рукою декількома пристроями: при послідовній роботі повторне спрацьовування має бути можливе тільки після завершення роботи попереднього.

22. Керовані вручну гідроприсрої мають бути розташовані на машині (агрегаті) так, щоб дії для оператора були безпечні, а гідроприсрої захищені від неумисного включення і виключення.

23. Якщо декілька гідроприсроїв з автоматичним або ручним управлінням сполучені між собою, і якщо відмова одного з них може викликати небезпеку, то мають бути передбачені блокування або інші заходи безпеки (блокувальні присрої). Якщо таке здійснено, то ці блокування повинні переривати усі робочі операції за умови, що таке переривання саме не спричинить небезпеку.

24. Конструкцією гідроприсроїв і гідроліній має бути, передбачивши забезпечення доступності до органів управління, місць регулювання і налаштування, зовнішнього огляду і обслуговування, а також можливості зручної заміни швидкозношуваних деталей і проведення технічного обслуговування в мінімальний час.

25. Конструкцією гідроприсрою має бути передбачене виключення мимовільної або умисної зміни положення деталей кріплення і з'єднань, елементів регулювання і налаштування при транспортуванні і експлуатації.

26. Конструкцією регулюючих гідроприсроїв має бути передбачене забезпечення надійної фіксації і можливість пломбування або замикання регулюючих елементів вбудованим замком для відвертання стороннього втручання або випадкового включення.

27. Усі канали гідроприсроїв повинні мати відповідне маркування і бути захищені (закриті заглушками або кришками) від попадання можливих



забруднень і ушкодження стикувальних поверхонь за час від складання до установки на машину (агрегат).

28. При застосуванні вбудованих нагрівачів для підтримки заданої температури робочої рідини подання енергії повинне автоматично включатися і відключатися досягнувши заданих значень температури робочої рідини в гідробаку. Поверхні нагріву нагрівачів повинні знаходитися нижче рівня робочої рідини не менше чим на 40 мм. Якщо ця вимога не може бути виконана, то температура поверхні нагрівального пристрою має бути не вища 0,8 температур кипіння робочої рідини (обмеження від можливості випару робочої рідини).

29. На машині (агрегаті) трубопроводи мають бути розміщені з найменшими протяжністю, числом вигинів і перетинів, при цьому необхідно передбачати технологічну і термічну компенсацію; гідролінії мають бути виконані так, щоб утруднювалося використання їх як сходинок або сходів; зовнішні сили не повинні передаватися на жорсткі гідролінії.

30. Жорсткі і гнучкі гідролінії мають бути прокладені так, щоб вони були захищені від будь-якого виду ушкоджень і не порушували робочий процес, доступ при налагоджувальних роботах, ремонті, заміні вузлів.

31. На гідроприводах і гідросистемах вживане електроустаткування і заземлення повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.007.0-75.

32. Матеріали і їх контактні пари не повинні створювати можливості появи електролітичної корозії і руйнування конструкції з цієї причини.

33. При розробці і виготовленні гідропрстроїв, гідросистем і гідроприводів повинні використовуватися матеріали, робочі рідини і вироби, що виключають шкідливу дію на довкілля і обслуговуючий персонал

## ВИСНОВКИ

Аналіз розвитку землерийних машин і патентних матеріалів дозволяє встановити такі основні тенденції в розвитку робочих органів:

- збільшення розмірів відповідно підвищенню потужності машин;
- поділ на функціональні елементи і вузли відповідно до особливостей процесів взаємодії з ґрунтом;
- застосування пристроїв, що інтенсифікують копання, транспортування і розвантаження ґрунту;
- застосування пристроїв, що забезпечують оптимізацію параметрів в процесі роботи залежно від виконуваних операцій; застосування нових фізичних методів руйнування ґрунтів.

Загальні тенденції розвитку конструкції екскаватора пов'язані з удосконаленням конструкції базових машин екскаватора і робочих органів (РО). Найбільш важливими з них є:

- розширення типорозмірного ряду в напрямку створення малогабаритних і важких машин;
- підвищення питомої потужності за порівняно невеликого збільшення маси;
- застосування більш міцних матеріалів, введення мастила, захисних пристроїв;
- зниження трудомісткості технічного обслуговування;
- поліпшення умов праці за рахунок зниження трудомісткості управління машиною, зменшення шуму, вібрацій, загазованості, запиленості;
- підвищення безпеки роботи оператора, завдяки впровадженню захисту;
- створення важких екскаваторів на базі спарених платформ;
- розширення номенклатури екскаваторного обладнання (ківш з розпушувачем, сферичні і напівсферичні РО);
- використання автоматичних (дистанційних) систем управління РО;

– розширення сфери застосування екскаватора шляхом використання змінного РО.

Розроблена конструкція робочого органу екскаватора для планувальних робіт в повній мірі відповідає сучасним тенденціям, адже має покращенні техніко-економічні показники на 35% відносно аналогів.

Результати теоретичних досліджень, які направлені на раціоналізацію та оптимізацію існуючих конструкцій виконавчих органів екскаваторів, можна використовувати для подальших досліджень в напрямі створення подібної техніки.

Теоретичний огляд підтвердив актуальність МКР та перспективність подальших досліджень у зв'язку з сучасними потребами людства, зокрема інтенсивним розширенням та удосконаленням магістральних дорожніх зв'язків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Щемелев, А. М. Строительные машины и средства малой механизации / А. М. Щемелев, С. Б. Партнов, Л. И. Белоусов. – Мн.: «Дизайн ПРО», 1998. – 274 с.
2. Будівельна механіка металевих конструкцій дорожньо-будівельних, підйомних і транспортних машин : підручник / В.Д. Шевченко, В.Г. Піскунов, Ю.М. Федоренко та ін.; За ред. В.Г. Піскунова, В.Д. Шевченка. – К. : Вища шк.,2004. – 438 с. іл.
3. <https://engine-market.ua/ekskavator-na-shassi-avtomobilya-kraz-atek-011a-t29121/>
4. <https://belautoprom-g2n.jimdofree.com/%D0%B0%D0%BC%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80-%D0%BA%D1%8D%D0%B7/%D1%8D%D0%BE-3533/>
5. <https://www.techstory.ru/gidro/eo3532.htm>
6. <https://www.csm.sk/>
7. <https://spetstechnika.com.ua/uk/telescopic-excavator-uds/%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA-uds-232-%D0%BD%D0%B0-%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%81%D0%BD%D0%BE/>
8. <https://specmachinery.com.ua/news/light/3299-v-ukraini-ziavyvsia-unikalnyi-ekskavatorplanuvalnyk>
9. <http://www.gradall.com/>
10. [https://agrovektor.com/ua/physical\\_product/524752-ekskavator-planirovschik-badger-470-tm.html](https://agrovektor.com/ua/physical_product/524752-ekskavator-planirovschik-badger-470-tm.html)
11. <https://ukrpatent.org/uk/articles/bases2>
12. <https://www.fips.ru/registers-web/>
13. <https://www.google.com/?tbn=pts>

14. [https://mdepatents.com/?gclid=Cj0KCQjw-4SLBhCVARIsACrhWLVkIyWx\\_W7X7SMz1rEY3H72gM2mhLXNpmK7EDwh4MLsOqfZFlhaowQaAjR5EALw\\_wcB](https://mdepatents.com/?gclid=Cj0KCQjw-4SLBhCVARIsACrhWLVkIyWx_W7X7SMz1rEY3H72gM2mhLXNpmK7EDwh4MLsOqfZFlhaowQaAjR5EALw_wcB)
15. <https://patentventures.com/secure/index.html>
16. <http://www.sapat.co.za/>
17. <https://worldwide.espacenet.com/>
18. [https://dnaop.com/html/46430/doc-%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F\\_IV-2-82](https://dnaop.com/html/46430/doc-%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F_IV-2-82) СНиП IV-2-82. Сборник элементарных сметных норм на строительные конструкции и работы (46430)
19. Ковальский Б.С. Грузоподъемные машины. Крюки, петли, проушины / Б.С. Ковальский. – Харьков: ХВКИУ, 1961. – 88 с.
20. Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование / А. В. Вавилов, А. Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2020. – 98 с. ISBN 978-985-550-986-9.
21. Федоров, Д. И. Рабочие органы землеройных машин / Д. И. Федоров. – М.: Машиностроение, 1989. – 386
22. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин / Л. А. Гоберман. – М.: Машиностроение, 1988. – 463 с.
23. Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации: учеб. / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М.: Выш. шк., 2001. – 575 с.
24. Теория, конструкции и расчет строительных и дорожных машин / Л. А. Гоберман [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 407 с.
25. Кавецкий В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник / В. В. Кавецкий, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
26. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

27. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень [Текст] : практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 113 с.
28. Інноваційний менеджмент [Текст] : навчальний посібник / [В. О. Козловський, А. О. Азарова, О. Й. Лесько, М. І. Небава]. - Вінниця : ВНТУ, 2012. - 130 с. - ISBN 978-966-641-488-8.
29. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. / В. В. Кавецький, І. В. Причепка, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 142 с.
30. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>
31. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. -154 с.
32. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
33. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення- [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)
34. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
35. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
36. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек

[Електронний ресурс] - Режим доступу:

[https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759)

37. Яремчук В.О. Слабкий А.В. / Актуальність розробки нових конструкцій робочих органів екскаватора// Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)»

## ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Поліщук Л.К,

\_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На розробку конструкції робочого органу екскаватора для виконання  
планувальних робіт

Розробив студент

Спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

Яремчук Владислав Олександрович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021

Керівник: к.т.н., доцент

Слабкий Андрій Валентинович



## **1 Найменування і область застосування**

Найменування – робочий орган екскаватора для виконання планувальних робіт

## **2 Підстава для виконання роботи**

Підставою для розробки даного дипломного проекту є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

## **3 Мета і призначення дослідження**

Мета розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт з покращеними техніко-економічними показниками. Призначення розробки – визначити вплив параметрів ковша на процес розробки ґрунту.

## **4 Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки

4.1 Будівельна механіка металевих конструкцій дорожньо-будівельних, підйомних і транспортних машин : підручник / В.Д. Шевченко, В.Г. Піскунов, Ю.М. Федоренко та ін.; За ред. В.Г. Піскунова, В.Д. Шевченка. – К. : Вища шк., 2004. – 438 с. іл

4.2 Щемелев, А. М. Строительные машины и средства малой механизации / А. М. Щемелев, С. Б. Партнов, Л. И. Белоусов. – Мн.: «Дизайн ПРО», 1998. – 274 с.

4.3 Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование / А. В. Вавилов, А. Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2020. – 98 с. ISBN 978-985-550-986-9.

4.4 Киркач Н., Баласанян Р. Расчет и проектирование деталей машин. Том 2. Киев: “Выща школа”, 1988-140с.

4.5. Федоров, Д. И. Рабочие органы землеройных машин / Д. И. Федоров. – М.: Машиностроение, 1989. – 386

4.6 Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин / Л. А. Гоберман. – М.: Машиностроение, 1988. – 463 с.

### 5 Вихідні дані для розробки робочого органу:

1	Ширина ковша з відвальною поверхнею, мм	1350
2	Висота ковша з відвальною поверхнею, мм	1300
3	Довжина ковша з відвальною поверхнею, мм	2670
4	Радіус кривизни лобової поверхні, мм	900
5	Кут різання, град	45
6	Маса ковша з відвальною поверхнею, т	0,9

#### 5.1 Технічні вимоги

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажної придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 1000кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини робочого органу екскаватора-планувальника взаємозамінні;
- деталі, вузли робочого органу екскаватора-планувальника, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила;
- 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 верстатного комплексу 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 деталей робочого органу екскаватора-планувальника 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 робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт 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 обслуговування 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 – 0,5 роки,
- освоєння виробництва продукції,
- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

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

### 8 Етапи НДР і терміни їх виконання:

- теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів;
- визначення впливу параметрів ковша на процес розробки ґрунту;
- проектні та перевірочні розрахунки елементів обладнання;
- техніко-економічне обґрунтування МКР;
- охорона праці;
- 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 КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ  
ВИКОНАННЯ ПЛАНУВАЛЬНИХ РОБІТ

*Огляд екскаваторів для виконання планувальних робіт*

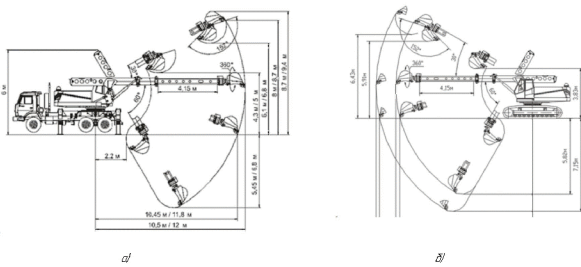


Рисунок 1 - Схеми роботи екскаваторів: а) пневмоколісних, б) гусеничних.



Рисунок 3 - Екскаватори-планувальники АТЕК-011А і АТЕК-012А на базі шасі КраЗ-65101



Рисунок 4 - Екскаватори-планувальники серії EO-3533М (а) та EO-3533У (б)



Рисунок 7 - Екскаватор-планувальник Badger 470 TM

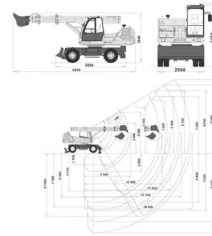


Рисунок 5 - Екскаватор-планувальник UDS 232 на колісному ході

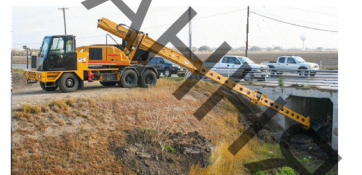


Рисунок 8 - Екскаватор-планувальник Фірми Gradall



Рисунок 2 - Гусеничні екскаватори-планувальники

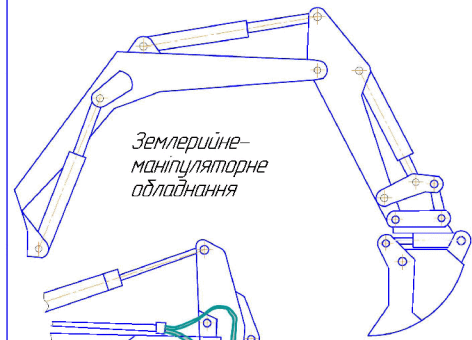


Рисунок 6 - Екскаватор-планувальник UDS-114R на автомобільному шасі MA3-6302C5

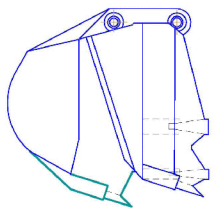
*Огляд конструкції робочих органів екскаваторів-планувальників*



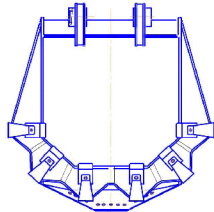
*Екскаватори, оснащені робочими органами (РО) для планувальних робіт*



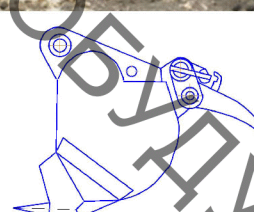
*Землерийне-маніпуляторне обладнання*



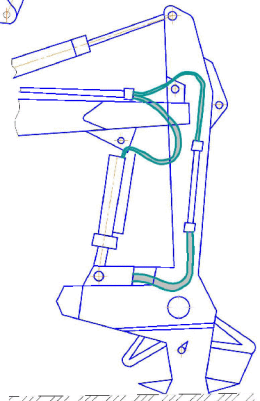
*РО з двохлапцевою системою*



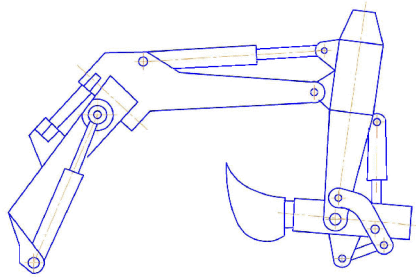
*РО з спушувальним обладнанням*



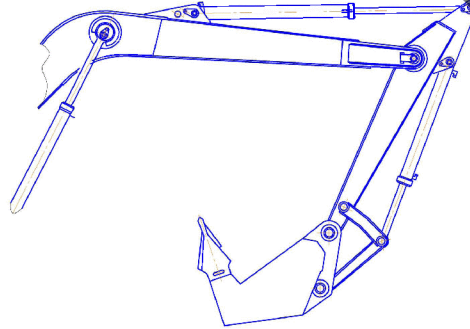
*Планувальний ківш*



*Для руйнування дорожнього покриття*



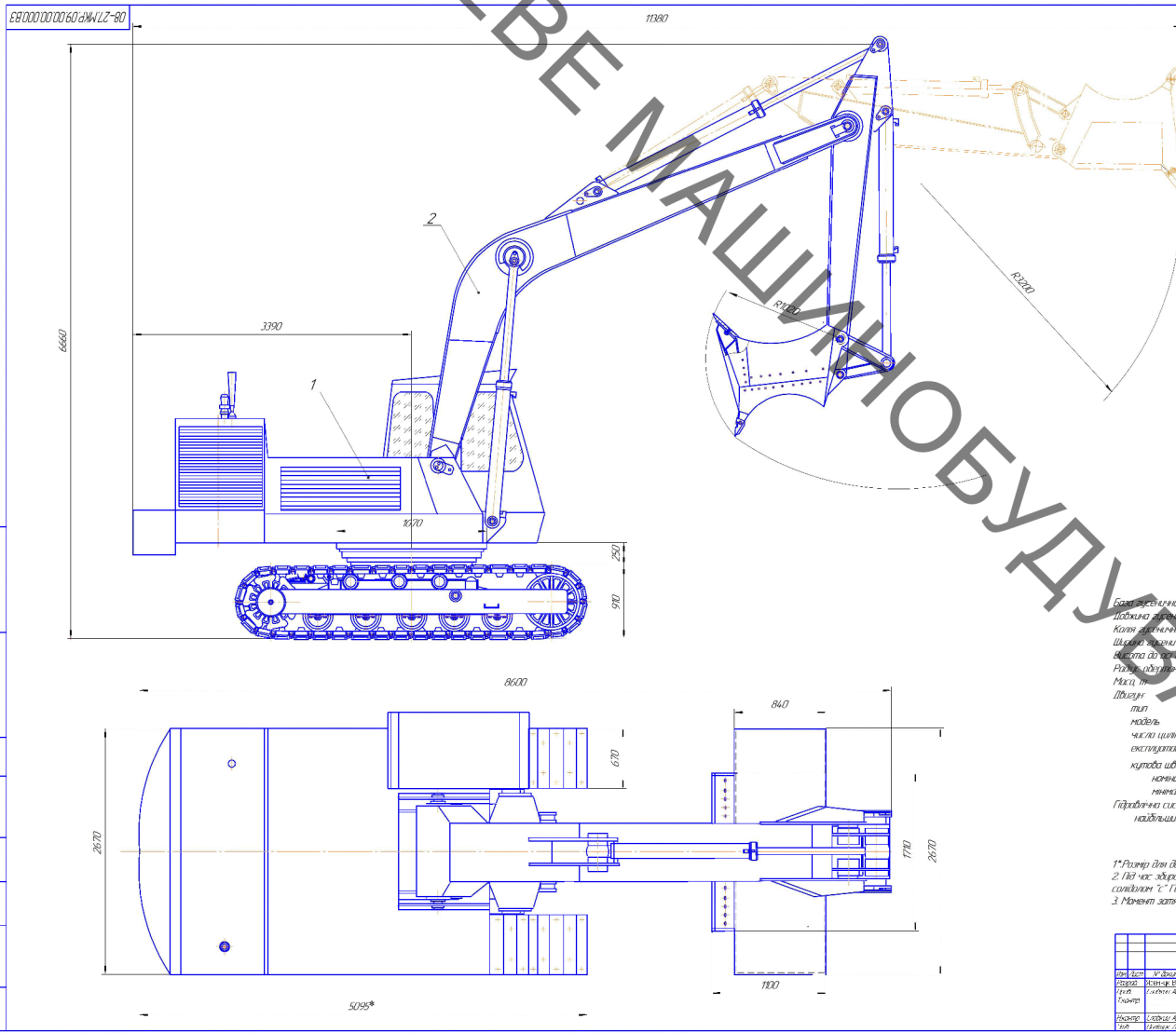
*РО додатковою ступеню рухомості*



*Спушувальний робочий орган екскаватора*



# ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ



### Технічна характеристика

Базова швидкість ходового приводу, мм	3340
Діаметр зчепного ходового приводу, мм	4000
Кілія зчепного ходового приводу, мм	2670
Ширина зчепного ходового приводу, мм	670
Відстань до осей гусениць, мм	2280
Радіус розкрутки ходового механізму, мм	3390
Маса, т	70
Двигун	тип чотирьохтактний дизель
модель	A-01M, A-01ME
кількість циліндрів	6
експлуатаційна потужність, кВт (кВТ)	95,6 (130)
класова швидкість колінчастого валу, об/хв (рад/с)	1120 (178)
номінальна	700 (173)
гідролічна система	надвісний тиск в одній системі, МПа
найвищий тиск в одній системі, МПа	25

### Технічні вимоги

- \* Резерв для дооблад.
- 2. Під час зберігання всі підврати, що контактують з поверхнею сльотом 1° ГОСТ 4.366-76, мастилені захисними графітними мастиками.
- 3. Момент затяжки болтів і гайок не менше 200 Нм.

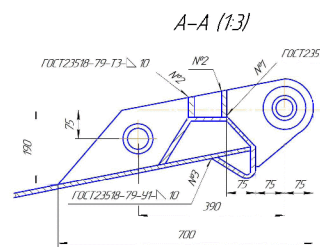
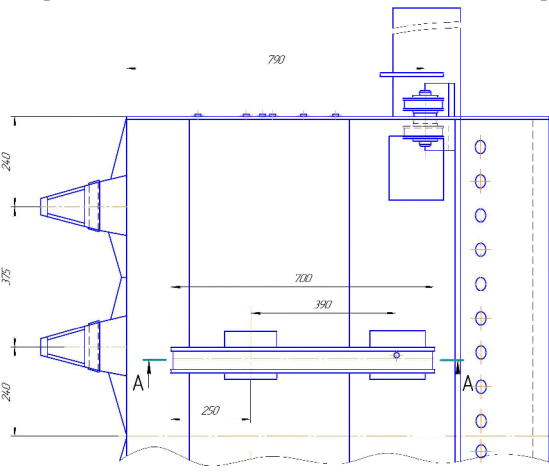
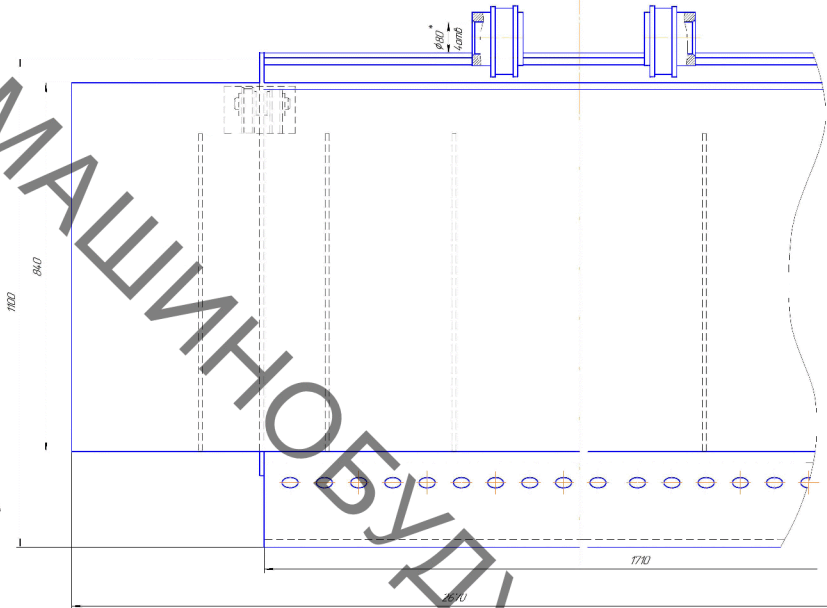
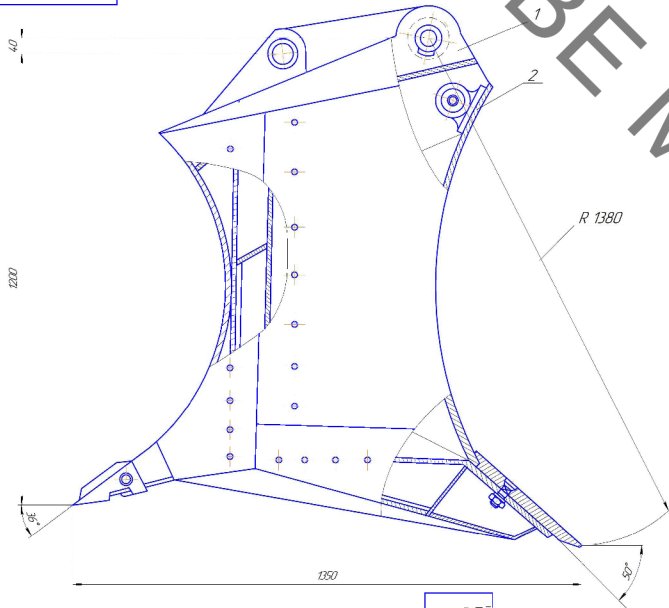
08-27МКР.09.00.00.000.В.3		Дат.	Лист	Масштаб
Вид	Стор.	Формат	Габ.	Вис.
Вид	Стор.	Формат	Габ.	Вис.
Вид	Стор.	Формат	Габ.	Вис.
Вид	Стор.	Формат	Габ.	Вис.
Екскаватор гідравлічний		У	120	
ВНТУ 17М-20М		Лист	Листів	
Контур		ВНТУ	17М-20М	
Тип		ВНТУ	17М-20М	





ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27-MKP.09.02.05.000.00



**Технічна характеристика**

Ємність ковшу, м	1,25
Габарити ковшу, мм	
ширина	1700
висота	1300
Габарити ковшу з відальною поверхнею, мм	
ширина	2670
висота	1300
Маса, кг	900

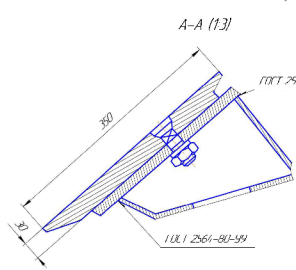
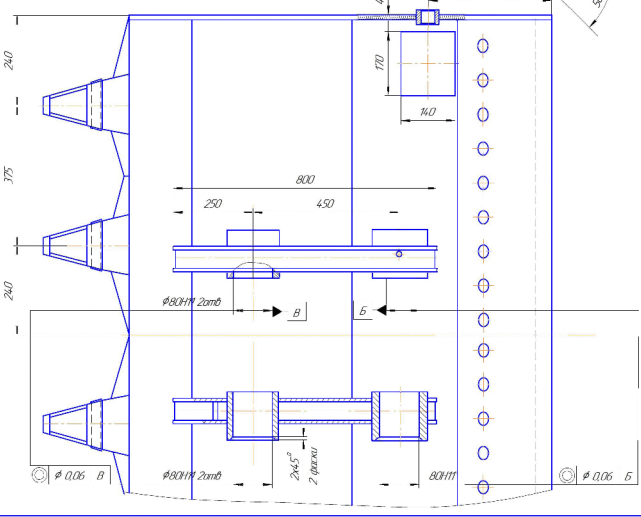
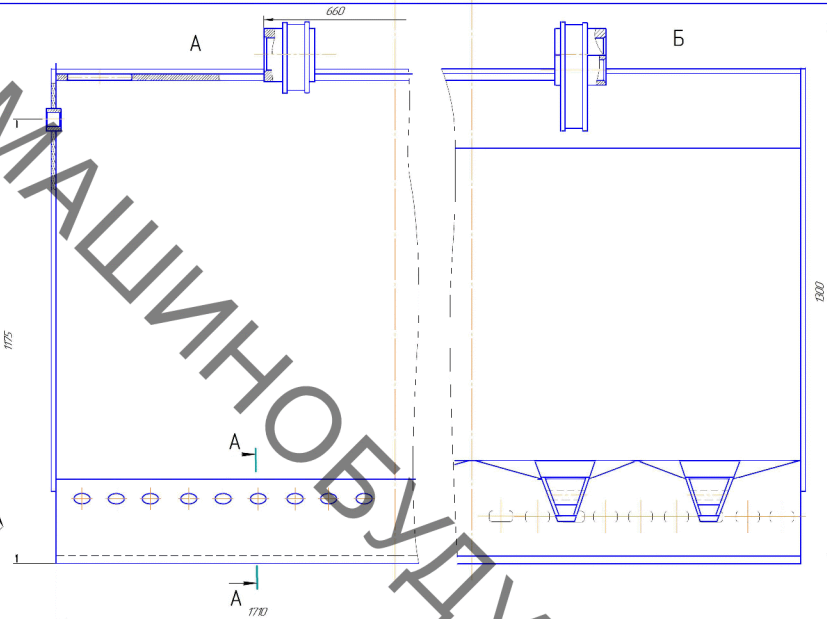
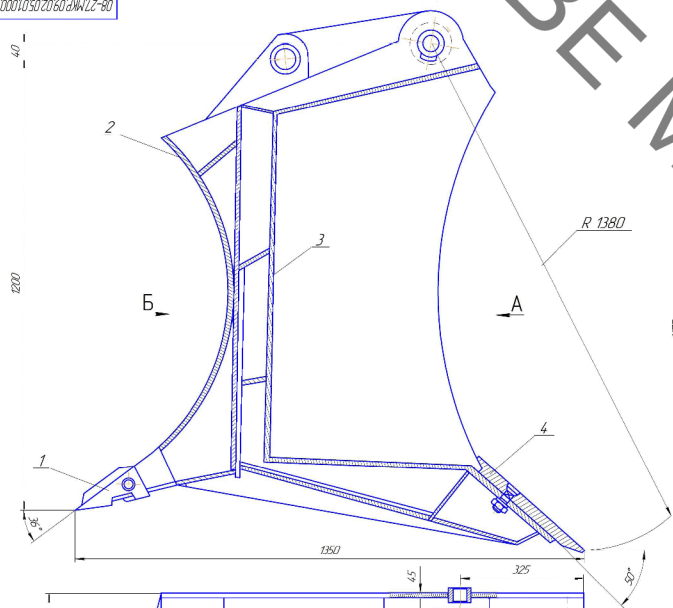
Технічні вимоги

1. Технічні вимоги до зварювальних швів по ТУ 14.9.136.2500.0001.
2. Невказані граничні відхилення ІТ17 розміри кутів  $\pm 2^\circ$ , інших  $\pm 2^\circ$ .
3. \*Розміри для довідки

08-27-MKP.09.02.05.000.00				Лист	Значення	Масштаб
Виконав	Перевірив	Лист	Всього	9	15	
Начальник	Інженер	Лист	Листів			
Лист	Листів	ВНТУ, ІТМ-20М				
Лист	Листів	Книжка				Формат А1

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

XD00010502060.dwg 12-80



**Технічна характеристика**

Ємкість ковш, м	125
Габарити ковш, мм	
ширина	1350
висота	1710
довжина	1380
Радіус поворота ковш, мм	
Маса, кг	750

- Технічні вимоги**
- Технічні вимоги до зварювальних швів по ТУ 14-9136.2500.0001
  - Невказані граничні відхилення розмірів кутівих  $\pm 2^\circ$ , інших  $\pm 2$
  - \*Розміри для довідок

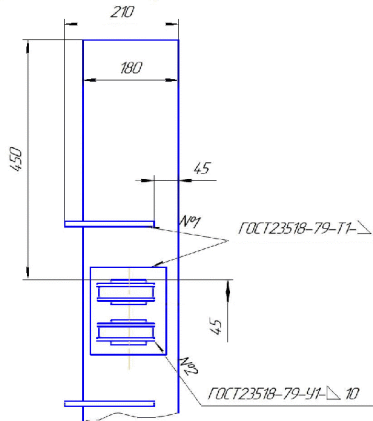
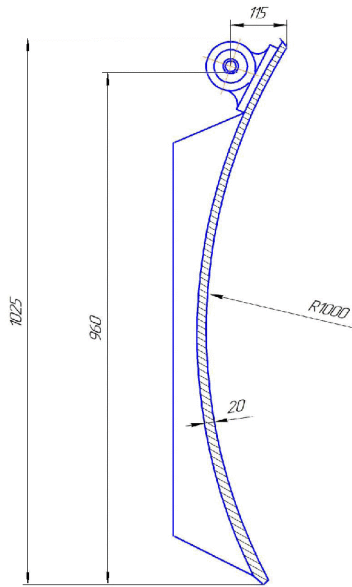
08-27МКР.09.02.05.01000.СК		Зам.	Відп.	Виконав.
Розроб.	В.П.М.	Проф.	В.П.М.	В.П.М.
Вір.	С.В.М.	Проф.	С.В.М.	С.В.М.
Норм.	С.В.М.	Проф.	С.В.М.	С.В.М.
Вір.	С.В.М.	Проф.	С.В.М.	С.В.М.
Вір.	С.В.М.	Проф.	С.В.М.	С.В.М.

Планувальний ковш (складальне креслення)

ВНТУ, 11М-20М

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

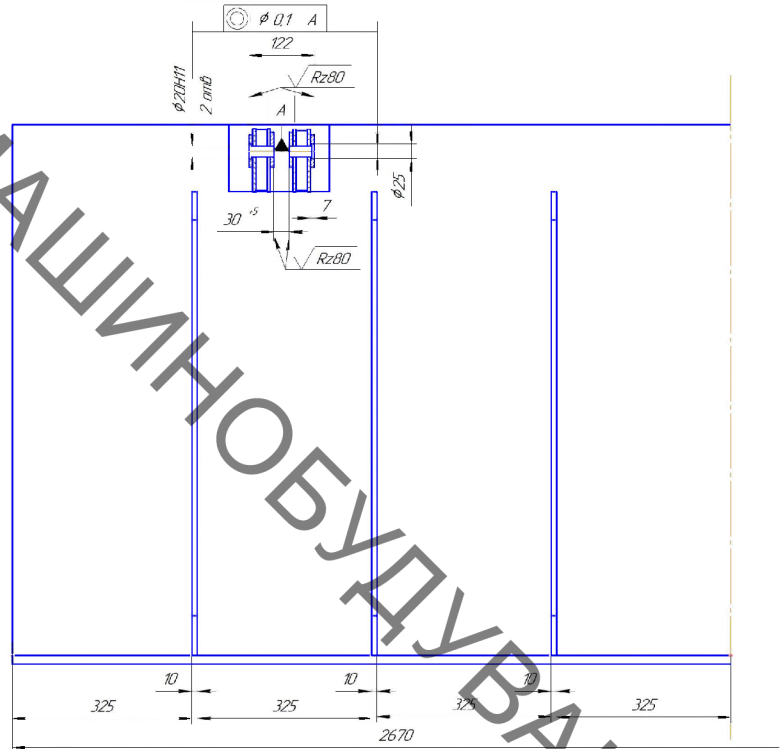
08-27.МКР.09.02.05.02.000.СК



Технічна характеристика

Радіус лобової поверхні, мм 1000  
 Висота відвалу, мм 1025  
 Ширина відвалу, мм 2670  
 Маса, кг 150

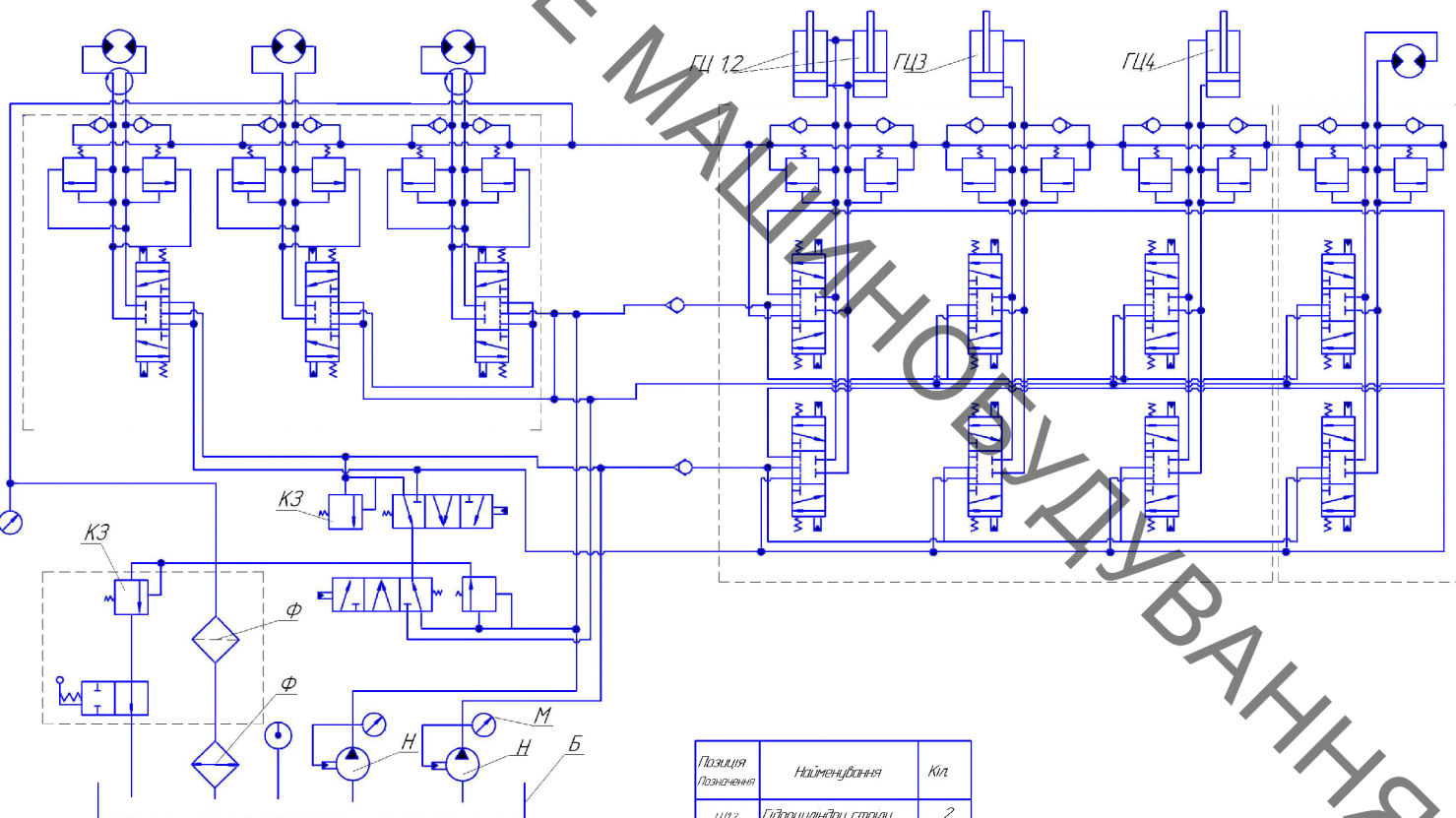
- Технічні вимоги
1. Технічні вимоги до зварювальних швів по ТУ 14.913625000001
  2. Невказані граничні відхилення розміри кутів  $\pm 2^{\circ}$ , інших  $\pm 2^{\circ}$
  3. \*Розміри для довідок



				08-27.МКР.09.02.05.02.000.СК			
Ім'я	Лист	№ Вироб	Група	Вид	Відвальна поверхня	Лист	Масо
Розроб	1	Виробнич. В.О			(складальне креслення)	5	15
Проєкт		Складальн. А.І				Лист	Г
Начальн.		Складальн. А.І					ВНТУ, 1ГМ-20М
Чит.		Розробн. Л.К					Ферретт А.З

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27МКР.09.00.000.Г



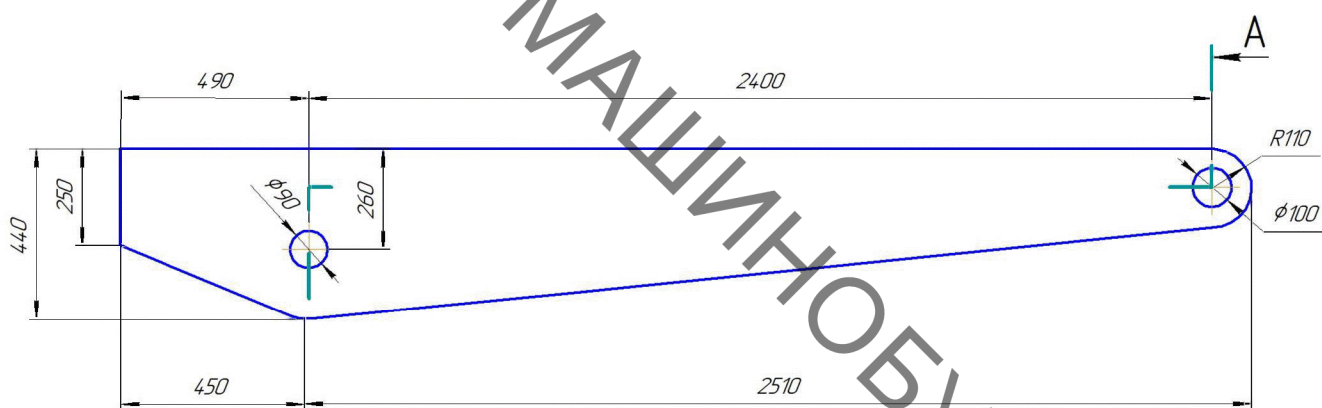
Позиція Позначення	Найменування	Кіл.
ГЦ 12	Гідроциліндри стріли	2
ГЦ 3	Гідроциліндри рукоятки	1
ГЦ 4	Гідроциліндр ковша	1
М	Манометр	3
КЗ	Клапан зворотний	1
Ф	Фільтр	2
Н	Насос	1
Б	Гідробак	1

08-27МКР.09.00.000.Г			
Гідролічна СХЕМА			
Лист	Масштаб	Масштаб	
Лист	Листів	1	
ВНТУ, 1ГМ-20м		Формат А2	

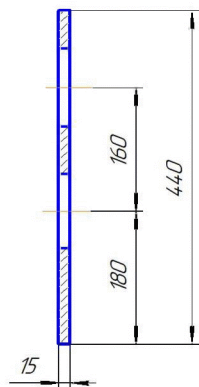
ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27МКР.09.02.01008

$\sqrt{Rz\ 4.0\ (\checkmark)}$



A-A  
(1:5)



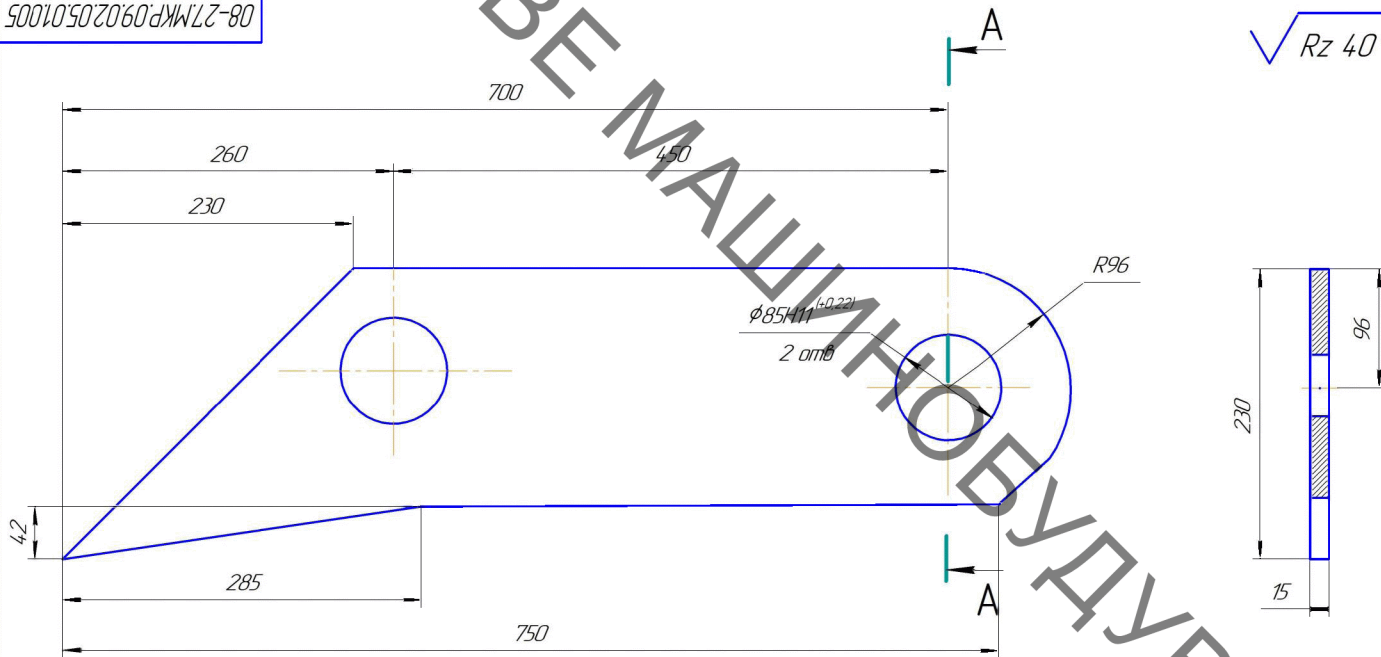
1. НВ174...217
2. \* Розміри для довідок
3.  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$

				08-27.МКР.09.02.01008		
				Боковий лист рукоятки		
Мат. лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Яремчук В.О.					1:10
Проб.	Слободкин А.В.			Лист	Листов	
Т.контр.						
Н.контр.	Слободкин А.В.			Сталь 09Г2С ГОСТ 19281-89		ВНТУ, 1ГМ-20М
Чтб.	Полещук Л.К.			Копія		Формат А3

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27.MKP.09.02.05.01.005

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



1. НВ174...217
2. \* Розміри для довідок
3.  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$
4. Товщина листа  $15 \pm 1$  мм.
5. Гострі кромки притупити

08-27.MKP.09.02.05.01.005

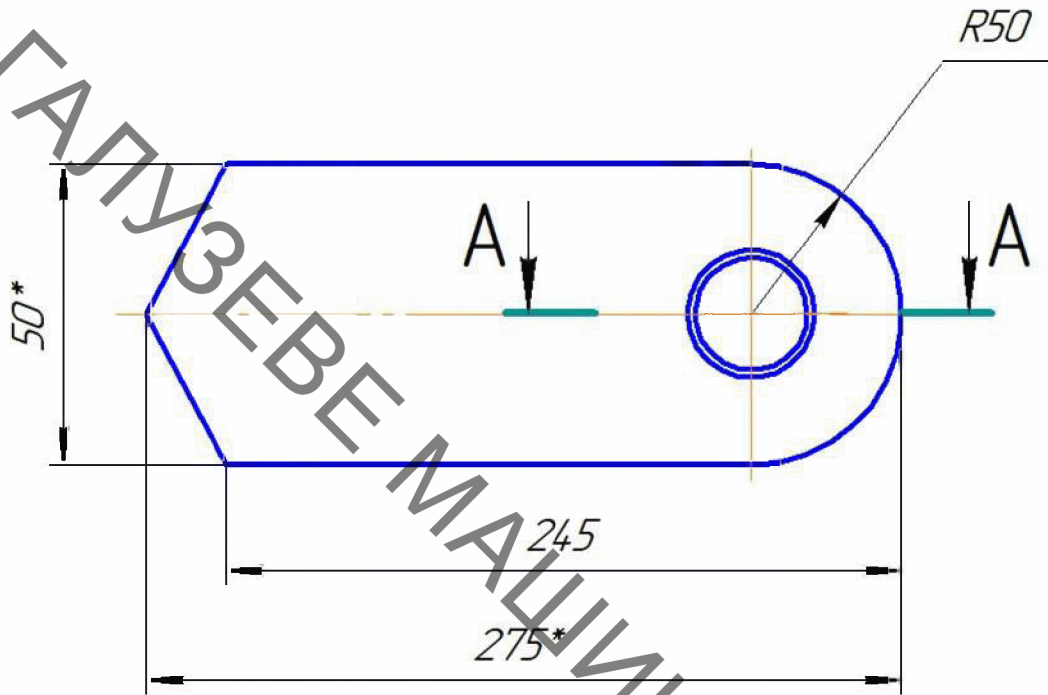
Мем. лист	№ докум.	Підпис	Дата	Редра жосткості кріплення ковша		
Розроб	Яремчук В.О.			Лист	Маса	Масштаб
Проб	Слабкий А.В.					1:3
Т.контр.				Лист	Листов	
Н.контр.	Слабкий А.В.			Сталь 09Г2С		
Чтб	Полещук Л.К.			ГОСТ 19281-89		
				ВНТУ, 1ГМ-20М		

Копіювати

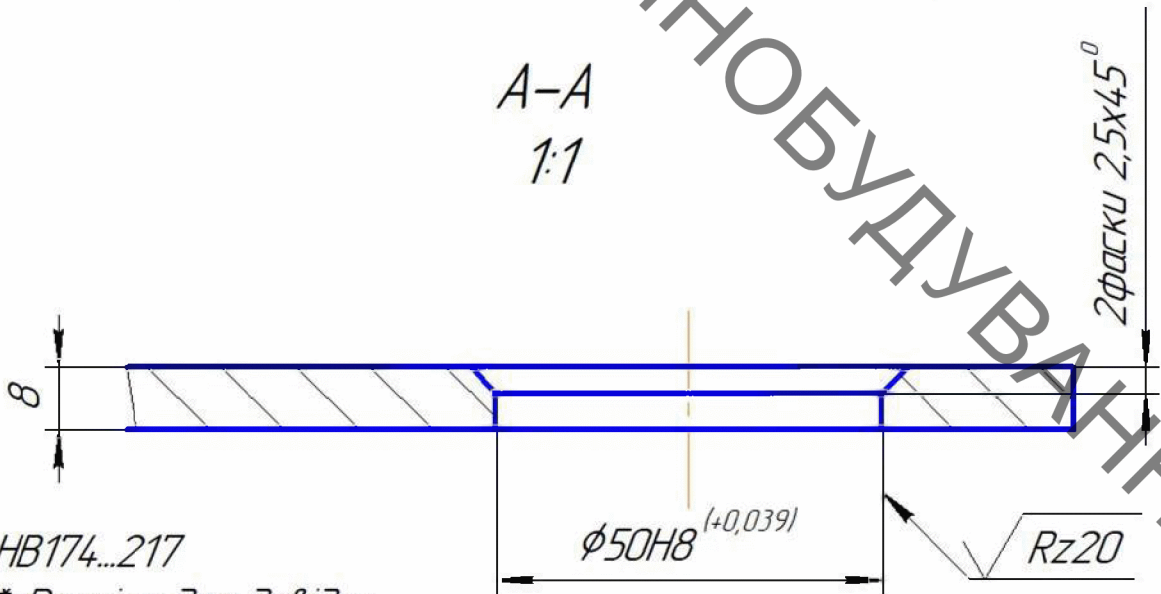
Формат А3

08-27.МКР.09.02.01.013

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



A-A  
1:1



1. HB174...217
2. \* Розміри для довідок
3. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$
4. Гострі кромки притупити

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Инв. № дїял.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Яремчук В.О.		
Пров.		Сладкий А.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сладкий А.В.		
Утв.		Полещук Л.К.		

08-27.МКР.09.02.01.013

Накладка  
стріли

Сталь 3 ГОСТ380-2005

Лист	Масса	Масштаб
		1:2,5
Лист	Листов	

ВНТУ, 1ГМ-20М



08-27.MKP.09.02.05.01.001

50

√ 12,5 (√) 50

φ 16H7 (+0,018)

Ra 6,3

45

14

110

130

78

70

80

- 1.\* Розміри для довідок
- 2. H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$
- 3. Гострі кромки притупити

08-27.MKP.09.02.05.01.001

Лист    Масса    Масштаб

Зуб

у

7

1:1

Лист

Листов

09 Г2 С

ГОСТ 19281-89

ВНТУ, 1ГМ-20М

Перв. примеч.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дѣл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Яремчук В.О.		
Пров.		Сладкий А.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сладкий А.В.		
Утв.		Полещук Л.К.		

Додаток В

**СПЕЦИФІКАЦІЇ**

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ  
ВИКОНАННЯ ПЛАНУВАЛЬНИХ РОБІТ

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
			Документація						
			A1	08-27.MKP.09.00.000.B3			Вид загальний		
Справ. №			Сборочные единицы						
			A1	1			08-27.MKP.09.01.00.000.SK	Базова машина	1
			A1	2			08-27.MKP.09.02.00.000.SK	Робочі органи екскаватора	1

Подп. и дата	Инд. № дейл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Яремчук В.О.		
Пров.		Сладкий А.В.		
Н.контр.		Сладкий А.В.		
Утв.		Полещук Л.К.		

*08-27.MKP.09.00.000.000*

*Екскаватор гідравлічний*

*ВНТУ, 1ГМ-20М*

Инд. № подл.	Лит.	Лист	Листов

Формат Зона Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<u>Документація</u>		
A1	08-27.МКР.09.02.00.000.СК	Складальне креслення		
		<u>Складальні одиниці</u>		
	1 08-27.МКР.09.02.01.000.СК	Стріла	1	
	2 08-27.МКР.09.02.02.000.СК	Гідроциліндр рукоятки	1	
	3 08-27.МКР.09.02.03.000.СК	Рукоятка	1	
	4 08-27.МКР.09.02.04.000.СК	Гідроциліндр ковша	1	
A1	5 08-27.МКР.09.02.05.00.000.СК	Планувальний робочий орган	1	
	6 08-27.МКР.09.02.06.000.СК	Гідроциліндр стріли	2	
		<u>Деталі</u>		
A3	7 08-27.МКР.09.02.01.007	Редра кріплення гідроциліндра	2	
A3	8 08-27.МКР.09.02.01.008	Боковий лист рукоятки	2	
A4	9 08-27.МКР.09.02.01.009	Втулка		
A4	10 08-27.МКР.09.02.01.010	Палець		
A3	11 08-27.МКР.09.02.01.011	Корпус гідроциліндра		
A3	12 08-27.МКР.09.02.01.012	Кришка гідроциліндра		
A4	13 08-27.МКР.09.02.01.013	Накладка стріли		

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Инв. № дейл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата

08-27.МКР.09.02.00.000

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.		Яремчук В.О.		
Пров.		Слабкий А.В.		
Н.контр.		Слабкий А.В.		
Утв.		Поліщук Л.К.		

Робочий орган екскаватора

Лит.	Лист	Листов

ВНТУ, 1ГМ-20М

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документація</u>		
A1			08-27.МКР.09.02.05.00.000.СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A1	1		08-27.МКР.09.02.05.01.000.СК	Планувальний ковш	1	
A1	2		08-27.МКР.09.02.05.02.000.СК	Відвальна поверхня	1	

Підп. і дата	Інв. № діял.	Взам. інв. №	Підп. і дата

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Разроб.		Яремчук В.О.		
Пров.		Сладкий А.В.		
Н.контр.		Сладкий А.В.		
Утв.		Поліщук Л.К.		

08-27.МКР.09.02.05.00.000

Планувальний робочий орган

Лит.	Лист	Листов

ВНТУ, 1ГМ-20М

