

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розрахунок одноківшового екскаватора з розробкою робочого органу для планувальних робіт

Виконав: здобувач IV курсу, групи 401-ММ
спеціальності

133 – Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Безуглий М. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Коротич Ю. Ю.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Сучков І. М.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

**Розрахунок одноківшевого екскаватора з розробкою
робочого органу для планувальних робіт**

Кваліфікаційна робота бакалавра

Лист затвердження

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 КРБ - ЛУ

Розробив здобувач групи 401-ММ

 Максим БЕЗУГЛИЙ
«16» 06 2026 р.

Керівник
PhD, доц.

 Юрій КОРОТИЧ
«16» 06 2026 р.

Технологічний контроль

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
«17» 06 2026 р.

Нормативний контроль

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
«17» 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
«17» 06 2026 р.

Консультант з технологічної частини

к.т.н., доц.

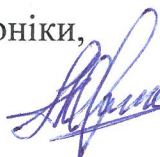
 Іван РОГОЗІН
«16» 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки,

к.т.н, доц.

 Олександр ОРИСЕНКО

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. листів	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Вперше розроблена			
5						
6	A4	ГММ.401-ММ.002-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1		
7	A4	ГММ.401-ММ.002-00.00.000 А	Анотація	2		
8	A1	ГММ.401-ММ.002-00.00.000ВЗ	Екскаватор одноківшевий			
9			гідравлічний			
10			Загальний вигляд	1		
11	A4	ГММ.401-ММ.002-00.00.000ПЗ	Пояснювальна записка			
12						
13			Документація по			
14			складальних одиницях			
15						
16	A4	ГММ.401-ММ.002-02.00.000СП	Специфікація	1		
17	A1	ГММ.401-ММ.002-02.00.000СК	Робоче обладнання			
18			Складальне креслення	1		
19	A4	ГММ.401-ММ.002-02.05.000СП	Специфікація	1		
20	A1	ГММ.401-ММ.002-02.05.000СК	Планувальний робочий орган			
21			Складальне креслення	1		
22	A4	ГММ.401-ММ.002-02.05.01.000СП	Специфікація	1		
23	A1	ГММ.401-ММ.002-02.05.01.000СК	Планувальний ковш			
24			Складальне креслення	1		

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ВР		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.		Безуглий		16.06			
Перев.		Коротич		16.06			
Н.контр.		Васильєв		12.06			
Затв.		Орисенко		19.06			
Розрахунок одноківшевого екскаватора з розробкою робочого органу для планувальних робіт Відомість кваліфікаційної роботи					Літ.	Лист	Листів
					1	1	2
					Національний університет імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026 Формат А4		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. листів	№ екз.	Примітка
1						
2	A4	ГММ.401-ММ.002-02.05.02.000СП	Специфікація	1		
3	A2	ГММ.401-ММ.002-02.05.02.000СК	Відвальна поверхня			
4			Складальне креслення	1		
5						
6			Документація по кресленнях			
7			деталей			
8						
9			Вперше розроблена			
10						
11	A4	ГММ.401-ММ.002-02.05.01.001	Зуб	1		
12	A3	ГММ.401-ММ.002-02.00.007	Редьро кріплення			
13			гідроциліндра рукояті	1		
14	A3	ГММ.401-ММ.002-02.00.008	Боковий лист рукояті	1		
15	A4	ГММ.401-ММ.002-02.00.009	Втулка	1		
16	A4	ГММ.401-ММ.002-02.00.010	Палець	1		
17	A4	ГММ.401-ММ.002-02.00.011	Накладка	1		
18						
19			Документація по схемах			
20						
21	A2	ГММ.401-ММ.002-00.00.000Г	Екскаватор одноківшевий			
22			гідролічна схема	1		
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ВР	
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	
					2	

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення ІНІ ІТР

Кафедра, циклова комісія Галузевого машинобудування та мехатроніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки**

О.В. Орісенко
“ 03 ” 03 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Безуглому Максиму Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проекту (роботи) Розрахунок одноківшевого екскаватора з розробкою
робочого органу для планувальних робіт**

керівник кваліфікаційної роботи Коротич Юрій Юрійович, PhD.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «03» березня 2026 року № 273-ф,а

2. Строк подання студентом роботи “ 19 ” червня 2026 року.

3. Вихідні дані до бакалаврської роботи: екскаватор-прототип ЕО-4224, тип приводу робочого органу – гідравлічний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Оглядовий розділ. 2 Загальний розрахунок екскаватора. 3 Розробка робочого органу для планувальних робіт. 4 Технологічний розділ. Висновки.

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

1. Екскаватор одноковшевий гідравлічний – вигляд загальний (1 лист А1.) 2. Робоче обладнання – складальне креслення (1 лист А1). 3. Планувальний робочий орган – складальне креслення (1 лист А1). 4. Планувальний ковш – складальне креслення (1 лист А1). 5. Відвальна поверхня – складальне креслення (1 лист А2). 6. Деталювання (2 листи А3, 4 листи А4). 7. Екскаватор одноковшевий – гідравлічна схема (1 лист А2).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічний	Рогозін І. А., к.т.н., доцент	 12.05.26	 16.06.26

7. Дата видачі завдання 03 березня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядовий розділ., виконання креслень загального вигляду	05.05.2026 р.	
2	Загальний розрахунок екскаватору, виконання складальних креслень	12.05.2026 р.	
3	Розробка робочого органу для планувальних робіт, виконання складальних креслень	19.05.2026 р.	
4	Виконання креслень графічної частини, специфікацій, деталювання	26.05.2026 р.	
5	Технологічний розділ та охорона праці	02.06.2026 р.	
6	Компонування пояснювальної записки	09.06.2026 р.	
7	Здача готового проекту	16.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти


(підпис)

Максим БЕЗУГЛИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Юрій КОРОТИЧ
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньо-професійної програми


(підпис)

Олексій ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

Безуглий М. В. Розрахунок одноківшевого екскаватора з розробкою робочого органу для планувальних робіт. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного рівня «бакалавр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія». – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

За результатами виконання кваліфікаційної роботи бакалавра проведено удосконалення робочого обладнання екскаватора-планувальника на базі прототипу ЕО-4224.

Зробивши загальний огляд екскаваторів та висвітливши основні напрямки та загальні тенденції розвитку робочих органів, були визначені оптимальні параметри робочого обладнання екскаватора та розроблена удосконалена конструкція робочого органу відвального типу.

Також були визначені лінійні та масові характеристики проектного екскаватора та розрахована його продуктивність з модернізованим ковшем. Здійснені перевірочні розрахунки на міцність елементів робочого обладнання.

В технологічному розділі розроблений технологічний процес виготовлення деталі «палець» та розроблені заходи з пожежної безпеки та охорони праці під час експлуатації землерийних машин.

Реалізація запропонованої модернізації дозволить підвищити технологічні можливості екскаватора та забезпечити більш ефективне використання машини в різних умовах експлуатації.

Ключові слова: екскаватор, ґрунт, потужність, робочий орган, землерийна машина, обладнання.

					ГММ.401-ММ.002 – 00.00.000ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Анотація		
Розроб.	Безуглий			16.06			
Перев.	Коротич			16.06			
Керівн.							
Н. контр.	Васильєв			12.06			
Затв.	Орисенко			19.08			
					Лім.	Лист	Листів
					Н	1	2
					Національний університет імені Юрія Кондратюка ННІ ІТР 2026 р.		

The abstract

Bezuglyi M. V. Calculation of a single-bucket excavator with the development of a working body for planning work. – Manuscript.

Qualification work for obtaining the educational and professional level of "bachelor" in specialty 133 " Branch Mechanical Engineering " in field of knowledge 13 "Mechanical engineering". - National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, 2026.

Based on the results of the bachelor's qualification work, the working equipment of a grading excavator based on the EO-4224 prototype was improved.

After conducting a general review of excavators and highlighting the main directions and general trends in the development of working attachments, the optimal parameters of the excavator working equipment were determined and an improved design of a blade-type working attachment was developed.

The linear and weight characteristics of the designed excavator were also determined, and its productivity with the модернізованим bucket was calculated. Verification strength calculations of the working equipment elements were carried out as well.

In the technological section, a technological process for manufacturing the “pin” part was developed, and measures for fire safety and occupational safety during the operation of earthmoving machines were proposed.

The implementation of the proposed modernization will improve the technological capabilities of the excavator and ensure more efficient use of the machine under various operating conditions.

Keywords: excavator, soil, power, working attachment, earthmoving machine, equipment.

					ГММ.401-ММ.002 – 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		2

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

**Розрахунок одноківшевого екскаватора з розробкою робочого органу для
планувальних робіт**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра**

ГММ.401-ММ.002–00.00.000ПЗ

Полтава – 2026 року

Зміст

Вступ	4
1 Оглядовий розділ.	7
1.1 Загальні відомості про екскаватор-планувальник	7
1.2 Технічні характеристики екскаватора-планувальника.....	16
1.3 Основні напрямки та загальні тенденції розвитку робочих органів екскаватора.....	19
1.4 Характеристика розроблювальних середовищ.....	20
1.5 Сила різання складними ножами та ковшами та їх взаємодія з ґрунтом.....	21
1.6 Умови раціональності ковшів екскаватора	23
1.7 Принципи конструювання робочого обладнання ковшового типу	23
1.8 Технічні дані екскаватора-прототипа	27
2 Загальний розрахунок екскаватора	30
2.1 Визначення лінійних та масових характеристик проектного екскаватора	31
2.2 Визначення дотичних зусиль на різучій кромці модернізованого ковша та реактивних зусиль у нерухомих гідроциліндрах.....	34
2.3 Визначення максимальних навантажень на модернізоване робоче обладнання.....	41
2.4 Визначення продуктивності екскаватора з модернізованим ковшем.....	43
3 Розробка робочого органу для планувальних робіт	45
3.1 Визначення раціональних параметрів робочого органу екскаватора.....	46
3.2 Визначення раціональних розмірів відвальної поверхні.....	48
3.3 Розрахунок на міцність елементів робочого обладнання	53

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Зміст		
Розроб.	Безуглий			16.06			
Перев.	Коротич			16.06	Національний університет Імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026		
Н. контр.	Васильєв			12.06			
Затв.	Орисенко			19.06			
					Лім.	Лист	Листів
					Н	2	

4 Технологічний розділ	60
4.1 Вибір заготовки.....	60
4.2 Розробка плану операцій та опис технологічного процесу виготовлення	60
4.3 Визначення припусків на механічну обробку	62
4.4 Вибір обладнання, пристосувань та інструмента.....	63
4.5 Вибір та розрахунок режимів різання при механічній обробці	64
4.6 Розрахунок норм часу при механічній обробці.....	66
4.7 Заходи з пожежної безпеки під час експлуатації екскаватора	68
4.8 Аналіз шкідливих факторів при роботі на землерийному обладнанні.....	70
4.9 Аналіз небезпечних факторів при роботі на землерийному обладнанні ...	74
Висновки.....	77
Список літератури	79

Вступ

Основним завданням капітального будівництва є створення, розширення та оновлення основних виробничих фондів, необхідних для забезпечення сталого розвитку промисловості, підвищення ефективності виробництва, вирішення соціально-економічних завдань і вдосконалення інфраструктури держави. Важливе значення капітальне будівництво має також для підвищення технічного рівня підприємств, покращення умов праці, забезпечення житлового та комунального будівництва, а також розвитку транспортної та енергетичної систем.

У сучасних умовах особлива увага приділяється технічному переоснащенню будівельної галузі шляхом упровадження високопродуктивної техніки, сучасних технологій та автоматизованих систем управління. Розвиток і вдосконалення будівельних машин та обладнання дозволяють значно підвищити рівень механізації будівельних процесів, суттєво скоротити обсяги ручної праці, забезпечити комплексну механізацію всіх етапів виконання робіт та підвищити продуктивність праці. Реалізація таких заходів сприяє зменшенню собівартості будівництва, скороченню термінів виконання робіт, підвищенню якості будівельної продукції та ефективності функціонування будівельного комплексу загалом.

Серед машин для виконання земляних робіт провідне місце займають однокішшеві екскаватори, які є універсальними та найбільш поширеними машинами у будівництві, дорожньому господарстві, гірничодобувній галузі та комунальному секторі. Їх техніко-експлуатаційні показники значною мірою визначаються типом приводу, конструктивними особливостями робочого

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Вступ		
Розроб.	Безуглий			16.06			
Перев.	Коротич			16.06			
Н. контр.	Васильєв			12.06			
Затв.	Орисенко			19.06			
					Лім.	Лист	Листів
					Н	4	
					Національний університет імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026		

обладнання, рівнем надійності, якістю виготовлення та ефективністю організації експлуатації й технічного обслуговування.

На сьогодні підприємства будівельного, дорожнього та комунального машинобудування випускають широкий асортимент одноківшевих екскаваторів II–VI розмірних груп із механічними, гідравлічними, гідромеханічними та електричними приводами. Найбільшого поширення набули машини з гідравлічним приводом, оскільки застосування гідросистем дозволяє значно покращити конструктивні та експлуатаційні характеристики екскаваторів. Гідропривод забезпечує плавність рухів робочого обладнання, підвищення точності керування, зменшення маси машин, збільшення продуктивності та розширення функціональних можливостей. Саме тому в останні роки особлива увага приділяється розвитку та вдосконаленню виробництва гідравлічних екскаваторів.

До основних напрямів розвитку сучасних гідравлічних екскаваторів належать:

- підвищення продуктивності нових моделей у 1,5–2 рази, зменшення питомої матеріаломісткості приблизно на 20 % та зниження питомої енергоємності машин;
- покращення показників надійності, довговічності та ремонтпридатності техніки;
- розширення універсальності машин за рахунок збільшення кількості змінного робочого обладнання та змінних робочих органів;
- уніфікація вузлів, агрегатів і комплектуючих виробів для використання у різних типах машин;
- створення нових типів екскаваторів-маніпуляторів із комплектом швидкозамінного обладнання для комплексної механізації будівельних процесів;
- автоматизація робочих операцій і систем керування силовими установками;

- удосконалення систем керування та створення комфортних і безпечних умов праці машиніста;
- упровадження мікропроцесорної техніки, електронних систем контролю та діагностичних засобів із сучасними пристроями відображення інформації.

Удосконалення робочого обладнання екскаваторів є одним із найважливіших напрямів підвищення ефективності виконання земляних робіт. Раціональний вибір параметрів робочого органа дозволяє зменшити енерговитрати, підвищити продуктивність машини, покращити якість виконання технологічних операцій та розширити сферу застосування техніки.

Метою даної кваліфікаційної роботи є визначення оптимальних параметрів робочого обладнання екскаватора та розроблення удосконаленої конструкції робочого органу відвального типу. Запропонована конструкція має криволінійну форму, що забезпечує можливість ефективного виконання планувальних робіт, а також розпушування ґрунтів різної щільності. Реалізація запропонованої модернізації дозволить підвищити технологічні можливості екскаватора, збільшити продуктивність виконання земляних робіт, покращити якість обробки поверхні та забезпечити більш ефективне використання машини в різних умовах експлуатації.

1. Оглядовий розділ

1.1 Загальні відомості про екскаватор-планувальник.

Як відомо, екскаватори є основним типом землерийних вантажно-розвантажувальних машин. Але якщо брати у відсотковому співвідношенні, то екскаватори-планувальники (рис.1.1) з усього різноманіття моделей екскаваторів складають близько 10%.



Рис. 1.1 Екскаватори-планувальники.

Екскаватори планувальники призначені в основному для планування ґрунтових укосів, на яких значну частку в їх протяжності займає земляне полотно на насипу або у виїмці, у тому числі навіть в умовах рівнинної місцевості, де висота насипу значно збільшується на підходах до мостів та шляхопроводів (рис.1.2).

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Оглядовий розділ		
Розроб.	Безуглий			16.06			
Перев.	Коротич			16.06			
Н. контр.	Васильєв			17.06			
Затв.	Орисенко			19.06			
					Лім.	Лист	Листів
						7	
					Національний університет імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026		

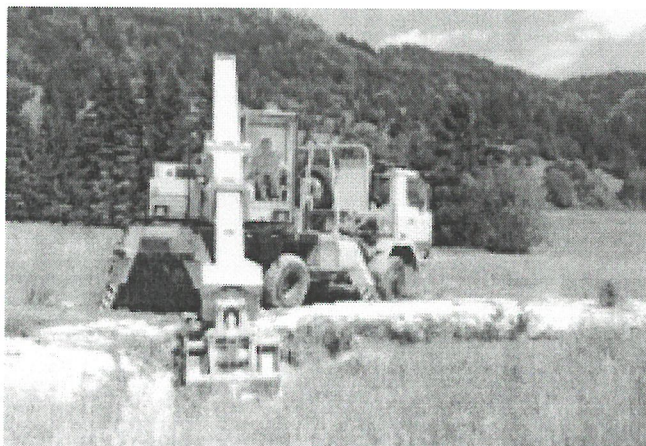


Рис. 1.2 Робочий процес екскаватора-планувальника.

Планувальники – універсальне обладнання, вони можуть замінити цілий парк машин, тому що за допомогою навісного обладнання виконують усі потрібні операції: копання ґрунту, навантаження ґрунту та інших матеріалів у транспортні засоби, розпушування ґрунту та кіркування дорожніх покриттів, знесення будівель, ремонт мереж у різних галузях (водопостачання та тепlopостачання, нафтова, газова).

У дорожньому будівництві такий екскаватор незамінний при плануванні укосів, насипів та різних вийомок земляного полотна. Укоси зустрічаються по 12 метрів, отже, автогрейдеру взяти таку висоту не під силу. До того ж, укоси по всій довжині дороги, що ремонтується, бувають змінними. Навіть при невеликій висоті інша техніка може не впоратись з таким завданням.

Також машина впорається з планувальними роботами на підходах до мостів та інших штучних споруд. Крім можливості копати траншеї або котловани, екскаватор-планувальник за короткий проміжок часу зможе здійснити завантаження або розвантаження сипких матеріалів, у тому числі з відкритих залізничних платформ.

Екскаватор-планувальник може працювати в обмежених умовах і при цьому виконати весь комплекс необхідних земляних робіт. Завдяки телескопічній стрілі (рис.1.3) екскаватор працює на недоступних іншій техніці ділянках. Також він

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

8

може дублювати функції автокрана. Практично на всіх екскаваторах-планувальниках зміна робочого устаткування не займає багато часу.



Рис.1.3. Конструктивні особливості машини.

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.

Екскаватори-планувальники випускаються на пневмоколісному та гусеничному ході (рис.1.4).

Гусеничні машини (рис. 1.5) застосовуються виключно на будівництві виїмок, каналів та плануванні укосів земляного полотна. Застосування їх на ремонті та утриманні земляного полотна автомобільних доріг пов'язане з постійним використанням причепів-важковозів для їх доставки до місця робіт та видалення після завершення робіт. Тому на ремонті та утриманні доріг вони використовуються вкрай рідко.

Екскаватори-планувальники на пневмоколісному ході знайшли широке застосування саме на ремонті та утриманні автомобільних доріг. Вони незамінні при подачі ґрунту на укос земляного полотна в місцях утворення промоїн;

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

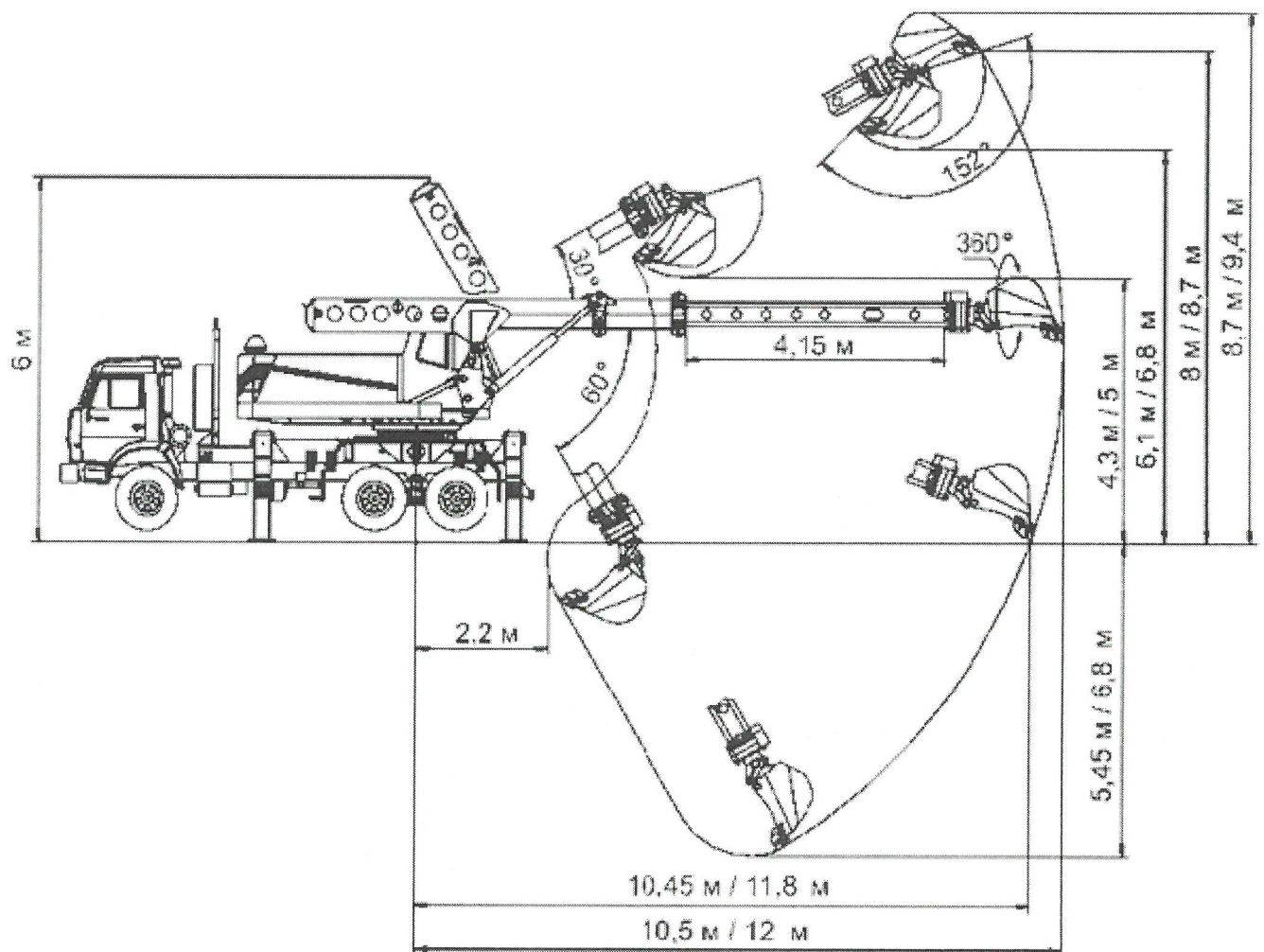
ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

9

зняття, заміни та ремонту рослинного шару ґрунту на укосах, а також при влаштуванні на укосах водовідвідних споруд.

Крім штатного робочого обладнання екскаватора в номенклатуру входять більше 20 найменувань (табл.1.1): ковші профільні, планувальні та дренажні, відвали, кліщі-захоплення, різьбярі асфальтобетону, ковзанка статична, віброплита, вила із захватом, дробарка бетонних блоків, грейфери, подовжувальні стріли.



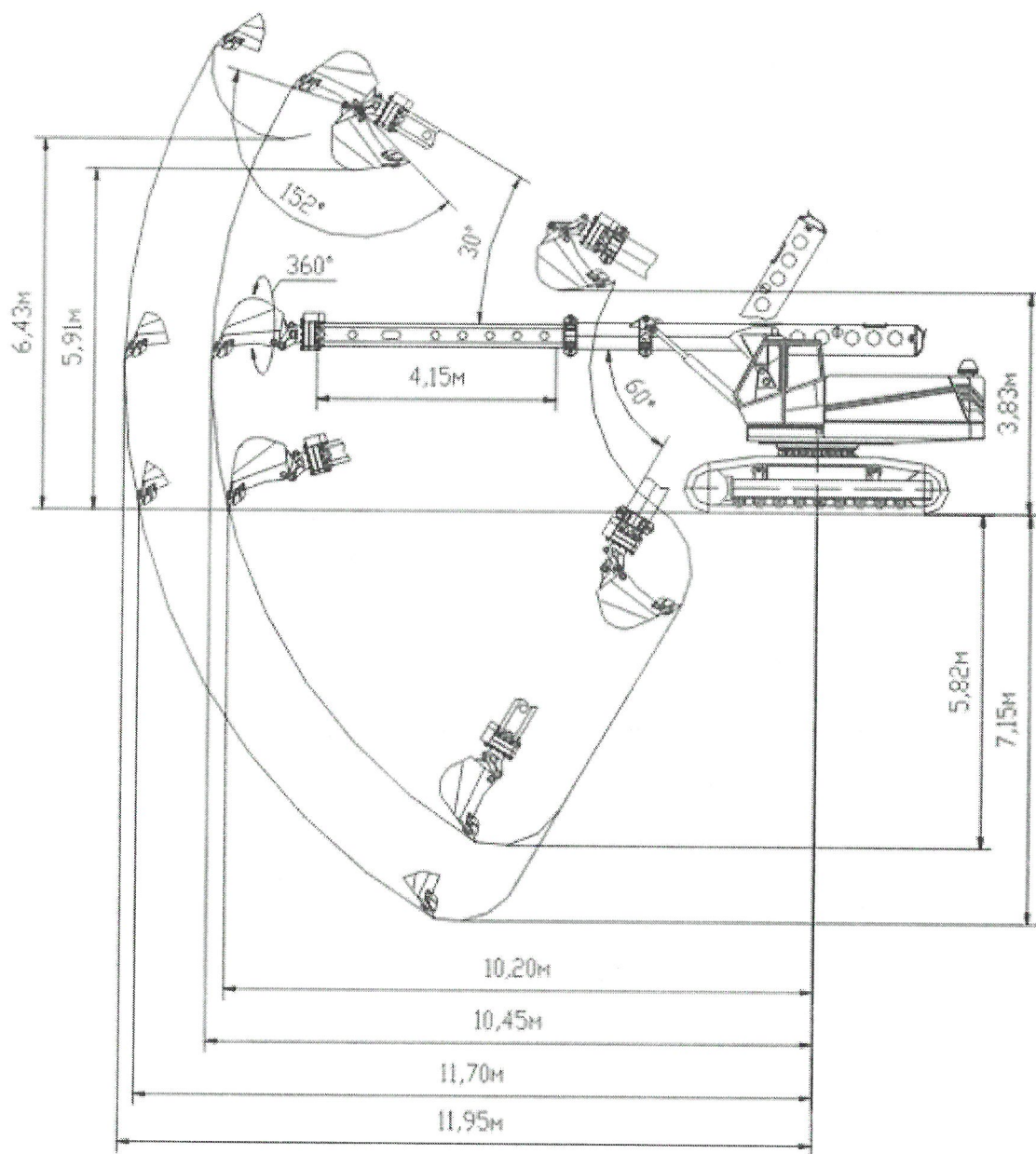
а)

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

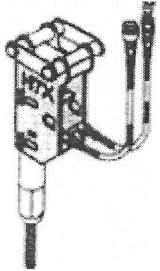
Лист

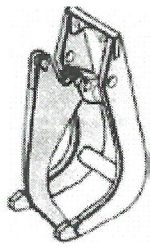
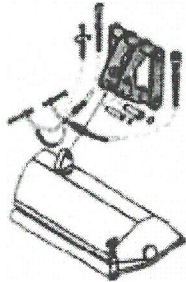
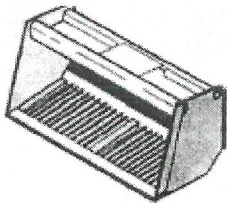
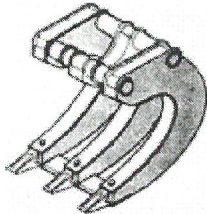
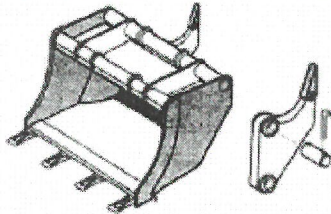
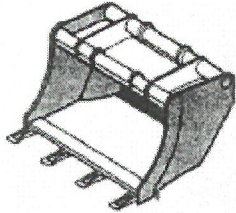
10

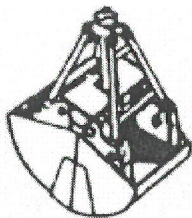
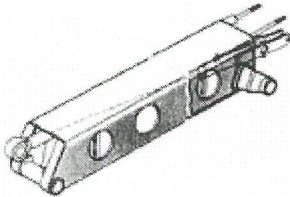
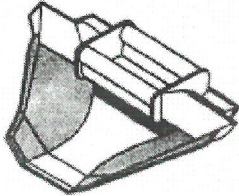
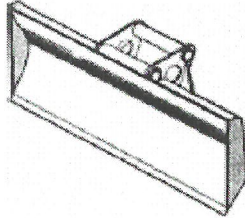
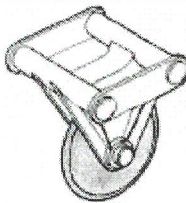
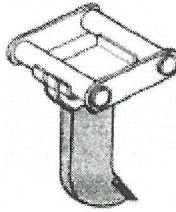
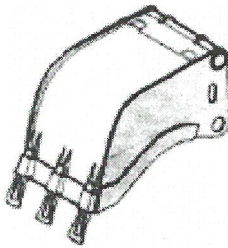


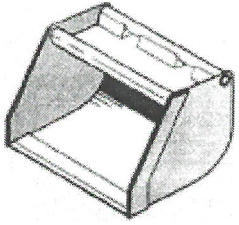
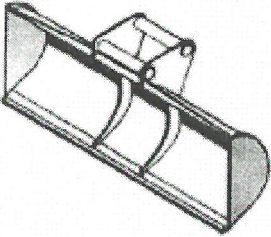
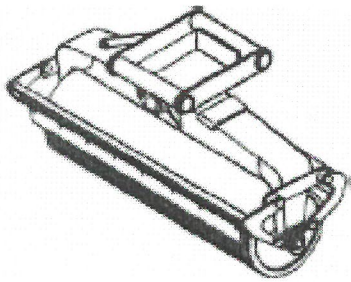
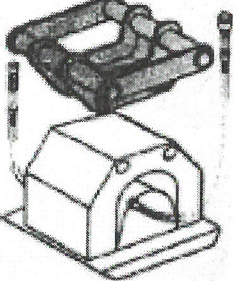
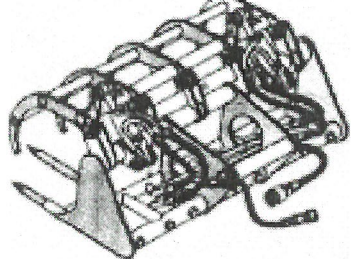
б)

Рис.1.4 Схема роботи екскаваторів: а) - пневмоколісних, б) – гусеничних.
Таблиця 1.1 Навісне обладнання екскаватора-планувальника.

№	Назва	Вид
1.	Гідравлічний молот	

2.	Захоплення каміння масою до 1250 кг.	
3.	Гідравлічна косарка	
4.	Лопата для навантаження	
5.	Ковш для розтину дорожнього полотна, ширина 0,9 м, об'єм 0,63 м³.	
6.	Ковш із розпушувачем, об'єм 0,5 м³.	
7.	Основний ковш, об'єм 0,63 м³.	

8.	Грейфер об'єм 0,5 м ³ .	
9.	Подовжувач стріли довжиною 1,5 та 3 м.	
10.	Профільний ковш для водовідвідних каналів із кутом 45 град.	
11.	Відвал, ширина 3м.	
12.	Фреза, глибина шва до 190 мм.	
13.	Розпушувач	
14.	Дренажні лопати шириною 0.4, 0.5, 0.6 м. та об'ємом 0,21; 0,27; 0,34 м ³ .	

15.	Ковш без зубів об'ємом 0.63 м ³ .	
16.	Ковш планувальний, ширина 2.5 м, об'ємом 0.4 м ³ .	
17.	Ущільнювальна ковзанка	
18.	Вібраційна платформа	
19.	Гідравлічні вила.	

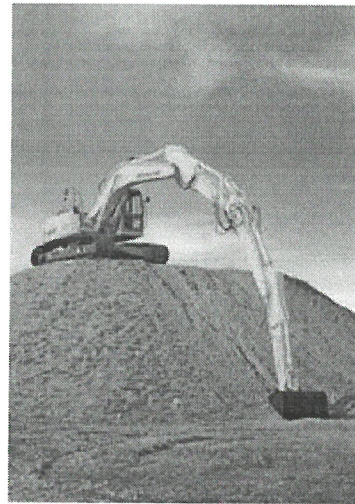


Рис. 1.5. Гусеничний екскаватор-планувальник.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

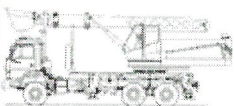
Лист

15

1.2 Технічні характеристики екскаватора-планувальника.

На теренах пострадянського простору можна виділити наступні моделі екскаваторів-планувальників: ЕО-43212 (ЗТМ-220), ЕО-43213 (ЗТМ-221), ЕО-43214 (ЗТМ-220.1). Базові шасі: КамАЗ-53228, КамАЗ-43118 або Урал-4320 (табл.1.2). Об'єм ковша у всіх трьох моделей – 0,5 м³, максимальна висота розвантаження – 5,7 м, глибина копання від 5,7 до 5,8 м.

Таблиця 1.2 Екскаватори-планувальники (параметри)

Зображення автомобіля	Базове шасі	Об'єм ковша м ³	Глибина копання м	Радіус копання м	Габаритні розміри, мм			Маса, кг
					довжина	ширина	висота	
	КамАЗ-53228	0,63	5,45	10	9300	2500	3800	22830
	КамАЗ-53228	0,6	6,5	10,5	9040	2500	3990	21100
	КамАЗ-53228	0,5	5,8	9	8400	2500	3800	19500

Як додаткове навісне обладнання до екскаваторів-планувальників поставляються: ковш із зубами шириною 0,9 м; ковш планувальний шириною 1,1 м; відвал завдовжки 2 м та висотою 0,9 м. Можливе постачання машини із системою кондиціонування повітря в кабіні машиніста.

Наступний виробник машин – фірма "АТЕК" (колишній київський завод "Червоний екскаватор"). "АТЕК" випускає екскаватори-планувальники АТЕК-011А та АТЕК-012А на базі шасі КрАЗ-65101. Дане шасі має велику вантажопідйомність, широкі односхилі шини, а також дозволений дорожніми

правилами габарит шириною 2,75 м. Об'єм ковша АТЕК-011А дорівнює 0,75 м³, максимальна висота навантаження – 6,3 м, глибина копання – 4,8 м. АТЕК-012А при об'ємі ковша 0,55 м³ досягає максимальної висоти розвантаження 5,52 м та глибини копання 4, 47 м.

"Коханівський екскаваторний завод" виробляє екскаватори-планувальники ЕО-3533, ЕО-3533У, ЕО-3533УА, 3540, 3532А. Між собою вони відрізняються деякими технічними характеристиками та шасі (КамАЗ, МАЗ, Урал). В цілому машини мають велику швидкість пересування, високу маневреність і прохідність, що робить їх універсальними для виробництва земляних робіт. Телескопічна стріла дозволяє проводити розробку ґрунту у важкодоступних місцях. В наявності є змінні робочі органи різного призначення (5 видів), які забезпечують широке застосування екскаватора.

Європейським виробником екскаваторів-планувальників є фірма CSM Tisovec. Про якість машин можна судити за спільними проектами з відомими світовими виробниками будівельної техніки Західної Європи та США.

"CSM Tisovec" виробляє такі моделі екскаваторів-планувальників: DH-214, DH-21421, UDS-114R, UDS-214 (дві моделі: 11 та 22), UDS-232. Майже всі машини встановлені на шасі ТАТРА з хребтовою рамою. У цих шасі є незалежна торсіонна підвіска переднього мосту та незалежна ресорно-балансирна 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 керування ходом шасі та аутригерами з кабіни оператора. У кожної моделі - набір додаткового робочого обладнання: кліщі-захоплення, різьбярі асфальтобетону, ковзанка статична, віброплита, гідромолот, вила із захватом, косарка-кущоріз, бур і дробарка бетонних блоків і т.д. Екскаватори DH-214, UDS-214 та UDS-232 оснащені гідравлічним обладнанням німецької фірми Rexroth.

"CSM Tisovec" також випускає універсальний повноповоротний екскаватор-планувальник UDS-134 PIAT. Екскаватор базується на шасі КамАЗ. Застосування

шасі з трьома провідними мостами дозволяє використовувати техніку будь-яких будівельних об'єктах. Гідравлічна система планувальника складається з трьох головних каналів та доповнюючих каналів для створення тиску в сервосистемі. Додаткове обладнання представлено 23 типами навісних пристроїв.

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

Основна конструктивна особливість екскаваторів-планувальників цієї фірми полягає в тому, що ковш не обертається навколо поздовжньої осі стріли, сама стріла 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, тоді як у моделях з ковшом повноповоротним гідромотор розташований у місці кріплення ковша. Тому гідромотор знаходиться в комфортних умовах, оскільки ізольований від контакту з ґрунтом, що розробляється. Ходова частина колісного екскаватора є самохідним шасі з двома або одним провідним мостом. Безкамерні шини з наповнювачем продовжують термін служби колеса до 10 років.

До складу додаткового обладнання входять: ковші - траншейний, екскаваторний із зубами, зачистний, землечерпальний, грейдерний відвал, кирківник, подовжувач стріли від 1,2 до 3,6 метра, стріла Telestick зі збільшенням радіусу копання до 15 метрів (крім моделей XL 23 XL 3100), пневмо- та гідромолотки, бур тощо.

Ще однією американською фірмою, що виготовляє екскаватори-планувальники, є фірма Badger. Вона виробляє такі моделі планувальників, як Badger 670 та Badger 460. Американський виробник визнає, що машини сьогодні повинні працювати у важкодоступних місцях. Тому для використання на бездоріжжі Badger пропонує лінію екскаваторів із гумовими шинами та

додатками. Ефективне використання техніки також досягається за рахунок забезпечення операторів надійним та зручним контролем машини.

1.3 Основні напрямки та загальні тенденції розвитку робочих органів екскаватора.

Аналіз розвитку землерийних машин та патентних матеріалів дозволяє встановити такі основні тенденції у розвитку робочих органів:

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

Загальні тенденції розвитку конструкції екскаватора пов'язані з удосконаленням конструкції базових машин екскаватора та робочого обладнання. Найбільш важливими є:

- розширення типорозмірного ряду в напрямку створення малогабаритних і важких машин;
- підвищення питомої потужності при порівняно невеликому збільшенні 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;

- розширення номенклатури екскаваторного обладнання (ковш з розпушувачем, сферичні та напівсферичне робоче обладнання);
- використання автоматичних (дистанційних) систем управління робочим обладнанням;
- розширення області застосування екскаватора шляхом використання змінного робочого обладнання.

1.4 Характеристика розроблювальних середовищ.

Грунтами називаються гірські породи, з яких складаються верхні шари земної кори. Зазвичай це верхній шар глибиною до 10 м. Зустрічаються різноманітні ґрунтові умови як за гранулометричним складом (піски, глини, супіс), так і за вологістю, щільністю та температурою (талі або мерзлі).

Залежно від складності розробки ґрунти розділені на 8 категорій відповідно до даних [1]. Як відомо, класифікація по ударнику ДорНДІ адекватно відображає опірність ґрунту механізованій розробці. Основні характеристики ґрунтів представлені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 Основні характеристики ґрунтів

Параметри	Тип ґрунту				
	Пісок	Супісок	Суглинок	Тяжкий суглинок, глина	«Середній ґрунт»
Ймовірність появи	0,21	0,11	0,38	0,26	-
Зчеплення, МПа	0,0001	0,01	0,03	0,06	0,03
Число ударів	1	6	12	16	12...13
Кут внутрішнього тертя, ϕ , град	29	27	25	23	26
Кут зовнішнього тертя, ρ , град	18	25	21	22	21
Об'ємна маса, γ , т/м ³	1,8	2,0	2,1	2,1	2,0

1.5 Сила різання складними ножами і ковшами та їх взаємодія з ґрунтом.

Для розрахунку сили різання складним ножем необхідно брати до уваги взаємодію складових ножів, що проявляється у поєднанні зон руйнування ґрунту кожним з них окремо. Відповідним чином зменшується сумарний опір ґрунту. Тому сила різання складним ножем зазвичай менша за суму сил різання складовими простими ножами при їх незалежній роботі.

Загальна формула розрахунку сил різання складними ножами та ковшами будь-якої конфігурації:

Сила різання складним ножем

$$P = \sum_{i=1}^n p_{ві} F_{ві} + p_{біч} \sum_{i=1}^n F_{бічi} + p_{біч.зр} \sum_{i=1}^n L_{біч.зр.i} + \sum_{i=1}^n p_{пл.зн(заг)i} L_{пл.зн(заг)i},$$

де: $F_{ві}$, $F_{біч}$, $L_{пл.зн(заг)i}$, $L_{біч.зр.i}$ - відповідні площі і довжини ліній зрізу; $p_{ві}$, $p_{біч.зр}$, $p_{біч}$, $p_{пл.зн(заг)i}$ - відповідні питомі сили різання.

(1.1)

Різання незалежними зубами.

Незалежними називаються такі зуби, у яких зони руйнування ґрунту не поєднуються. Зуби працюють незалежно, якщо відстані між ними:

$$a_z \geq 2h_z \kappa_{бок} \operatorname{ctg} \gamma, \quad (1.2)$$

Сила різання поруч незалежних зубів дорівнює сумі сил різання кожним окремо. При однакових для всіх зубів розмірах зрізу, сила різання всіма зубами у ряду:

$$P = n \cdot P_z, \quad (1.3)$$

де n - число зубів у ряду,

P_z - сила різання одним зубом.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

21

Різання взаємодіючими зубами.

При заглибленні зубів на стільки, що відношення a_z/h_z буде менше $2k_{\text{бок}} \text{ctg} \gamma$, області руйнування ґрунту кожним із зубів частково поєднуються. Сила різання кожним з них зменшується пропорційно площі частин перерізу прорізу, що поєднуються. Сила різання кожним зубом усередині ряду дорівнює:

$$P_z^{\text{сн}} = P_z - 2m_{\text{бок}} h_z^2, \quad (1.4)$$

де P_z - сила різання зубом при незалежній роботі,

h_z - висота перерізу прорізи на початку зони суміщення:

$$h_z = h - \frac{a_z \text{tg} \gamma}{2k_{\text{бок}}}, \quad (1.5)$$

А у крайніх зубів проріз поєднується тільки з одного боку, тому сила різання для них дорівнюватиме:

$$P_z^{\text{кр}} = P_z - m_{\text{бок}} h_z^2, \quad (1.6)$$

Таким чином, зменшення сила різання для зубів усередині ряду складає $2m_{\text{бок}} h_z^2$, а для зубів крайніх у ряду: $m_{\text{бок}} h_z^2$.

Сила різання всім рядом зубів набуде вигляду:

$$P = nP_z - 2(n-1)m_{\text{бок}} h_z^2, \quad (1.7)$$

Різання взаємодіючими зубами в траншеї з плоским дном.

В цьому випадку зовнішнім ребрам крайніх зубів необхідно долати опір бічному зрізу по всій глибині різання. Тому сила бокового зрізу із зовнішнього боку крайнього зуба досягає величини:

$$P_{\text{бок.ср}} = m_{\text{бок.ср}} h_z \frac{1}{1 - k_{\text{бок}}} \quad (1.8)$$

Сумарна сила різання всіма зубами:

$$P = nP_s - 2m_{\text{бок}} [(n-1)h_{s,1}^2 + h_s^2] + 2m_{\text{бок.ср}} h_s \frac{k_{\text{бок}}}{1-k_{\text{бок}}} \quad (1.9)$$

1.6 Умови раціональності ковшів екскаватора.

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

У конкретному випадку робочого процесу екскаватора переважними можуть бути одна 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 використання екскаватора. Слід з обережністю ставитись до рекомендацій конструкцій «раціональних взагалі» без обґрунтування та вказівки переважної сфери застосування. Серед рекомендованих та застосованих конструкцій є найрізноманітніші.

1.7 Принципи конструювання робочого обладнання ковшового типу.

Надаючи елементам робочих органів екскаваторних машин різні геометричні форми та розміри, можна отримати у них однакову ємність; працюючи на однакових за властивостями ґрунтах, вони будуть давати різні величини зусиль різання або зусиль, що відповідають кінця заповнення ковша. Природно, що практичне значення має встановлення такого поєднання всіх впливових факторів, при яких досягаються мінімальні зусилля різання і зусилля для заповнення ковшів.

Принцип конструювання основних елементів робочих органів землерийних машин полягає у досягненні ними більшої продуктивності за мінімальної

питомої енергоємності. Основним типом робочих органів є ковші різних розмірів і конфігурацій, що здійснюють розробку ґрунтів за принципом лобового різання.

Принцип конструювання основних елементів робочих органів відноситься до всіх видів екскаваторних машин (ковшам механічних лопат, стругів, зворотних лопат, причіпних скреперів, екскаваторів тощо) незалежно від ємності або форми робочого органу.

Технічні умови проектування ковшів раціональної форми полягають у наступному:

1. Ковші повинні бути двох типів: а) ємністю, що забезпечує роботу у важких ґрунтах IV категорії; б) збільшеною ємністю (до 70%) для роботи в ґрунтах I, II у частково III категорії, без збільшення потужності двигуна.

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

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

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

Зусилля різання зростає зі збільшенням товщини бічних стінок, тому стінки необхідно виконувати наскільки можна тонкими і з високоякісної сталі. Кут загострення лез бічних стінок має бути одностороннім, рівним 45° , зі скосом, спрямованим назовні ковша. Такий скіс виключає бічне стиснення стружки та

покращує заповнення ковша. Крім того, бічні стінки ковшів повинні бути фасонної форми, так щоб їх кут різання (по вертикалі) в межах товщини стружки, що знімається, становив 35° , і тільки починаючи від цього розміру (по висоті 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 міцніші ґрунти. Зуби повинні мати кут при вершині 25° і задній кут різання 5 - 10° .

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

З міркувань міцності ширина зуба може бути збільшена.

5. Оптимальна відстань між зубами повинна бути в 2-3 рази більша за ширину зуба. Така відстань відповідає мінімальному зусиллю різання і повністю виключає забивання ґрунтом проміжку між зубами навіть при розробці ґрунтів, що налипають.

6. Кінчики зубів повинні бути завжди наскільки можна гострими, і це важливе положення має відзначатися у відповідних інструкціях і досягатися за рахунок високоякісної наплавки.

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

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

Підрізають зубці доцільно ставити тільки на ковшах скреперів, що повністю заглиблюються в ґрунт, наприклад при копанні силосних ям та в інших аналогічних випадках.

9. Кут загострення горизонтальної ріжучої кромки повинен бути асиметричним, зі скосом у зовнішню сторону (у бік вибою); кут скосу β повинен забезпечувати необхідну величину кута γ .

10. Для покращення 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. Ріжучі горизонтальні кромки ковшів великовантажних скреперів завжди (за винятком роботи 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 та поганого заповнення ковша.

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

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

Багато з перелічених пунктів у разі їх виконання при проектуванні та виготовленні ковшів раціональної форми допомагають знизити зусилля різання, яке кількісно по-різному залежно від значущості того чи іншого конструктивного фактора.

Дотримання всіх перерахованих умов дозволяє для ковшів раціональної форми значно знизити зусилля різання порівняно 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 ємності, що дасть істотне збільшення продуктивності екскаваторів. Крім того, можна створити нові екскаватори з меншою питомою потужністю двигуна на 1м^3 об'єму ковша. В обох випадках одержана економія матиме суттєве значення.

1.8 Технічні дані екскаватора-прототипа.

При проектуванні робочого обладнання на базі будівельного гідравлічного екскаватора 4-ї розмірної групи необхідно враховувати конструктивні, технологічні та експлуатаційні особливості базової машини. Під час розроблення нового або модернізованого робочого органу основна увага приділяється забезпеченню максимальної сумісності з конструкцією екскаватора-прототипу, що дозволяє зменшити обсяг конструктивних змін, скоротити витрати на виготовлення та спростити процес впровадження модернізації у виробництво й експлуатацію. Саме тому при проектуванні приймається до уваги той факт, що основні вузли та агрегати машини повинні залишатися максимально наближеними до базової конструкції екскаватора.

Отже, при проектуванні робочого обладнання на базі будівельного гідравлічного екскаватора 4-ї розмірної групи керуються принципом максимальної уніфікації з базовою моделлю, відповідно до якого ходова частина, силова установка, поворотна платформа, стріла, рукоять та елементи керування робочим обладнанням повинні бути максимально близькими за конструкцією та параметрами до машини-прототипу (рис. 1.6).

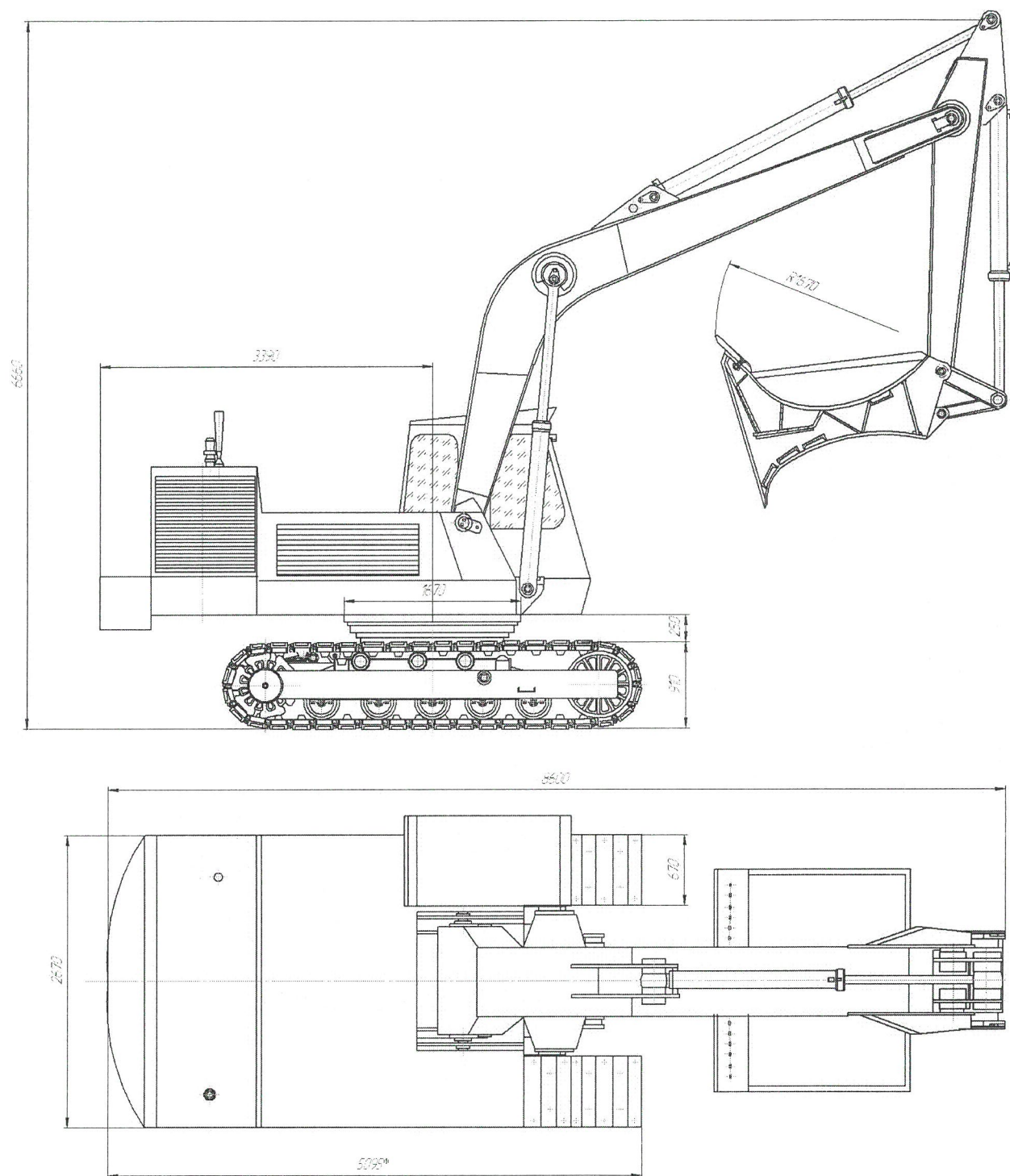


Рис. 1.6. Загальний вигляд прототипа екскаватора-планувальника.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

28

Таблиця 1.4. Параметри механізмів приводу робочого устаткування.

№	Параметр	Умовне позначення	Одиниця	Механізми приводу		
				стріли	рукояті	ковша
1	Довжина радіусу коромисла	ρ	м	2,02	0,88	1,1
2	Кути відхилення радіусу коромисла від осі нерухомої ланки в крайніх положеннях штока	φ_n	град	35,93	17,53	37,07
3	Повний кут повороту ланки	φ_o	град	87,57	130	109
4	Довжина нерухомої ланки	ℓ	м	0,81	2,87	2,76
5	Кути тиску	γ_n, γ_k	град	70,6 74,6	65 65	35,54 65
6	Кут установки нерухомої ланки	β	град	42,11	17,47	10
7	Кут відхилення радіусу коромисла від осі веденої ланки	λ	град	31,82	10	23,512
8	Характеристика гідроцилідра:					
	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 та радіус ковша	ℓ_c, ℓ_p, R	мм	6300	3400	1330

2. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ЕКСКАВАТОРА.

При проектуванні робочого обладнання на базі будівельного гідравлічного екскаватора 4-ї розмірної групи, керуємося тим фактом, що основні вузли: ходова частина, силова установка, поворотна платформа, стріла, рукоять, елементи керування стрілою та рукояттю повинні бути дуже близькими до прототипу.

Одним з найбільш поширеним у будівництві одноковшовим екскаватором є екскаватор ЕО-4224 (рис. 2.1), який приймаємо у якості прототипа.

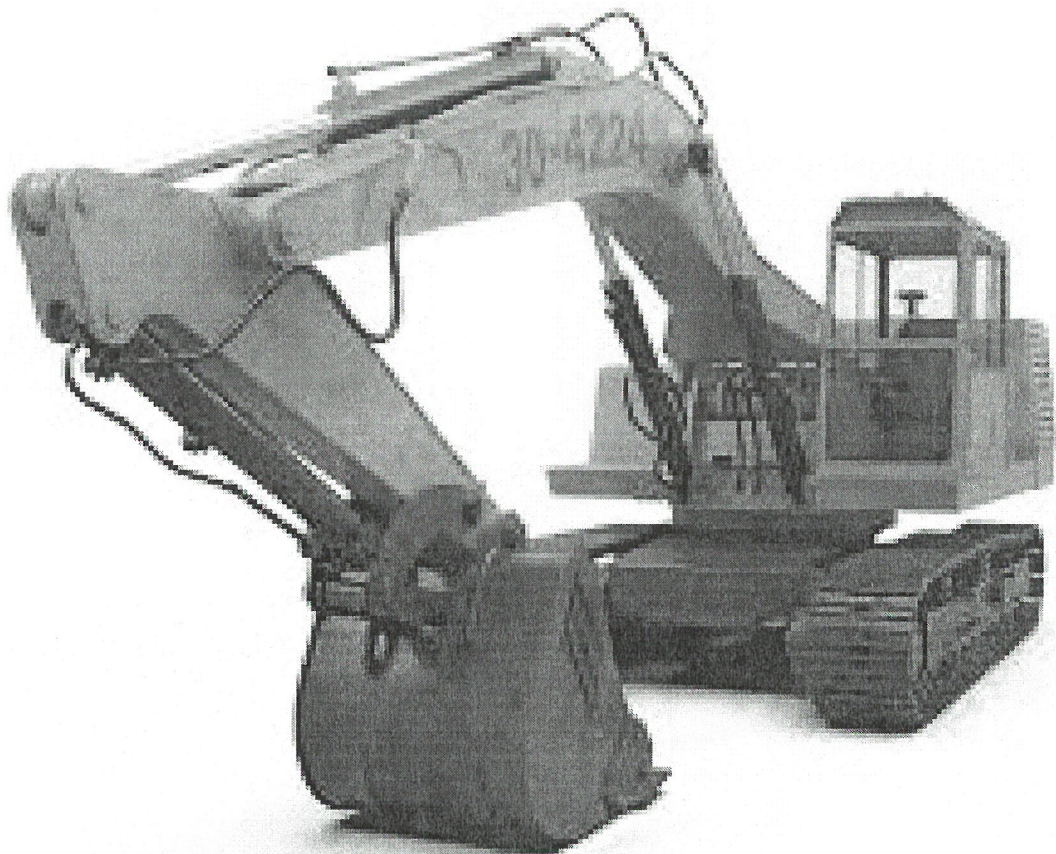


Рис. 2.1 Прототип – екскаватор ЕО-4224.

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Доп.	Дата	Загальний розрахунок екскаватора		
Розроб.	Безуглий	16.06	16.06	16.06			
Перев.	Коротич	16.06	16.06	16.06	Н Національний університет імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026		
Н. контр.	Васильєв	12.06	12.06	12.06			
Затв.	Орисенко	13.06	13.06	13.06			
					Лім.	Лист	Листів
						30	

2.1. Визначення лінійних та масових характеристик проектного екскаватора.

Визначимо габаритні розміри екскаватора та робочого обладнання.

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

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

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

де $m = 28$ т, маса екскаватора.

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

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

$$B = \frac{3,34}{1,2} = 2,78\text{ м}$$

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

У цьому випадку

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

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

де $\Delta = 150 \dots 250\text{ мм}$ - просвіт (зазор) між гусеницею та поворотною платформою.

Діаметр опорно-поворотного кола, м:

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

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

Визначемо маси вузлів екскаватора, що проектується [5]:

- платформа $m_{\text{пл}}^{\text{пр}} = 13104$ кг; - стріла $m_{\text{стр}}^{\text{пр}} = 3416$ кг;

- рукоять $m_{рук}^{пр} = 1288$ кг;

- ковш $m_{ковш}^{пр} = 1204$ кг;

- ходова частина $m_{хч}^{пр} = 8932$ кг.

Маса проектованого екскаватора

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

Модернізований ковш навіщується на робоче обладнання екскаватора, параметри якого наведено у табл. 2.1 та показані на рис. 2.2.

Таблиця 2.1. Параметри механізмів приводу робочого обладнання.

№	Параметр	Умовне позначення	Одиниця	Механізми приводу		
				стріли	рукояті	ковша
1	Довжина радіусу коромисла	ρ	м	2,02	0,88	1,1
2	Кути відхилення радіусу коромисла від осі нерухомої ланки в крайніх положеннях штока	φ_n	град	35,93	17,53	37,07
3	Повний кут повороту ланки	φ_o	град	87,57	130	109
4	Довжина нерухомої ланки	ℓ	м	0,81	2,87	2,76
5	Кути тиску	γ_n, γ_k	град	70,6 74,6	65 65	35,54 65
6	Кут установки нерухомої ланки	β	град	42,11	17,47	10
7	Кут відхилення радіуса коромисла від осі ланки	λ	град	31,82	10	23,512
8	Характеристика гідроцилідра:					
	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 та радіус ковша	ℓ_c, ℓ_p, R	мм	6300	3400	1330

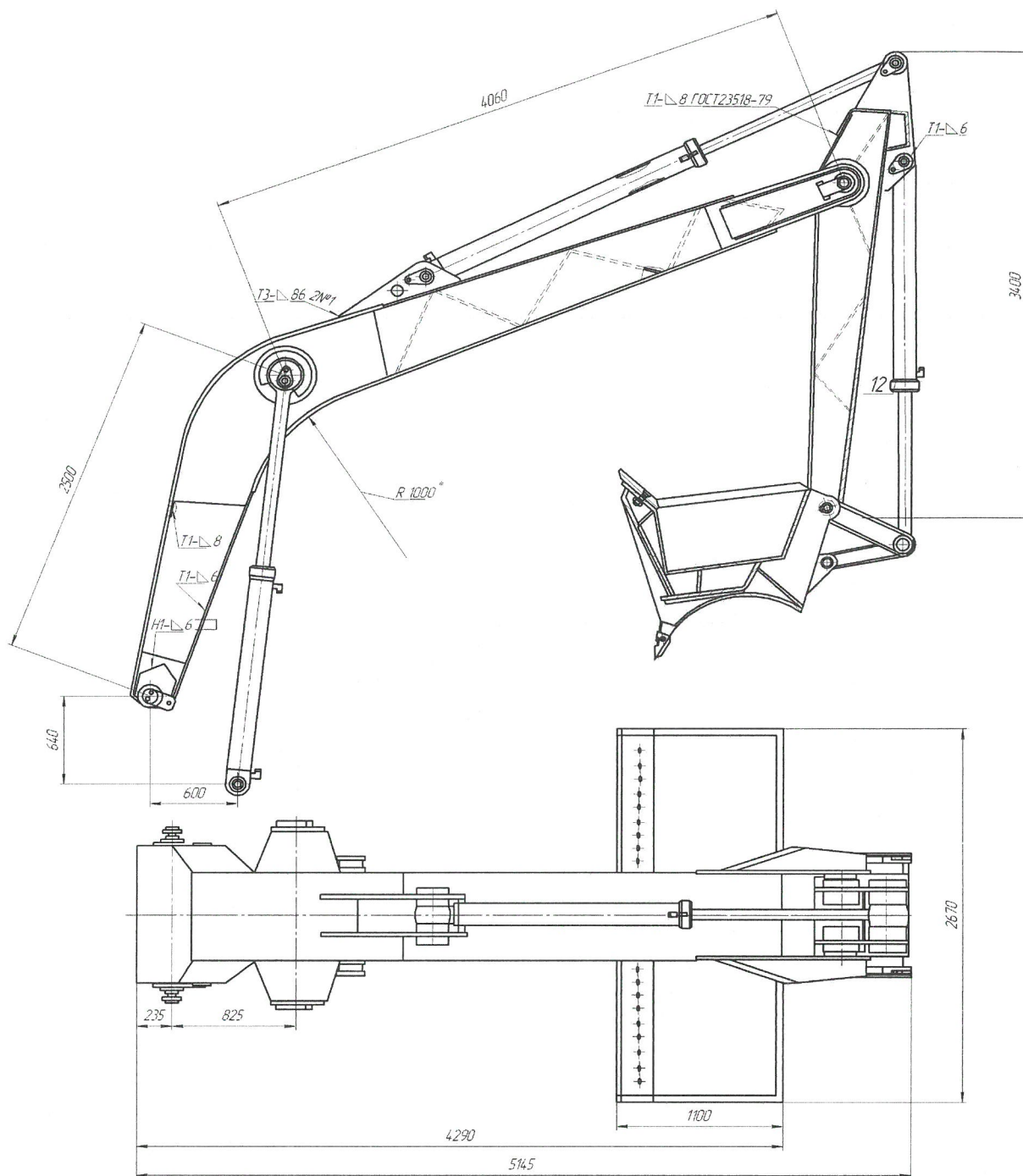


Рис. 2.2 Проектоване робоче обладнання екскаватора.

Параметрична схема спроектованого робочого обладнання наведена на рис. 2.3. Для затвердження правильного шляху модернізації зробимо розрахунок запропонованого устаткування.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

33

$$P_{01} = \frac{F_{up} \cdot r_{up} \pm G_p r_{p8} \mp G_{kr} \cdot r_{r6} + 0,5 G_{up} \cdot r_6}{r_{06}}, \quad (2.6)$$

При копанні поворотом ковша відносно точки 3 при нерухомій рукояті для розрахункового положення 2.

$$P_{01} = \frac{F_{ук} \cdot r_{уд} \frac{r_{Tc}}{r_{TD}} \pm G_{kr} \cdot r_{kc}}{R}, \quad (2.7)$$

где r_{06} - радіус копання поворотом рукояті, що відповідає фіксованому положенню ковша щодо рукояті.

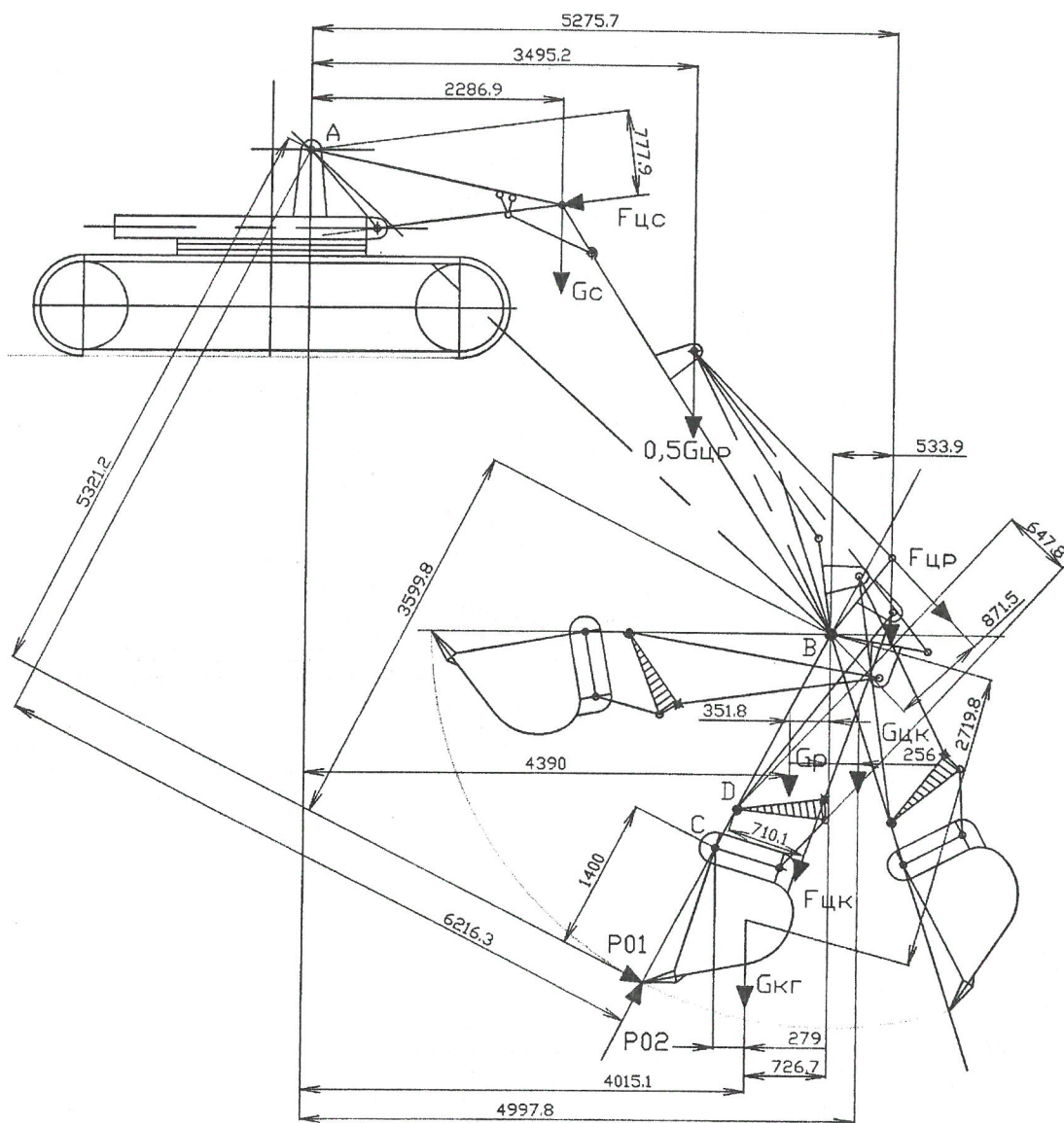


Рис. 2.4 Розрахункова схема копання поворотом рукояті.

Якщо кромка зубів ковша знаходиться на продовженні осі рукояті, то

$r_{OB} = R + \ell_p$; $G_{kr} = G_k + G_r$ - вага ковша та ґрунту в ковші.

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

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

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

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

де γ_0 - щільність ґрунту, кг/м^3 ; g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

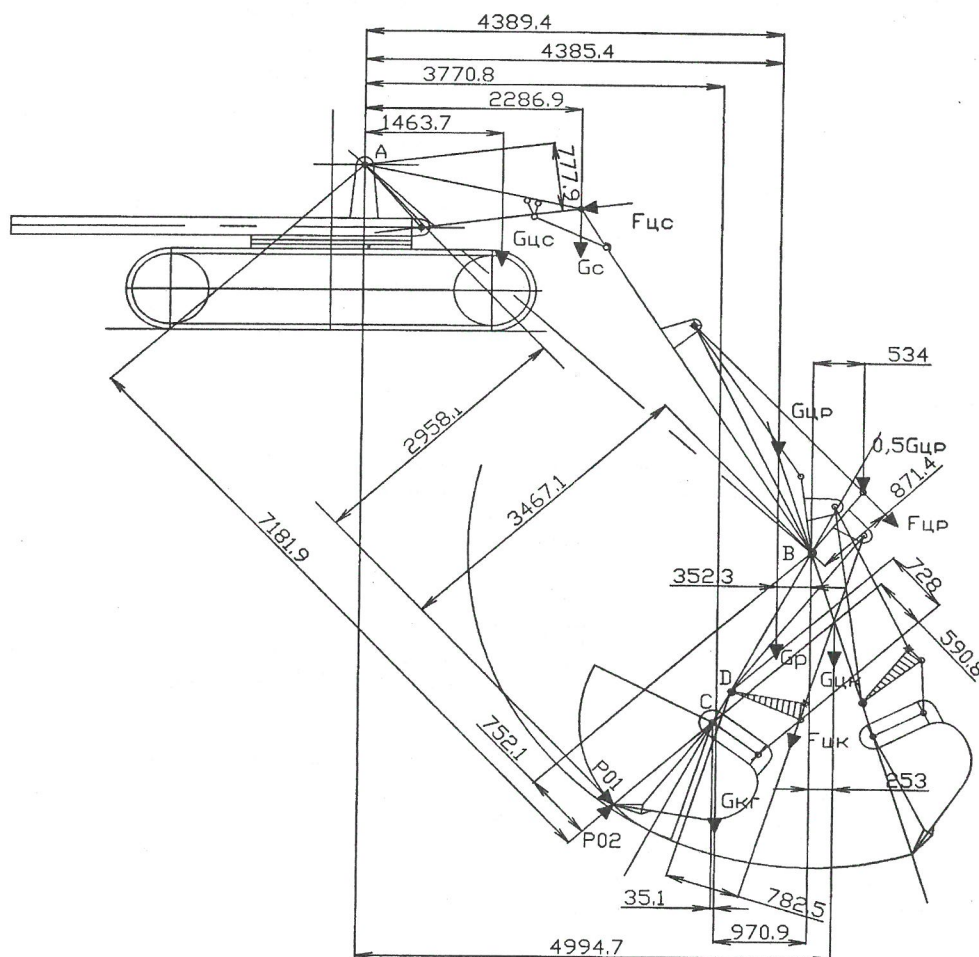


Рис. 2.5. Розрахункова схема копання поворотом ковша.

Наведені формули визначення P_{01} дозволяють обчислювати дотичне зусилля на ріжучій кромці ковша (за зусиллям 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 сил, що діють. Зі зміною положення рукояті чи ковша у формулах для обчислення дотичного зусилля на ріжучій кромці ковша змінюються довжини плечей відповідних сил. За розрахунковою схемою необхідно також вирішити питання, які знаки, "+" або "-" матимуть моменти від сил ваги. Дотичне зусилля можна визначити наступним чином:

- дотичне зусилля поворотом рукояті:

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

- дотичне зусилля поворотом ковша:

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

За цими формулами враховують залежність дотичного зусилля від координат кріплення корпусу та штока вибраного гідроциліндра, тобто. від кута γ_n . Зі зміною кута γ_n змінюються координати ρ і ℓ , а отже, і дотичне зусилля. Таким чином, доцільно використовувати комп'ютерний розрахунок для виявлення залежності координат ρ і ℓ від кута γ_n , а також дотичного зусилля від кутів γ і γ_n .

Оскільки координати ρ и ℓ залежать від ходу поршня гідроциліндра, а також від повного кута γ_o повороту рукояті або ковша, можна встановити залежність геометричних параметрів механізмів, а потім і дотичного зусилля від кутів γ_n , γ_o , ходу S , діаметра D поршня, тиску P_y в гідроциліндрі.

В результаті розрахунку отримано наступний графік залежності зусилля копання від кута повороту рукояті та ковша (рис. 2.6).

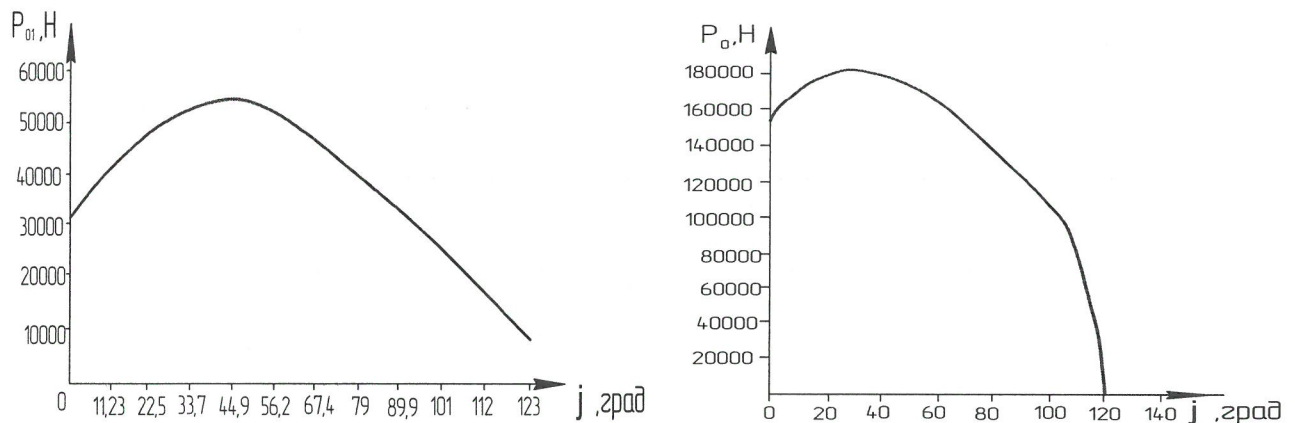


Рис. 2.6 Залежність зусилля копання від кута повороту рукояті та ковша.

Дотичне зусилля на ріжучій кромці ковша обмежується реактивними зусиллями в нерухомих циліндрах стріли та ковша при копанні поворотом рукояті або в нерухомих циліндрах стріли та рукояті при копанні поворотом ковша, а також умовами стійкості екскаватора. Тому реактивні зусилля на штоках нерухомих гідроциліндрів визначаємо за відомими дотичними зусиллями на ріжучій кромці ковша.

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

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

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

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

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

де r - довжини плечей відповідних сил щодо точок А, С і Д;

P_{01}, P_{02} - дотичні зусилля на ріжучій кромці ковша

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

Вага ковша з ґрунтом, (приймаємо, що ковш у цьому положенні заповнений на половину):

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

$$G_{\kappa+\Gamma} = (1204 + 0,5 \cdot 1500 \cdot 0,65) \cdot 9,81 = 16576,7 \text{ Н};$$

Вага рукояті: $G_{\text{РУК}} = m_{\text{РУК}} \cdot g = 1288 \cdot 10 = 12880 \text{ Н};$

Вага стріли: $G_{\text{СТР}} = m_{\text{СТР}} \cdot g = 3416 \cdot 10 = 34160 \text{ Н};$

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

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

За відомими зусиллями P_{01} для відповідних положень ковша знаходимо реактивні зусилля на штоках нерухомих гідроциліндрів:

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

$$F_{\text{уп}} = \frac{1}{r_{\text{уп}}} (P_{01} r_{0B} + P_{02} r'_{0B} - G_{\kappa+r} r_{\kappa B} + G_p r_{pB} - 0,5 G_{\text{уп}} r'_B - G_{\text{цк}} r_{\text{цB}}); \quad (2.17)$$

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

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

де r вимірюють безпосередньо за розрахунковою схемою, побудованою у 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 реактивними зусиллями визначають реактивний тиск в циліндрах стріли, ковша та рукояті з урахуванням того, яка порожнина гідроциліндрів працює:

$$P_{nc} = \frac{4F_{yc}}{\pi D^2}; \quad (2.20)$$

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

стріла:

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

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

рукоять:

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

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

ковша:

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

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

де P_n , P_{uc} - реактивний тиск відповідно в поршневій та штоковій порожнині;
 F_y - реактивне зусилля на штоку гідроциліндра.

Якщо реактивний тиск перевищує номінальний щонайменше ніж у 1,2-1,5 разу, необхідно передбачити встановлення запобіжного клапана у відповідній магістралі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

40

2.3 Визначення максимальних навантажень на модернізоване робоче обладнання.

Максимальні навантаження на робоче обладнання зворотної лопати діють під час копання поворотом ковша. При цьому реактивний тиск в циліндрі рукояті не може бути вищим за граничне значення $P_{\max} = (1,2 \dots 1,5) P_H$, де P_H - тиск у гідроприводі.

$$P_{\max} = 1,2 \cdot P_H = 1,2 \cdot 25000000 = 30000000 \text{ Па}$$

Максимальне реактивне зусилля в циліндрі рукояті (при роботі поршневої порожнини):

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

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

$$P_{01} = \frac{1}{r_{ov} + 0,2r'_{ov}} (F_{\text{црт}} \cdot r_{\text{цр}} - G_{\text{кр}} \cdot r_{\text{кв}} - G_p r_{p\text{в}} + G_{\text{цк}} \cdot r'_{\text{цв}} + 0,5G_{\text{цр}} \cdot r''_{\text{цв}}); \quad (2.22)$$

де $G_{\text{кр}}$ – сила тяжіння ковша з ґрунтом, наповненого на половину своєї місткості.

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

Навантаження на робоче обладнання досягають максимальних значень при повороті рукояті від початкового положення на $44,9^\circ$, при цьому зусилля на зубах ковша $P = 53,99423 \text{ кН}$

Зусилля в тягі ковша:

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

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

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 $F_{цк}$ та T .

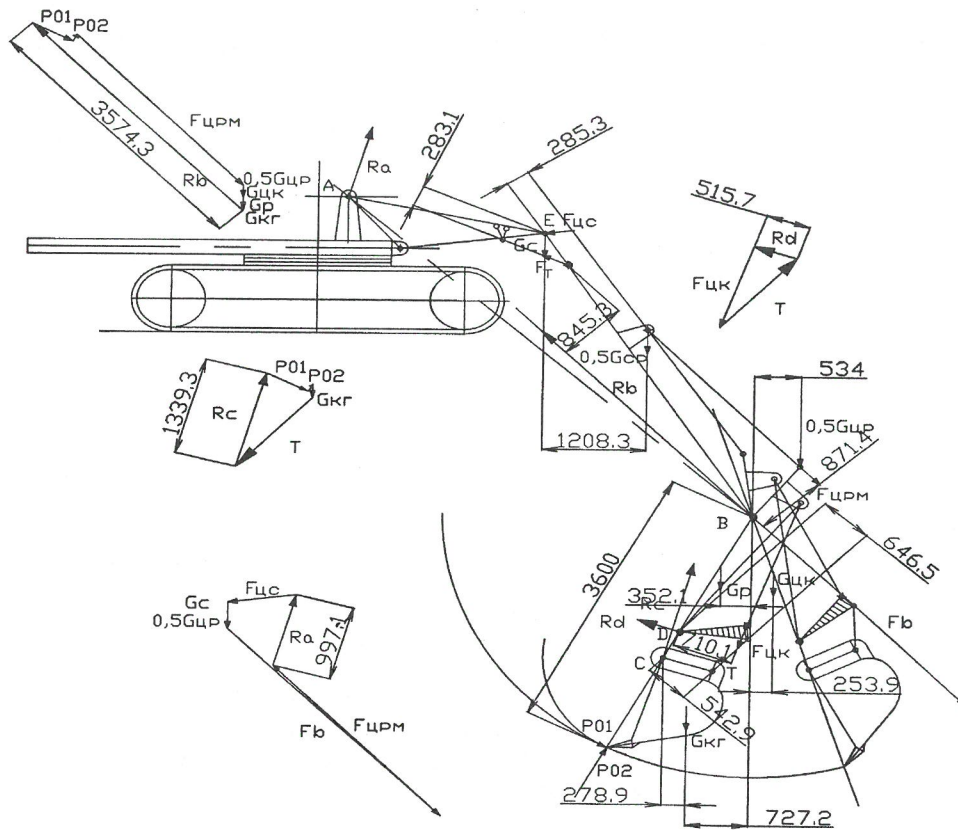


Рис. 2.7 Розрахункова схема визначення максимальних навантажень.

Зусилля за величиною та напрямом у всіх шарнірах робочого обладнання визначаємо графічно. Для цього будемо багатокутники сил за розрахунковою схемою наведеною в [5].

Отримуємо:

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

- реакцію в точці C побудовою багатокутника сил $T = 129,707 \text{ кН}$;
 $G_{\kappa+r} = 18,5517 \text{ кН}$; $P_{02} = 10,779 \text{ кН}$; $P_{01} = 53,994 \text{ кН}$. Звідки $R_c = 133,93 \text{ кН}$;
- реакцію в точці B побудовою багатокутника сил $P_{01} = 53,994 \text{ кН}$;
 $P_{01} = 53,994 \text{ кН}$; Звідки $R_B = 323,92 \text{ кН}$;
- реакцію в точці A побудовою багатокутника сил $F_{yc} = 79,977 \text{ кН}$;
 $0,5G_{yp} = 0,883 \text{ кН}$; F_B - рівнодіюча сил спрямована протилежно до реакції
 $R_B = 323,92 \text{ кН}$. Звідки $R_A = 99,71 \text{ кН}$.

2.4. Визначення продуктивності екскаватора з модернізованим ковшем.

Експлуатаційна годинна продуктивність Π екскаватора:

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

де q - геометрична ємність ковша ($q = 0,65 \text{ м}^3$ - базовий ковш, $q' = 0,65 + 0,55 = 1,2 \text{ м}^3$ - ємність планувального ковша);

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

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

K_P - коефіцієнт розпушування 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 Π_e базового екскаватора:

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

Експлуатаційна годинна продуктивність Π'_e нового екскаватора:

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

Визначення ефективності нової конструкції:

$$K_{\Pi_e} = \frac{\Pi'_e}{\Pi_e}; \quad (2.26)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

43

де $K_{\text{Пе}}$ – коефіцієнт, який визначає ефективність нової конструкції.

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

Визначення коефіцієнта ефективності нової техніки, засноване на результатах розрахунку продуктивності, дозволило довести працездатність та ефективність нового технічного рішення, яке в 1,84 рази вище за показники базової машини.

3. РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПЛАНУВАЛЬНИХ РОБІТ.

Модернізований ковш підвищеної ємності навішується на робоче обладнання екскаватора (прототип ЕО-4224) як комплект спареного обладнання, до складу якого входить базова машина, механізми керування, стріла, рукоять і ковш. До тогож ковш оснащений ножовою системою (за прикладом відвальних робочих органів), розпушувальним обладнанням та відвальною поверхнею (рис. 3.1).

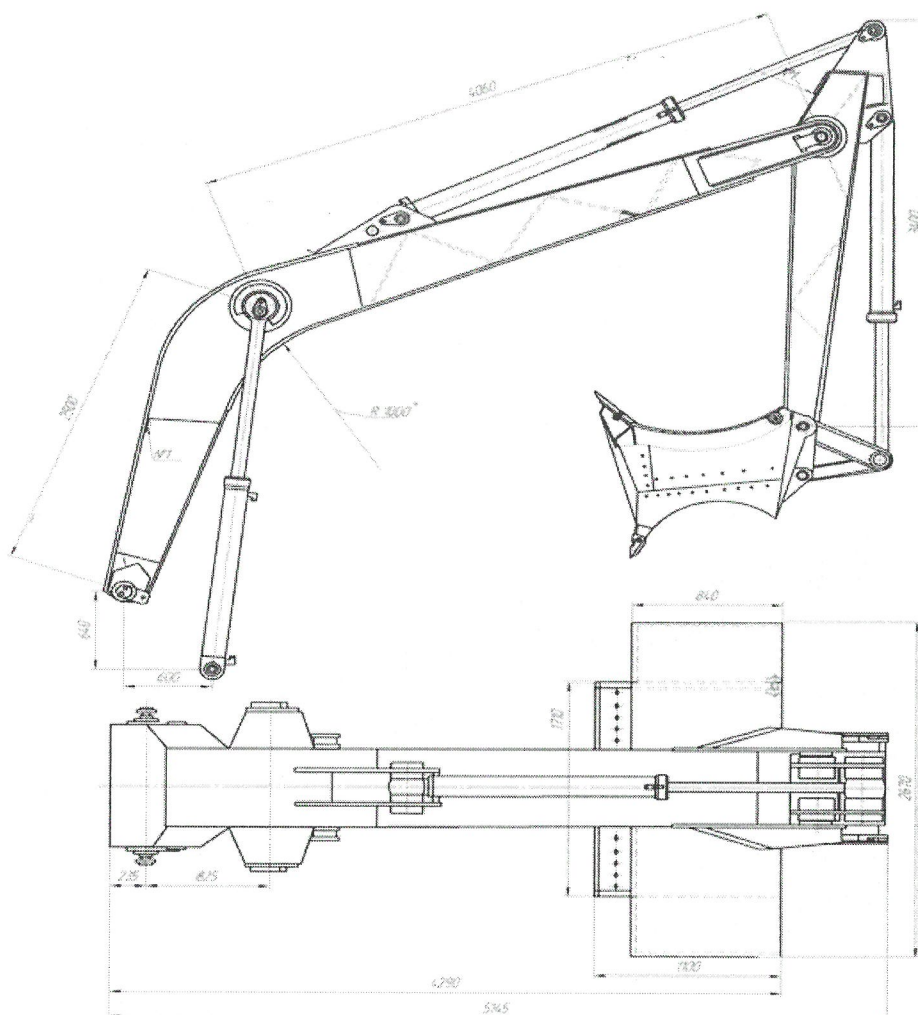


Рис. 3.1 Робочий орган екскаватора.

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Розробка робочого органу для планувальних робіт	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Безуглий			16.06				
Перев.	Коротич			16.06			45	
Н. контр.	Васильєв			17.06				
Затв.	Орисенко			19.06				
						Національний університет імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026		

Для проведення модернізації зробимо розрахунок основних параметрів ковша та спроекуємо його.

3.1 Визначення раціональних параметрів робочого органу екскаватора.

Розміри ковша з напівкруглою кромкою знаходяться за наступними формулами:

$$\text{Ємність ковша:} \quad V = \epsilon HL, \quad (3.1)$$

$$\text{де } \epsilon - \text{довжина ковша, м:} \quad \epsilon = 1,7q^{1/3}, \quad (3.2)$$

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

$$H - \text{висота ковша, м:} \quad H = 885\sqrt[3]{V}, \quad (3.3)$$

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

$$L - \text{ширина ковша, м:} \quad L = 770\sqrt[3]{V}, \quad (3.4)$$

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

$$L_1 = 0,45L, \quad (3.5)$$

$$\text{Висота задньої стінки ковша:} \quad H_1 = 1000\sqrt[3]{V}, \quad (3.6)$$

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

$$\text{Висота бічних граней ковша:} \quad H_2 = R_o + K, \quad (3.7)$$

$$\text{Висота ковша з елементом кріплення:} \quad H_3 = 1140\sqrt[3]{V}, \quad (3.8)$$

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

$$\text{Радіус криволінійної поверхні ковша:} \quad R_o = 0,5 \epsilon, \quad (3.9)$$

$$R_2 = R_K + 0,21K, \quad (3.10)$$

$$R_K = R_o + S_o, \quad (3.11)$$

Радіус ковша - відстань між віссю шарніра кріплення ковша до рукояті та ножем, м:

$$R = 1,05\sqrt[3]{1,2} = 1,38 \text{ м}, \quad (3.12)$$

Товщина днища ковша:

$$S_o = 37 \sqrt[3]{V}, \quad (3.13)$$

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

Схематичне позначення розмірів ковша представлено на рис. 3.2.

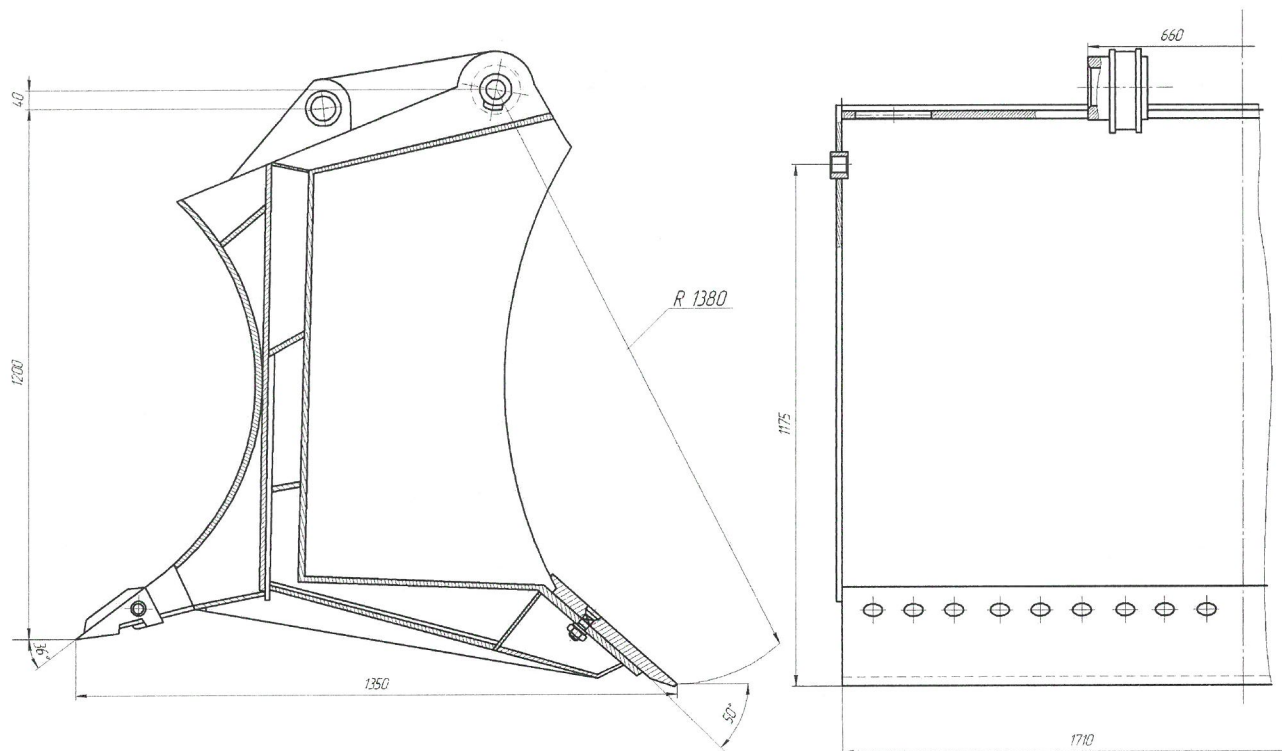


Рис. 3.2 Основні розміри ковшів зворотної лопати з напівкруглою ріжучою кромкою.

Далі відповідно до прийнятих принципових рішень щодо конструкції екскаваторного робочого органу орієнтовно було визначено забезпечену мінімальну масу металоконструкції ковша:

$$m = (0,6 \dots 1,7) V, \quad (3.14)$$

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

Особливості розрахунку ковша.

Максимальна напруга від вигину в козирку ковша орієнтовно знаходяться за співвідношенням:

$$\sigma_b = M_{\text{макс}} / W, \quad (3.15)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

47

Кут різання.

На основі теоретичних даних, прийнемо, для зменшення сил опору копанню кут різання ріжучої кромки ковша $\alpha_p = 45^\circ$.

Таблиця 3.1. Параметри модернізованого екскаваторного ковша.

1	Ширина кота, 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, прим.	4
8	Маса коша, т.е.	0,75

3.2. Визначення раціональних розмірів відвальної поверхні.

1. Визначимо дотичну складову опору ґрунту копання P_{0l} (Н):

$$P_{0l} = \frac{K_r \cdot q_K \cdot K_H}{K_p \cdot R_K}, \quad (3.18)$$

де K_r - питомий опір ґрунту копанню,

q_K - місткість ковша, м³;

K_p - коефіцієнт розпушування ґрунту, для мерзлих ґрунтів, $K_p = 1,1$.

Вагу ковша з ґрунтом визначаємо за формулою:

$$\delta_{K+r} = \delta_K + \delta_r = K_M \cdot q_K \cdot q + \frac{\rho_r \cdot q_K \cdot K_H}{K_p} \cdot q, \quad (3.19)$$

де δ_K , δ_r - відповідно вага ковша та ґрунту в ковші, Н;

ρ_r - щільність ґрунту,

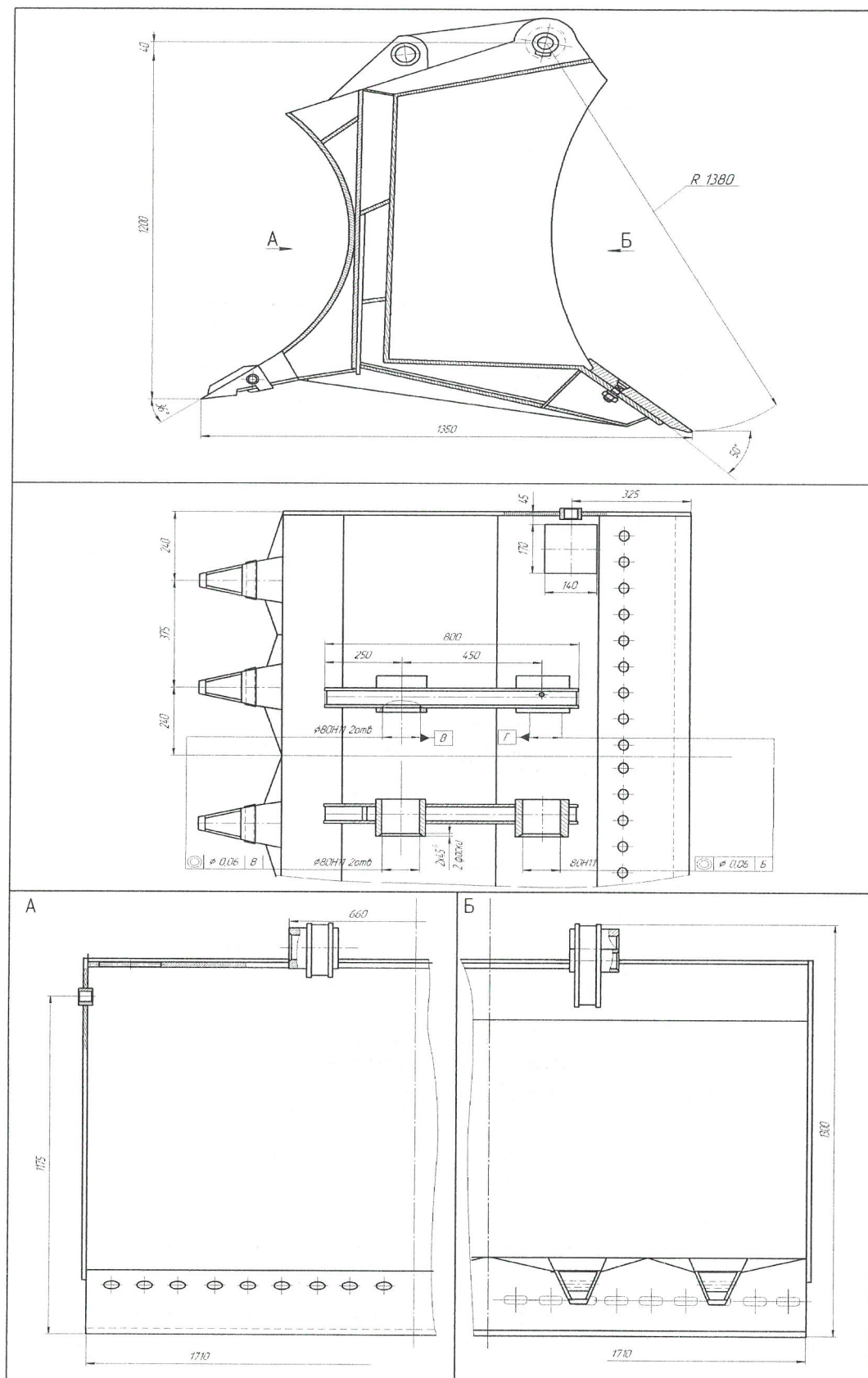


Рис. 3.3. Модернізована конструкція ковша екскаватора.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

49

K_M - питома матеріаломісткість ковша, $K_M = 800 \text{ кгм}^3$;

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

$$P_{01} = \frac{14 \cdot 10^4 \cdot 1,2 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 9,3} = 10626 \text{ Н}$$

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

Приймаємо: $L = 2670 \text{ мм}$.

3. Висоту відвальної поверхні визначаємо залежно від конструктивних параметрів ковша і уточнюємо її методом розрахунку на підставі існуючих зусиль, що розвиваються базовою машиною,

$$H \approx 500 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot T_T} - 0,5 \cdot T_T = 500 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot 10626} - 0,5 \cdot 10626 = 1025 \text{ мм} \quad (3.20)$$

4. Визначимо конструктивні параметри методом побудови та знаходження невідомої графо-аналітично.

Побудова профілю виконується відповідно до рис. 3.4, в такий спосіб. З точки О (початок координат) проводять пряму О-А під кутом ε та пряму О-Б під кутом α до осі абсцис. Точка А виходить в результаті перетину прямої О-А з горизонталлю, проведеної на відстані H від осі абсцис, а точка Б лежить на відстані a від точки О. З точки А проводиться пряма під кутом перекидання β , що є дотичною до профілю відвалу у цій точці. Перпендикуляр до цієї дотичної АТ перетинається з перпендикуляром до дотичної ОБ центрі профілю відвалу O_1 , звідки радіусом $O_1A = O_1B = R$ може бути окреслений профіль криволінійної частини відвалу.

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

5. Постійний радіус кривизни, мм

$$R = (0,8 \dots 0,9) \cdot H = 0,85 \cdot 1025 = 1000 \text{ мм} \quad (3.21)$$

6. Кут нахилу криволінійної частини профілю отримуємо з умови,

$$2 \cdot \varepsilon_1 - \alpha + \beta = 180^\circ \quad (3.22)$$

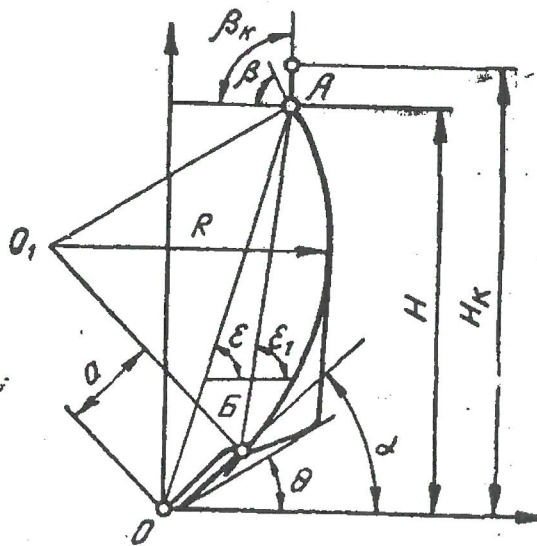


Рис. 3.4. Профіль відвальної поверхні.

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

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

7. Кут нахилу криволінійної частини профілю отримуємо за формулою

$$\varepsilon_1 = \arctg \left(\frac{H - a \cdot \sin \alpha}{H \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon - a \cdot \cos \alpha} \right), \quad (3.23)$$

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

Спираючись на графічні побудови та конструктивні особливості, приймаємо $\varepsilon_1 = 92^\circ$.

Товщина лобового листа визначається орієнтовно залежно від номінального тягового зусилля.

Відвальна поверхня виготовлена з листової сталі М9Г2С з ребрами жорсткості.

Ширина листа була прийнята з урахуванням забезпечення приросту призми, що переміщується (і можливості виконувати планувальні роботи) в середньому на 50%, а також попереднього розрахунку міцності.

Товщину листа приймаємо рівною 20 мм.

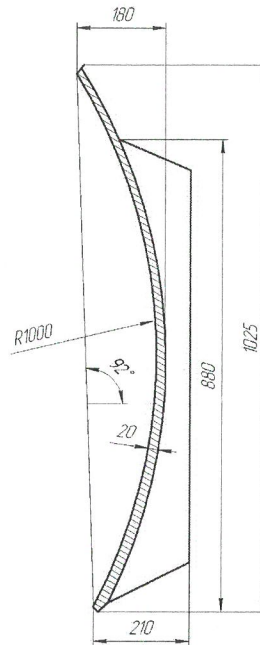


Рис. 3.5. Схема відвальної поверхні із основними габаритними розмірами.

Решта конструктивних параметрів підбираємо шляхом проведення графо-аналітичного методу, заснованого на побудові конструкції та знаходженні її параметрів під час викреслення наявних параметрів конструкції. В результаті побудови було обрано та обґрунтовано конструкцію відвальної поверхні наведеної на рис. 3.5.

Конструктивні параметри ковша, оснащеного відвальною поверхнею, представлені в табл. 3.2.

Таблиця. 3.2. Параметри модернізованого ковша з відвальною поверхнею:

	Параметр	Величина
1	Ширина коша з відвальною поверхнею:	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

3.3. Розрахунок на міцність елементів робочого обладнання.

Вихідні дані.

Стріла знаходиться у крайньому нижньому положенні. На стрілу діють максимальні зовнішні навантаження, що знаходяться в поздовжньо-вертикальній осевій площині: R_A - реакція шарніра стійки платформи на п'яту стрілу; F_B - зусилля дії рукояті на стрілу в шарнірі; F_{yc} - зусилля штоків гідроциліндрів стріли; F_{upm} - максимальне зусилля корпусу гідроциліндра рукояті. Вагою стріли можна знехтувати, оскільки її вплив на напружений стан металоконструкції через розподільний характер незначний.

У цьому розрахунку приймається припущення про відсутність дії на металоконструкцію стріли бічних навантажень і скручувальних моментів, хоча у реальних умовах дію цих чинників необхідно враховувати.

$R_A = 99,71 \text{ кН}; F_B = 323,92 \text{ кН}; F_{yc} = 79,97 \text{ кН}; F_{upm} = 284,95 \text{ кН}, \rho = 2,337 \text{ м};$
 $l_c = 6,45 \text{ м}; l_1 = 4,601 \text{ м}; l_2 = 1,753 \text{ м}; l_3 = 0,323 \text{ м}; \alpha_1 = 86,56^\circ; \alpha_2 = 30,79^\circ; \alpha_3 =$
 $19,44^\circ; \alpha_4 = 11,23^\circ; \alpha_5 = 11,92^\circ; \alpha_6 = 45,86^\circ.$

Під дією зовнішніх навантажень у перерізах стріли виникає складний напружений стан, обумовлений наявністю нормальних напруг розтягування (стиснення) та дотичних напружень зсуву. Перші виникають у результаті дії осевих навантажень та згинальних моментів, а другі - в результаті дії поперечних сил.

Конструктивну схему стріли вибираємо за аналогією з прототипом. На основі прийнятої конструкції викреслюємо розрахункову схему стріли з позначенням її геометричних параметрів та зовнішніх навантажень.

Розрахунок поздовжньо-осевих сил. При лівій системі сил:

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

$$N_{EO} = R_A \cdot \cos(180^\circ - \alpha_7 - \alpha_6) + F_{yc} \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_6) =$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

53

$$= 99,71 \cdot \cos(180^\circ - 86,6^\circ - 45,86^\circ) + 79,9774 \cos(19,44^\circ + 45,86^\circ) =$$

$$= 4,015 + 33,4199 = 37,4349 \text{ кН}$$

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

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

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

Помилка не перевищує 0,04%.

Розрахунок поперечних сил. При лівій системі сил:

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

$$Q_{EO} = R_A \sin(180^\circ - \alpha_1 - \alpha_6) - F_{uc} \sin(\alpha_3 + \alpha_6) =$$

$$99,71 \sin(180^\circ - 86,58^\circ - 45,86^\circ) - 79,9774 \sin(19,44^\circ + 45,86^\circ) =$$

$$= 73,584 - 72,6601 = 0,9243 \text{ кН}$$

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

Перевіряємо правильність розрахунку:

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

Похибка розрахунку 0,05%.

Розраховуємо моменти сил, що діють у перерізах стріли:

$$M_A = 0$$

$$M_E = R_A \sin \alpha_1 \cdot \rho = 99,71 \sin 36,58^\circ \cdot 2,337 = 232,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

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

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

$$= 99,71 \sin(180^\circ - 86,58^\circ - 45,86^\circ) \cdot (2,337 \cos 45,86^\circ + 1,753) +$$

$$+ 99,71 \cos(180^\circ - 86,58^\circ - 45,86^\circ) \times$$

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

Момент праворуч:

$$M_0 = F_B \sin \alpha_5 (\ell_1 - \ell_2) = 323,92 \sin 11,92^\circ (4,6007 - 1,7529) = 190,53 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_B = 0.$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

54

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

Аналіз епюр свідчить про те, що найбільш небезпечними за поєднанням навантажень є перерізи Е та О.

Умова міцності за нормальними напругами для перерізу Е:

$$\sigma_{сж} = \frac{N_{AE}}{F_E} + \frac{M_E}{W_Z} \leq [\sigma_{сж}], \quad (3.24)$$

$$\sigma_p = \frac{N_{EO}}{F_E} + \frac{M_E}{W_Z} \leq [\sigma_p], \quad (3.25)$$

де F_E – площа поперечного перерізу Е;

W_Z -момент опору перерізу Е.

По дотичних напруг найбільш небезпечним є перетин Е. У цьому випадку умова міцності визначається за формулою Журавського:

$$\tau = \frac{Q_{AE} S_{(y)}}{b \cdot J_Z}, \quad (3.26)$$

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

J_Z - осьовий момент інерції щодо осі рукояті Е.

Для визначення геометричних характеристик перерізів необхідно розробити їхню конструкцію.

Сучасні конструкції моноблочних стріл виконані звареними з листової сталі 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г2. Форму поперечних перерізів показано на рис. 3.7, 3.8.

Значення параметрів перерізу Е: $b = 0,6$ м; $h = 0,8$ м; $b_l = 0,58$ м; $t = 0,016$ м; $t_l = 0,012$ м. Для перерізу О: $b = 0,6$ м; $h = 0,6$ м; $b_l = 0,58$ м; $t = 0,016$ м; $t_l = 0,012$ м.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

55

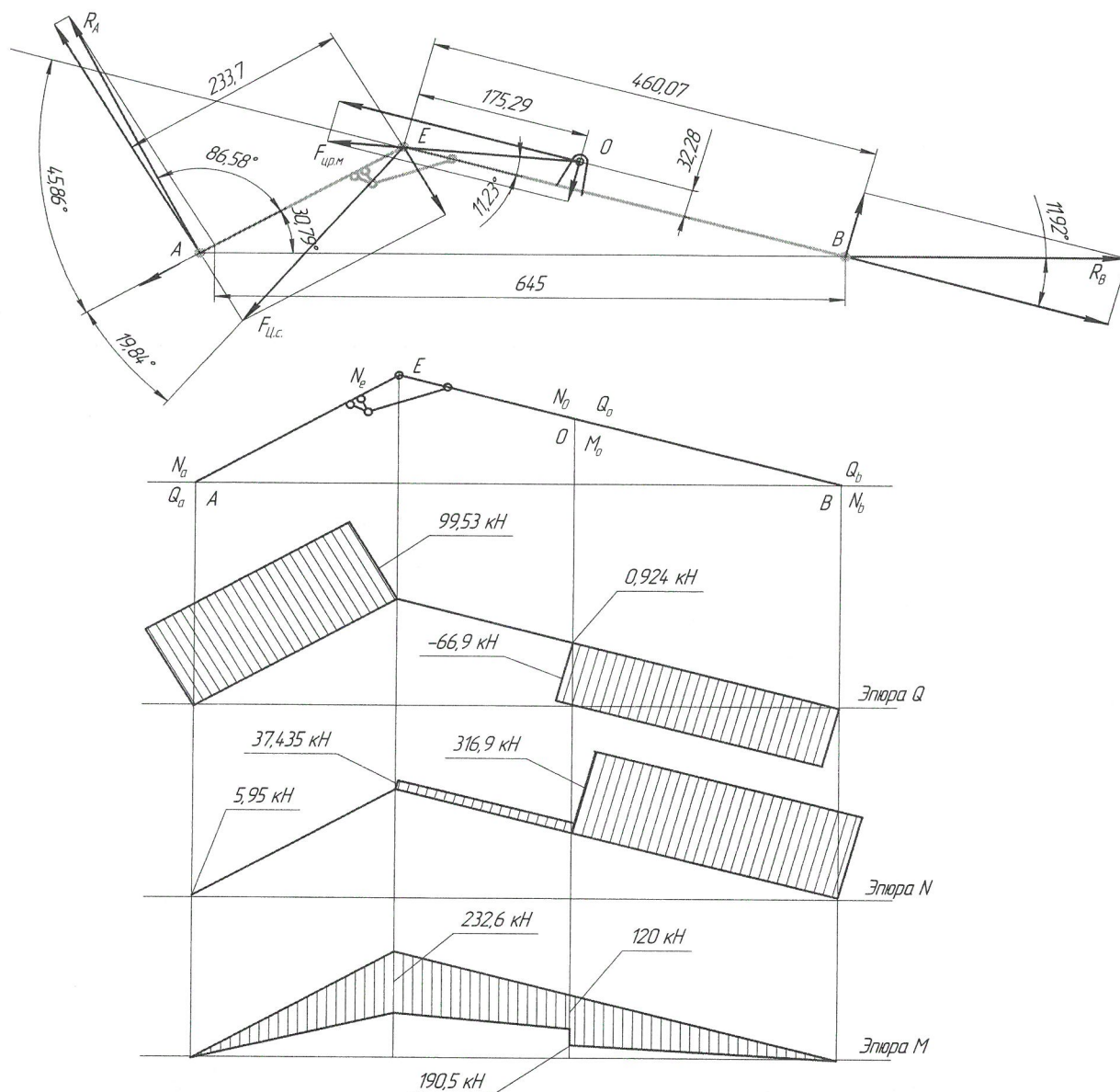


Рис. 3.6. Розрахункова схема стріли, епюри N , Q і M .

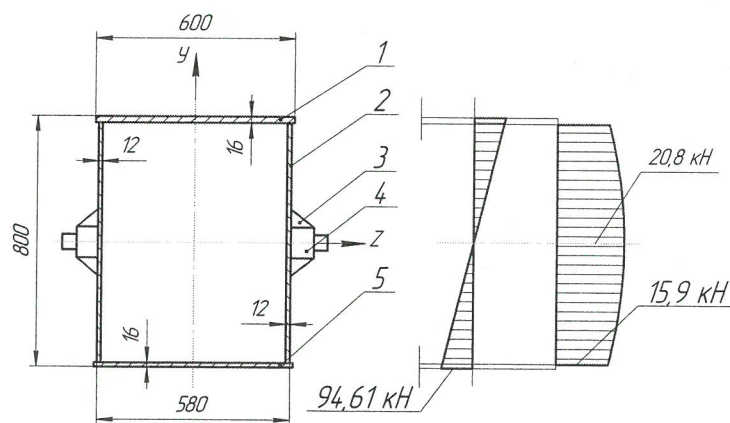


Рис. 3.7. Схема перерізу E та епюри діючих напруг: 1 - верхній пояс; 2 - стінка; 3 - косинка; 4 - цапфа; 5 - нижній пояс.

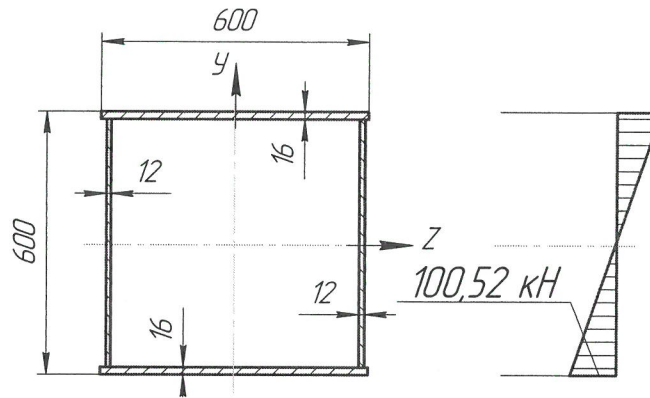


Рис. 3.8. Схема перерізу O і епюра нормальних напруг.

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 перерізів:

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

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

Моменти інерції розрахункових перерізів:

$$J_{ZE} = 2J_{ZE}^c + 2[J_{Z,E}^n + F_E^n \cdot \left(\frac{h_E}{2} - \frac{t_E}{2} \right)]; \quad (3.27)$$

$$J_{ZO} = 2J_{ZO}^c + 2[J_{Z,O}^n + F_O^n \cdot \left(\frac{h_O}{2} - \frac{t_O}{2} \right)], \quad (3.28)$$

де J_{ZE}^c , J_{ZO}^c - моменти інерції стінок відносно 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 відносно 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:

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

$$J_{ZO} = 2 \cdot 19325,04 + 2 \cdot [20,48 + 96 \cdot (\frac{60}{2} - \frac{1,6}{2})] = 42297,44 \text{ см}^4.$$

Нормальна напруга в крайніх стиснутих волокнах перерізу E :

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

За аналогією нормальна напруга розтягування 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 діючих навантаженнях задовольняють умовам міцності.

Перевіряємо умову міцності по дотичних напругах у перерізі E . Для цього будуємо епюру дотичних напруг по висоті перерізу.

На поверхнях поясів $E=0$.

На внутрішніх поверхнях поясів:

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

На поверхнях стінок, що примикають до поясів:

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

На рівні нейтрального шару Z :

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

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

58

Для обраної сталі $[\tau] = 160$ МПа. Отже, умова міцності щодо дотичних напруг виконано з суттєвим запасом.

Висновок.

Зроблені розрахунки показують, що вибрані параметри робочого обладнання забезпечують його працездатність і задовольняють умові міцності при впливі зовнішніх навантажень. Наявний запас міцності може компенсувати дію неврахованих навантажень (бічних сил, крутних моментів, динамічних навантажень).

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		59

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.

В даному розділі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Палець», представлений в графічній частині ГММ.401-ММ.002-05.00.010 на форматі А4.

4.1 Вибір заготовки.

У якості заготовки для пальця, у відповідності з його призначенням: вибираємо круг, гарячекатаний, нормальної точності, сталь 40. Цей сортамент рекомендується для виготовлення гладких та ступінчастих валів з невеликими перепадами діаметрів ступенів. Він забезпечить достатні припуски на обробку та відносно раціональну витрату матеріалу.

4.2 Розробка плану операцій та опис технологічного процесу виготовлення.

Основними: положеннями теології машинобудування для деталей високої точності і якості встановлені чорновий та чистовий етапи обробки. При чорновій обробці знімаємо максимальну кількість металу залишаючи лише припуск на чистову обробку. При чистовій обробці робочим поверхням надаємо 6 або 7-й квалітети точності і шорсткість Ra до 0,8 мкм.

У якості, технологічних баз призначаємо торець та центрові отвори заготовки якими вона встановлюється в центрах верстата, а також бокові поверхні, деталі.

Креслення деталі наведено на рисунку 4.1.

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Технологічний розділ		
Розроб.	Безуглий			16.06			
Перев.	Рогозін			16.06			
Керівник	Коротич			16.06			
Н. контр.	Васильєв			17.07			
Затв.	Орисенко			19.06	Лім. Лист Листів		
					60		
					Національний університет Н імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026		

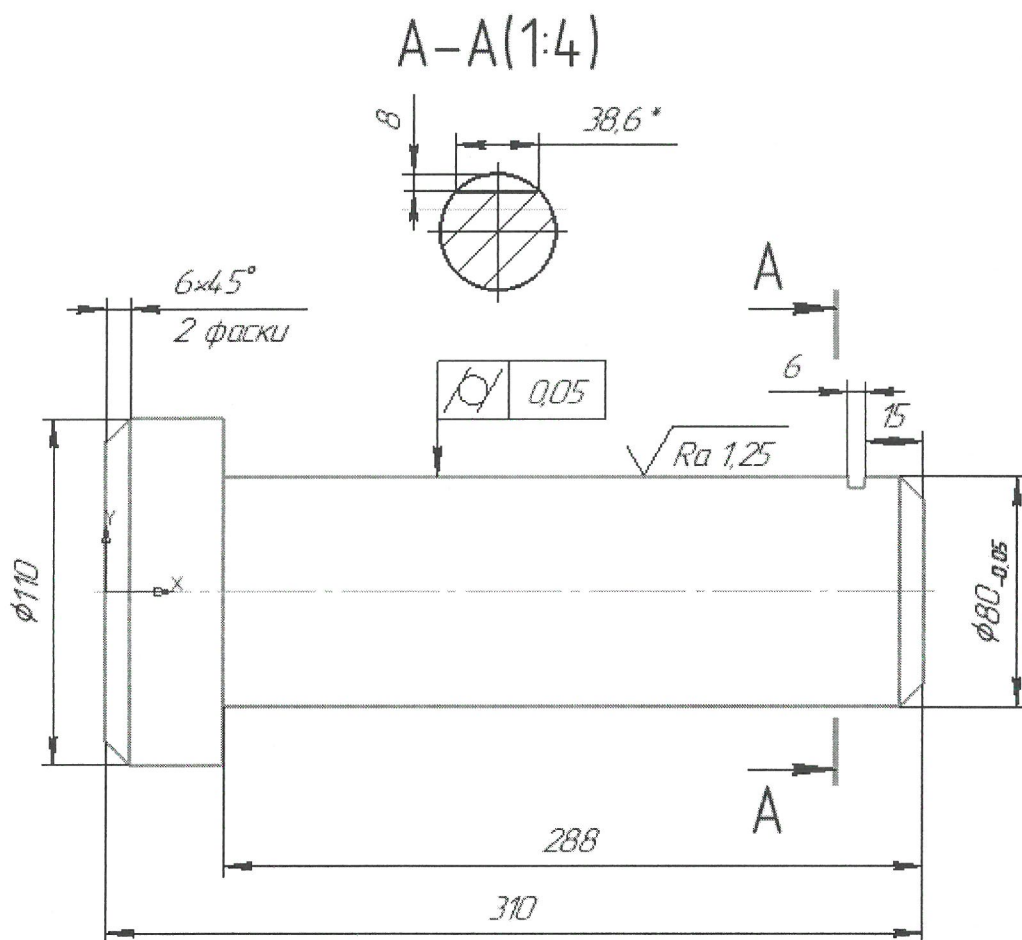


Рисунок 4.1 – Креслення деталі – палець.

Таблиця 4.1 – План операцій технологічного процесу виготовлення деталі.

№ операції	Назва операції та вид робіт
05	відрізна: відрізання заготовки довжиною 310 мм.
10	центрувальна: свердління двох центрових отворів.
15	токарна: чорнове обточування заготовки.
20	токарна: чистове обточування заготовки, обточування фасок з переустановкою.
25	фрезерна: фрезерування пазу.
30	слюсарна: зачищення задирок та гострих кромek.
35	контрольна: контроль параметрів точності виготовлення деталі.

4.3 Визначення припусків на механічну обробку.

Розрахунок припусків виконуємо за експериментально-статистичним (табличним) методом, який застосовується в машинобудуванні. Він є зручним і не потребує порівняно великих витрат часу. При використанні цього методу користуються розробленими таблицями перехідних припусків та допусків.

Призначення операційних припусків виконається таким чином. Спочатку вивчається креслення деталі і призначається маршрут обробки, який забезпечить точність розмірів та задану чистоту поверхні. Далі призначаються припуски на чорнову, а потім на чистову операцію.

Основними величинами від яких залежить значення припусків є найбільший діаметр деталі ($\varnothing 110$ мм) та загальна довжина деталі (310 мм).

Для виготовлення деталі за вимогами креслення необхідно виконати такі операції:

- чорнове обточування;
- чистове обточування.

Таблиця, припусків 3.2, складається від кінцевого значення найбільшого діаметра деталі $\varnothing 80$.

Таблиця 4.2 – Припуски на механічну обробку.

Маршрут обробки та визначені розміри	Розмір, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
Номінальний розмір	80,0	- 0,05	-
Розмір після обточки начисто	80,0	-	-
Припуск для чистої обточки	-	-	5,0
Розмір після обточки начорно	85,0	-	-
Припуск для чорнової обробки	-	-	25,0
Сумарний припуск	-	-	30,0
Розрахунковий діаметр заготованки	110,0	-	-

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

62

Заготованка береться із прокату за ДСТУ 2590:2006 сталь 40 ДСТУ 1050-2013 та має наступні розміри:

діаметр 110,0 мм і довжина 315 мм.

4.4 Вибір обладнання, пристосувань та інструмента.

Для виконання відрізної операції 05 обираємо ножовочний верстат 8Б72К. В якості ріжучого інструменту використовуємо ножовочне полотно $L = 450$ мм.

Для виконання центрувальної операції 10, токарних операцій 15, 20 вибираємо універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20. Завдяки своїм технічним характеристикам (частота обертання до 2000 об/хв та потужності 10 кВт) він дає можливість виконувати токарні роботи з використанням різноманітного твердосплавного ріжучого інструменту.

Головні технічні характеристики верстата:

- розміри оброблюваної деталі: діаметр – 400 мм, довжина – 2000 мм;
- частота обертання шпинделя, об/хв.: 12,5...80; 100; 125; 160...400; 500; 630; 800...2000;
- повздовжня подача, мм/об.: 0,007...0,047; 0,052...0,1; 0,125...0,5; 0,6...2,8;
- найбільш допустима сила повздовжньої подачі P_x , Н – 6000;
- потужність електродвигуна, кВт – 10.

Для виконання фрезерної операції 25 обираємо верстат універсально-фрезерний 6Т10.

При фрезеруванні пазу використовуємо лещата самоцентруючі ДСТУ 21167:2008. Для токарних операцій приймаємо патрон трьохкулачковий ДСТУ 2675:2008 й центри жорсткий ДСТУ 13214:2008 та обертовий ДСТУ 8742-88.

Основні фактори, що впливають на вибір ріжучого інструменту: способи обробки, розміри, форма, точність та якість обробки деталі, матеріал деталі та інструмент, тип станка, на якому буде оброблятися деталь. В якості ріжучого

інструменту вибираємо фрезу концеву Ø6 мм ДСТУ 8721-79, різець прохідний Т15К6 ДСТУ 18878:2009.

Для контролю якості виготовленої деталі будемо використовувати: лінійку вимірювальну металічну 500-0,5 ДСТУ 427:2009, штангенциркуль ШЦ-II 2500-0,05 ДСТУ 166:2009, штангенглибиномір ШЦ-1 125-0,05 ДСТУ 166:2009.

4.5 Вибір та розрахунок режимів різання при механічній обробці.

Розрахунок режимів різання проводимо для обробки зовнішнього діаметра пальця (операція 15).

Розрахунок проводимо у такій послідовності:

Визначаємо глибину різання t . Величина припуску на сторону при чорновому обточуванні становить 2,50 мм. Тому точіння з 110 до 85 мм здійснюємо за 5 проходів з глибиною різання 2,5 мм.

Визначаємо величину подачі S . Згідно з нормативами при точінні деталі діаметром до 10 мм з глибиною різання до 3 мм рекомендується приймати подачу $S = 0,4 \dots 0,5$ мм/об. Приймаємо значення подачі $S = 0,5$ мм/об.

Прийняте значення подачі, порівнюємо з паспортними даними, верстата і остаточно приймаємо $S = 0,5$ мм/об.

Визначаємо силу подачі P_x . За таблицями з глибиною різання: 2,5 мм з подачею $S = 0,5$ мм/об при вершині різця 45° , сила подачі $P_n = 1090$ Н, тобто менше, ніж допускає механізм: поздовжньої подачі верстата.

Визначаємо швидкість різання V . За нормативами $\sigma_s = 610$ МПа, з глибиною різання 2,5 мм, з подачею $S = 0,5$ мм/об для різця з головним кутом у плані $\varphi = 45^\circ$ отримуємо $V = 117$ м/хв.

Визначаємо число обертів шпинделя верстата. За встановленою швидкістю різання V визначаємо число обертів шпинделя верстата n , об/хв.,

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (4.1)$$

де D – діаметр заготовки, мм.

Підставивши значення до формули (4.1) отримаємо

$$n = \frac{117 \cdot 1000}{3,14 \cdot 110} = 338,7.$$

Згідно з паспортними даними верстата приймаємо найближче значення $n = 360$ об/хв.

Визначаємо фактичне значення швидкості різання V_ϕ , м/хв.,

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000}, \quad (4.2)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 360 \cdot 110}{1000} = 124,3.$$

Перевіряємо підібрані режими різання за потужністю. За нормативами згідно з картою «Потужність необхідна для різання» при чорновому обточуванні поверхні заготовки із сталі 40 з межею міцності $[\sigma] = 610$ МПа, з глибиною різання 2.5 мм., подачею $S = 0,5$ мм/об. і швидкістю різання $V_\phi = 124,3$ м/хв., потужність, яка необхідна для різання $N_e = 2,9$ кВт,

Визначаємо потужність $N_{\text{шп}}$, кВт, на шпинделі верстата за формулою

$$N_{\text{шп}} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (4.3)$$

де η – ККД верстата, $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = \frac{2,9}{0,8} = 3,6.$$

Значення $N_{\text{шп}}$ повинно бути меншим або рівним потужності електродвигуна верстата, тобто N_m .

Отже, обробка деталі в даному випадку можлива, оскільки $N_{\text{шп}} = 3,6$ кВт < $N_m = 10$ кВт.

4.6 Розрахунок норм часу при механічній обробці.

Норма часу визначається таким поняттям як штучний час $T_{шт}$, хв,

$$T_{шт} = t_{опер} + t_{доод}, \quad (4.4)$$

де $t_{опер}$ – оперативний час, хв.;

$$t_{опер} = t_o + t_{дон}, \quad (4.5)$$

де t_o – основний (машинний) час на операцію, хв., для токарної обробки обчислюється за формулою

$$t_o = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S}, \quad (4.6)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні заготовки, мм,

L – розрахункова довжина проходу різця, мм,

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (4.7)$$

де l – довжина твірної мм;

l_1, l_2 – довжина відповідно врізання та перебігу різця, зазвичай становить $l_1 + l_2 = 8$ мм;

V – швидкість різання, м /хв.;

S – подача, мм/об.;

$t_{дон}$ – допоміжний час, що витрачається на встановлення і зняття заготовки, прийоми керування верстатом (підведення і відведення інструмента, пуск, зупинка, перемикання, вимірювання тощо),

$$t_{дон} = (0,3 \dots 0,5) \cdot t_o; \quad (4.8)$$

$t_{доод}$ – додатковий час (час, який витрачається на обслуговування робочого місця, відпочинок і фізичні потреби робочого), хв.,

$$t_{доод} = (0,05 \dots 0,08) \cdot t_{опер}. \quad (4.9)$$

Обчислюємо основний (машинний) час для кожної з операцій за емпіричними формулами.

Операція 05 – відрізна. Відрізання заготовки ножовочною пилою.

Основний час на операцію t_o^{05} , хв,

$$t_o^{05} = 0,19 \cdot D^2 \cdot 10^{-3}, \quad (4.10)$$

де D – діаметр заготовки, мм.

Підставивши значення у формулу отримаємо

$$t_o^{05} = 0,19 \cdot 110^2 \cdot 10^{-3} = 2,3.$$

Операція 10 – центрувальна. Свердління двох центрових отворів.

Основний, час на операцію t_o^{10} , хв.,

$$t_o^{10} = \frac{2 \cdot 7,85 \cdot d}{1000}, \quad (4.11)$$

де d – діаметр отвору, мм.

$$t_o^{10} = \frac{2 \cdot 7,85 \cdot 4}{1000} = 0,06.$$

Операція 15 – токарна.

Чорнове обточування заготовки з Ø110мм до Ø85мм за п'ять проходів t_o^{15} , хв.,

$$L = 288 + 4 = 292,$$

$$t_o^{15} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 292}{1000 \cdot 124,3 \cdot 0,5} = 0,62 \cdot 5 = 3,1.$$

Операція 20 – токарна. Чистове точіння обточування заготовки з Ø85мм до Ø80 мм t_o^{20} , хв.,

$$L = 288 + 4 = 292,$$

$$t_o^{20} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 292}{1000 \cdot 160,5 \cdot 0,25} = 2,47.$$

Операція 25 – фрезерна. Фрезерування пазу

$$t_o^{25} = \frac{L}{S_{\text{хв}}}, \quad (4.12)$$

де приймають $S_{\text{хв}} = 160$ мм/об., $L = (38,6 + 5 + 5) = 48,6$ мм.

$$t_o^{25} = \frac{48,6}{160} = 0,3.$$

Сумарний основний машинний час на виготовлення пальця t_o , хв.,

$$t_o = 2,3 + 0,06 + 3,1 + 2,47 + 0,3 = 8,23.$$

Допоміжний час t_{don} , хв., визначаємо за формулою

$$t_{don} = 0,4 \cdot 8,23 = 3,2.$$

Оперативний час t_{oper} , хв., визначаємо за формулою

$$t_{oper} = 8,23 + 3,2 = 11,43.$$

Додатковий час t_{dod} , хв., визначаємо за формулою

$$t_{dod} = 0,05 \cdot 11,43 = 0,57.$$

Штучний час $T_{шт}$, хв, знайдемо за формулою

$$T_{шт} = 11,43 + 0,57 = 11,98.$$

4.7 Заходи з пожежної безпеки під час експлуатації екскаватора.

Пожежна безпека — це такий стан об'єкта, за якого виключається ймовірність виникнення пожежі, а у випадку її появи забезпечується захист людей, матеріальних цінностей і навколишнього середовища від впливу небезпечних факторів горіння.

Пожежею називають неконтрольований процес горіння, що виникає поза спеціально призначеним осередком і призводить до матеріальних збитків, пошкодження майна, обладнання та створює загрозу для життя і здоров'я людей.

Горіння являє собою складний фізико-хімічний процес окиснення речовин, який супроводжується виділенням значної кількості теплоти та світлового випромінювання. Залежно від умов виникнення та перебігу розрізняють такі види горіння, як спалах, самозаймання та вибух.

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		68

Основою пожежної профілактики є усунення умов, необхідних для виникнення і розвитку процесу горіння, а також застосування організаційних і технічних заходів щодо забезпечення безпечної експлуатації об'єктів.

Під час забезпечення пожежної безпеки вирішуються такі основні завдання:

- запобігання виникненню пожеж та загорянь;
- обмеження поширення вогню у разі виникнення пожежі;
- забезпечення захисту людей, обладнання та матеріальних цінностей;
- своєчасне виявлення та ефективне гасіння пожеж.

Для попередження утворення джерел займання застосовують такі заходи:

- правильний вибір, монтаж і дотримання режимів експлуатації електрообладнання, машин і механізмів;
- усунення умов, що можуть призвести до самозаймання матеріалів і речовин;
- контроль допустимих температур нагрівання обладнання;
- обмеження енергії іскрових розрядів та запобігання утворенню відкритого полум'я.

Система пожежного захисту реалізується за допомогою комплексу технічних та організаційних заходів, серед яких:

- створення перешкод для поширення вогню;
- використання засобів пожежогасіння;
- забезпечення необхідного рівня вогнестійкості будівельних конструкцій;
- встановлення систем пожежної сигналізації та оповіщення;
- організація евакуаційних шляхів і засобів захисту людей.

Процес горіння може бути припинений за таких умов:

- ізоляція осередку пожежі від доступу кисню повітря;
- зниження концентрації кисню до критичного рівня, за якого горіння стає неможливим;
- охолодження горючих речовин нижче температури займання або самозаймання;

- хімічне гальмування реакцій горіння шляхом введення спеціальних інгібуючих речовин.

Речовини та засоби, за допомогою яких створюються зазначені умови припинення горіння, називають вогнегасними речовинами. До них належать вода, водні розчини, водяна пара, повітряно-механічна піна, вуглекислий газ, інертні гази, порошкові суміші, пісок, земля та інші матеріали, здатні припиняти процес горіння.

Основними причинами виникнення пожеж є:

- несправності електрообладнання та електромереж, короткі замикання, перевантаження електроустановок;
- утворення іскор під час роботи обладнання;
- порушення правил експлуатації техніки;
- необережне поводження з відкритим вогнем та легкозаймистими речовинами.

До первинних засобів пожежогасіння належать переносні та пересувні вогнегасники різних типів, пожежні крани, ящики з піском або порошковими сумішами, вогнестійкі покривала, азбестові полотна, кошми, повсть, а також пожежний інвентар, що розміщується на спеціальних пожежних щитах. Пожежні щити комплектуються необхідними засобами для оперативного реагування на початкових стадіях займання та встановлюються у доступних місцях відповідно до вимог пожежної безпеки.

4.8 Аналіз шкідливих факторів при роботі на землерийному обладнанні.

До шкідливих виробничих факторів належать такі фактори виробничого середовища, вплив яких на працівника за певних умов може призвести до погіршення стану здоров'я, виникнення професійних захворювань або зниження працездатності. Небезпечними виробничими факторами вважаються фактори, дія яких за певних умов здатна спричинити травмування працівника, раптове різке

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		70

погіршення здоров'я або інші нещасні випадки.

Під час експлуатації машин екскаваторного типу на працівника можуть впливати різні небезпечні та шкідливі фактори виробничого середовища.

1. Температурний фактор.

Праця машиніста землерийної техніки характеризується значними фізичними навантаженнями та підвищеними витратами м'язової енергії. У процесі керування екскаватором оператор постійно виконує переміщення важелів, педалей та інших органів керування. Під час роботи одноківшового екскаватора машиніст може здійснювати від 2000 до 6800 вмикань механізмів протягом однієї години, що супроводжується значними енерговитратами організму та виділенням тепла.

Під час оцінювання мікроклімату в кабіні необхідно враховувати тепловиділення від організму людини, а також вплив тепла, яке надходить від двигуна внутрішнього згоряння. Робоча температура двигуна становить приблизно 80–90 °С, унаслідок чого в навколишнє середовище виділяється значна кількість теплової енергії. Підвищена температура в кабіні погіршує умови праці, викликає швидку втому працівника та знижує його працездатність.

2. Запиленість повітря.

Машини екскаваторного типу часто працюють під час розробки ґрунтів і матеріалів, які інтенсивно утворюють пил. У процесі виконання земляних робіт одноківшеві екскаватори створюють підвищену запиленість атмосферного повітря робочої зони. За середніх умов експлуатації концентрація пилу поблизу працюючої машини може досягати 40–50 мг/м³.

Найбільш небезпечним є дрібнодисперсний пил із розмірами частинок до 10 мкм, оскільки він не затримується у верхніх дихальних шляхах, а проникає безпосередньо в легені. Тривалий вплив такого пилу може спричинити професійні захворювання органів дихання, зокрема пневмоконіози, силікоз, асбестоз та інші патології. Більш великі частинки пилу осідають на слизових оболонках верхніх дихальних шляхів, подразнюють їх і можуть викликати

хронічні захворювання бронхів.

3. Загазованість повітря.

Під час роботи двигуна внутрішнього згоряння утворюються вихлопні гази, які містять токсичні речовини, зокрема оксид вуглецю, оксиди азоту та інші шкідливі компоненти. У справному та правильно відрегульованому двигуні вміст оксиду вуглецю у вихлопних газах є незначним, тому під час роботи машини на відкритих майданчиках концентрація шкідливих речовин у повітрі зазвичай не перевищує допустимих норм завдяки природному провітрюванню.

Однак під час роботи екскаватора в глибоких котлованах, тунелях, закритих приміщеннях або на обмежених майданчиках можливе накопичення токсичних газів у повітрі робочої зони. У зв'язку з цим при проектуванні та експлуатації спеціалізованих машин необхідно передбачати ефективну систему вентиляції та заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

4. Освітленість робочої зони.

Рівень освітленості робочих майданчиків у темний час доби залежить від наявності освітлювальних приладів на самій машині та від загального освітлення території виконання робіт. Під час проектування екскаваторів місця встановлення освітлювальних приладів визначаються таким чином, щоб забезпечити максимальну видимість робочої зони та безпеку виконання операцій.

Важливе значення має оглядовість із кабіни машиніста, яка визначається конструкцією кабіни, її розташуванням відносно робочого обладнання та елементів машини. Добра оглядовість зменшує необхідність виконання зайвих рухів оператором, забезпечує зручність робочої пози, знижує втому та підвищує продуктивність праці. Недостатня видимість робочої зони може стати причиною аварійних ситуацій і нещасних випадків. Тому під час проектування екскаваторів особлива увага приділяється забезпеченню високого коефіцієнта оглядовості кабіни.

5. Шум.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

72

Робота екскаватора супроводжується виникненням значного шуму різного походження. Основними джерелами шуму є:

- механічний шум, що виникає внаслідок вібрації поверхонь приводу, роботи електродвигунів, насосів, муфт та ударних навантажень у вузлах машин;
- гідродинамічний шум, який утворюється під час руху робочої рідини трубопроводами та рукавами високого тиску;
- електромагнітний шум, що виникає внаслідок коливань елементів електродвигунів.

Тривалий вплив підвищеного рівня шуму негативно впливає на нервову систему людини, викликає втому, зниження концентрації уваги та може призвести до погіршення слуху.

6. Вібрація.

Під час роботи екскаватора на робочому місці машиніста виникають механічні коливання — вібрації, які передаються від двигуна, робочого обладнання та ходової частини машини. Вібрація характеризується періодичними змінами параметрів руху, таких як вібропереміщення, віброшвидкість і віброприскорення.

Тривалий вплив вібрації негативно позначається на стані здоров'я працівника, погіршує самопочуття, знижує працездатність та може спричинити професійне захворювання — вібраційну хворобу.

7. Вплив ультрафіолетового випромінювання.

Оскільки екскаваторні машини переважно працюють на відкритих майданчиках, машиніст піддається впливу сонячного випромінювання, у тому числі ультрафіолетових променів. Тривалий вплив ультрафіолетового випромінювання може викликати опіки шкіри, подразнення очей, різь в очах, а також сприяти розвитку захворювань органів зору, зокрема катаракти.

Наявність різких переходів між освітленими та затіненими ділянками робочої зони призводить до постійної переадаптації зору. Очі людини змушені

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

73

постійно пристосовуватись до змін яскравості, що викликає додаткове навантаження на органи зору, швидку втому та зниження продуктивності праці.

Крім зазначених шкідливих факторів, під час виконання робочих операцій, транспортування машини, проведення технічного обслуговування та ремонту можуть виникати небезпечні ситуації, здатні призвести до травмування персоналу або аварій. Тому для забезпечення безпечної експлуатації проекрованої машини необхідно проводити аналіз можливих небезпек, оцінювати наслідки їх виникнення та передбачати комплекс заходів щодо їх попередження.

4.9 Аналіз небезпечних факторів при роботі на землерийному обладнанні.

Небезпечні виробничі фактори.

1. Обвалення ґрунту.

Під час виконання земляних робіт існує небезпека обвалення ґрунту в котлованах, траншеях, канавах та інших виїмках. Переміщення, встановлення та робота будівельних машин поблизу виїмок із неукріпленими укосами допускається лише за межами призми можливого обвалення ґрунту. Безпечна відстань від краю виїмки визначається проектом виконання робіт залежно від типу ґрунту, глибини котловану та умов експлуатації техніки. Недотримання цих вимог може призвести до осипання ґрунту, втрати стійкості машини та виникнення аварійної ситуації.

2. Втрата стійкості машини.

Одним із найбільш небезпечних факторів під час експлуатації екскаваторів є втрата стійкості машини, що може спричинити її перекидання. Перекидальні моменти у будівельних машинах виникають унаслідок дії різних сил і навантажень, серед яких:

- реакція ґрунту на різальні елементи робочого органа;

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

74

- маса вантажу та робочого обладнання;
- динамічні навантаження під час виконання робочих операцій;
- вплив вітрових навантажень;
- сили інерції під час руху машини;
- вплив ухилів і нерівностей поверхні.

Перекидання машини можливе під час руху на підйомах, спусках, на поворотах або під час роботи на нестійкому ґрунті. Також може виникати ковзання машини по поверхні ґрунту. Для запобігання втраті стійкості екскаватор необхідно встановлювати на рівному горизонтальному майданчику, а експлуатацію здійснювати відповідно до допустимих режимів роботи.

У разі модернізації екскаватора та збільшення маси робочого обладнання необхідно виконувати перевірочний розрахунок стійкості машини. Це дозволяє оцінити безпечність експлуатації модернізованого обладнання та запобігти виникненню аварійних ситуацій.

3. Пошкодження підземних комунікацій.

Під час виконання земляних робіт існує небезпека пошкодження підземних комунікацій, таких як трубопроводи високого тиску, електричні кабелі, газопроводи та інші інженерні мережі. Розроблення ґрунту механізованим способом у зоні розташування підземних комунікацій дозволяється лише з дотриманням установлених безпечних відстаней: не менше 2 м від бокової поверхні комунікації та не менше 1 м над верхньою частиною трубопроводів або кабелів.

Шар ґрунту, що залишається безпосередньо біля комунікацій, необхідно розробляти вручну із застосуванням заходів, що виключають можливість їх пошкодження. Порушення цих вимог може призвести до аварій, вибухів, ураження електричним струмом або припинення роботи інженерних мереж.

4. Переміщення машини з навісним обладнанням.

Під час транспортування екскаватора з навісним обладнанням необхідно дотримуватися встановлених правил безпеки. Стріла машини повинна бути

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

75

розташована строго вздовж осі руху, а робочий орган — опущений у транспортне положення та надійно закріплений. Навісне обладнання фіксується спеціальними пристроями, які запобігають його мимовільному переміщенню під час руху.

Під час пересування машини необхідно суворо дотримуватись правил дорожнього руху та вимог безпечної експлуатації техніки. Забороняється переміщення машини з наповненим робочим органом, оскільки це може призвести до втрати стійкості або створення аварійної ситуації.

Особливу небезпеку становить переміщення екскаватора поблизу ліній електропередач. Проїзд машини під проводами високовольтних ліній допускається лише за умови, що відстань між найвищою точкою машини та проводами становить не менше 2 м. Недотримання цієї вимоги може спричинити ураження електричним струмом та виникнення аварійної ситуації.

Висновки

В представленій кваліфікаційній роботі бакалавра проведено розрахунок одноківшевого екскаватора з розробкою робочого органу для планувальних робіт

В першому розділі кваліфікаційної роботи бакалавра представлено загальні відомості та технічні характеристики екскаватора-планувальника, основні напрямки та загальні тенденції розвитку робочих органів екскаватора. Представлена характеристика розроблювальних середовищ, умови раціональності ковшів екскаватора та принципи конструювання робочого обладнання ковшового типу.

В другому розділі визначені лінійні та масові характеристики проектного екскаватора. Проведений розрахунок дотичних зусиль на ріжучій кромці модернізованого ковша та визначені максимальні навантаження на модернізованому робочому обладнанні. Також розрахована продуктивності екскаватора з модернізованим ковшем.

В третьому конструкторському розділі безпосередньо здійснена розробка робочого органу для планувальних робіт. Для цього визначені раціональні параметри робочого органу екскаватора, насамперед відвальної поверхні та здійснені перевірочні розрахунки на міцність елементів робочого обладнання.

В четвертому розділі розроблений технологічний процес виготовлення пальця: вибраний матеріал заготовки, проведений повний маршрут обробки. Наведені заходи з техніки безпеки та охорони праці під час експлуатації землерийних машин. Зроблений аналіз шкідливих та небезпечних факторів під час роботи екскаватора та наведені протипожежні заходи безпеки.

В результаті були підвищені технологічні можливості екскаватора,

					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Висновки	Лім.	Лист	Листів	
Розроб.	Безуглий			16.06					
Перев.	Коротич			16.06			77		
				12.06		Національний університет Імені Юрія Кондратюка ННІТР 2026			
Н. контр.	Васильєв			13.06					
Затв.	Орисенко			13.06					

збільшена його продуктивність, покращена якість обробки поверхні, що забезпечить більш ефективне використання даного обладнання.

					ГММ.401-ММ.004-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		78

Список літератури

1. Машины для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А, Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010.

2. Панченко В. О. Технологія і механізація будівельних процесів : навч. посібник / В. О. Панченко, М. Г. Костюк, А. О. Качура ; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 242 с.

3. Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання: підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький та ін. – Київ : Українська академія наук; «МП Леся», 2015. – 612 с.

4. Будівельна техніка : підручник / за ред. В. О. Онищенка та С. Л. Литвиненка. – 2-ге вид., перероб. і доп. Гриф МОН. Київ: КондорВидавництво, 2017. – 424 с.

5. Здобицький А.Я Одноківшеві екскаватори: навчальний посібник / А.Я. Здобицький, З.З. Вантух, Д.В. Кузенко – Львів ЛЦ ПТО ДСЗ, 2017 – 147 с.

6. Баладінський В.Л., Гаркавенко О.П., Кравець С.В. та ін. Машины для земляних робіт: Підручник. – Рівне: РДТУ, 1999. – 288 с.

7. Робочі процеси землерийно-транспортних машин і їх інтенсифікація: Учбовий посібник. / В.В. Нічке, М.А. Антонов, О.А. Єрмакова. – Харків: УСДО, 1995. – 184 с.

8. Пат. 118424U, Україна, E02F 3/08, РОБОЧИЙ ОРГАН ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ / Дмитриченко М.Ф., Білякович М.О., Мусійко В.Д., Коваль А.Б.,

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Безуглий			16.06
Перев.	Коротич			16.06
Н. контр.	Васильєв			12.06
Затв.	Орисенко			19.06

Список літератури

Лім.	Лист	Листів
Н	79	

Національний університет
Імені Юрія Кондратюка
ННІТР 2026

Гончар М.О., Лазарук Ю.В (Україна) – № у 2018 01527 Заявл. 16.02.2018; – Оpubл. 10.01.2019, Бюл. №1 / 2018, 10.01.2019р.

9. Пат. 29821U, Україна, E02F 3/08, ЛАНЦЮГ ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ / Саковський В.В. (Україна) – № у 2007 11430 Заявл. 15.10.2007; – Оpubл. 25.01.2008, Бюл. №1 / 2008, 25.01.2008р

10. Мархель І. І. Деталі машин : навчальний посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2017. – 368 с. 8. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини – К. Вища шк., 1993-423с. 2. Тіщенко Л.М. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів. – Харків: Будівництво, 2003. – 407 с.

11. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл. ISBN 978-617-7250-29-5

12. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище – Львів : Афіша, 2004. – 578 с.

13. Методичні рекомендації до практичних занять із дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту будівельних машин» для здобувачів вищої освіти спеціальності 133 Галузеве машинобудування усіх форм навчання. / Укл. Рогозін І. А. – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2025. – 36 с.

14. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: навч. посіб. / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай та ін.; за ред. І. І. Юрчишина. – Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. – 527 с.

15. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. – 566 с. ISBN 978-617-539-131-0.

16. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. – К.: Вища шк., 2003. – 420 с.
17. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с
18. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004. 18. Збірник задач і вправ з технології машинобудування, навчальний посібник / Під ред. Аверченкова В.І. – Житомир: ЖІТ1, 2001 .-314 с.
19. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>
20. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>
21. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>
22. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
23. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с
24. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с 25. Правила безпечної роботи з інструментами та пристроями – К.: Форт, 2001. – 171 с.
25. 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>

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ

Лист

81

26. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

27. Охорона праці та промислова безпека: навч. посіб. [К.Н.Ткачук, В.В.Зацарний, Р.Н.Сабарно та ін.]; за ред. К.Н.Ткачука, В.В.Зацарного. – К.: Основа. – 2009. – 454 с.

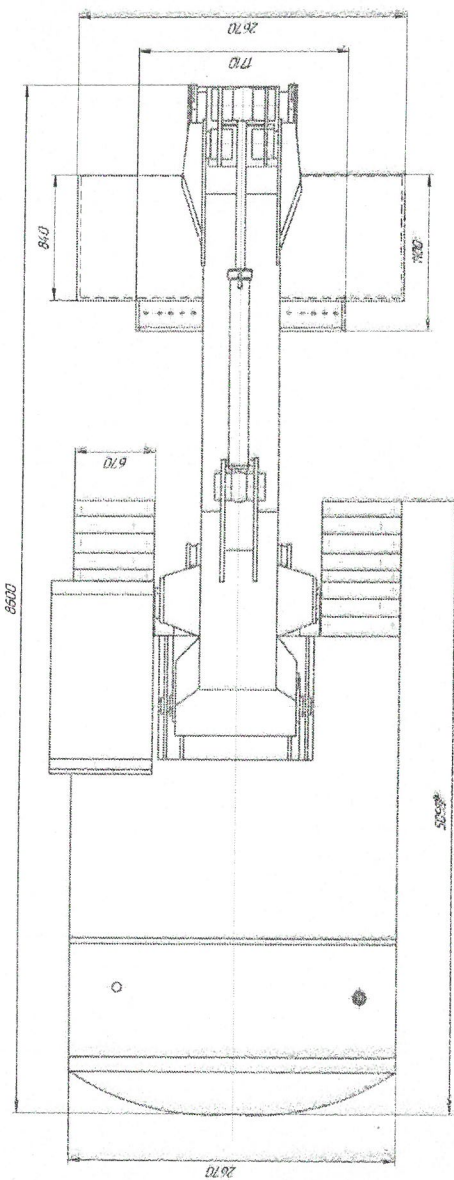
					ГММ.401-ММ.002-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		82

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			ГММ.401-ММ.002-02.05.01.000СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
A4	1		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.001Зуб		4	
	2		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.002Лобова поверхня		1	
	3		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.003Стінка ковша		1	
	4		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.004Ніж		1	
	5		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.005Редро провушини		2	
	6		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.006Провушина		4	
	7		ГММ.401-ММ.002-02.05.01.007Редро ковша		8	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	8			Гайка М20	16	
				ДСТУ EN ISO 4032:2022		
	9			Гвинт М20, l= 50 мм	16	
				ДСТУ ISO 7721:2006		
	10			Шайба 20	16	
				ДСТУ EN ISO 7089:2022		

ГММ.401-ММ.002-02.05.01.000 СП							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Планувальний ковш		
Розроб.	Безуглий			16.06			
Перев.	Коротич			16.06	Національний університет "Полтавська політехніка" ННІТР 2026		
Н.контр.	Васильєв			12.06			
Затв.	Орисенко			19.06			



Технический

нотиритактний дзерка

книсть, квт (л.с.)

контрабас, виолончель, кларнет, флюгельгорн, труба, валторна, тромбоны, литавры, барабаны, перкуссия, струнные, хор.

ДНЧУДНННН

ГРЕБЕШНИКОВ С.С.

ಹಯದೇವಯ್ಯವು ಕುರುಹು

електронних засобів ком'юні-
кації

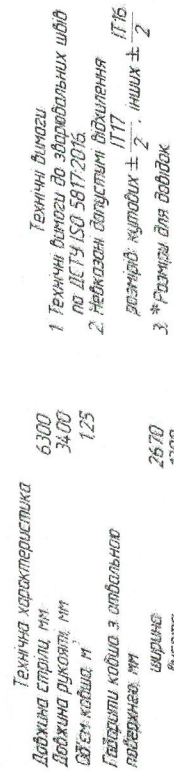
осуществления (подтверждения) статусом)

бенгальатор охолоджувача і опалення кабіни

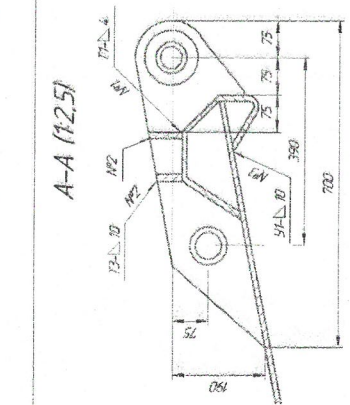
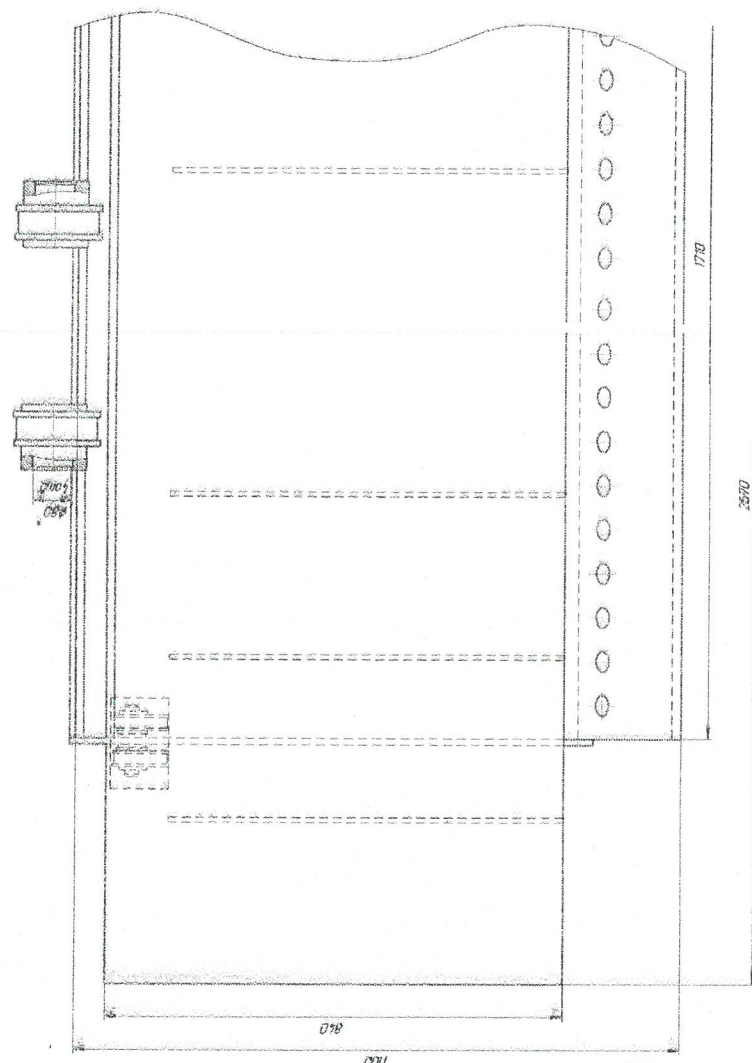
1777

- 1*Розмір для довідки.

[illegible]



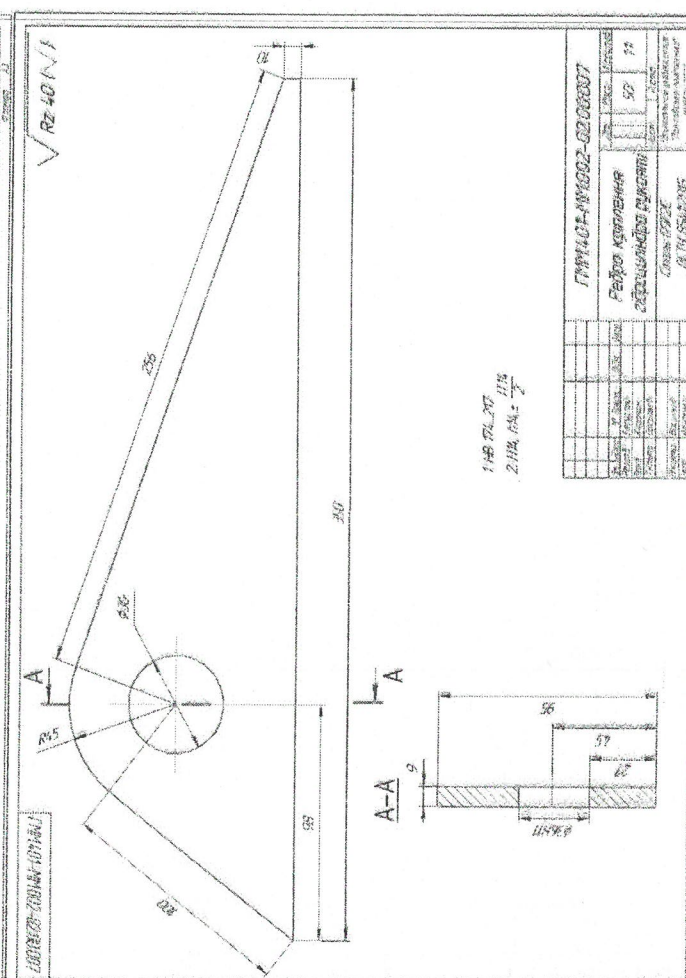
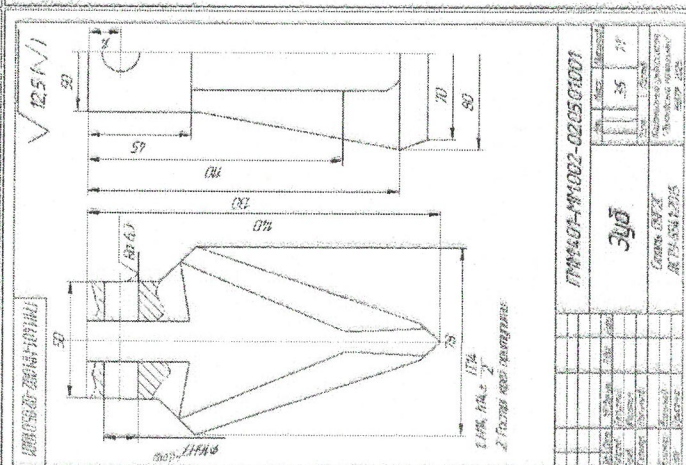
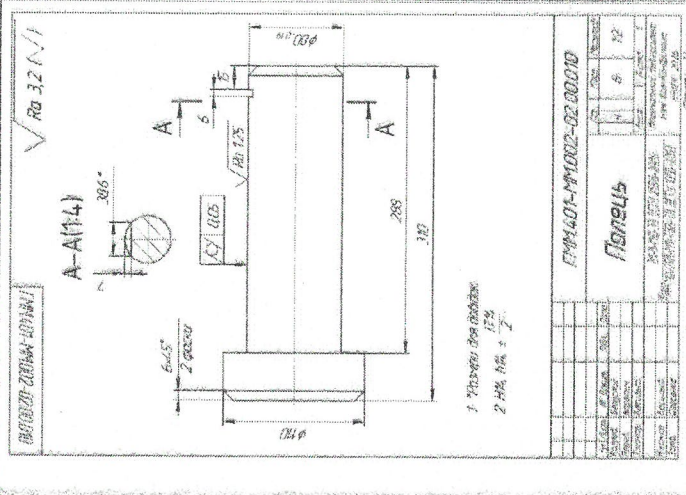
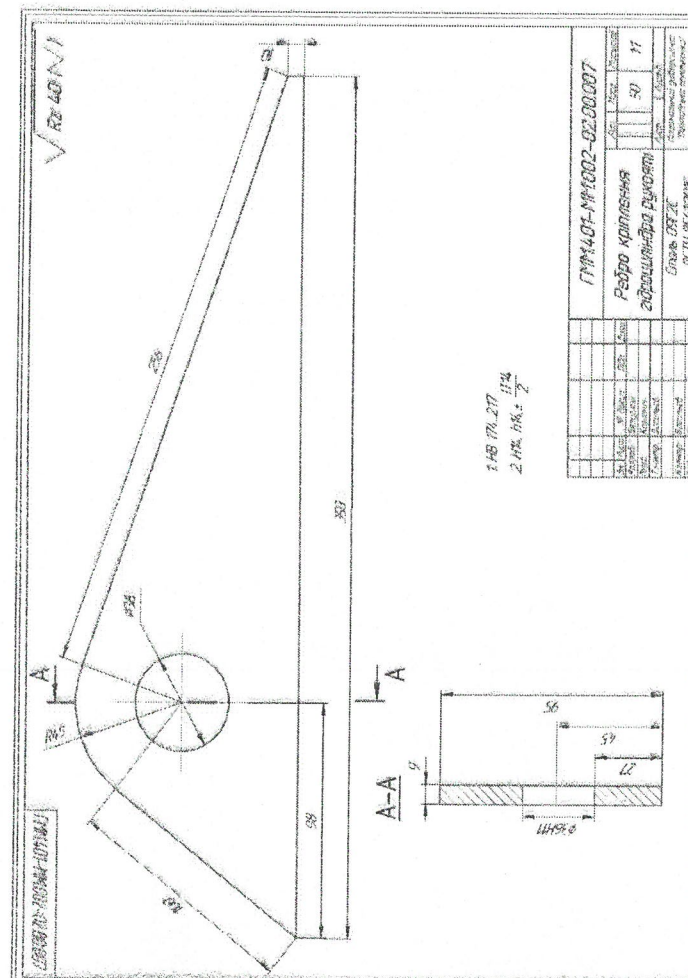
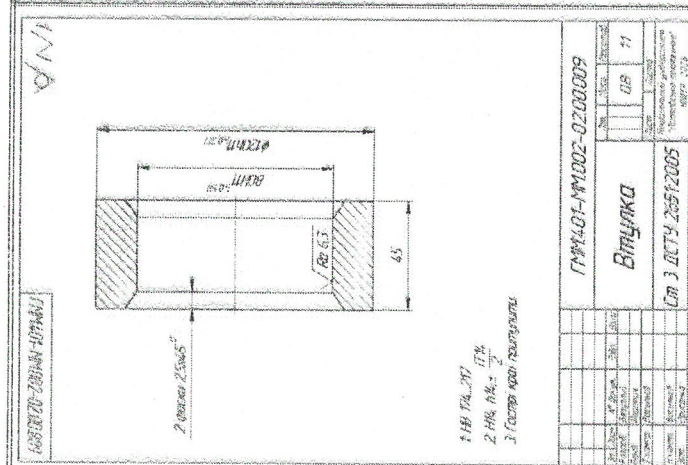
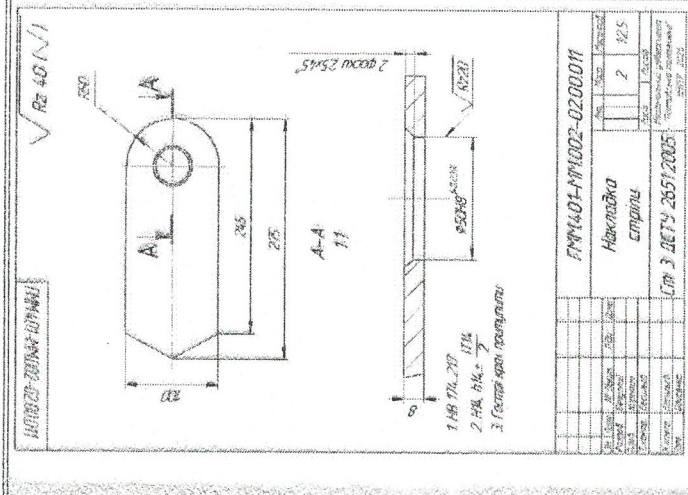
7/11/2004	10/11/2004	12/11/2004	1/12/2005	3/12/2005	5/12/2005	7/12/2005	9/12/2005	11/12/2005	1/1/2006	3/1/2006	5/1/2006	7/1/2006	9/1/2006	11/1/2006	1/2/2007	3/2/2007	5/2/2007	7/2/2007	9/2/2007	11/2/2007	1/3/2008	3/3/2008	5/3/2008	7/3/2008	9/3/2008	11/3/2008	1/4/2009	3/4/2009	5/4/2009	7/4/2009	9/4/2009	11/4/2009	1/5/2010	3/5/2010	5/5/2010	7/5/2010	9/5/2010	11/5/2010	1/6/2011	3/6/2011	5/6/2011	7/6/2011	9/6/2011	11/6/2011	1/7/2012	3/7/2012	5/7/2012	7/7/2012	9/7/2012	11/7/2012	1/8/2013	3/8/2013	5/8/2013	7/8/2013	9/8/2013	11/8/2013	1/9/2014	3/9/2014	5/9/2014	7/9/2014	9/9/2014	11/9/2014	1/10/2015	3/10/2015	5/10/2015	7/10/2015	9/10/2015	11/10/2015	1/11/2016	3/11/2016	5/11/2016	7/11/2016	9/11/2016	11/11/2016	1/12/2017	3/12/2017	5/12/2017	7/12/2017	9/12/2017	11/12/2017	1/13/2018	3/13/2018	5/13/2018	7/13/2018	9/13/2018	11/13/2018	1/14/2019	3/14/2019	5/14/2019	7/14/2019	9/14/2019	11/14/2019	1/15/2020	3/15/2020	5/15/2020	7/15/2020	9/15/2020	11/15/2020	1/16/2021	3/16/2021	5/16/2021	7/16/2021	9/16/2021	11/16/2021	1/17/2022	3/17/2022	5/17/2022	7/17/2022	9/17/2022	11/17/2022	1/18/2023	3/18/2023	5/18/2023	7/18/2023	9/18/2023	11/18/2023	1/19/2024	3/19/2024	5/19/2024	7/19/2024	9/19/2024	11/19/2024	1/20/2025	3/20/2025	5/20/2025	7/20/2025	9/20/2025	11/20/2025	1/21/2026	3/21/2026	5/21/2026	7/21/2026	9/21/2026	11/21/2026	1/22/2027	3/22/2027	5/22/2027	7/22/2027	9/22/2027	11/22/2027	1/23/2028	3/23/2028	5/23/2028	7/23/2028	9/23/2028	11/23/2028	1/24/2029	3/24/2029	5/24/2029	7/24/2029	9/24/2029	11/24/2029	1/25/2030	3/25/2030	5/25/2030	7/25/2030	9/25/2030	11/25/2030	1/26/2031	3/26/2031	5/26/2031	7/26/2031	9/26/2031	11/26/2031	1/27/2032	3/27/2032	5/27/2032	7/27/2032	9/27/2032	11/27/2032	1/28/2033	3/28/2033	5/28/2033	7/28/2033	9/28/2033	11/28/2033	1/29/2034	3/29/2034	5/29/2034	7/29/2034	9/29/2034	11/29/2034	1/30/2035	3/30/2035	5/30/2035	7/30/2035	9/30/2035	11/30/2035	1/31/2036	3/31/2036	5/31/2036	7/31/2036	9/31/2036	11/31/2036	1/32/2037	3/32/2037	5/32/2037	7/32/2037	9/32/2037	11/32/2037	1/33/2038	3/33/2038	5/33/2038	7/33/2038	9/33/2038	11/33/2038	1/34/2039	3/34/2039	5/34/2039	7/34/2039	9/34/2039	11/34/2039	1/35/2040	3/35/2040	5/35/2040	7/35/2040	9/35/2040	11/35/2040	1/36/2041	3/36/2041	5/36/2041	7/36/2041	9/36/2041	11/36/2041	1/37/2042	3/37/2042	5/37/2042	7/37/2042	9/37/2042	11/37/2042	1/38/2043	3/38/2043	5/38/2043	7/38/2043	9/38/2043	11/38/2043	1/39/2044	3/39/2044	5/39/2044	7/39/2044	9/39/2044	11/39/2044	1/40/2045	3/40/2045	5/40/2045	7/40/2045	9/40/2045	11/40/2045	1/41/2046	3/41/2046	5/41/2046	7/41/2046	9/41/2046	11/41/2046	1/42/2047	3/42/2047	5/42/2047	7/42/2047	9/42/2047	11/42/2047	1/43/2048	3/43/2048	5/43/2048	7/43/2048	9/43/2048	11/43/2048	1/44/2049	3/44/2049	5/44/2049	7/44/2049	9/44/2049	11/44/2049
-----------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

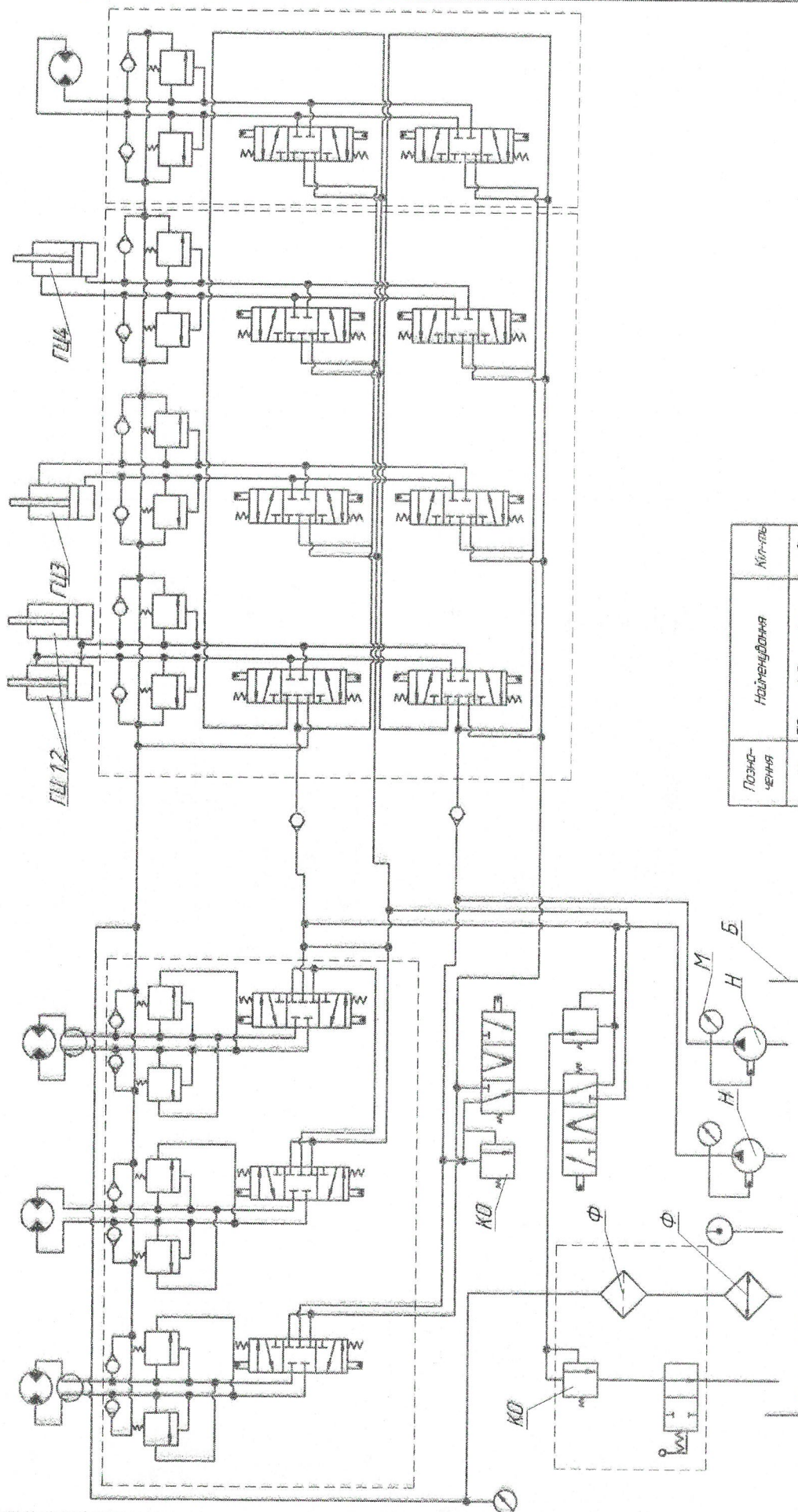


1. Тейхмачи, биоматрица, вид: зборна, одобрена, уредби: АН МЛТУ ISO 5817-2016.
2. Неодозвољено отапање, биоматрица, разградити: мукополимери ± 2, * - мукополимери ± 2.
3. * - Полимери, отапање, отапање.

20714	125
1765	1765
1302	1302
2670	2670
1987	1987
928	928

[illegible]





Позначення	Найменування	Кількість
ПЛ12	Гідроциліндр стріли	2
ПЛ13	Гідроциліндр рукояті	1
ПЛ14	Гідроциліндр кошика	1
М	Манометр	3
КО	Клапан зворотний	1
Φ	Фільтр	2
Н	Насос	1
Б	Гідробак	1

ГММ.4.01-ММ002-00.000.000 ГС									
З	Іст	Р	В	Д	Л	Т	С	В	І
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В

Екскаватор
одноробочий
Система управління

Лист 1 з 1

ГММ.4.01-ММ002-00.000.000 ГС