

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

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Модернізація привода преса для виготовлення
напівфабрикатів керамічної цегли**

Виконав: здобувач IV курсу першого
(бакалаврського) рівня, групи 4ММ,
спеціальності

133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Сьомик І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Фролов Є.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Заливадний П.Я.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

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

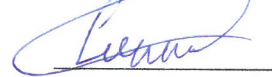
**Модернізація привода преса для виготовлення
напівфабрикатів керамічної цегли**

Кваліфікаційна робота бакалавра

Лист затвердження

ГММ.4ММ.033-00.00.000 КРБ - ЛУ

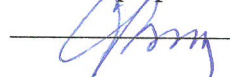
Розробив здобувач групи 4ММ



Іван СЬОМИК

« 13 » 06 2026 р.

Керівник
д.т.н., проф.



Євгеній ФРОЛОВ

« 19 » 06 2026 р.

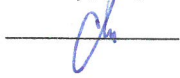
Консультант з технологічної частини
к.т.н., доц.



Іван РОГОЗІН

« 19 » 06 2026 р.

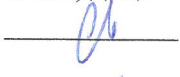
Технологічний контроль
к.т.н., доц.



Олексій ВАСИЛЬЄВ

« 19 » 06 2026 р.

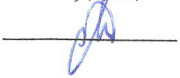
Нормативний контроль
к.т.н., доц.



Олексій ВАСИЛЬЄВ

« 19 » 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
к.т.н., доц.



Олексій ВАСИЛЬЄВ

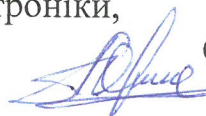
« 19 » 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки,

к.т.н., доц.



Олександр ОРИСЕНКО

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. листів	№ екз.	Примітка																									
1																															
2			Документація загальна																												
3																															
4			Вперше розроблена																												
5																															
6	A4	ГММ.4ММ.033-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1																											
7	A4	ГММ.4ММ.033-00.00.000А	Анотація	2																											
8	A4	ГММ.4ММ.033-00.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1																											
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14			Документація по																												
15			складальних одиницях																												
16																															
17			Вперше розроблена																												
18																															
19	A4	ГММ.4ММ.033-00.00.000	Прес																												
20	A1	ГММ.4ММ.033-00.00.000СК	Ледідка двохбарабанна																												
21			Складальне креслення	2																											
22	A4	ГММ.4ММ.033-05.00.000	Вал привідний																												
23	A1	ГММ.4ММ.033-05.00.000СК	Вал привідний.																												
24			Складальне креслення	1																											
<p>ГММ.4ММ.033-00.00.000ВР</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Зм.</th> <th>Лист</th> <th>№ докум.</th> <th>Підп.</th> <th>Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Сьомик</td> <td></td> <td><i>[Підпис]</i></td> <td>13.06</td> </tr> <tr> <td>Перевір.</td> <td>Фролов</td> <td></td> <td><i>[Підпис]</i></td> <td>В.Р.В.</td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td>Васильєв</td> <td></td> <td><i>[Підпис]</i></td> <td>10.06</td> </tr> <tr> <td>Затв.</td> <td>Орисенко</td> <td></td> <td><i>[Підпис]</i></td> <td>19.06</td> </tr> </tbody> </table>							Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Розроб.	Сьомик		<i>[Підпис]</i>	13.06	Перевір.	Фролов		<i>[Підпис]</i>	В.Р.В.	Н.контр.	Васильєв		<i>[Підпис]</i>	10.06	Затв.	Орисенко		<i>[Підпис]</i>	19.06
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата																											
Розроб.	Сьомик		<i>[Підпис]</i>	13.06																											
Перевір.	Фролов		<i>[Підпис]</i>	В.Р.В.																											
Н.контр.	Васильєв		<i>[Підпис]</i>	10.06																											
Затв.	Орисенко		<i>[Підпис]</i>	19.06																											
<p>Модернізація привода преса для виготовлення напівфабрикатів керамічної цегли</p> <p>Відомість кваліфікаційної роботи</p> <p>Копіював</p>					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Лім</th> <th>Лист</th> <th>Листів</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>н</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		Лім	Лист	Листів	н	1	2																			
Лім	Лист	Листів																													
н	1	2																													
<p>НУПІ, ННІТР 4ММ, 2026 р. Формат А4</p>																															

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. листів	№ екз.	Примітка
1						
2			<i>Документація по</i>			
3			<i>кресленнях деталей</i>			
4						
5			<i>Вперше розроблена</i>			
6						
7	A3	ГММ.4ММ.033-02.00.015	Втулка	1		
8	A3	ГММ.4ММ.033-02.00.016	Вал	1		
9	A4	ГММ.4ММ.033-02.00.017	Втулка	1		
10	A3	ГММ.4ММ.033-02.00.018	Шестерня	1		
11	A4	ГММ.4ММ.033-02.00.019	Шайба	1		
12						
13			<i>Документація технологічна</i>			
14						
15			<i>Вперше розроблена</i>			
16						
17	A1	ГММ.4ММ.033-00.00.000ТП	<i>Технологічний процес</i>			
18			<i>механічної обробки вала</i>	1		
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ділч.	

ГММ.4ММ.033-00.00.000 ВР					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	2

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

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія Галузевого машинобудування та мехатроніки

Рівень вищої освіти Бакалавр

Напрямок підготовки _____

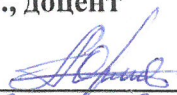
(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки,
к.т.н., доцент


_____ **Олександр ОРИСЕНКО**
«03» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Сьомику Івану Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: Модернізація привода преса для виготовлення напівфабрикатів керамічної цегли

керівник роботи (проекту) Фролов Євгеній Андрійович, д.т.н., професор

(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 здобувачем кваліфікаційної роботи бакалавра:
«19» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра: Технічні характеристики та інформаційні матеріали на прес

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Зміст. Вступ. 1 Актуальність у виборі теми. 2 Розрахунок вузлів преса. 3 Технологічний процес виготовлення вала. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Прес. Складальне креслення (2 листи А1), Вал привідний. Складальне креслення (А1), Деталювання (А2), Технологічний процес механічної обробки вала (А1)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

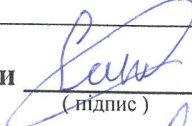
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Рогозін І.А., доцент	 01.05.26	 19.06.26

7. Дата видачі завдання «03» березня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

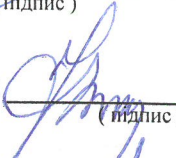
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Обґрунтування теми бакалаврської роботи. Актуальність роботи. Огляд способів та обладнання для виготовлення напівфабрикатів керамічної цегли.	01.04.2026 р.	
2	Опис конструктивних особливостей запропонованих технічних рішень преса для виготовлення напівфабрикатів керамічної цегли.	15.04.2026 р.	
3	Підбір вузлів та розробка схеми розташування обладнання.	01.05.2026 р.	
4	Розрахунок працездатності преса для виготовлення напівфабрикатів керамічної цегли.	20.05.2026 р.	
5	Технологічна частина.	01.06.2026 р.	
6	Висновки. Список літератури.	05.06.2026 р.	
7	Оформлення креслень .	10.06.2026 р.	
8	Компонування пояснювальної записки.	18.06.2026 р.	
9	Здача готової кваліфікаційної роботи.	19.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти


(підпис)

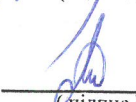
Іван СЬОМИК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Євгеній ФРОЛОВ
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми


(підпис)

Олексій ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

Сьомик Іван Володимирович. Модернізація привода преса для виготовлення напівфабрикатів керамічної цегли.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». –Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена питанням модернізації привода преса для виготовлення напівфабрикатів. Така техніка призначена для виробництва керамічної цегли та має достатньо високу продуктивність.

На основі експлуатаційних досліджень прийнята схема розробки, яка передбачає застосування менш потужного двигуна, оригінального редуктора, що істотно зменшить металоємність та витрати на електроенергію.

Окрім виробництва цегли із цементно-піщаної суміші може бути застосований для виробництва керамічних напівфабрикатів із інших сумішей, наприклад цегли із глино-піщаної суміші.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Анотація	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Сьомик		<i>Сьомик</i>	13.06		Н		1
Перев.	Фролов		<i>Фролов</i>	13.06				
Керівник	Фролов		<i>Фролов</i>	13.06				
Н. контр.	Васильєв		<i>Васильєв</i>	13.06				
Затв.	Орисенко		<i>Орисенко</i>	19.06				
						НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		

The summary

SOMIK Ivan. The modernization drive presses for the manufacture of semi-finished ceramic bricks.

Thesis project on receipt of a qualifying level «bachelor» in the specialty 133 – «Industrial machinery» National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnik», Poltava, 2026.

Diploma project dedicated to the modernization drive of the press for the production of semi-finished products. This technique is designed for the production of ceramic bricks and has enough performance.

Based on operational research adopted the scheme of development, which involves the use of a less powerful engine, original gearbox, which significantly reduce metal consumption and energy costs.

In addition to the production of bricks with cement-sand mixture can be used for the production of ceramic products from other compounds, such as bricks from clay-sand mixture.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	The summary					
Розроб.	Сьомик		<i>Сьомик</i>	13.06				Лім.	Лист	Листів
Перев.	Фролов		<i>Фролов</i>	19.06				Н		1
Керівник	Фролов		<i>Фролов</i>	19.06				НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		
Н. контр.	Васильєв		<i>Васильєв</i>	19.06						
Затв.	Орисенко		<i>Орисенко</i>	19.06						

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

**Модернізація привода преса для виготовлення
напівфабрикатів керамічної цегли**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра**

ГММ.4ММ.033–00.00.000ПЗ

Полтава – 2026 року

Зміст

Вступ	4
1 Актуальність у виборі теми.....	6
2 Розрахунок вузлів преса.....	28
2.1 Розрахунок привода преса.....	28
2.1.1 Енергокінематичний розрахунок	28
2.1.2 Розрахунок клинопасової передачі.....	31
2.1.3 Розрахунок першої зубчастої передачі.....	36
2.1.4 Розрахунок першої зубчастої передачі.....	43
2.1.5 Розрахунок валів преса.....	51
2.2 Вибір підшипників в опорах валів привода преса по динамічній вантажопідйомності	70
2.2.1. Підбір підшипників приводного вала привода преса.....	70
2.2.2. Підбір підшипників проміжного вала привода преса.....	71
2.2.3. Підбір підшипників кривошипного вала привода преса...	73
2.3. Розрахунок шпонкових з'єднань.....	74
2.3.1. Проводимо підбір і перевірку шпонок на приводному валу.....	75
2.3.2. Проводимо підбір і перевірку шпонок на проміжному валу...	75
2.3.3. Проводимо підбір і перевірку шпонок на проміжному валу.....	76
2.4 Розрахунок тиску пресування.....	77
3 Технологічний процес виготовлення вала.....	78
3.1 Вибір заготовки.....	78
3.2 Розробка плану операцій.....	78

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат
Розроб.		Сьомик		13.06
Перев.		Фролов		13.06
Керівн.		Фролов		13.06
Н. контр.		Васильєв		19.06
Затв.		Орисенко		19.06

Лім.	Лист	Листів
#	2	

ЗМІСТ

**НУПП,
ННІ ІТР, 4-ММ**

3.3 Вибір базових поверхонь, методів обробки та плани технологічного процесу виготовлення деталі.....	79
3.4.Розрахунок припусків та граничних розмірів.....	80
3.5 Розрахунок режимів різання при механічній обробці	81
3.6 Вибір та опис технологічного обладнання пристроїв, різального та вимірювального інструменту	83
3.7 Технічне нормування верстатних робіт.....	83
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	87
4.1 Охорона праці	87
4.1.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів які виникають в процесі експлуатації проектуемого обладнання	87
4.1.2 Запобіжні пристосування передбачені в конструкції преса для безпечної його експлуатації	90
4.1.3 Інженерні рішення з техніки безпеки передбачені в проекті....	91
4.1.4 Організаційні заходи з техніки безпеки та заходи з пожежної безпеки	91
4.2 Цивільний захист	99
4.2.1 Аналіз можливих техногенних ситуацій на об'єкті	99
4.2.2 Підвищення стійкості об'єкта на випадок надзвичайних ситуацій	101
4.2.3 Прогнозування обстановки та розробка превентивних заходів	102
4.3. Стійкість роботи об'єктів господарчої діяльності до дії ударної хвилі....	105
4.3.1 Визначення стійкості пресу до дії ударної хвилі.....	105
4.3.2 Визначення стійкості пресу від перекидання.....	106
Висновки.....	108
Список літератури.....	109
Додаток А – Маршрутно-операційна карта виготовлення привідного вала.....	III

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

3

Вступ

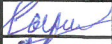

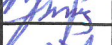


Капітальне будівництво є однією з найважливіших галузей господарства, що характеризує потенціал держави. Підвищення ефективності будівництва передбачає, насамперед, широке використання прогресивних науково-технічних досягнень, скорочення витрат матеріальних, паливно-енергетичних та трудових ресурсів на виробництво будівельної продукції.

Вартість будівельних матеріалів у повному обсязі будівельно-монтажних робіт становить приблизно 50-65%. Тому виробництво ефективних і дешевих будівельних матеріалів є важливим державним завданням.

Будівельні матеріали виконують свої функції лише тоді, коли вони прогресивні, тобто знижують матеріаломісткість конструкцій, забезпечуючи потрібну міцність, якщо їх виготовлення зменшує затрати праці, палива й електроенергії.

У сучасному будівництві доцільно якомога ширше використовувати місцеві матеріали, застосовуючи для їхнього виготовлення технологічні відходи інших виробництв (шлаки золи тощо). Завдяки цьому вдається усунути проблему доставки будівельних матеріалів на об'єкти за тисячі кілометрів. Місцеві матеріали (глина пісок, цегла, деревина, природне каміння) успішно замінюють залізобетон, значно здешевлюють будівництво, сприяють розв'язанню екологічної проблеми і дають істотну економію.

Одним із таких місцевих матеріалів являється керамічна цегла. Основною мірою якість цегли залежить від формування напівфабрикату керамічного виробу. Призначення формування або пресування як технологічного переділу виробництва виробів будівельної кераміки заключається в приданні форми, достатньої міцності і максимальної густини напівфабрикату для проведення слідуєчих технологічних процесів сушки і обжигу. Одною із головних вимог до

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Сьомик			13.06				
Перевір.	Фролов			13.06			4	
Керівник	Фролов			13.06				
Н. Контр.	Васильєв			13.06				
Затв.	Орисенко			19.06				
						НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		

сформованого напівфабрикату керамічного виробу достатній і постійний ступінь ущільнення, який характеризується показником відносної густини або пористості.

Тому одним із важливих питань при виготовленні керамічної цегли є вдосконалення машин і механізмів при формуванні (або пресуванні) напівфабрикатів.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		5

1. АКТУАЛЬНІСТЬ У ВИБОРІ ТЕМИ

Незважаючи на широкий асортимент керамічних виробів, різноманітність їхніх форм, фізико-механічних властивостей та видів сировинних матеріалів, основні етапи виготовлення таких виробів спільні: потрібно видобути сировинні матеріали, підготувати сировинну масу, сформувати вироби (сирець), висушити їх, випалити, обробити та запакувати.

Сировину видобувають на кар'єрах відкритим способом - екскаваторами. Від кар'єру до заводу сировину перевозять автосамоскидами, вагонетками чи конвеєрами. Заводи, які виробляють керамічні матеріали, звичайно будують поблизу місця видобутку сировини, причому кар'єр є складовою частиною заводу. Готуючи сировинні матеріали, насамперед руйнують природну структуру глини, вносять добавки, звожують до потрібної формувальної вологості й утворення зручної для формування глиняної маси.

Призначення формування (або пресування) як технологічного переділу виробництва виробів будівельної кераміки полягає в доданні форми, достатній міцності й максимальній щільності напівфабрикату для проведення наступних технологічних процесів - сушіння й випалу.

При оцінці здатності керамічної маси до формування насамперед розглядаються кількісні співвідношення між твердими, рідкими й газоподібними фазами суміші. Рідка фаза (у виробництві виробів будівельної кераміки вода) - обов'язковий компонент керамічної маси для всіх практично застосовуваних способів формування. Вода, з одного боку, стягує глинисті частки, з іншого - обумовлює значну здвигову рухомість глинистих часток, забезпечуючи їм можливість ковзання одне відносно іншого. Необхідна кількість рідкої складової для проведення процесу формування тим або іншим способом залежить від багатьох факторів: способу формування, мінерального складу глинистого компонента, його кількості в керамічній масі, змісту повітряної складової й таке інше.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сьомик	<i>Сьомик</i>	13.06	Актуальність у виборі теми	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Фролов	<i>Фролов</i>	13.06			6	
Керівник		Фролов	<i>Фролов</i>	13.06		НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		
Н. Контр.		Васильєв	<i>Васильєв</i>	19.06				
Затв.		Орисенко	<i>Орисенко</i>	19.06				

Однією з головних вимог до сформованого напівфабрикату керамічного виробу – достатній і постійний ступінь його ущільнення, який характеризується показником відносної щільності або пористості, що у значній мірі визначає поведінку напівфабрикату в сушінні й особливо у випалі. У виробництві виробів будівельної кераміки (крім спеціальних пористих виробів і деяких інших) для зниження усадки при сушінні й випалі, а отже, і схильності виробу до утворення тріщин і деформації пористість напівфабрикату і його формувальна вологість повинні бути найменшими.

Для оцінки якості напівфабрикату важливі не тільки значення щільності, але й рівномірність її в різних ділянках тіла сформованого виробу. Недостатня рівно щільність напівфабрикату веде до неоднакової усадки при спіканні, супроводжуваною деформацією й навіть виникненням тріщин. Не менш важлива механічна міцність напівфабрикату.

Цей показник являється визначальним при транспортуванні, обробці, встановленню напівфабрикату в сушарки й піч без ушкоджень і порушень його цілісності.

До числа основних вимог, пропонованих до напівфабрикату після її формування, відносяться також відсутність дефектів будови - внутрішніх тріщин, раковин і т.д., а також відсутність значних внутрішніх напружень, які в процесі наступних технологічних операцій можуть викликати утворення різних дефектів, а іноді й руйнування готового виробу.

Виходячи із цих і деяких інших техніко-економічних вимог до напівфабрикату, а також враховуючи фізико-механічні властивості вихідної сировини, можна вибрати той або інший спосіб формування напівфабрикату. На заводах будівельної кераміки найбільш поширені наступні способи: пластичне формування з мас вологістю 14-20%, пресування з порошкоподібних мас вологістю 5-7% і виливок напівфабрикату в гіпсових формах з ливарних мас вологістю 30-33%.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		7

Переробку сировинної маси та формування виробів залежно від властивостей вихідної сировини й виду виробів які виготовлені, виконують пластичним, напівсухим або шлікерним (мокрим) способами.

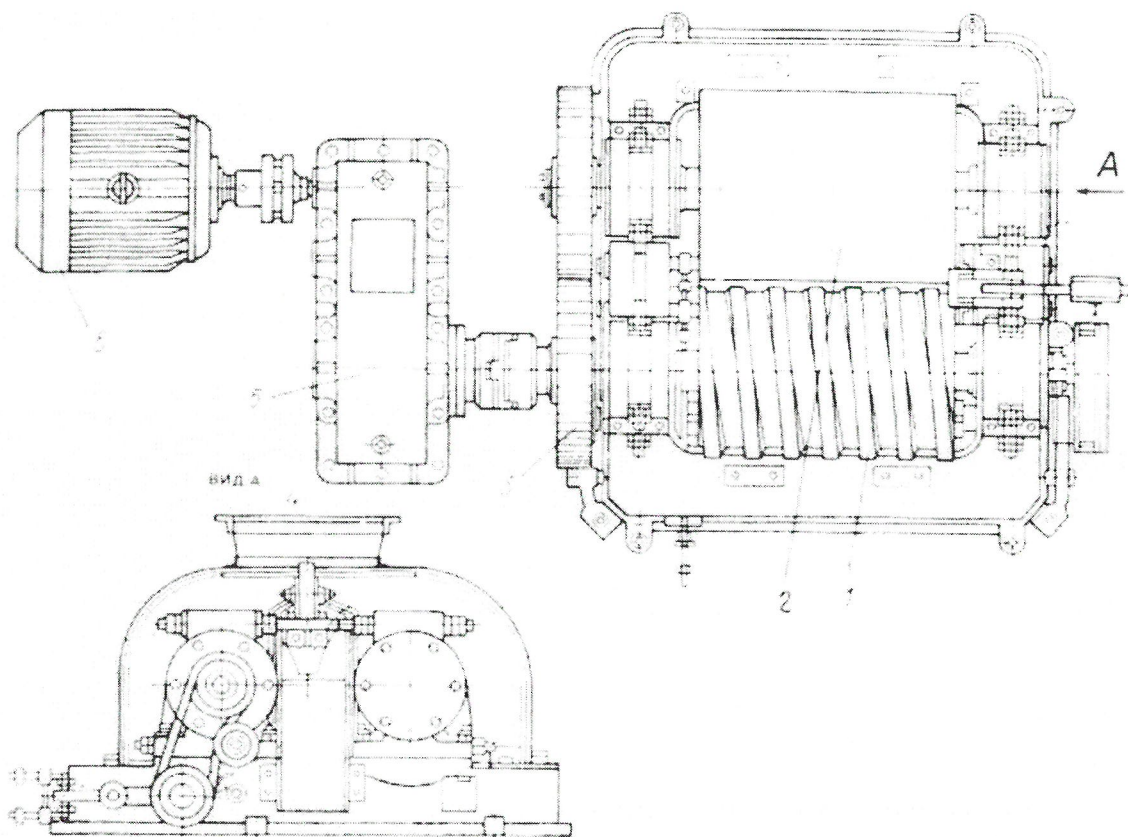


Рис .1.1. Каменеvidілювальні вальці (дробарка) СМК-194

Застосовуючи пластичний спосіб формування виробів (рис. 1,1), глину подрібнюють на вальцях грубого і тонкого помелу.

Для ефективнішого подрібнення її ще піддають переробці в бігунах. Після подрібнення глину подають у глинозмішувач, де вона перемішується з добавками до однорідної пластичної маси й зволожується до вологості 20...25 %. Такий спосіб передбачає формування виробів на стрічкових пресах, які можуть бути вакуумними і безвакуумними.

Для формування порожнистої цегли і керамічного каміння у мундштуці преса встановлюють порожниноутворювальне осердя, яке складається із скоби, до якої прикріплено стержні - порожниноутворювачі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

8

Вакуумування глини дає змогу видалити з неї повітря, знизити формувальну вологість на 3...4 %, поліпшивши вдвічі-втричі формувальні та міцнісні властивості сирцю. Глиняний брус, який виходить з-під преса, розрізають автоматичним різальним апаратом на вироби заданого розміру.

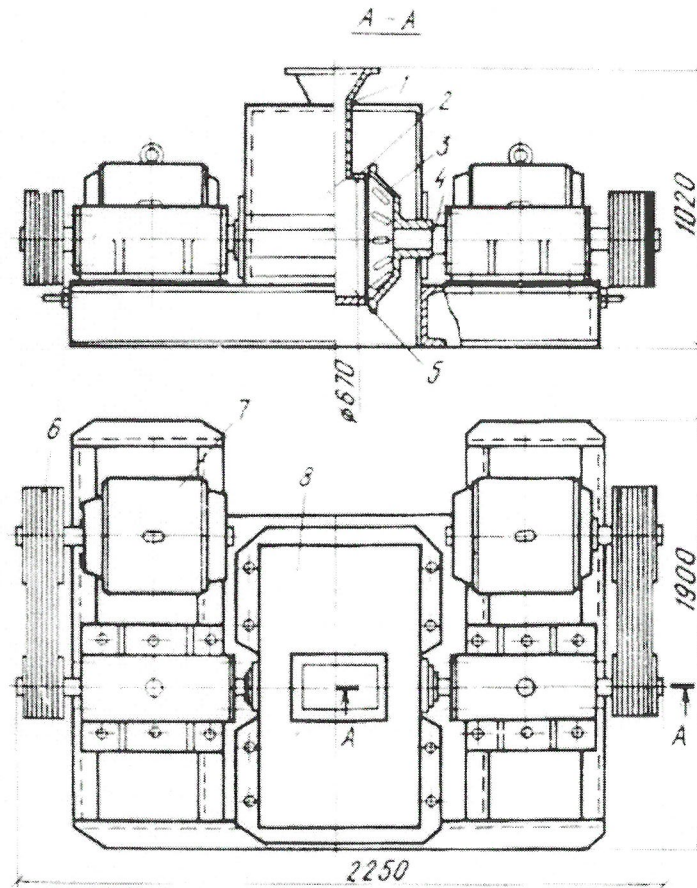


Рис. 1.2. Центробіжний млин

Для придання масі кращих формувальних якостей після проходження змішувачів вологого змішування встановлюються також машини для передчасного промину. Для цієї цілі рекомендуються бігуни мокрого помелу безперервної дії СМ-268 або стрічковий без вакуумний прес СМК-21 (СМ-294).

Враховуючи велику компактність, простоту конструкції і обслуговування і більш спокійну роботу переважно встановлюють стрічковий прес, який використовують в даному випадку як прес-валюшечник.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

9

Прес СМК-21 (СМ-294) складається з станини 8 (рис. 1.3), яка відлита разом з прийомною коробкою 5, в якій встановлений живильний валок 4. До станини кріпиться роз'ємний корпус з внутрішньою рубашкою 6 і закріпленою на ньому пресовою головкою зі вставкою 7. Для оформлення вхідного бруса на пресовій головці кріпиться мундштук з вихідним отвором 300×150 мм. Привод преса СМК-21 здійснюється від електродвигуна 1 (55 кВт) через фрикційну муфту, редуктор 2 і еластичну муфту, яка насаджена на шнековий вал 9. Через шестерінчасту пару (на проміжному валу 3) від шнекового вала отримує обертає живильний валок 4. Зволожена в змішувачі маса загрузається в прийомну воронку 5, захвачується живильним валком і подається на гвинтові лопаті шнекового вала, які протискають її до пресової головки і потім протискають через мундштук. При цьому маса гомогенізується і стискається, що значно покращує її формувальні властивості.

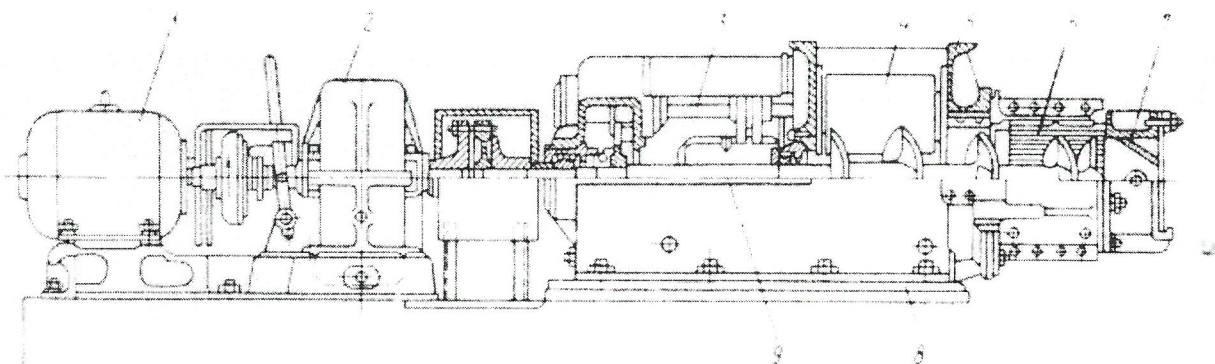


Рис. 1.3 Стрічковий без вакуумний прес СМК-21 (СМ-294)

Пластичним формуванням виготовляють звичайну та порожнисту цеглу, каміння, керамічні труби. За напівсухим - способом виробництва глину спочатку подрібнюють і підсушують до вологості 6...8 %, потім подрібнюють у дробарках та млинах (рис. 1.1, рис. 1.2.), просівають, зволожують порошок паром до вологості 8-12% і ретельно перемішують у глинозмішувачі рис. 1.4.

Підготовлену масу пресують на гідравлічних або механічних пресах під тиском 15...40 МПа. Відформовані вироби випалюють у тунельній або щілинній печі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

10

Напівсухий спосіб переважає пластичний, оскільки не потребує сушіння виробів і дає змогу використовувати малопластичні глини, завдяки чому зменшується потреба у виробничих площах і кількості працівників. Проте цегла напівсухого пресування має меншу морозостійкість.

Метод напівсухого пресування майже єдиний при оформленні напівфабрикату керамічних плиток і деяких видів пористої кераміки. Пресування в цьому

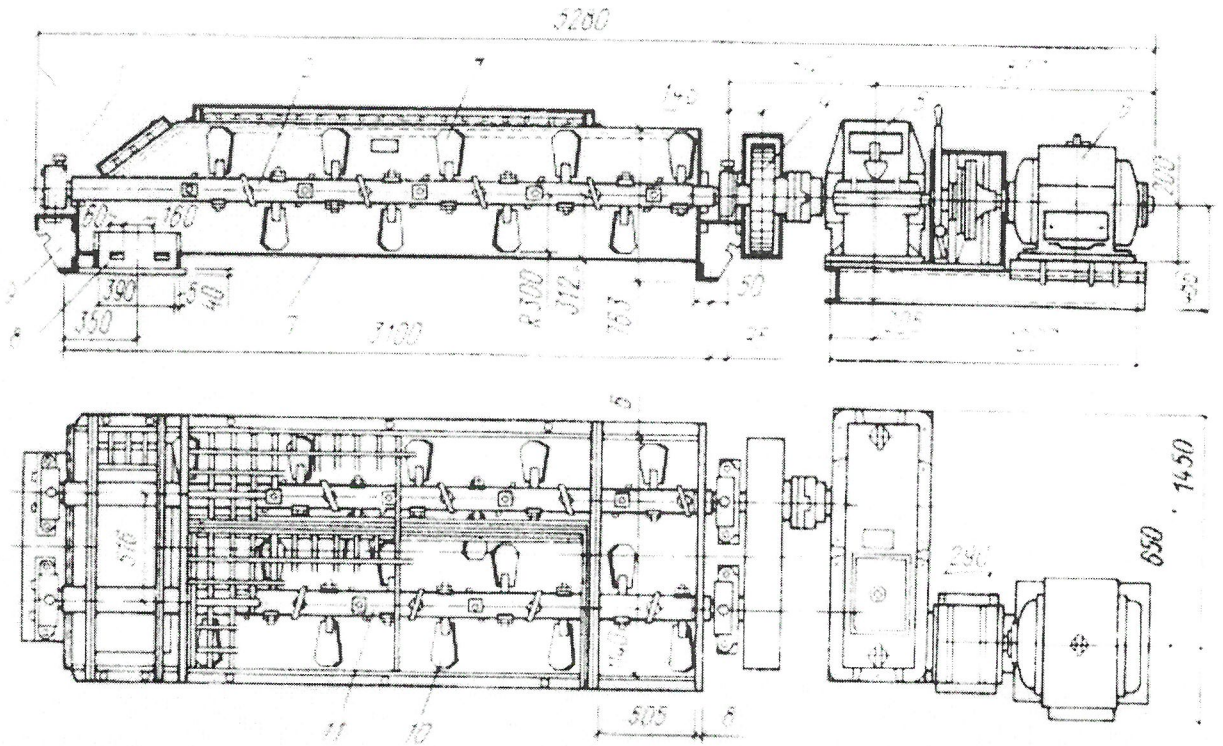


Рис. 1.4. Двохвальний лопатевий змішувач С-600

випадку виробляється з глинистих порошків, що ставляться по класифікації Р.Я. Попільського до четвертої групи. їхня характерна риса - сполучення глинистих компонентів, що визначають потрібну пластифікацію порошку й міцність пресувань, з дрібно помеленими непластичними матеріалами. Основне технологічне зв'язування таких порошків – вода, без якого не проявляється пластифікуюча здатність глинистих матеріалів і пресування практично неможливо.

Для одержання високої щільності пресування напівфабрикату в цьому випадку доцільно використовувати порошки типу монофракційних з великою вологою однорідністю, з мінімальною кількістю пилоподібної фракції, які володіють гарною плинністю. Цим вимогам цілком відповідає прес-порошок, одержуваний у

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

11

розпилюючих сушарках розглянутих вище конструкцій. Однак наявність порожнини в кожній сферичній гранулі такого порошку приводить до збільшення повітряної фази в масі, яка пресується, що може служити причиною розшарування ("перепресовки") напівфабрикату при підвищенні тиску пресування. Із цього погляду прес-порошок, приготовлений у грануляторах різних типів, має кращі параметри й дозволяє одержувати напівфабрикат кращої якості в порівнянні з порошком розпилюючих сушарок.

Початок пресування керамічного порошку супроводжується його ущільненням внаслідок зсуву часток і гранул відносно один одного, їхнього зближення й заповнення щодо великих пор. Частки при цьому переміщуються головним чином у напрямку діючих зусиль. Друга стадія ущільнення характеризується необоротною пластичною деформацією гранул, що відбувається в результаті взаємного ковзання мінеральних часток по плівках сполучної рідини. При подальшому підвищенні тиску настає третя стадія ущільнення - пружна деформація часток. Пружні деформації первинних часток мають велике значення в процесі пресування, тому що загальне пружне розширення пресовою, яке одержується після зняття тиску, більшою мірою залежить від їхньої величини.

Остання стадія ущільнення прес-порошку при зростанні тиску - тендітне руйнування (або роздавлювання) первинних і твердих часток і заповнення твердими частками майже всього обсягу пресуючої маси. Однак практично масове руйнування часток і повне ущільнення прес-порошку не відбуваються навіть при тисках, що істотно перевищують межу міцності при стисненні відповідних матеріалів, що показує графік залежності коефіцієнта пакування (відносна щільність) K_{mv} від тиску P . Разом з тим навіть при відсутності суцільного або масового роздавлювання первинних часток процеси їхнього місцевого руйнування й часткового роздавлювання відіграють істотну роль і в області реально застосовуваних тисків (25-35 МПа).

Після припинення дії зусилля, що пресує, і виштовхування виробу із прес-форми відбувається його пружне розширення (до 6 - 9%), що веде до зменшення щільності, досягнутої при пресуванні, і відповідно до дефектів пресованих

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		12

виробів. Основні причини пружного розширення - оборотні деформації твердих часток, розширення запресованого повітря й адсорбційне розклинення вологою, вичавленої при пресуванні з контактних поверхонь у більші пори.

Максимальна щільність пресування (напівфабрикату) - основна мета процесу пресування з порошкових мас. Цей показник має першорядний вплив на повноту протікання фізико-хімічних процесів у масі при випалі виробів, а отже, і на якість готової продукції. Так, у виробництві керамічних плиток недостатня щільність напівфабрикату дає підвищену усадку, а виходить, і збільшення дефектів випалу - тріщин, жолоблення й т. д.

Негативне значення має й нерівномірність пресування, основні причини якого: втрати тиску на подолання тертя об стінки прес-форми, неоднакове співвідношення між глибиною шаруючи засипання й товщиною напівфабрикату в різних частинах виробу, а також заповнення окремих ділянок прес-форми порошком різного гранулярного складу й вологості. Позитивний вплив на якість пресування робить східчасте або багаторазове пресування, при якому штамп давить на порошок зі стадіями розвантаження, тобто після певного періоду тиску штамп трохи піднімає й пресування звільняється від тиску, що пресує. Цей прийом дозволяє більш повно видалити повітря із пресувань, обумовлює меншу нерівнощільність при значно меншому максимальному тиску, чим при одностадійному пресуванні.

Характерний дефект при напівсухому пресуванні керамічних виробів - тріщини розшаровування, розташовані перпендикулярно зусиллю пресування (або "перепресування"). Основні причини появи таких тріщин - розширення запресованого повітря, сегрегація прес-порошку при засипанні його в прес-форму (різні частини форми заповнюються порошком різного гранулярного складу) і пружні деформації глинистих часток.

Для запобігання появи тріщин розшаровування рекомендуються преси з багатоступінчастим двостороннім пресуванням і витримкою при максимальному тиску, а також порошки з можливо більшою однорідністю по гранулярному

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

13

складу й вологості. Позитивно позначається й деяке підвищення середньої вологості прес-порошку.

Пресування керамічних плиток виробляється в основному на механічних(К/Ркп-125) і гідравлічних пресах об'єднання "Тюрінгія" НДР. При всіх позитивних сторонах конструкції (надійність, порівняльна простота обслуговування й експлуатації, стійкість технічних характеристик і ін.)

прес К/Ркп-125 має істотний недолік – недостатнє зусилля пресування. При пресуванні двох плиток розміром 150x150 мм питомий тиск не перевищує 20-24 МПа. Тому на деяких заводах при пресуванні керамічних плиток для підлог стали встановлювати з одним гніздом прес-форму, що приводить відповідно до подвійного зниження продуктивності агрегату. Тому на плиткових заводах стали частіше застосовуватися гідравлічні преси - в основному К/ПУ-160 і ПУ-250, ПУ-500 (НДР) і РН-550 ("Сакмі" Італія).

Гідравлічний прес КУПУ-160 (рис. 1.6) з тиском пресування до 1,6 МН складається зі станини, що утворюють основу 1, нижню траверсу 3 із закріпленням на ній пресовим столом із прес-формами, рухливою середньою траверсою 5 із клинами, що заклинюють 8 і двома основними колонами 9. Гідросистема преса складається з нижньої основи циліндра 2, верхнього циліндра для первинного пресування (на рис. 1.6. - не показаний) і циліндра 7, що з'єднаний тягами 6 із пресовим столом для виштовхування спресованих плиток із прес-форм.

Засипання прес-порошку в прес-форми виробляється кареткою 10, що при русі вперед одночасно зіштовхує спресовані плитки. Верхні штампи зачищаються волосяною щіткою 11, що приводиться в обертання самостійним приводом гідромотором. Управляють роботою преса за допомогою електричних л електронних пристроїв. Поршні робочих циліндрів постійно перебувають із однієї сторони під низьким тиском, тому при знятті високого тиску вони вертаються у вихідне положення.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

14

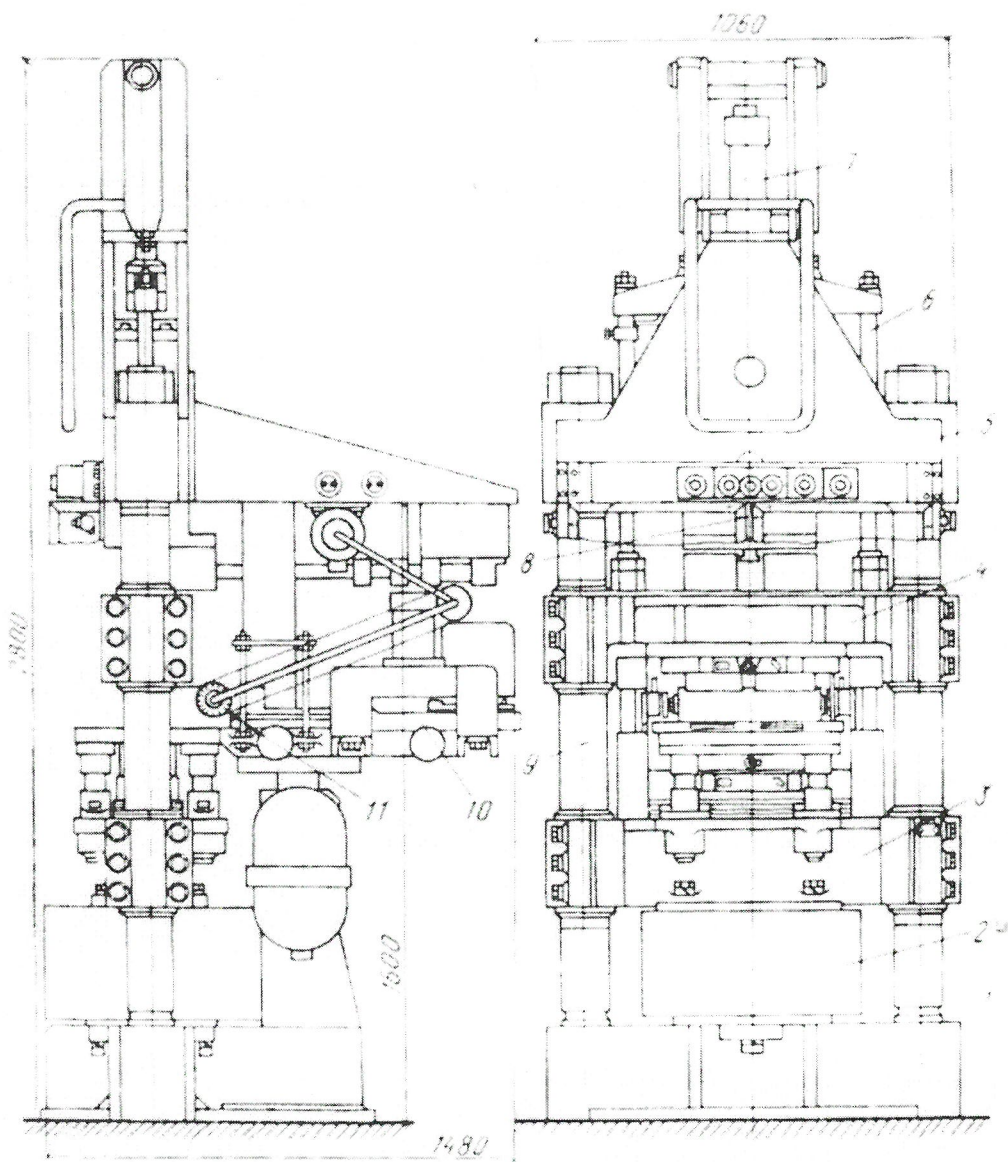


Рис. 1.6. Гідравлічний прес К/ПУ-160

Схема роботи преса представлена на рис. 1.7. На станині преса (основа 2, верхня траверса 10 і дві колони 7 з гайками 1) змонтовані чотири робочих механізми: верхній й нижній механізми, що пресують, виштовхуючий й стопорний механізми руху каретки. Верхній механізм, що пресує, складається із циліндра 15, поршень якого пов'язаний з рухливою траверсою 8 зі штампами 9. Нижній механізм, що пресує, складається із циліндра 4, жорстко з'єданого із траверсою 5 і надягнутого на поршень 3. Механізм, який виштовхує, складається із циліндра 12, поршень якого через поперечку 11, тягу 14, поперечку 6 жорстко з'єднаний з нижніми штампами 17, які входять у прес-форми 16. Форма для забезпечення

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

15

двостороннього пресування змонтована на пружинних опорах 25 із пружинами 24. Положення нижніх штампів у формі встановлюється фіксаторами 13 і гайками на тягах 14. Стопорний механізм складається із циліндра 21, шток якого з'єднаний зі стопором 22. Механізм руху каретки складається із плити 19, змонтованої на столі 18 під бункером прес-порошку 23 і переміщається поступально над формою 16 від гідромотора 20.

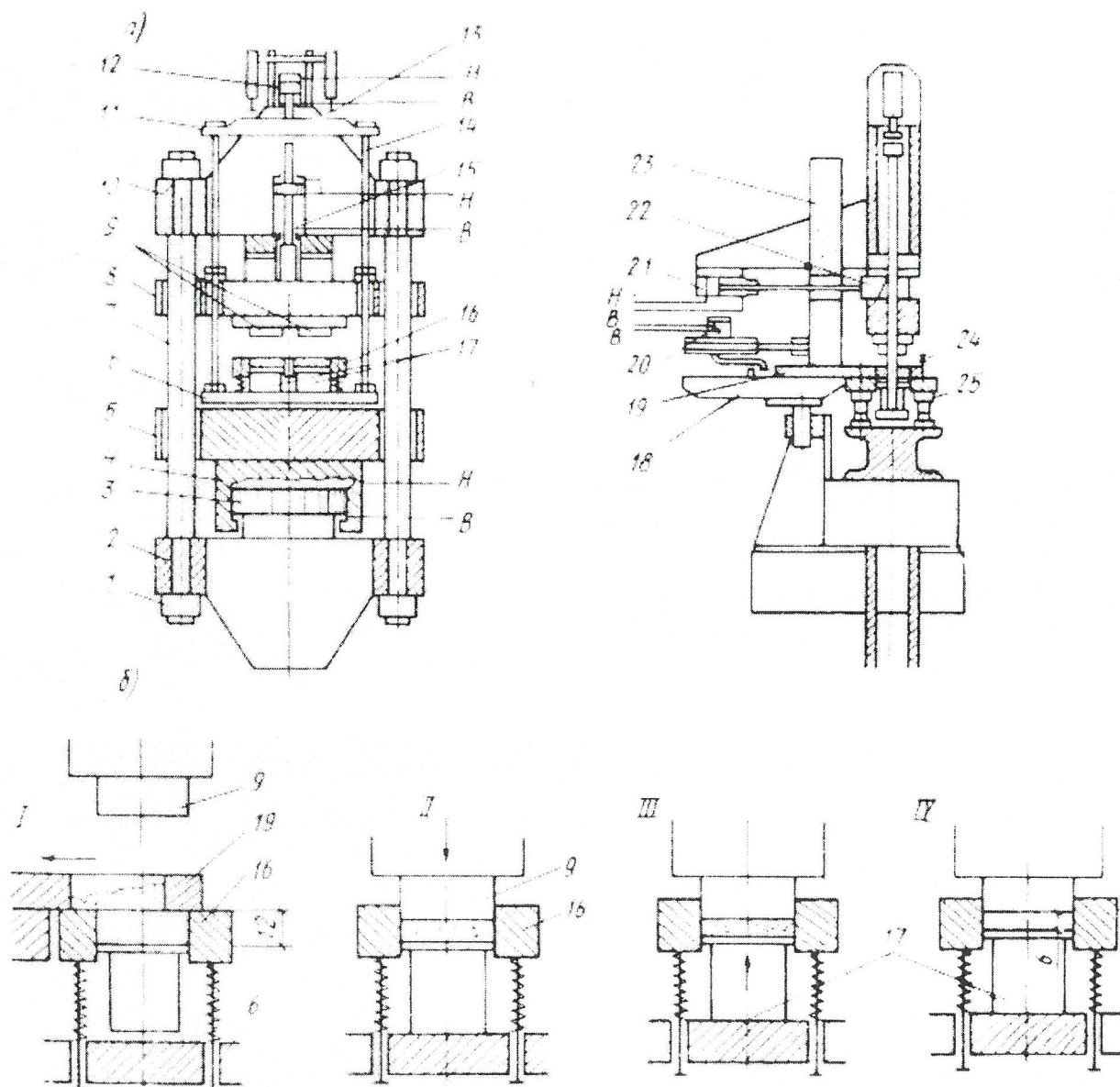


Рис. 1.7. Схема пресу пресування на пресі К/ПУ-160

На позиції I (рис. 1.7) верхні штампи перебувають у верхньому положенні, нижні штампи виштовхують нагору спресовані плити, і каретка при русі вправо передньою крайкою зіштовхує їх на прийомні ремені (на рисунку не показані).

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

16

Потім каретка рухається вліво, при цьому нижні штампи опускаються в крайнє нижнє положення й прес-порошок з каретки заповнює прес-форми. На позиції II при русі поршня циліндра 15 траверса 8 опускаються вниз і верхні штампи 9 входять у прес-форми 16, роблячи ущільнення маси у формі при тиску близько 2 МПа. При цьому прес-порошок ущільнюється приблизно на 30-35%. На позиції III внаслідок руху нагору корпусу циліндра 4 виробляється перше попереднє пресування нижніми штампами при тиску близько 9 МПа. При цьому стопор 22 переміщається штоком поршня 21 уперед, насувається на виступ траверси 8 і не дає їй можливості рухатися нагору. Після першого пресування нижні штампи трохи відходять униз, тиск скидається й відбувається видалення запресованого повітря. На позиції IV також у результаті руху нагору корпусу основного циліндра відбувається остаточне пресування при питомому тиску близько 30 МПа. Завдяки великій силі тертя порошку об бічні стінки прес-форми, остання трохи піднімається й прес-порошок, що перебуває в ній, упирається в нерухомі (на цій позиції) верхні штампи 9. У такий спосіб здійснюється двостороннє пресування.

Прес К/РУ-160, хоча й більше досконалий у порівнянні із пресом К/Ркп-125, однак володіє й істотними недоліками: шестерний гідронасос преса має обмежений час роботи (не більше 5000 годин), після чого його необхідно замінити новим; через обмежену висоту засипання прес-форми не можна пресувати плитку товщиною більше 11-12 мм; недостатнє зусилля пресування; складність налагодження й обслуговування системи керування роботою гідравліки. З огляду на конструктивні недоліки гідравлічних пресів К/РУ-160, фірмою "Тюрінгія" розроблені й освоєні нові преси РУ-250 і РУ-500.

Принципова конструкція пресів більшої потужності РУ-250 і РУ-500 (зусилля пресування відповідно 2,5 і 5 МН) і схема їхньої роботи аналогічні гідравлічному пресу К/РУ-160. Хід верхнього пуансона постійний, ходи виштовхування плитки й зворотно-поступального руху каретки регулюються безступінчато. Хід нижніх штампів регулюється залежно від заповнення прес-форми масою. Всі рухи повністю автоматизовані з безконтактним електронним керуванням.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

17

Преси РУ-250 і РУ-500 на відміну від К/РУ дозволяють пресувати плитку з подвійним засипанням порошку, можуть комплектуватися пристроями для одержання порфировидної і мармуроподібної лицьової поверхні неглазурованих плиток. Вони надійні й більш прості в експлуатації. Масляні насоси на цих пресах могутніші й з більшим робочим ресурсом.

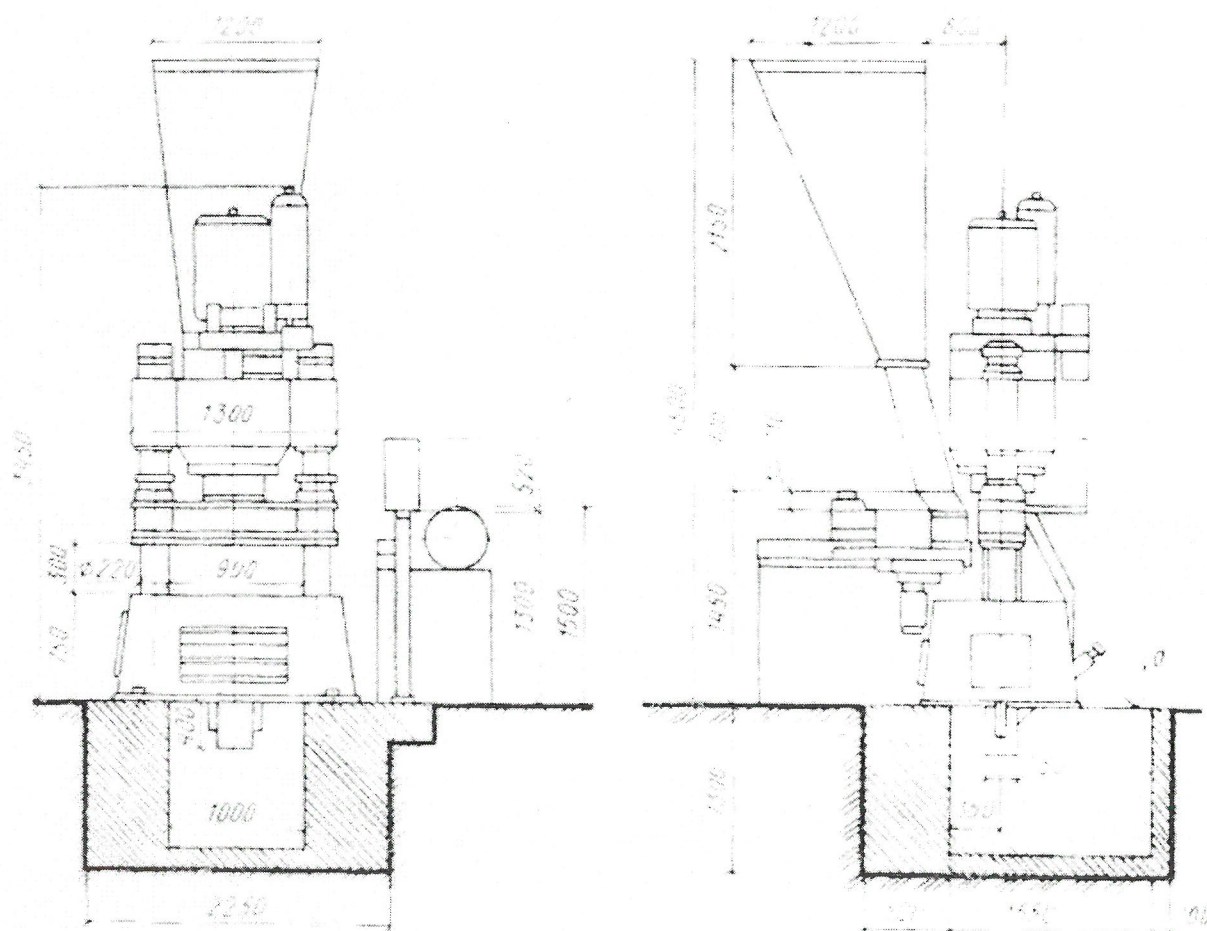


Рис. 1.9. Гідравлічний прес РН-500 фірми "Сакмі"(Італія)

Гідравлічний прес РН-550 для пресування керамічних плиток італійської фірми "Сакмі" (рис. 1.9) стійкий у роботі, має великий гарантійний термін служби, порівняно простий в експлуатації. При виготовленні плиток для внутрішнього облицювання стін на пресі можна встановлювати 8-гніздову прес-форму. Однак у цьому випадку дуже важко досягти рівнощільності всіх восьми спресованих плиток. Тому такі прес-форми не знайшли великого поширення на промислових підприємствах.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

18

Деякими закордонними фірмами ("Велко", "Сакмі", "Сіті", "Дорст" та ін.) освоєне виробництво гідравлічних пресів із зусиллям тиску 7-10 МН і більше, що дозволяють підвищити продуктивність праці у формувальних цехах і зменшити кількість установлених пресів.

Невелика кількість керамічних плиток у нашій країні виробляється методом лиття на пористих підставках. Цей метод відрізняється можливістю повної автоматизації технологічного процесу на переділі шлікер - готова продукція, відсутністю дорогого пресового встаткування, а також устаткування для одержання прес-порошку, можливістю зменшення товщини плитки до 2 мм. Однак труднощі механізації кінцевих операцій, потреба у великій кількості кваліфікованої ручної праці при облицюванні такою плиткою стін і панелей, а також неможливість одержання керамічних плиток великого розміру (100x100 мм і більше) не дозволили значно збільшити виробництво керамічних плиток за такою технологією. Керамічні плитки, виготовлені методом лиття, в основному використовуються для облицювання фасадів і інтер'єрів суспільних будинків, а також виготовлення художніх панно.

Шлікерний (мокрый) спосіб полягає в тому, що вихідні матеріали подрібнюють разом з водою в кульовому млині при вологості 45...60 % до одержання однорідної маси шлікеру. Залежно від способу формування виробів шлікер використовують як безпосередньо для виробів, які дістають методом лиття, так і після його сушіння до порошкоподібного стану в розпоршувальних сушарках напівсухим пресуванням. Методом лиття виготовляють вироби у гіпсових формах. Напівсухим пресуванням з порошку виготовляють облицювальні плитки, плитки для підлоги.

Пластичне формування - найбільш відомий і розповсюджений спосіб оформлення напівфабрикату, заснований на властивості глин при змішанні з певною кількістю води утворювати пластичну тістоподібну масу, здатну під впливом прикладених зовнішніх сил до пластичного плину.

З великої кількості наукових досліджень і теорій (часто суперечливих) більше правильним потрібно вважати положення, що пластичність є не властиві-

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

19

стю, а одним зі становищ глинистої речовини (або керамічної маси). При цьому береться за основу факт, що залежно від змісту вологи глина може бути крихкою, пластичною або в'язкотекучою, а при подальшому збільшенні кількості води повністю розмокає й утворює глинисту суспензію.

При крихкому стані зразок глини при розриві руйнується без зміни структури в поперечному перерізі й після руйнування не відновлюється. При в'язкотекучому стані глиняне тісто розтікається під дією власної маси. Пластичний стан є проміжним між крихким і в'язкотекучим.

При невеликому збільшенні вологості (область I) міцність зразка різко зменшується (за деяким даними в 10^3 разів). Подальше збільшення вологості сповільнює падіння міцності (область II). У цій області (пластичний стан) сили міжмолекулярного притягання й капілярного тиску ще достатні для збереження форми під дією власної маси, але в той же час водні оболонки глинистих часток уже забезпечують ковзання часток у відношенні один одного при впливі на них зовнішніх сил.

Подальше збільшення вологості (область III - в'язкотекучий стан) приводить до такого зростання розміру водних оболонок, що вони гасять дію міжмолекулярних сил і майже повністю виключають дію сил капілярного тиску. Міцність системи різко знижується й вона виявляється не в змозі витримувати дію власної маси.

У виробництві виробів будівельної кераміки спосіб пластичного формування в основному застосовується при виготовленні кислототривких виробів і керамічних каналізаційних труб. Для формування прямокутного бруса або розтрубних труб методом видавлювання (або екструзії) застосовуються шнекові (іноді їх називають "стрічкові") преси. Вони дозволяють вести безперервний процес формування, що є більшою перевагою перед поршневыми й деякими іншими видами пресів.

На заводах будівельної кераміки, у цехах формування часто встановлюють шнековий прес-агрегат СМК-168 (рис. 11) що складається з безпосереднього шнекового преса і змішувача із самостійними приводами від окремих

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист
20

електродвигунів. Змішувач установлюється над пресом і з'єднується вакуумною коробкою 12 із прийомною коробкою 19 преса (паралельно або перпендикулярно осі шнекового гвинта 31).

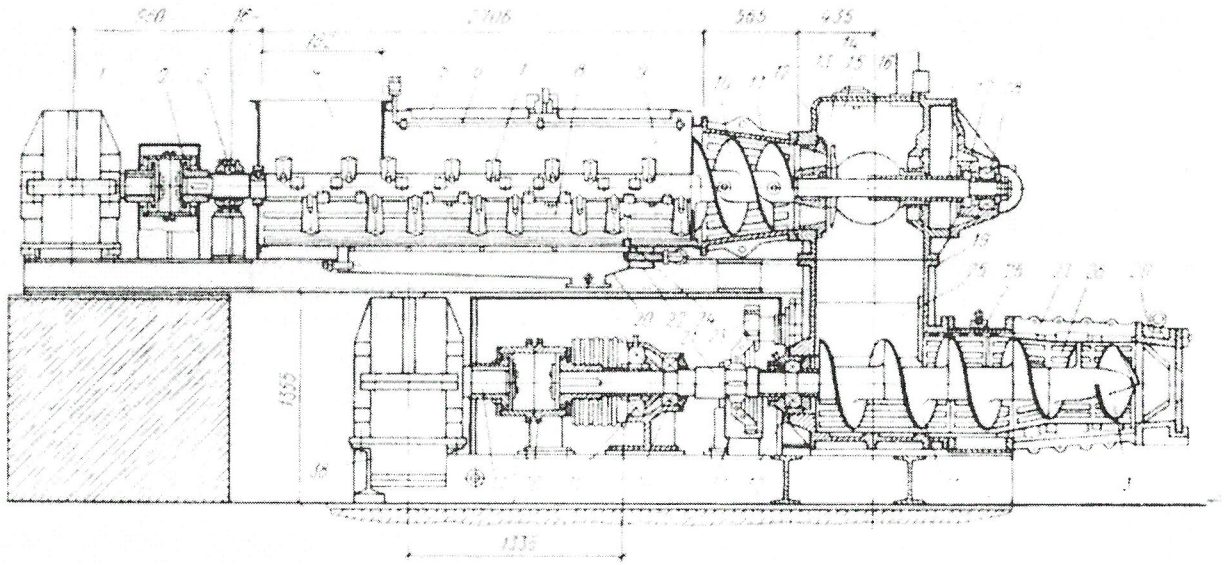


Рис. 1.11. Прес-агрегат СМК-168

Від електродвигуна (А02-92-6, N = 75 кВт, п = 80 об/хв) через клинопасову передачу (на рис. не показані), редуктор 1 (РМ-850Б) і зубчасту муфту 2 надає руху вал 16, що опирається на підшипники 3, 17 і 18. На валі закріплені змішувальні лопатки 7, двухзахідний конусний шнек 10 що перемішують, пресують і видавлюють масу через кільцевий зазор між втулками 13 і 14 у вакуум-камеру 12, де маса розрізається ножами 15 на безупинні тонкі стрічки, обезповітряється і падає вниз на пресуючий шнек 31. Бункер 9 змішувача з кришкою 5 і прийомною лійкою 4 постачено системою паро зволоження 22, 24 і збору конденсату 20, а також системою водяного зрошення 6. Для запобігання від швидкого зносу до дна і стінок бункеру прикріплені знімні металеві планки 8. Від другого електродвигуна (А03-315М, N = 132 кВт, п = 980 об/хв) через редуктор 38 (РМ-1000 Б), вал 37, зубчасту муфту 36 одержує обертання вал 21, що опирається на шарико-підшипники 32. 34 і опорний підшипник 35. На вал надягнуті однозахідні шнекові лопаті 31 і двухзахідну випірну лопать 30. У прийомній коробці 19

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

21

діаметр лопатей шнека 600 мм, на виході 500 мм, крок гвинта 400 мм.

Корпус преса складається з приймальною коробки 19, до якого кріпиться циліндрична вставка 26 із петлями, з'єднаними за допомогою шарнірів із петлями корпусу 27. Корпус 27 перебуває з двох половинок, що розкриваються по вертикальній площині. До корпусу прикріплена голівка 29, а до неї мундштук (на мал. 1.4 не показаний). Внутрішня поверхня приймальної коробки і корпусу облицьовані сорочками 28 із рифленими поверхнями для попередження повертання маси. Через пару зубчатих коліс 33 і 23 від вала 21 починає рухатися живильний валок 25, встановлений у корпусі 19 для поліпшення захоплення маси шнеком 31. Попередньо ретельно перероблена керамічна маса через завантажувальну лійку подається в бункер змішувача, що не обертаються лопатями, вона переміщується і транспортується в пресову частину 11. При необхідності маса додатково воложитья паром або водою. Маса при надходженні в пресову конічну частину створює герметичний затвор підсмоктуванню повітря і шнеком 10 продавлюється у вакуум-коробці у вигляді труби, ріжеться ножом на дрібні стрічки, із яких під час падіння в прийомну коробці легко видаляються кульки повітря. Вакуумована маса подається валком 25 на лопаті шнека, який переміщає її в корпусі 26, 27, ущільнює в пресовій голівці 29 і видавлює через мундштук у вигляді безупинного бруса заданого перетину.

Усе більшого поширення на заводах будівельної кераміки стали одержувати одновальні вакуум-преси. Вакуум-прес К/18У-200 об'єднання "Тюрінгія" (ФРН) показаний на рис. 1.12, Основний шнековий вал 1 1 одержує обертання від стандартного редукторного привода і через циліндричні шестірні 12. На прохідний через пресові камери 2, 3 і вакуум-камеру 7 шнековий вал насаджені шнекові лопаті 1 і 9. Продавлена шнековою лопатю через ґрати 8 маса обезвожується і транспортується в камеру 3, випірною лопатю 5 ущільнюється в пресовій голівці 4 і видавлюється через мундштук. Для запобігання повертання маси разом із шнековим гвинтом і утворення з абразної тріщини перед пресовою голівкою встановлюють два ножі 6. Живильний валок 10 перешкоджає виходу маси з приймальної коробки.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

22

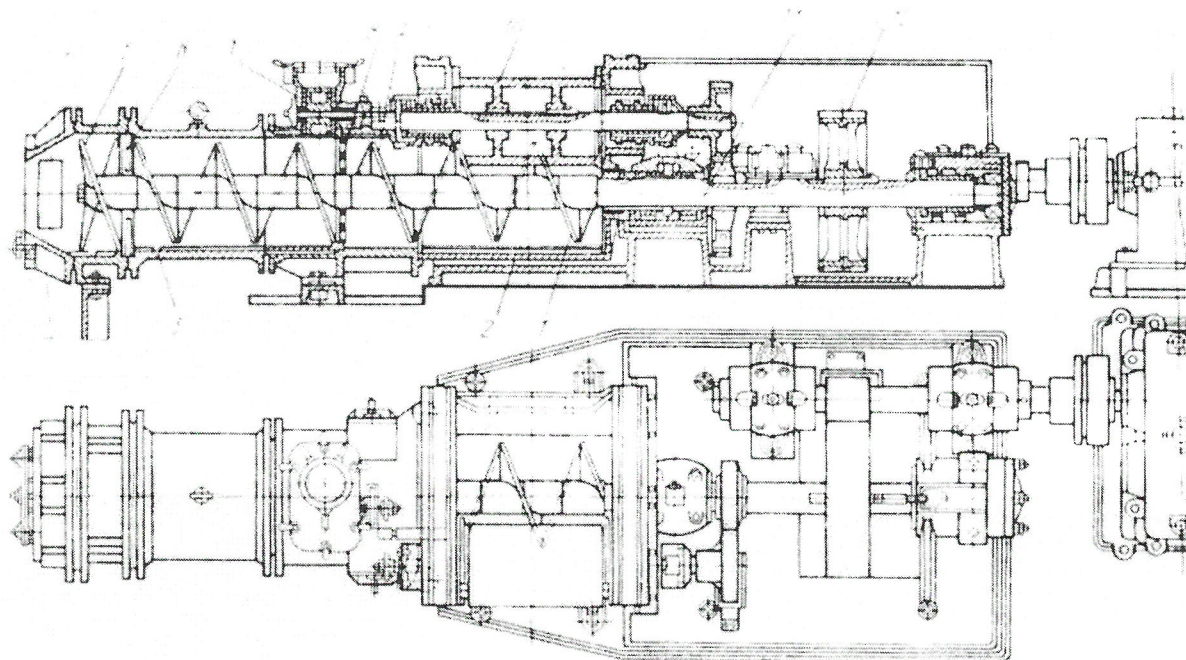


Рис. 1.12. Стрічковий вакуум-прес К/stsv-200 (Німеччина)

Основні технологічні характеристики вакуум-пресів, застосовуваних у виробництві кислотоупорних виробів.

Лопать шнекових пресів що пресує, може бути одно-, двох- і трьохзаходною рис. 1.13. Однозаходні вижимні лопаті забезпечують високу продуктивність преса і меншу питому витрату енергії на пресування. У преса з двохзаходною вижимною лопатю якість пресування значно краще, ніж у преса з однозаходною лопатю, однак при всіх інших однакових умовах продуктивність менше і питома витрата енергії більше. Трьохзаходні лопаті з перекриттям і без перекриття застосовуються рідко через різке зниження продуктивності преса.

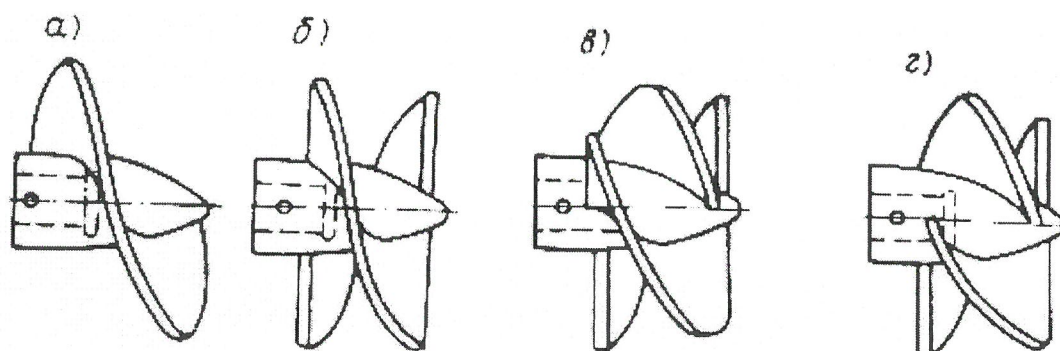


Рис. 1.13. Конструкції пресуючи лопатей шнекового вала

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

23

Лопаті шнека відливають звичайно зі зносостійкої сталі. Їхні робітники поверхні наплавляють твердим сплавом і потім шліфують для меншого опору при обертанні в керамічній масі. Шнековий гвинт повинен мати по довжині преса 3—3,5 витка (без вижимної лопаті), зазор між шнеком і сорочкою циліндра повинен бути не більше 2-4 мм.

У стрічкових шнекових пресах керамічна маса в процесі формування робить складний рух, що складається з обертального руху навколо осі гвинта і поступального руху уздовж його осі. При цьому швидкість кожної складової залежить від багатьох факторів - вологості, пластичної міцності, внутрішнього тертя, тиску, створюваного шнеком, протитиску, створюваного в мундштуку, і т.д.

Швидкість осевого руху маси в циліндрі преса нерівномірна: вона майже нульова в маточині шнека і максимальна у внутрішньої поверхні корпуса. У результаті в масі, переміщуваної в корпусі преса, виникають розшарування паралельно осі преса. При подальшому просуванні маси в пресовій голівці окремі її ділянки рухаються також із різними швидкостями внаслідок сил тертя по зовнішньому периметру бруса маси, а також обертального руху, який продовжується частково, маси і заповнення нею простору, що раніше займається маточиною шнекового гвинта. У результаті такого складного руху маси, що залежить від великої кількості чинників і в основному що не подається теоретичному розрахунку, брус при виході з мундштука не має однорідної будови, а являє собою послідовне нашарування порожніх конусів маси, вкладених друг у друга.

У цих умовах при недостатній пластичності і липкості маси, а також малому протитиску, що виникає в голівці і мундштуці преса, у сформованому виробі може виникнути з-образна тріщина, а при недостатньо міцному зрощенні поверхонь поділу - і інший серйозний структурний порок - свиль, що виявляється після сушіння і випалу у виді спіральних тріщин по перерізі бруса, що виходить із мундштука преса.

Для зменшення і ліквідації зазначених нестач пластичного формування в шнекових пресах безупинної дії необхідно обов'язково дотримувати наступні технологічні параметри і заходи: ретельне готування пластичної маси до операції

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

29

пресування; зниження утримування (у %) пиловидної частини шамотного компонента маси; подовження голівки преса вставкою проміжного кільця довжиною 100-200 мм між корпусом і голівкою преса, зниження зазору між лопатями шнека і корпусом преса до 2-4 мм; установка ножів, що злущують у проміжному кільці або голівці преса; зниження частоти обертання шнекового вала до 20-30 об/хв; деяке збільшення вологості маси.

Один із найефективніших способів поліпшення якості сформованих виробів - вакуумування формувальної маси. Як відомо, наявність повітря в масі порушує зв'язок між окремими зернами глинистих мінералів і між окремими молекулами води, погіршуючи тим самим міцності і формувальні властивості керамічної маси. Крім того, наявність повітря в керамічній масі сповільнює процес дезагрегації глинистих часток, знижує формувальну здатність маси, сприяє її нерівномірному ущільненню під час формування і викликає пружну післядію в сформованому виробі з утворенням мікротріщин. Найбільш раціональне розрідження (вакуум) у вакуум-камері шнекового преса повинно бути 710-730 мм ртутного стовпа. Велике значення для якісного вакуумування має усталеність (сталість вакууму), що залежить як від рівномірності підпитки масою преса, так і від потужності і надійної роботи вакуум-насосів.

Для цих цілей застосовують вакуум-насоси двох типів - вздовжкільцеві і масляні. По ступеню створюваного розрідження кращі показники в масляних вакуум-насосів, однак, їхня установка й експлуатація дещо складніша водокільцевих, і тому в тих випадках, коли якісна продукція може бути отримана при меншому розрідженні у вакуум-камері преса (високоякісна сировина, простий асортимент і т. д.), переважно установка водокільцевих насосів необхідної продуктивності.

Для додання чітких граней, вирівнювання всіх шести площин заготовлі кислотоупорної цегли її допресовують на спеціальних машинах. Найбільш простим і поширеним є прес СМ-308 рис 1.14.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		25

Прес СМ-308 (рис. 1.14) представляє собою раму; що перебуває з двох стійок 15, з'єднаних зверху траверсою 19 із закріпленої на ній прес-формою і знизу закріплених на плиті 23 візки 24. При обертанні вала 3, встановленого в підшипниках на вертикальних стійках, ексцентрик 2 по черзі давить на ролик 5 або 1. При натисканні на ролик 1 рухлива траверсу 18 разом із тягами 17 і верхнім штампом 6 опускається вниз. При цьому заготовка, що знаходиться в цей час у прес-формі, допресовується. При натисканні ексцентрика на ролик 5, траверсу 18 разом із штампом 6 піднімає, виштовхувач 21 на рухливій рамі 16 через стрижень 20, піднімає нижній штамп прес-форми і виштовхує допресований виріб.

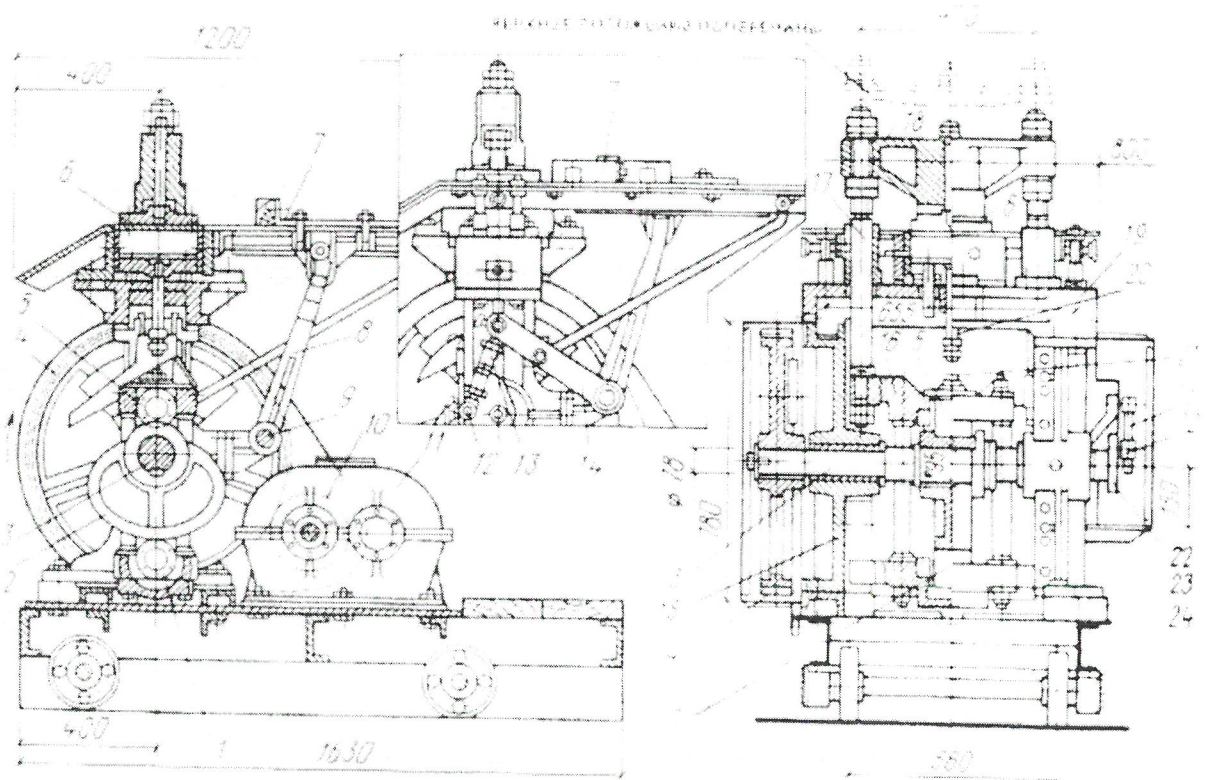


Рис. 1.14. Допресовочний прес СМ-308

Вал 3 з ексцентриком 2 доводиться в обертання від приводу через редуктор 1 і пари шестерень 10 і 4. На валу 3 також жорстко закріплена шайба 22 з ексцентрично розташованим пальцем 12. Через шатун 13, важелі 14 і 8, закріплені

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

26

на валу 9, каретка 7 при обертанні вала 3 одержує зворотно-поступальний рух. При цьому передньою крайкою каретка зштовхує на стіл допресований і піднятий вгору з прес-форми виріб і одночасно подає нову заготівку в прес-форму, а потім повертається у вихідне положення.

Продуктивність преса 1500-2060 шт/год, тиск пресування біля 1,5-2 МПа, маса преса біля 0,8 т.

Актуальність у виборі теми полягає в розробці преса призначеного для якісного пресування (виготовлення) напівфабрикату. Модернізована конструкція преса який розглядається в дипломному проекті являється машиною безперервної дії аналогічною до вакуум-пресів розглянутих конструкцій вище. Перевагою в даній машині є те, що якість пресування напівфабрикату набагато вища ніж у існуючих вакуум-пресів через більший тиск на оброблювану суміш, тобто якість напівфабрикату при випресовці не гірша ніж на вакуум-пресах.

Напівфабрикат який пресується на вакуум-пресах виходить не повністю сформованим і проходить ще раз пресування на допресовочному пресі для придання напівфабрикату правильної форми, а також необхідної міцності. При цьому виникають допоміжні економічні затрати, що в наш час являється недоречним.

Також розроблювана конструкція преса являється економічною, так як потужність привода у декілька разів менша ніж у пресів-аналогів. Використання таких пресів можливе як на великих цегляних заводах так і в мало серійному виробництві тобто на невеличких заводах по виготовленню цегли. Простота в обслуговуванні малі габаритні розміри по відношенню до аналогів-пресів надають нам підстави у розробці (модернізації) нової конструкції преса для ефективного пресування цегли.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

27

2. РОЗРАХУНОК ВУЗЛІВ ПРЕСА

2.1 Розрахунок привода преса

2.1.1 Енергокінематичний розрахунок

Задавшись початковими даними:

корисним зусиллям $P = 2,25$ кН, швидкість кривошипа кривошипного вала $v = 0,667$ м/с проводимо енергокінематичний розрахунок та вибір електродвигуна.

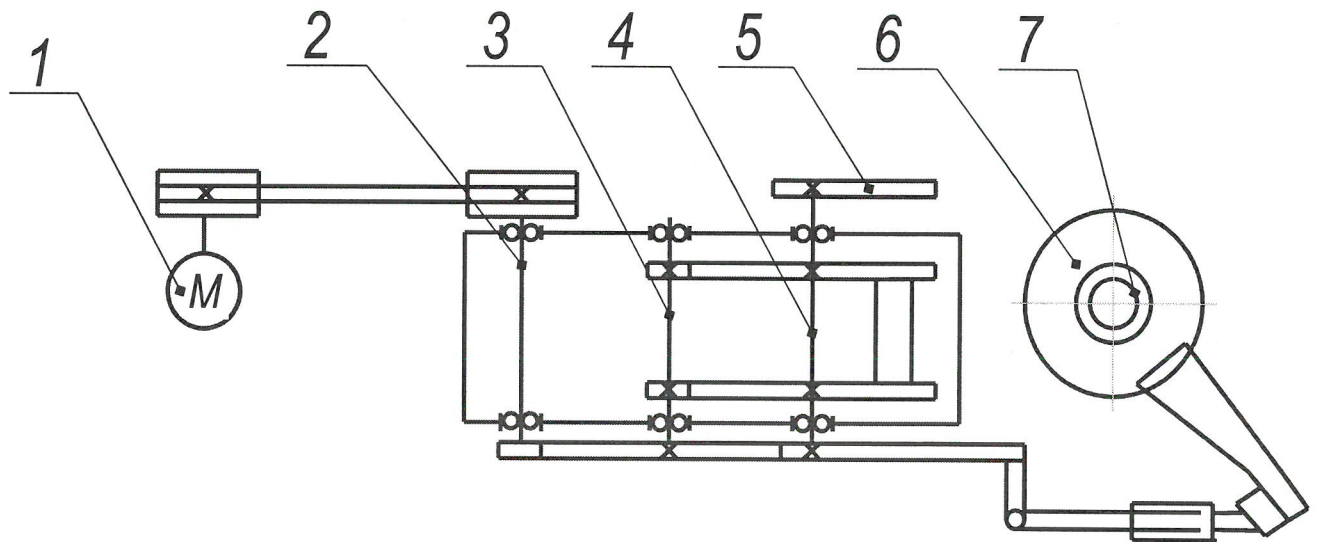


Рисунок 2.1 – Кінематична схема привода преса: 1 Електродвигун;
2 – привідний вал; 3– проміжний вал 4 – кривошипний вал; 5 – кулачок;
6 – стіл; 7 – муфта фрекційна.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Розрахунок вузлів преса		
Розроб.	Сьомик		<i>[Signature]</i>	13.06			
Перев.	Фролов		<i>[Signature]</i>	13.06		28	
Керівн.	Фролов		<i>[Signature]</i>	13.06	НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		
Н. контр.	Васильєв		<i>[Signature]</i>	19.06			
Затв.	Орисенко		<i>[Signature]</i>	19.06			

Знаючи кінематичну схему привода визначаємо загальний ККД привода. ККД двох пар зубчастих коліс $\eta_1 = 0,98$ коефіцієнт, що враховує витрати пар підшипників кочення; $\eta_2 = 0,99$ пар зубчастих коліс; $\eta_3 = 0,95$ коефіцієнт клинопасової передачі.

Звідси загальний ККД привода рівен:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1^2 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3^2 = 0,98^2 \cdot 0,99^2 \cdot 0,95^2 = 0,885$$

Визначаємо необхідну потужність електродвигуна за формулою:

$$N_{\text{н}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot v_{\text{л}}}{\eta_{\text{заг}}}$$

де: $N_{\text{н}}$ – необхідна потужність електродвигуна; $P_{\text{к}}$ – корисне зусилля на кривошипному валу; $v_{\text{л}}$ – лінійна швидкість на кривошипі кривошипного вала.

Тоді:

$$N_{\text{н}} = \frac{19,76 \cdot 0,145}{0,885} = 2,99 \text{ кВт.}$$

Кутова швидкість кривошипа рівна

$$\omega_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot v_{\text{л}}}{D_{\text{кр}}} = \frac{2 \cdot 0,143}{150 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0,953 \text{ рад/с} \quad (2.2)$$

де - $D_{\text{кр}}$ – діаметр кривошипа на кривошипному валу.

Частота обертання кривошипа:

$$n = \frac{30 \cdot \omega_{\text{кр}}}{\pi} = \frac{30 \cdot 0,953}{3,1415} = 9,1 \text{ об/хв.} \quad (2.3)$$

В таблиці по необхідній потужності вибираємо електродвигун АИС100LB4У3; $N=3$ кВт; $n=1500$ об/хв.

Визначаємо загальне передаточне відношення:

$$i = \frac{n_{\text{об}}}{n_{\text{г}}} = \frac{1520}{11,87} = 126,3.$$

Розбиваємо передаточне число на часні передаточні числа: $i_{\text{кл.п}} = 7,7$; $i_{n1} = 4,7$; $i_{n2} = 3,5$.

Визначаємо потужності, частоти, кутові швидкості валів та обертаючі моменти привода преса.

Потужність по ступенях визначається за формулою:

$$P = P_n \cdot \eta_n \quad (2.4)$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії ступені; P_n – потужність попередньої ступені.

Тоді потужність всіх ступенів привода рівні:

$$P_1 = P_{дв} = 3 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_{дв} \cdot \eta_1 = 3 \cdot 0,95 = 2,85 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_2 = 2,85 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 = 2,74 \text{ кВт};$$

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_3 = 2,74 \cdot 0,99^3 \cdot 0,98 = 2,6 \text{ кВт}.$$

Частоту обертання валів знаходимо за формулою:

$$n = \frac{n_{n-1}}{i_n}$$

де n_{n-1} – частота обертання попереднього вала; i_n – передаточне відношення $n - i$ ступені.

Звідси:

$$n_1 = n_{дв} = 1500 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = \frac{n_{дв}}{i_{кл.н}} = \frac{1500}{7,7} = 194,8 \frac{\text{об}}{\text{хв}}; \quad n_3 = \frac{n_2}{i_{n1}} = \frac{194}{4,7} = 41,44 \text{ об/хв};$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{n2}} = \frac{41,44}{3,5} = 11,84 \text{ об/хв}.$$

Визначаємо кутові швидкості валів привода:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,1415 \cdot 1500}{30} = 157,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,1415 \cdot 194,8}{30} = 20,4 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,1415 \cdot 41,44}{30} = 4,34 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_4 = \frac{\pi \cdot n_4}{30} = \frac{3,1415 \cdot 11,84}{30} = 1,24 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Визначаємо обертаючий момент за формулою:

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n} \quad (2.6)$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		30

де P_n – потужність n_i ступені; ω_n – кутова швидкість n – го вала.

Тоді

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{3000}{157,1} = 191 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{2850}{20,4} = 139,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{\omega_3} = \frac{2740}{4,34} = 631,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_4 = \frac{P_4}{\omega_4} = \frac{2600}{1,24} = 2096,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

2.1.2 Розрахунок клинопасової передачі

За даними, потужністю на ведучому валі $N=3\text{кВт}$, частотою обертання вала двигуна $n = 1500 \text{ об/хв}$ і визначеними раніше кутовою швидкістю і обертаючим моментом вибираємо тип пасу.

З урахуванням конструктивних передумов вибираємо тип паса А.

В таблиці [3] вибираємо діаметр ведучого шків за обертаючим моментом $T_1 D_B = 90 \text{ мм}$, але з конструктивних розрахунків $D_B = 88 \text{ мм}$.

Знаходимо діаметр D_2 веденого шків по формулі:

$$D_2 = i \cdot D_1 \cdot (1 - e) \quad (2.7)$$

де i – передаточне відношення; e – коефіцієнт пружного ковзання ($e = 0,01 \dots 0,02$) приймаємо $e = 0,01$.

Тоді:

$$D_2 = 7,7 \cdot 88 \cdot (1 - 0,01) = 670,8 \text{ мм}.$$

Приймаємо 672 мм.

Перевіряємо передаточне відношення:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		31

$$i = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - e)} = \frac{672}{88 \cdot (1 - 0,01)} = 7,71.$$

Перевіряємо частоту обертання:

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1500}{7,71} = 194,55 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Розбіжність з раніше розрахованим

$$\Delta n = \frac{194,55 - 194,8}{194,8} = 1,3\%$$

(при допустимій розбіжності 3%). Отже, приймаємо $D_1 = 88$ мм; $D_2 = 672$ мм.

Визначимо міжосьову відстань в залежності від компоновання привода:

$$a_{min} = 0,6 \cdot (D_1 + D_2) < a_{\omega} < 1,5(D_1 + D_2) = a_{max} \quad (2.8)$$

Приймаємо $a_{\omega} = 655$ мм за конструктивним компонованням.

Визначаємо довжину паса L :

$$\begin{aligned} L &= 2 \cdot a_{\omega} + 0,5 \cdot \pi \cdot (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \cdot a_{\omega}} = \\ &= 2 \cdot 655 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (672 + 88) + \frac{(672 - 88)^2}{4 \cdot 655} = \\ &= 2633 \text{ мм.} \quad (2.9) \end{aligned}$$

Добуте значення L узгоджуємо зі стандартним рядом довжин паса $L = 2650$ мм [3] (табл. 1.3., стор. 4).

Визначаємо колову швидкість паса V м/с за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 88 \cdot 1500}{1000 \cdot 60} = 6,9 \text{ м/с.}$$

Перевіряємо частоту пробігу паса

$$\omega = \frac{V}{L} < \omega_{max} = 10 \dots 20 \text{ с}^{-1}.$$

$$\omega = \frac{6,9}{2,65} = 2,6 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо орієнтовну кількість пазів Z_{op} за формулою:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		32

$$Z_{op} = \frac{1,2 \cdot P_2}{P_0} < 8, \quad (2.10)$$

де P_2 – потужність ведучого вала; P_0 – потужність, що передається одним пасом.

$$Z_{op} = \frac{1,2 \cdot 2,85}{1,39} = 2,46.$$

Приймаємо кількість пазів $Z_{op} = 3$.

Кут обхвату меншого шківів α_1 визначаємо за формулою:

$$\alpha_1 = 180 - \frac{57 \cdot (D_2 - D_1)}{a_\omega} = 180 - \frac{57 \cdot (672 - 88)}{655} = 129,2^\circ. \quad (2.11)$$

Масу пасів m , кг обчислюємо за формулою:

$$m = Z_{op} \cdot q \cdot L, \quad (2.12)$$

де q – маса одного метра стандартного паса, для перерізу А $q = 0,11$ кг/м [4] (стор.).

$$m = 3 \cdot 0,11 \cdot 2,65 = 0,87 \text{ кг.}$$

Обчислюємо основні параметри шківів.

Зовнішній діаметр шківів:

$$d_e = d_p + 2 \cdot b, \quad (2.13)$$

Ширина обода шківів:

$$M = (Z - 1) \cdot e + 2 \cdot f, \quad (2.14)$$

де d_p – розрахунковий діаметр; b – висота канавки над шириною l_p ; Z – кількість пасів у передачі; e – відстань між осями канавки; f – відстань між віссю і торцем.

Тоді:

$$d_{e1} = 88 + 2 \cdot 3,3 = 94,6 \text{ мм,}$$

$$d_{e2} = 672 + 2 \cdot 3,3 = 678,6 \text{ мм,}$$

$$M = (3 - 1) \cdot 15 + 2 \cdot 10 = 50 \text{ мм.}$$

Уточнюємо міжосьову відстань a_ω і кут обхвату α_1 :

$$a_\omega = \frac{(\omega_1 + \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2})}{8}, \quad (2.15)$$

де $\omega_1 = 2 \cdot L - \pi \cdot (D_1 + D_2)$, $\omega_2 = 8 \cdot (D_2 - D_1)^2$,

$$\alpha_1 = 180 - \frac{57 \cdot (D_2 - D_1)}{a_\omega}$$

Звідси

$$\omega_1 = 2 \cdot 2650 - 3,1415 \cdot (88 + 672) = 2913,6 \text{ мм},$$

$$\omega_2 = 8 \cdot (672 - 88)^2 = 2728448 \text{ мм},$$

$$a_\omega = \frac{(2913,6 + \sqrt{2913,6^2 + 2728448})}{8} = 782 \text{ мм},$$

$$\alpha_1 = 180 - \frac{57 \cdot (672 - 88)}{782} = 137,4^\circ.$$

Визначаємо розрахункову потужність P_p , яку може передати один пас:

$$P_p = \frac{P_o \cdot C_a \cdot C_l \cdot C_u}{C_p} \quad (2,16)$$

де C_a – коефіцієнт, що враховує кут обхвату $C_a = 0,89$; C_l – коефіцієнт, який враховує довжину паса $C_l = 1$; C_u – коефіцієнт, який враховує режим і тривалість $C_u = 0,85$; $C_l = 1$; C_p – коефіцієнт, який враховує режим і тривалість $C_p = 1,3$.

Тоді

$$P_p = \frac{3 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,85}{1,3} = 1,75 \text{ кВт}.$$

Уточнюємо кількість пазів Z :

$$Z > \frac{P_l \cdot C_p}{C_z \cdot P_p}, \quad (2,17)$$

де P_l – потужність на ведучому валу, кВт; C_p – коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження пасів: при $Z_{op} = 2 \dots 3$, $C_z = 0,95$.

Звідси

$$Z > \frac{3 \cdot 1,3}{0,95 \cdot 1,75} = 2,3.$$

Приймаємо остаточно $Z = 3$ паса.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

34

Знаходимо силу попереднього натягу одного паса Q_o , Н:

$$Q_o = \frac{0,85 \cdot P_l \cdot C_p \cdot C_l}{(Z \cdot V \cdot C_o \cdot C_l) + q \cdot V} \quad (2.18)$$

де, Q_o – Н; P_l – Вт; V – м/с; q – кг/м:

$$Q_o = \frac{0,85 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 1,3 \cdot 0,89}{(3 \cdot 6,9 \cdot 0,89) + 0,11 \cdot 6,9} = 153,8 \text{ Н}$$

Розраховуємо силу тиску F на опори валів (підшипники) без урахування сили ваги пасів і шківів:

$$F = 2 \cdot Z \cdot Q_o \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 3 \cdot 153,8 \cdot \sin \frac{137,4}{2} = 859,8 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

Паси, підібрані за стандартом, мають середній ресурс: $t = 2000$ годин.

Визначаємо розрахунковий ресурс пасів:

$$t_p = k_1 \cdot k_2 \cdot t, \quad (2.20)$$

де $k_1 = 0,5$ – при важкому режимі роботи; $k_2 = 1,0$ – для району з помірним кліматом.

$$t_p = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 2000 = 1000 \text{ год.}$$

Зводимо дані в таблицю.

Таблиця 2.1

Параметр клинопасової передачі	Значення
Переріз паса	Тип А ISO 4184
Колова швидкість паса, V , м/с	6,9
Діаметр ведучого шківа, D_1 , мм	88
Діаметр веденого шківа, D_2 , мм	672
Довжина паса, L , мм	2650
Частота пробігу паса, ω , с^{-1}	2,6
Кут обхвату пасом меншого шківа, α_1	137,4
Міжосьова відстань, a_ω , мм	782
Кількість пасів, Z	3

Сила попереднього натягу одного паса, Q_o , Н	153,8
Сила тиску на опори валів, F , Н	859,8
Розрахунковий ресурс паса, t_p , год	1000

2.1.3 Розрахунок першої зубчатої передачі

Вибираємо матеріали з високими механічними характеристиками: для шестерні сталь 40ХН термообробка – поліпшення, твердість НВ 250, так як $H_1 > H_2 + 25 \dots 30$ НВ.

Обчислюємо допустимі контактні напруження окремо для шестерні $[\sigma_{H1}]$, та колеса $[\sigma_{H2}]$ за формулою:

$$[\sigma_H] = \sigma_{H \lim b} \cdot \frac{k_{H1}}{S_H}, \quad (2.21)$$

де: $\sigma_{H \lim b}$ – границя контактної витривалості поверхонь зубців у МПа, що відповідає базі випробувань N_{HO} ; при $H < 350$ НВ.

$$\sigma_{H \lim bl} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 630 \text{ НВ},$$

$$\sigma_{H \lim bl} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 250 + 70 = 570 \text{ НВ},$$

де: S_H – коефіцієнт небезпеки з однорідною структурою коліс $S_H = 1,1$; k_{H1} – коефіцієнт довговічності, який враховує можливості збільшення допустимих навантажень:

$$k_{H1} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}, \quad (2.22)$$

де: N_{HO} – база випробувань:

$$N_{HO1} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 280^{2,4} = 22402708,8,$$

$$N_{HO1} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 250^{2,4} = 17067789,4.$$

N_{HE} – еквівалентне число циклів навантаження зубців за строк служби передачі:

$$N_{HE1} = N_{\Sigma1} \cdot k_{HE1} = 152949600 \cdot 0,25 = 38237400 \quad (2.23)$$

$$N_{HE2} = N_{\Sigma2} \cdot k_{HE2} = 32324400 \cdot 0,25 = 8081100$$

де: N_{Σ} – сумарне число циклів навантаження зубців шестерні або колеса за строк служби передачі; k_{HE} – коефіцієнт еквівалентності [3] (табл. 2.2) $k_{HE} = 0,25$.

$$N_{\Sigma1} = 60 \cdot n_2 \cdot h_1 = 60 \cdot 194 \cdot 13140 = 152949600 \quad (2.24)$$

$$N_{\Sigma2} = 60 \cdot n_3 \cdot h_3 = 60 \cdot 41 \cdot 13140 = 32324400,$$

де: n – частота обертання шестерні або колеса, об/хв.; h – строк служби передачі, год.

$$h = 24 \cdot k_{\text{доб}} \cdot 365 \cdot k_{\text{рік}} \cdot L_{\text{рік}} = 24 \cdot 0,5 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 6 = 13140 \quad (2.25)$$

де: $k_{\text{доб}}$, $k_{\text{рік}}$ – коефіцієнти використання передачі за добу і в рік; $L_{\text{рік}}$ – новий строк служби в роках.

Звідси

$$k_{H1} = \sqrt[6]{\frac{22402708,6}{38237400}} = 0,91,$$

$$k_{H2} = \sqrt[6]{\frac{17067789,4}{8081100}} = 1,13.$$

Тоді:

$$[\sigma_{H1}] = 630 \cdot \frac{0,91}{1,1} = 521,18 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{H2}] = 570 \cdot \frac{1,13}{1,1} = 585,55 \text{ МПа}.$$

Знаходимо сумарні допустимі контактні напруження:

$$\begin{aligned} [\sigma_{OH}] &= 0,45 \cdot ([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}]) = 0,45 \cdot (521,18 + 585,55) \\ &= 498,03 \text{ МПа} \quad (2.26) \end{aligned}$$

При розрахунку виконується умова $[\sigma_{OH}] < 1,23 \cdot [\sigma_H]_{\text{min}}$,
 $498,03 < 1,23 \cdot 521,18 = 641,05 \text{ МПа}$.

2.1.3.2 Обчислюємо допустимі напруження на згин

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		37

Допустиме напруження визначаємо окремо для зубців шестерні $[\sigma_{F1}]$ та зубців колеса, МПа, за формулою:

$$[\sigma_{F2}] = \frac{\sigma_{F \lim b} \cdot k_{FC} \cdot k_{F1}}{S_F} \quad (2.27)$$

де: $\sigma_{F \lim b}$ – границя витривалості зубців при згині:

$$\sigma_{F \lim b1} = 1,8 \cdot 280 = 504 \text{ НВ},$$

$$\sigma_{F \lim b2} = 1,8 \cdot 250 = 450 \text{ НВ}.$$

k_{FC} – коефіцієнт впливу напрямку прикладання навантаження на зубці:

– при одnobічному прикладанні навантаження (нереверсивна передача), $k_{FC} = 1,0$.

k_{F1} – коефіцієнт довговічності:

$$k_{FL1} = \sqrt[6]{\frac{N_{FO1}}{N_{FE1}}} = \sqrt[6]{\frac{4000000}{21412944}} = 0,756 \quad (2.28)$$

$$k_{FL2} = \sqrt[6]{\frac{N_{FO2}}{N_{FE2}}} = \sqrt[6]{\frac{4000000}{4525416}} = 0,98.$$

де: N_{FO} – базове число циклів, при коефіцієнті асиметрії $R = 0$ $N_{FO} = 4000000$;

N_{FE} – еквівалентне число циклів.

$$N_{FE1} = N_{\Sigma1} \cdot k_{FE1} = 152949600 \cdot 0,14 = 21412944, \quad (2.29)$$

$$N_{FE2} = N_{\Sigma2} \cdot k_{FE2} = 32324400 \cdot 0,14 = 4525416,$$

де N_{Σ} – сумарне число циклів:

$$N_{\Sigma1} = 152949600,$$

$$N_{\Sigma2} = 32324400.$$

k_{FE} – коефіцієнт еквівалентності [3] (табл. 2.2), $k_{FE} = 0,14$; S_F – коефіцієнт небезпеки який беруть: $S_F = 1,75$ – при ймовірності не руйнування зубців 0,90.

Необхідно враховувати обмеження k_{FL} : при однорідній структурі

матеріалу (H<350 HB) або зі шліфованою перехідною поверхнею зубців незалежно від твердості $1 \leq k_{Fl} \leq 2,08$.

Тоді:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{504 \cdot 1,0 \cdot 0,756}{1,75} = 217,7 \text{ МПа,}$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{450 \cdot 1,0 \cdot 0,98}{1,75} = 252 \text{ МПа.}$$

$$[\sigma_{OF}] = 0,45 \cdot ([\sigma_{F1}] + [\sigma_{F2}]) = 0,45 \cdot (217,7 + 252) = 211,4 \text{ МПа.}$$

При розрахунку виконується умова:

$$[\sigma_{OF}] < 1,23 \cdot [\sigma_F]_{min}, 252 < 1,23 \cdot 217,7 = 267,8 \text{ МПа.}$$

2.1.3.3. Обчислюємо потрібну міжосьову відстані A_ω , мм, за формулою:

$$A_{\omega min} = k_a \cdot (u \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_1 \cdot k_{Hb}}{(u \cdot k_{ba} \cdot [G_H])^2}} \quad (2.30)$$

де: k_a – допоміжний коефіцієнт, який враховує параметри передачі, які не можуть бути завчасно і точно визначені: $k_a = 495$ – для прямозубих передач; k_{ba} – коефіцієнти ширини вінця, $k_{ba} = 0,2$ – при консольному розміщенні колеса відносно опор вала; k_{Hb} – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині зубчастих вінців [3] (табл. 2.3) враховуючи:

Тоді:

$$A_{\omega min} = 495 \cdot (4,4 \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{138,99 \cdot 1,9}{(4,7 \cdot 0,2 \cdot 521,18^2)}} = 185,2 \dots 285,3 \text{ МПа.}$$

Прийmemo нестандартну міжосьову відстань 242,5 мм за конструктивними ознаками.

Потрібний модуль визначаємо за формулою:

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot A_\omega = 0,02 \cdot 242,5 = 4,85 \text{ мм} \quad (2.31)$$

Значення модуля m округляємо до найближчого стандартного значення $m = 5$ мм.

Обчислюємо сумарне число зубців передачі. В нашому випадку ми

приймаємо прямозубі колеса, тому кут нахилу зубців $\beta = 0^\circ$; тому $\cos\beta = 1$.

Отже

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot A_\omega \cdot \cos\beta}{m} = \frac{2 \cdot 242,5 \cdot 1}{5} = 97 \quad (2.32)$$

Обчислюємо значення кількості зубців як на шестерні так і на колесі Z_1, Z_2 :

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{(u + 1)} = \frac{97}{(4,7 + 1)} = 17; Z_2 = Z_\Sigma - Z_1 = 97 - 17 = 80 \quad (2.33)$$

Визначаємо розмір колового модуля:

$$m_t = \frac{m}{\cos\beta} = \frac{5}{1} = 5 \quad (2.34)$$

Знаходимо ділильні діаметри d , діаметри вершин зубців d_a , і впадин d_f шестерні та колеса (мм):

$$d_1 = m_t \cdot Z_1 = 5 \cdot 17 = 85 \text{ мм}, \quad (2.35)$$

$$d_2 = m_t \cdot Z_2 = 5 \cdot 80 = 400 \text{ мм},$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot (1 + x) \cdot m = 85 + 2(1 + 0) \cdot 5 = 95 \text{ мм}, \quad (2.36)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot (1 + x) \cdot m = 400 + 2(1 + 0) \cdot 5 = 410 \text{ мм},$$

де: x – коефіцієнт зміцнення (0; 0,2; 0,4).

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$A_\omega = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{(85 + 400)}{2} = 242,5 \text{ мм}.$$

Визначаємо ширину вінця зубчастих коліс (мм):

$$b_2 = k_{ba} \cdot A_\omega = 0,2 \cdot 242,5 = 48,5 \text{ мм} \quad (2.37)$$

$$b_1 = b_2 \cdot 1,12 = 48,5 \cdot 1,12 = 54,32 \text{ мм},$$

Визначаємо колову швидкість (м/с):

Призначаємо ступінь точності:

$$V = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot d_1}{60} \quad (2.38)$$

де: n_1 – частота обертання ведучого вала об/хв.; d_1 – ділильний діаметр ведучої шестерні мм.

$$V = \frac{3,14 \cdot 194,8 \cdot 0,085}{60} = 0,867 \text{ м/с.}$$

По[3] (табл. 2.4) ступінь кінематичної точності 9 – зниженої точності.

Обчислюємо сили, які діють у зачепленні (Н):

– колова сила

$$F_t = \frac{2 \cdot M_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 139}{0,085} = 3270,6 \text{ Н} \quad (2.39)$$

– осьова сила

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 3270,6 \cdot 0 = 0 \text{ Н}$$

– радіальна сила (розпірна сила)

$$F_r = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 3270,6 \cdot 0,364 = 1190,5 \text{ Н.}$$

2.1.3.4. Розраховуємо активні поверхні зубців на контактну втому

Розрахункове контактне напруження σ_H , (МПа):

$$\sigma_H = Z_M \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot \sqrt{F_t \cdot k_{Ha} \cdot k_{Hb} \cdot k_{Hv} \cdot \frac{(u+1)}{(b_2 \cdot d_1 \cdot u)}} \quad (2.40)$$

де: F_t – колова сила у зачепленні; b_2 – ширина вінця колеса, мм; d_1 – дільний діаметр шестерні, мм; Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс (найбільш ймовірне значення $Z_M = 275$ МПа); Z_E – коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній.

$$Z_E = \sqrt{\frac{(4 - E_a)}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,65}{3}} = 0,885$$

$$E_a = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{17} + \frac{1}{80} \right) \right] \cdot 1 = 1,65 -$$

Коефіцієнт торцевого перекриття;

k_{Ha} – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями $k_{Ha} = 1,0$ [3] (табл. 2.5); k_{Hb} – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині зуба $k_{Hb} = 1,9$ [3] (табл. 2.3); k_{Hv} – коефіцієнт динамічного навантаження, $k_{Hv} = 1,05$ [3] (табл. 2.6).

Звідси

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		41

$$\sigma_H = 275 \cdot 1,77 \cdot 0,885 \cdot \sqrt{3270,6 \cdot 1,0 \cdot 1,9 \cdot 1,05 \cdot \frac{(4,7 + 1)}{(54 \cdot 85 \cdot 4,7)}} = 546,4 \text{ МПа.}$$

Розрахунок активних поверхонь зубів на контактну втому є основним. Допускається розрахункове контактне напруження у межах:

$$1,05 \cdot [\sigma_H] > \sigma_H > 0,9 \cdot [\sigma_H]$$

$$1,05 \cdot 521,18 > 546,4 > 0,9 \cdot 521,18$$

$$547,2 > 546,4 > 469,1 \text{ МПа.}$$

Умова виконується, тому колеса на контактну втому проходять перевірку.

2.1.3.5. Розраховуємо зубці на втому і міцність при згині

Розрахункове напруження згину σ_f , (Мпа), у зубцях шестерні та колеса

визначимо за формулою:

$$\sigma_f = Y_f \cdot Y_e \cdot Y_b \cdot \frac{F_t}{(b_2 \cdot m)} \cdot k_{fa} \cdot k_{fb} \cdot k_{fv}, \quad (2.41)$$

де: F_t – колова сила у зачепленні, Н; b_2 – ширина вінця колеса, мм; Y_f – коефіцієнт форми зубців за [3] (табл. 2.7) при

$$Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta} = \frac{80}{1^3} = 80,$$

$Y_f = 3,74$; k_{fa} – коефіцієнт, що враховує навантаження між зубцями, [3] (табл.

2.5) $k_{fa} = 1,35$; k_{fb} – коефіцієнт, що враховує навантаження по ширині зуба [3]

(табл. 2.3) $k_{fb} = 1,6$; k_{fv} – коефіцієнт динамічного навантаження [3] (табл. 2.2)

$k_{fv} = 1,13$; Y_e – коефіцієнт перекриття зубців, можна наближено брати $Y_e = 1$;

Y_b – коефіцієнт нахилу зубців: $Y_b = 1$ – для прямозубих коліс.

Тоді

$$\sigma_f = 3,74 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{3270,6}{(54 \cdot 5)} \cdot 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,13 = 110,6 \text{ МПа.}$$

При перевірці міцності зубів на втому ми дістали σ_f значно менше за $[\sigma_f]$.

Це не є недопустимим результатом, оскільки габаритні розміри передачі за несучою здатністю обмежуються контактною міцністю.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		42

колеса сталь 40ХН, термообробка – нормалізація, твердість НВ 190, так як $H_1 > H_2 + 25 \dots 30 \text{ НВ}$.

Обчислюємо допустимі контактні напруження окремо для шестерні $[\sigma_{H1}]$, та колеса $[\sigma_{H2}]$ за формулою:

$$[\sigma_H] = \sigma_{H \lim b} \cdot \frac{k_{H1}}{S_H}, \quad (2.42)$$

де: $\sigma_{H \lim b}$ – границя контактної витривалості поверхонь зубців у МПа, що відповідає базі випробувань N_{HO} ; при $H < 350 \text{ НВ}$.

$$\sigma_{H1 \lim b} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 215 + 70 = 500 \text{ НВ},$$

$$\sigma_{H2 \lim b} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 190 + 70 = 450 \text{ НВ},$$

де: S_H – коефіцієнт небезпеки з однорідною структурою коліс $S_H = 1,1$; k_{H1} – коефіцієнт довговічності, який враховує можливості збільшення допустимих навантажень:

$$k_{H1} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}, \quad (2.43)$$

де: N_{HO} – база випробувань:

$$N_{HO1} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 215^{2,4} = 11884298,69,$$

$$N_{HO2} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 190^{2,4} = 8833440,7.$$

N_{HE} – еквівалентне число циклів навантаження зубців за строк служби передачі:

$$N_{HE1} = N_{\Sigma 1} \cdot k_{HE1} = 32324400 \cdot 0,25 = 8081100 \quad (2.44)$$

$$N_{HE2} = N_{\Sigma 2} \cdot k_{HE2} = 9460800 \cdot 0,25 = 2365200,$$

де: N_{Σ} – сумарне число циклів навантаження зубців шестерні або колеса за строк служби передачі; k_{HE} – коефіцієнт еквівалентності [3] (табл. 2.2) $k_{HE} = 0,25$.

$$N_{\Sigma 1} = 60 \cdot n_2 \cdot h_1 = 60 \cdot 41 \cdot 13140 = 32324400 \quad (2.24)$$

$$N_{\Sigma 2} = 60 \cdot n_3 \cdot h_3 = 60 \cdot 12 \cdot 13140 = 9460800,$$

де: n – частота обертання шестерні або колеса, об/хв.; h – строк служби передачі, год.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		44

$h = 1314$ годин див. п.2.1.3. строк служби передачі.

Звідси

$$k_{H1} = \sqrt[6]{\frac{11884298,69}{8081100}} = 1,08,$$

$$k_{H2} = \sqrt[6]{\frac{8833440,7}{2365200}} = 1,25.$$

Тоді:

$$[\sigma_{H1}] = 500 \cdot \frac{1,08}{1,1} = 490,9 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{H1}] = 450 \cdot \frac{1,25}{1,1} = 511,36 \text{ МПа}.$$

Знаходимо сумарні допустимі контактні напруження:

$$[\sigma_{OH}] = 0,45 \cdot ([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}]) = 0,45 \cdot (490,9 + 511,36) = 451 \text{ МПа} \quad (2.46)$$

При розрахунку виконується умова $[\sigma_{OH}] < 1,23 \cdot [\sigma_H]_{min}$,

$$451 < 1,23 \cdot 490,9 = 603,8 \text{ МПа}.$$

2.1.4.2 Обчислюємо допустимі напруження на згин.

Допустиме напруження визначаємо окремо для зубців шестерні $[\sigma_{F1}]$ та зубців колеса, МПа, за формулою:

$$[\sigma_{F2}] = \frac{\sigma_{F \lim b} \cdot k_{FC} \cdot k_{F1}}{S_F} \quad (2.47)$$

де: $\sigma_{F \lim b}$ – границя витривалості зубців при згині:

$$\sigma_{F \lim b1} = 1,8 \cdot 215 = 387 \text{ НВ},$$

$$\sigma_{F \lim b1} = 1,8 \cdot 190 = 342 \text{ НВ}.$$

k_{FC} – коефіцієнт впливу напрямку прикладання навантаження на зубці:

– при однобічному прикладанні навантаження (нереверсивна передача), $k_{FC} = 1,0$.

k_{F1} – коефіцієнт довговічності:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		46

$$k_{Fl_1} = \sqrt[6]{\frac{N_{FO_1}}{N_{FE_1}}} = \sqrt[6]{\frac{4000000}{4525416}} = 0,98 \quad (2.48)$$

$$k_{Fl_2} = \sqrt[6]{\frac{N_{FO_2}}{N_{FE_2}}} = \sqrt[6]{\frac{4000000}{1324512}} = 1,2.$$

де: N_{FO} – базове число циклів, при коефіцієнті асиметрії $R = 0$ $N_{FO} = 4000000$;

N_{FE} – еквівалентне число циклів.

$$N_{FE_1} = N_{\Sigma 1} \cdot k_{FE_1} = 32324400 \cdot 0,14 = 4525416, \quad (2.49)$$

$$N_{FE_2} = N_{\Sigma 2} \cdot k_{FE_2} = 9460800 \cdot 0,14 = 1324512,$$

де N_{Σ} – сумарне число циклів:

$$N_{\Sigma 1} = 32324400,$$

$$N_{\Sigma 2} = 9460800.$$

k_{FE} – коефіцієнт еквівалентності [3] (табл. 2.2), $k_{FE} = 0,14$; S_F – коефіцієнт небезпеки, беремо як і в п. 2.1.3.: $S_F = 1,75$ – при ймовірності не руйнування зубців 0,90.

Необхідно враховувати обмеження k_{Fl} : при однорідній структурі матеріалу ($H < 350$ НВ) або зі шліфованою перехідною поверхнею зубців незалежно від твердості $1 \leq k_{Fl} \leq 2,08$.

Тоді:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{387 \cdot 1,0 \cdot 0,98}{1,75} = 216,7 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{342 \cdot 1,0 \cdot 1,2}{1,75} = 234,5 \text{ МПа}.$$

$$[\sigma_{OF}] = 0,45 \cdot ([\sigma_{F1}] + [\sigma_{F2}]) = 0,45 \cdot (216,7 + 234,5) = 266,5 \text{ МПа}.$$

При розрахунку виконується умова:

$$[\sigma_{OF}] < 1,23 \cdot [\sigma_F]_{min}, 203,04 < 1,23 \cdot 216,7 = 266,5 \text{ МПа}.$$

2.1.4.3. Обчислюємо потрібну міжосьову відстані A_{ω} , мм, за формулою:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		46

$$A_{\omega \min} = k_a \cdot (u \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_3 \cdot k_{Hb}}{(u \cdot k_{ba} \cdot [G_H]^2)}} \quad (2.50)$$

де: k_a – допоміжний коефіцієнт, який враховує параметри передачі, які не можуть бути завчасно і точно визначені: $k_a = 495$ – для прямозубих передач див п.2.1.3; u – передаточне число передачі $u = 3,478$; M_3 – обертовий момент ведучого вала зубчатої передачі (Н·м); k_{ba} – коефіцієнти ширини вінця, $k_{ba} = 0,4$ – при консольному розміщенні колеса відносно опор вала; k_{Hb} – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині зубчастих вінців [3] (табл. 2.3) враховуючи:

$$k_{bd} = 0,5 \cdot k_{ba} \cdot (u + 1) = 0,5 \cdot 0,4 \cdot (3,478 + 1) = 0,89$$

$$k_{Hb} = 1,18$$

Тоді:

$$A_{\omega \min} = 495 \cdot (3,478 \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{631,5 \cdot 1,18}{(3,478 \cdot 0,4 \cdot 444,36^2)}} = 158,7 \dots 286,8 \text{ МПа.}$$

Прийmemo нестандартну міжосьову відстань 257,5 мм за конструктивними ознаками.

Потрібний модуль визначаємо за формулою:

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot A_{\omega} = 0,02 \cdot 257,5 = 4,635 \text{ мм} \quad (2.51)$$

Значення модуля m округляємо до найближчого стандартного значення $m = 5$ мм.

Обчислюємо сумарне число зубців передачі. В нашому випадку ми приймаємо прямозубі колеса, тому кут нахилу зубців $\beta = 0^\circ$; тому $\cos\beta = 1$.

Отже

$$Z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot A_{\omega} \cdot \cos\beta}{m} = \frac{2 \cdot 257,5 \cdot 1}{5} = 103 \quad (2.52)$$

Обчислюємо значення кількості зубців як на шестерні так і на колесі Z_1, Z_2 :

$$Z_1 = \frac{Z_{\Sigma}}{(u + 1)} = \frac{103}{(3,478 + 1)} = 23; Z_2 = Z_{\Sigma} - Z_1 = 103 - 23 = 80 \quad (2.53)$$

Визначаємо розмір колового модуля:

$$m_t = \frac{m}{\cos\beta} = \frac{5}{1} = 5 \quad (2.54)$$

Знаходимо ділильні діаметри d , діаметри вершин зубців d_a , і впадин d_f шестерні та колеса (мм):

$$d_1 = m_t \cdot Z_1 = 5 \cdot 23 = 115 \text{ мм}, \quad (2.55)$$

$$d_2 = m_t \cdot Z_2 = 5 \cdot 80 = 400 \text{ мм},$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot (1 + x) \cdot m = 115 + 2(1 + 0) \cdot 5 = 225 \text{ мм}, \quad (2.56)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot (1 + x) \cdot m = 400 + 2(1 + 0) \cdot 5 = 410 \text{ мм},$$

де: x – коефіцієнт зміцнення (0; 0,2; 0,4) $x = 0$.

$$d_{f1} = d_1 + 2,5 \cdot (1,25 + x) \cdot m = 115 + 2,5(1,25 + 0) \cdot 5 = 100,9 \text{ мм}, \quad (2.57)$$

$$d_{f2} = d_2 + 2,5 \cdot (1,25 + x) \cdot m = 400 + 2,5(1,25 + 0) \cdot 5 = 384,4 \text{ мм}.$$

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$A_\omega = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{(115 + 400)}{2} = 257,5 \text{ мм}.$$

Визначаємо ширину вінця зубчастих коліс (мм):

$$b_2 = k_{ba} \cdot A_\omega = 0,4 \cdot 257,5 = 103 \text{ мм} \quad (2.58)$$

$$b_1 = b_2 \cdot 1,12 = 103 \cdot 1,12 = 115,4 \text{ мм},$$

За конструктивними ознаками ми приймаємо здвоєну систему зубчастої пари через розміщення між шестернями кривошипу (ексцентрика).

Тому: $b_2 = 50$ мм, $b_1 = 57,5$ мм

Визначаємо колову швидкість (м/с) призначаємо ступінь точності:

Призначаємо ступінь точності:

$$V = \frac{\pi \cdot n_3 \cdot d_1}{60} \quad (2.59)$$

де: n_3 – частота обертання ведучого вала об/хв.; d_1 – ділильний діаметр ведучої шестерні мм.

$$V = \frac{3,14 \cdot 41 \cdot 0,115}{60} = 0,25 \text{ м/с}.$$

По[3] (табл. 2.4) ступінь кінематичної точності 9 – зниженої точності.

Обчислюємо сили, які діють у зачепленні (Н):

— колова сила

$$F_t = \frac{2 \cdot M_3}{d_1} = \frac{2 \cdot 631,5}{0,115} = 10982,6 \text{ Н} \quad (2.60)$$

— осьова сила

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 10982,6 \cdot 0 = 0 \text{ Н}$$

— радіальна сила (розпірна сила)

$$F_r = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 10982,6 \cdot 0,364 = 3997,7 \text{ Н.}$$

де $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ = 0,364$.

2.1.4.4. Розраховуємо активні поверхні зубців на контактну втому

Розрахункове контактне напруження σ_H , (МПа):

$$\sigma_H = Z_M \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot \sqrt{F_t \cdot k_{Ha} \cdot k_{Hb} \cdot k_{HV} \cdot \frac{(u+1)}{(b_2 \cdot d_1 \cdot u)}} \quad (2.61)$$

де: F_t — колова сила у зачепленні; b_2 — ширина вінця колеса, мм; d_1 — ділильний діаметр шестерні, мм; Z_M — коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс (найбільш ймовірне значення $Z_M = 275$ МПа); $Z_H = 1,77 \cdot \cos \beta = 1,77$ — коефіцієнт форми спряжений поверхонь зубців; Z_E — коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній.

$$Z_E = \sqrt{\frac{(4 - E_a)}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,7}{3}} = 0,875$$

$$E_a = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{80} \right) \right] \cdot 1 = 1,7 -$$

коефіцієнт торцевого перекриття;

k_{Ha} — коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями $k_{Ha} = 1,0$ [3] (табл. 2.5); k_{Hb} — коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині зуба $k_{Hb} = 1,15$ [3] (табл. 2.3); k_{HV} — коефіцієнт динамічного навантаження, $k_{HV} = 1,05$ [3] (табл. 2.6).

Звідси

$$\sigma_H = 275 \cdot 1,77 \cdot 0,875 \cdot \sqrt{10982,6 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,05 \cdot \frac{(3,478 + 1)}{(103 \cdot 115 \cdot 3,478)}} =$$

$$= 511 \text{ МПа.}$$

Розрахунок активних поверхонь зубів на контактну втому є основним. Допускається розрахункове контактне напруження у межах:

$$1,05 \cdot [\sigma_H] > \sigma_H > 0,9 \cdot [\sigma_H]$$

$$1,05 \cdot 490,9 > 511 > 0,9 \cdot 490,9$$

$$515,4 > 511 > 441,8 \text{ МПа.}$$

Умова виконується, тому колеса на контактну втому проходять перевірку.

2.1.4.5. Розраховуємо зубці на втому і міцність при згині

Розрахункове напруження згину σ_f , (Мпа), у зубцях шестерні та колеса визначимо за формулою:

$$\sigma_f = Y_f \cdot Y_e \cdot Y_b \cdot \frac{F_t}{(b_2 \cdot m)} \cdot k_{fa} \cdot k_{fb} \cdot k_{fv}, \quad (2.62)$$

де: F_t – колова сила у зачепленні, Н; b_2 – ширина вінця колеса, мм; Y_f – коефіцієнт форми зубців за [3] (табл. 2.7) при

$$Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta} = \frac{80}{1^3} = 80,$$

$Y_f = 3,74$; k_{fa} – коефіцієнт, що враховує навантаження між зубцями, [3] (табл. 2.5) $k_{fa} = 1,35$; k_{fb} – коефіцієнт, що враховує навантаження по ширині зуба [3] (табл. 2.3) $k_{fb} = 1,1$; k_{fv} – коефіцієнт динамічного навантаження [3] (табл. 2.2) $k_{fv} = 1,13$; Y_e – коефіцієнт перекриття зубців, можна наближено брати $Y_e = 1$; Y_b – коефіцієнт нахилу зубців: $Y_b = 1$ – для прямозубих коліс.

Тоді

$$\sigma_f = 3,74 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{10982,6}{(103 \cdot 5)} \cdot 1,35 \cdot 1,1 \cdot 1,13 = 133,8 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо

$$1,05 \cdot [\sigma_f] > \sigma_f > 0,9 \cdot [\sigma_f]$$

$$1,05 \cdot 216,7 > 133,8$$

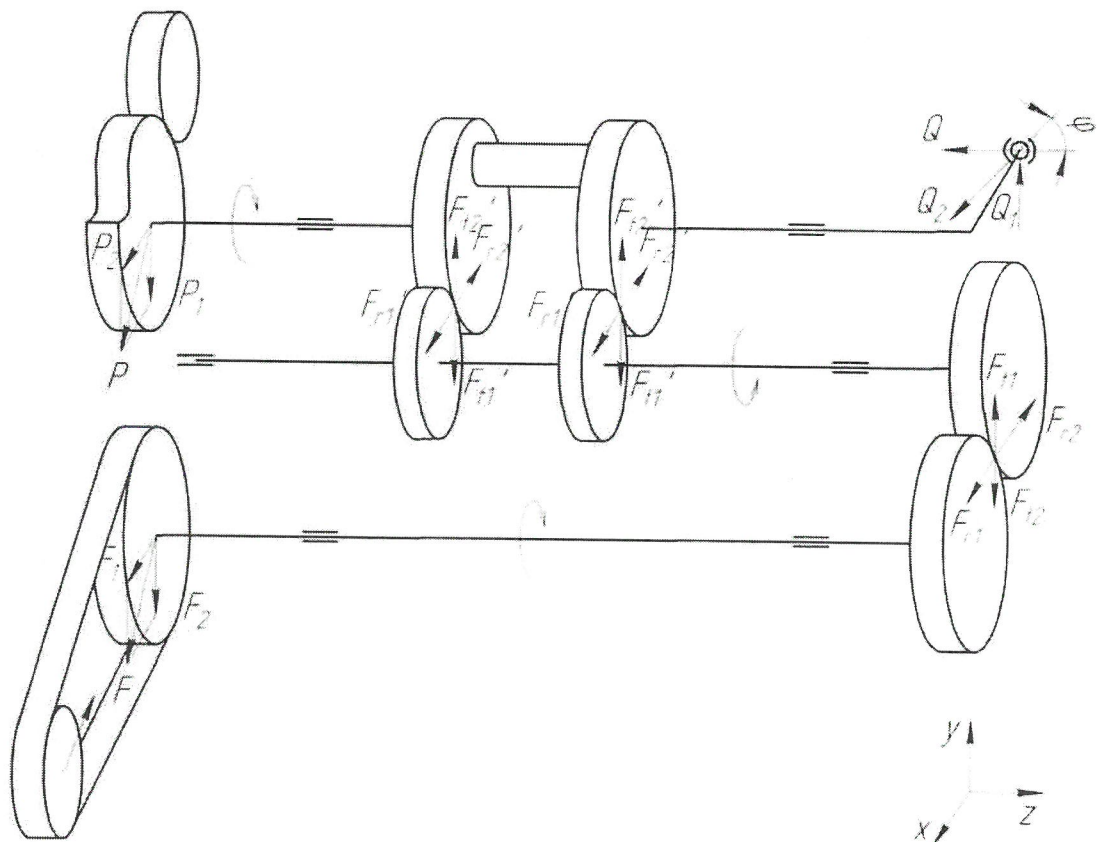
Рис. 2.1. Схема дії зусиль на вали привода

Спочатку визначимося з силовою схемою зусиль, які діють в зубчастих зчепленнях та підшипникових вузлах (рис. 2.1).

Задавшись загальною схемою дії зусиль в подальшому визначаємо та будуємо епюри згинаючих моментів.

Основними умовами, яким повинна відповідати конструкція вала, являється необхідна міцність, жорсткість, яка забезпечує нормальну роботу зчеплень і підшипників, технологічність конструкції і економією матеріалу.

В якості матеріалу для валів використовують вуглецеві леговані сталі. В нашому випадку приймаємо для валів з двохступеневою передачею, тобто для трьох валів сталь 45 ДСТУ 7809:2015 з такою механічною характеристикою НВ 229 не менше $\sigma_B = 560$ Мпа, $\sigma_T = 360$ Мпа, $\tau_T = 210$ МПа, $\sigma_{-1} = 250$ Мпа,



$$\tau_T = 150 \text{ Мпа}, \psi_\sigma = 0,1, \psi_\tau = 0,05.$$

Проектування вала починаємо з орієнтованого визначення вихідного кінця d , із розрахунку на чисте кручення по зниженому допустимому

напруженню без урахування впливу згину.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]_к}} \quad (2.63)$$

де: d – орієнтовний діаметр вала; $M_{кр}$ – обертовий (крутний) момент на валу; $[\tau]_к$ – допустимі напруження на кручення, для сталі 45 приймаємо заниження $[\tau]_к = 20 \dots 30 \text{ Н/мм}^2$.

Тоді діаметри на валах d_1, d_2, d_3 буде:

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 139,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 30,5 \text{ мм},$$

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 631,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 50,5 \text{ мм},$$

На рис. 2.2 визначаємо реакції підшипникових опор та будуємо епюри діючих зусиль, обертових та згинаючих моментів.

В площині Y:

$$\sum M_{AY} = 0 - F_2 \cdot 0,168 + R_{BZ} \cdot 0,314 - F_{t_1} \cdot 0,384 = 0$$

$$\sum M_{BY} = 0 - F_2 \cdot 0,482 + R_{AZ} \cdot 0,314 - F_{t_1} \cdot 0,07 = 0,$$

$$F_2 = F \cdot \sin \alpha = 859,8 \cdot \sin 60^\circ = 744,6 \text{ Н},$$

$$R_{BY} = \frac{F_{t_1} \cdot 0,384 + F_2 \cdot 0,168}{0,314} = \frac{3270,6 \cdot 0,384 + 744,6 \cdot 0,168}{0,314} = 4398,1 \text{ Н},$$

$$R_{BY} = \frac{F_2 \cdot 0,482 + F_{t_1} \cdot 0,07}{0,314} = \frac{744,6 \cdot 0,482 + 3270,6 \cdot 0,07}{0,314} = 1872,1 \text{ Н}.$$

Перевірка:

$$\sum Z = 0 - F_2 + R_{AZ} - R_{BZ} + F_{t_1} = -744 + 1872,1 - 4398,1 + 3270,6 = 0.$$

В площині X:

$$\sum M_{AX} = 0 F_1 \cdot 0,168 + R_{BX} \cdot 0,314 - F_{r_1} \cdot 0,384 = 0$$

$$\sum M_{BX} = 0 F_1 \cdot 0,482 - R_{AX} \cdot 0,314 - F_{r_1} \cdot 0,07 = 0,$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

63

$$F_1 = F \cdot \cos\alpha = 859,8 \cdot \cos 60^\circ = 429,9 \text{ Н},$$

$$R_{BX} = \frac{-F_1 \cdot 0,168 + F_{r_1} \cdot 0,384}{0,314} = \frac{-429,9 \cdot 0,168 + 1190,5 \cdot 0,384}{0,314} = 1225,9 \text{ Н},$$

$$R_{BY} = \frac{F_1 \cdot 0,482 - F_{r_1} \cdot 0,07}{0,314} = \frac{429,9 \cdot 0,482 + 1190,5 \cdot 0,07}{0,314} = 394,5 \text{ Н}.$$

Перевірка:

$$\sum X = 0 \quad F_1 - R_{AX} - R_{BX} + F_{r_1} = 429,9 + 394,5 - 1225,9 + 1190,5 = 0.$$

Визначаємо сумарні загальні моменти у характерних точках і сумарні радіальні реакції опор вала за формулами:

$$M_{3r} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}; R = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (2.64)$$

$$M_{3r_1} = \sqrt{125,1^2 + 72,2^2} = 144,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3r_2} = \sqrt{228,94^2 + 83,3^2} = 243,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$R_A = \sqrt{1872,1^2 + 394,5^2} = 1913,2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$R = \sqrt{4398,1^2 + 1225,9^2} = 4565,75 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		54

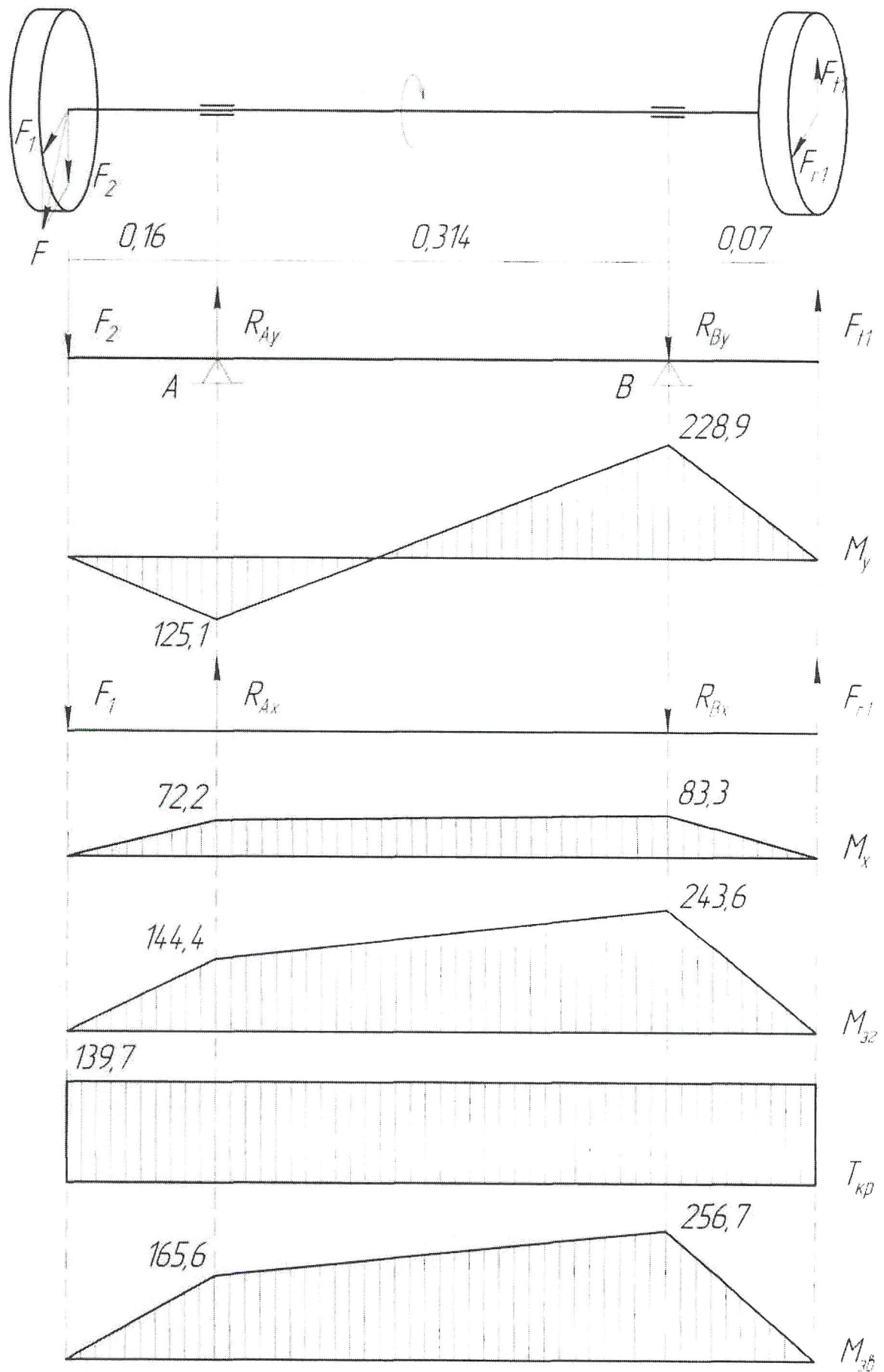


Рис. 2.2. Схеми діючих зусиль та моментів на проміжний вал приводу преса

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

55

На основі третьої гіпотези міцності, при побудові епюри зведених моментів маємо:

$$M_{зв} = \sqrt{M_{зг}^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2} \quad (2.65)$$

α – коефіцієнт, що враховує різниці в характеристиках циклів навантажень.

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} = \frac{55}{95} = 0,58,$$

де: $[\sigma_{-1}]$, $[\sigma_0]$ – допустимі границі витривалості при симетричному і від нульовому циклах [3] (табл.. 7.6).

Тоді

$$M_{зв1} = \sqrt{144,4^2 + (0,58 \cdot 139,7)^2} = 165,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{зв2} = \sqrt{243,6^2 + (0,58 \cdot 139,7)^2} = 256,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметри вала в характерних точках по формулі:

$$d_{a1} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{зв}}{0,1 \cdot [-\sigma]}} \quad (2.66)$$

$$d_{A1} \geq \sqrt[3]{\frac{165,6 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 31,1 \text{ мм},$$

$$d_{A2} \geq \sqrt[3]{\frac{256,7 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 36 \text{ мм}.$$

Приймаємо з конструктивних зображень $d_{min} = 50$ мм.

Перевіряємо вал на витривалість.

Перевіряємо найбільш небезпечні перерізи, в яких наявні концентрації напружень. Розрахунок на втомну міцність у більшості випадків виконують у вигляді перевірки коефіцієнтів запасу міцності в певних перерізах вала за умовою $S > [S] = 1,5 \dots 2,0$.

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності визначаємо в загальному випадку за формулою:

$$S = S_{\sigma} \cdot \frac{S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}}, \quad (2.67)$$

де: S_{σ}, S_{τ} – коефіцієнти запасу міцності за нормальними та дотичними напруженнями відповідно (без урахування поверхневого зміцнення).

Спочатку визначаємо осьовий і номерний моменти W_o, W_p опору перерізу з шпонковими пазами:

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 50^3}{32} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (50 - 5)^2}{2 \cdot 50} = 11050,6 \text{ мм}^3, \quad (2.68)$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 50^3}{16} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (50 - 5)^2}{2 \cdot 50} = 23316,25 \text{ мм}^3, \quad (2.69)$$

де: d – діаметр вала; t – глибина шпонкового паза; b – ширина паза.

Визначаємо для вала нормальні напруження згину, що змінюються за симетричним циклом:

$$\sigma_{a_1} = \sigma_{зг} = \frac{M_{зг} \cdot 1000}{W_o} = \frac{52,2 \cdot 1000}{11050,6} = 4,72 \text{ МПа},$$

де: $M_{зг}$ – згинаючий момент на відстані прикладання зусиль в зубчастому зачепленні $x = 0,015$, тобто на відстані довжини шпонкового паза на якій діє максимальний момент.

Визначаємо дотичні напруження для вала, який обертається тільки в один бік, змінюється за від нульовим циклом:

$$\tau_{a_1} = \tau_m = 0,5 \cdot \tau = \frac{T_{кр} \cdot 1000}{2 \cdot W_p} = \frac{139,7 \cdot 1000}{2 \cdot 23316,25} = 3,0 \text{ МПа}. \quad (2.70)$$

Тоді S_{σ}, S_{τ} знаходимо за формулами:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot \frac{k_{\sigma}}{k_d} + \tau_{\sigma} \cdot \sigma_m}, \quad (2.71)$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \cdot \frac{k_{\tau}}{k_d} + \sigma_{\tau} \cdot \tau_m}, \quad (2.72)$$

де: σ_{-1}, τ_{-1} – границі витривалості матеріалу валів при симетричному циклі

згину і кручення; $\sigma_m = 0$ – середнє напруження; k_σ, k_τ – коефіцієнти концентрації напружень, $k_\sigma = 1,9$, $k_\tau = 1,7$ [3] (табл. 7.8). k_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу вала $k_d = 0,78$ [3] (табл. 7.9).

Отже

$$S_\sigma = \frac{250}{4,72 \cdot \frac{1,9}{0,78} + 0,1 \cdot 0} = 21,7,$$

$$S_\sigma = \frac{150}{3 \cdot \frac{1,7}{0,78} + 0,05 \cdot 3} = 22,4.$$

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності дорівнює:

$$S = 21,7 \cdot \frac{22,4}{\sqrt{21,7^2 + 22,4^2}} = 15,6 > [S] = 1,5 \dots 2,0.$$

Враховуючи те, що в розрізі з шпонковим пазом при діаметрі 050 мм великий коефіцієнт запасу міцності, то розрахунок (коефіцієнта міцності) концентратора напружень з таким самим шпонковим пазом. При $\varnothing 65$ мм проводити немає сенсу.

Перевірку зробимо в розрізі де максимальний згинаючий момент:

$$W_{O_1} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 65^3}{32} = 26947,6 \text{ мм}^3,$$

$$W_{O_1} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 65^3}{16} = 53895,2 \text{ мм}^3,$$

$$\sigma_{a_2} = \sigma_{\sigma_2} = \frac{M_{зг} \cdot 1000}{W_o} = \frac{243,6 \cdot 1000}{26947,6} = 9,$$

$$\tau_{a_2} = \tau_{m_2} = \frac{T_{кр} \cdot 1000}{2 \cdot W_p} = \frac{139,7 \cdot 1000}{2 \cdot 53895,2} = 1,3,$$

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot \frac{k_\sigma}{k_d} + \sigma_\sigma \cdot \tau_m} = \frac{250}{9 \cdot \frac{1,96}{0,78} + 0} = 10,3,$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \cdot \frac{k_{\sigma}}{k_d} + \sigma_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{150}{1,3 \cdot \frac{1,3}{0,73} + 0,05 \cdot 1,3} = 63,$$

$$S = S_{\sigma} \cdot \frac{S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = 10,3 \cdot \frac{63}{\sqrt{10,3^2 + 63^2}} = 10,2 > [S] = 1,5 \dots 2,0.$$

Розраховуємо діючі загрузки, крутні і згинальні моменти на проміжний вал. Вал приймаємо з сталі 45 ДСТУ 7809:2015, механічні характеристики ті, що у приводного вала.

Визначаємо реакції в підшипниках вала рис. 2.3

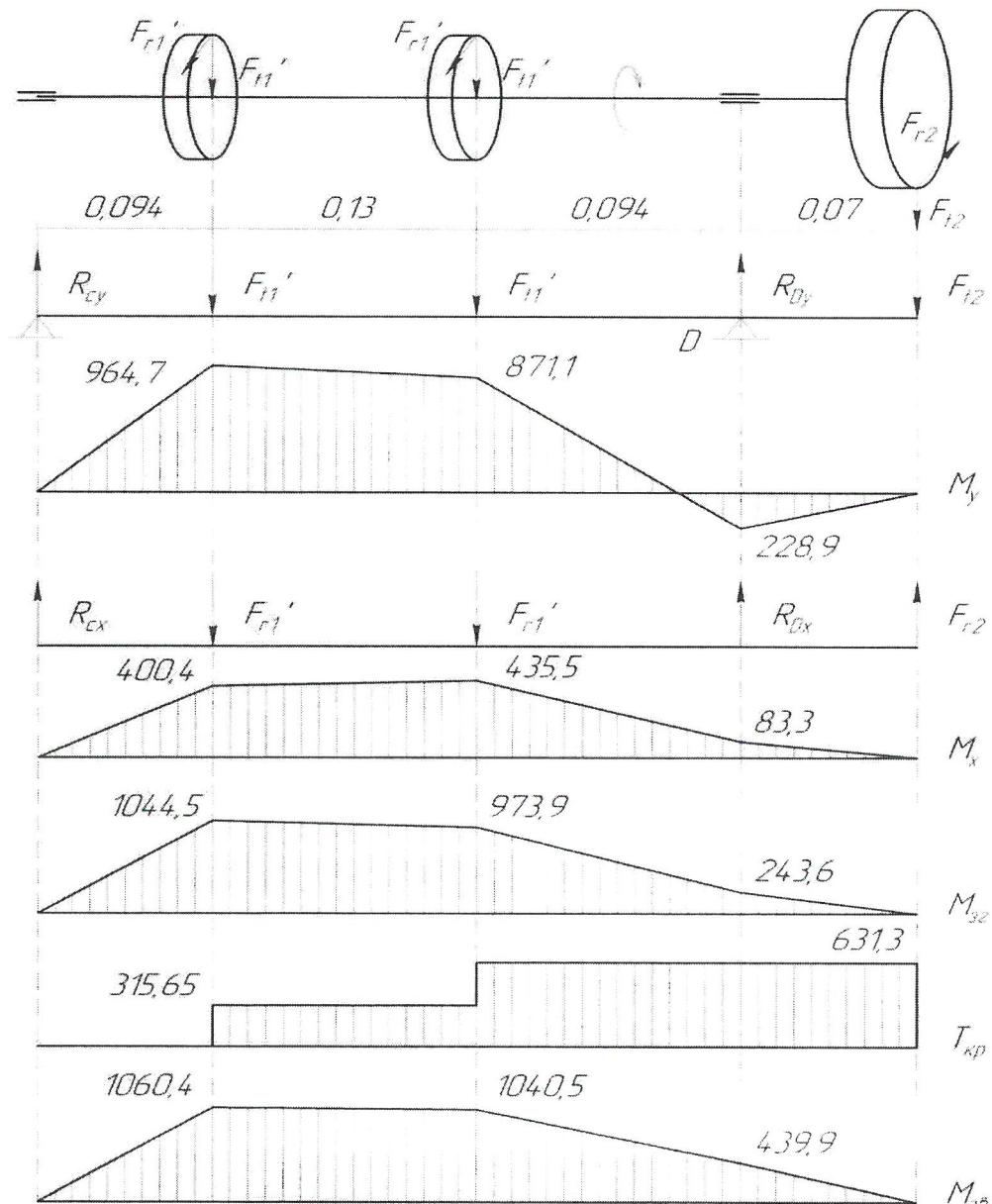


Рис. 2.3. Схеми діючих зусиль та моментів на проміжний вал приводу преса

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат
-----	------	----------	-------	-----

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист
59

В площині Y:

$$\sum M_{CY} = 0 - F'_{t_1} \cdot 0,094 + F'_{t_1} \cdot 0,314 - R_{DY} \cdot 0,318 + F_{t_2} \cdot 0,388 = 0,$$

$$\sum M_{DY} = 0 R_{CY} \cdot 0,318 - F'_{t_1} \cdot 0,224 - F'_{t_1} \cdot 0,094 + F_{t_2} \cdot 0,07 = 0,$$

$$R_{DY} = \frac{F'_{t_1} \cdot 0,094 + F'_{t_1} \cdot 0,094 - F_{t_2} \cdot 0,07}{0,318} =$$
$$= \frac{10982,6 \cdot 0,094 + 10982,6 \cdot 0,224 - 3270,6 \cdot 0,388}{0,318} = 14973,1 \text{ H},$$

$$R_{CY} = \frac{F'_{t_1} \cdot 0,224 + F'_{t_1} \cdot 0,094 - F_{t_2} \cdot 0,07}{0,318} =$$
$$= \frac{10982,6 \cdot 0,224 + 10982,6 \cdot 0,094 - 3270,6 \cdot 0,07}{0,318} = 10262,7 \text{ H}.$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0 R_{CY} - F'_{t_1} - F'_{t_1} + R_{DY} - F_{t_2} = 10262,7 - 10982,6 + 14973,1 - 3270,6$$
$$= 0$$

В площині X:

$$\sum M_{CX} = 0 - F'_{r_1} \cdot 0,094 + F'_{r_1} \cdot 0,224 - R_{DX} \cdot 0,318 - F_{r_2} \cdot 0,388 = 0,$$

$$\sum M_{DX} = 0 R_{CX} \cdot 0,318 - F'_{r_1} \cdot 0,224 - F'_{r_1} \cdot 0,094 - F_{t_2} \cdot 0,07 = 0,$$

$$R_{DX} = \frac{F'_{r_1} \cdot 0,094 + F'_{r_1} \cdot 0,224 - F_{r_2} \cdot 0,388}{0,318} =$$
$$= \frac{3997,7 \cdot 0,094 + 3997,7 \cdot 0,224 - 1190,5 \cdot 0,388}{0,318} = 2545,1 \text{ H},$$

$$R_{CX} = \frac{F'_{r_1} \cdot 0,224 - F'_{r_1} \cdot 0,094 + F_r \cdot 0,07}{0,318} =$$
$$= \frac{3997,7 \cdot 0,224 + 3997,7 \cdot 0,094 + 1190,5 \cdot 0,07}{0,318} = 4259,8 \text{ H}.$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0 R_{CX} - F'_{r_1} - F'_{r_1} + R_{DX} + F_{r_2} = 4259,8 - 3997,7 - 3997,7 + 2545,1 +$$
$$+ 1190,5 = 0.$$

Визначаємо сумарні згинальні моменти у характерних точках і сумарні

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		60

радіальні реакції опор вала по формулах (2.64)

$$M_{3Г} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}; R = \sqrt{X^2 + Y^2},$$

$$M_{3Г1} = \sqrt{964,7^2 + 400,4^2} = 1044,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3Г2} = \sqrt{871,1^2 + 435,5^2} = 973,9 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$R_A = \sqrt{228,9^2 + 83,3^2} = 243,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$R_C = \sqrt{10262,7^2 + 4259,8^2} = 11111,7 \text{ Н},$$

$$R_D = \sqrt{14973,1^2 + 2545,1^2} = 15187,9 \text{ Н}.$$

На основі третьої гіпотези міцності, при побудові епюри зведених моментів маємо:

$$M_{3В} = \sqrt{M_{3Г}^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2}$$

де: $\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} = \frac{55}{95} = 0,58,$

$[\sigma_{-1}] = 55 \text{ МПа}, [\sigma_0] = 95 \text{ МПа} [3] \text{ (табл. 7.6).}$

Тоді

$$M_{3В1} = \sqrt{1044,5^2 + (0,58 \cdot 315,65)^2} = 1060,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3В2} = \sqrt{973,9^2 + (0,58 \cdot 631,65)^2} = 1040,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3В3} = \sqrt{243,6^2 + (0,58 \cdot 631,65)^2} = 439,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметри вала в характерних точках; (в точках зубчатих шестерень)

$$d_{a1} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{3В}}{0,1 \cdot [-\sigma]}}$$

$$d_{A1} \geq \sqrt[3]{\frac{1060,4 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 57,8 \text{ мм},$$

$$d_{A2} \geq \sqrt[3]{\frac{1040,5 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 57,4 \text{ мм}.$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

61

Приймаємо мінімальний діаметр вала $d_{min} = 60$ мм.

Перевіряємо вал на витривалість.

Перевіряємо найбільш небезпечні перерізи, в яких наявні концентрації напружень.

Проводимо перевірку коефіцієнта запасу міцності аналогічно як і приводного вала за умови $S > [S] = 1,5 \dots 2,0$.

Визначаємо осьовий і полярний моменти W_o, W_p опору перерізу з шпонковим пазом і в місці шестерні при $d = 75$ мм:

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 75^3}{32} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (75 - 5)^2}{2 \cdot 75} = 39436,7 \text{ мм}^3,$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 75^3}{16} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (75 - 5)^2}{2 \cdot 75} = 80833 \text{ мм}^3,$$

де: d – діаметр вала; t – глибина шпонкового паза; b – ширина паза.

Визначаємо для вала нормальні напруження згину, що змінюються за симетричним циклом:

$$\sigma_{a1} = \sigma_{зг} = \frac{M_{зг} \cdot 1000}{W_o} = \frac{1044,5 \cdot 1000}{39436,5} = 26,5 \text{ МПа},$$

де: $M_{зг}$ – згинаючий момент на відстані прикладання зусиль в зубчастому зачепленні $x = 0,015$.

Визначаємо дотичні напруження для вала, який обертається тільки в один бік, змінюється за від нульовим циклом:

$$\tau_{a1} = \tau_m = 0,5 \cdot \tau = \frac{T_{кр} \cdot 1000}{2 \cdot W_p} = \frac{315,65 \cdot 1000}{2 \cdot 80833} = 1,95 \text{ МПа}.$$

Тоді S_σ, S_τ знаходимо за нормальними і дотичними напруженнями за формулами (2.71), (2.72).

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot \frac{k_\sigma}{k_d} + \tau_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{250}{26,5 \cdot \frac{1,9}{0,73} + 0} = 3,6$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \cdot \frac{k_\tau}{k_d} + \sigma_\tau \cdot \tau_m} = \frac{150}{1,95 \cdot \frac{1,7}{0,73} + 1,95 \cdot 0,05} = 32,3$$

де: σ_{-1}, τ_{-1} – границі витривалості матеріалу валів при симетричному циклі

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		62

згину і кручення; $\sigma_m = 0$ – середнє напруження; k_σ, k_τ – коефіцієнти концентрації напружень, $k_\sigma = 1,9, k_\tau = 1,7$ [3](табл. 7.8). k_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу вала $k_d = 0,73$ [3] (табл. 7.9).

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності дорівнює:

$$S = 3,6 \cdot \frac{32,3}{\sqrt{3,6^2 + 32,3^2}} = 3,6 > [S] = 1,5 \dots 2,0.$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності галтелі з шпонковою канавкою на відстані 0,128 м від прикладання сили F_{t_2} .

$$M_{зг} = \sqrt{447,7^2 + 300^2} = 538,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо осьовий і полярний моменти W_o, W_p опору перерізу з шпонкового паза:

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 69^3}{32} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (69 - 5)^2}{2 \cdot 69} = 31010,3 \text{ мм}^3,$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 69^3}{16} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (69 - 5)^2}{2 \cdot 69} = 63245,3 \text{ мм}^3,$$

де: d – діаметр вала; t – глибина шпонкового паза; b – ширина паза.

Визначаємо для вала нормальні напруження згину, що змінюються за симетричним циклом:

$$\sigma_{a_1} = \sigma_{зг} = \frac{M_{зг} \cdot 1000}{W_o} = \frac{538,9 \cdot 1000}{31010,3} = 17,4 \text{ МПа},$$

де: $M_{зг}$ – згинаючий момент на відстані прикладання зусиль в зубчастому зачепленні $x = 0,015$, тобто на відстані довжини шпонкового паза.

Визначаємо дотичні напруження для вала, який обертається тільки в один бік, змінюється за від нульовим циклом:

$$\tau_{a_1} = \tau_m = 0,5 \cdot \tau = \frac{T_{кр} \cdot 1000}{2 \cdot W_p} = \frac{631,3 \cdot 1000}{2 \cdot 63245,3} = 5,0 \text{ МПа}.$$

Тоді S_σ, S_τ знаходимо за нормальними і дотичними напруженнями за формулами (2.71), (2.72).

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

63

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot \frac{k_{\sigma}}{k_d} + \tau_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{250}{17,4 \cdot \frac{1,9}{0,73} + 0} = 5,5,$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \cdot \frac{k_{\tau}}{k_d} + \sigma_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{150}{5 \cdot \frac{1,7}{0,73} + 5 \cdot 0,05} = 12,6$$

де: σ_{-1}, τ_{-1} – границі витривалості матеріалу валів при симетричному циклі згину і кручення; $\sigma_m = 0$ – середнє напруження; k_{σ}, k_{τ} – коефіцієнти концентрації напружень, $k_{\sigma} = 1,9, k_{\tau} = 1,7$ [3](табл. 7.8). k_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу вала $k_d = 0,73$ [3] (табл. 7.9).

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності дорівнює:

$$S = 5,5 \cdot \frac{12,6}{\sqrt{5,5^2 + 12,6^2}} = 5,0 > [S] = 1,5 \dots 2,0.$$

Проводимо розрахунок кривошипного вала.

Знаходимо реакції в опорах та будуємо епюри згинаючих та крутних моментів рис. 2.4.

В площині Y:

$$\sum M_{EY} = 0 \quad -P_1 \cdot 0,08 - F'_{t_2} \cdot 0,094 + F'_{t_2} \cdot 0,224 + R_{GY} \cdot 0,318 - Q_1 \cdot 0,398 = 0,$$

$$\sum M_{GY} = 0 \quad -P_1 \cdot 0,398 - R_{EY} \cdot 0,318 + F'_{t_2} \cdot 0,224 + F'_{t_2} \cdot 0,094 - Q_1 \cdot 0,08 = 0,$$

$$P_1 = P \cdot \sin \varphi_1 = P \cdot \sin 10^\circ = 2125 \cdot \sin 10^\circ = 369 \text{ Н},$$

$$Q_1 = Q \cdot \sin \varphi_1 = Q \cdot \sin 10^\circ = 2200 \cdot \sin 10^\circ = 382 \text{ Н}.$$

P, Q – сили, що діють на кулачковий кривошип.

$$R_{GY} = \frac{P_1 \cdot 0,08 + F'_{t_2} \cdot 0,094 + F'_{t_2} \cdot 0,224 + Q_1 \cdot 0,398}{0,318} =$$

$$= \frac{369 \cdot 0,08 + 10982,6 \cdot 0,094 - 10982,6 \cdot 0,224 + 382 \cdot 0,398}{0,318} =$$

$$= 11553,5 \text{ Н},$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

64

$$\begin{aligned}
 R_{EY} &= \frac{-P_1 \cdot 0,398 + F'_{t_2} \cdot 0,094 + F'_{t_2} \cdot 0,224 - Q_1 \cdot 0,08}{0,318} = \\
 &= \frac{-369 \cdot 0,398 + 10982,6 \cdot 0,094 + 10982,6 \cdot 0,224 - 382 \cdot 0,08}{0,318} = \\
 &= 10424,7 \text{ H},
 \end{aligned}$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		66

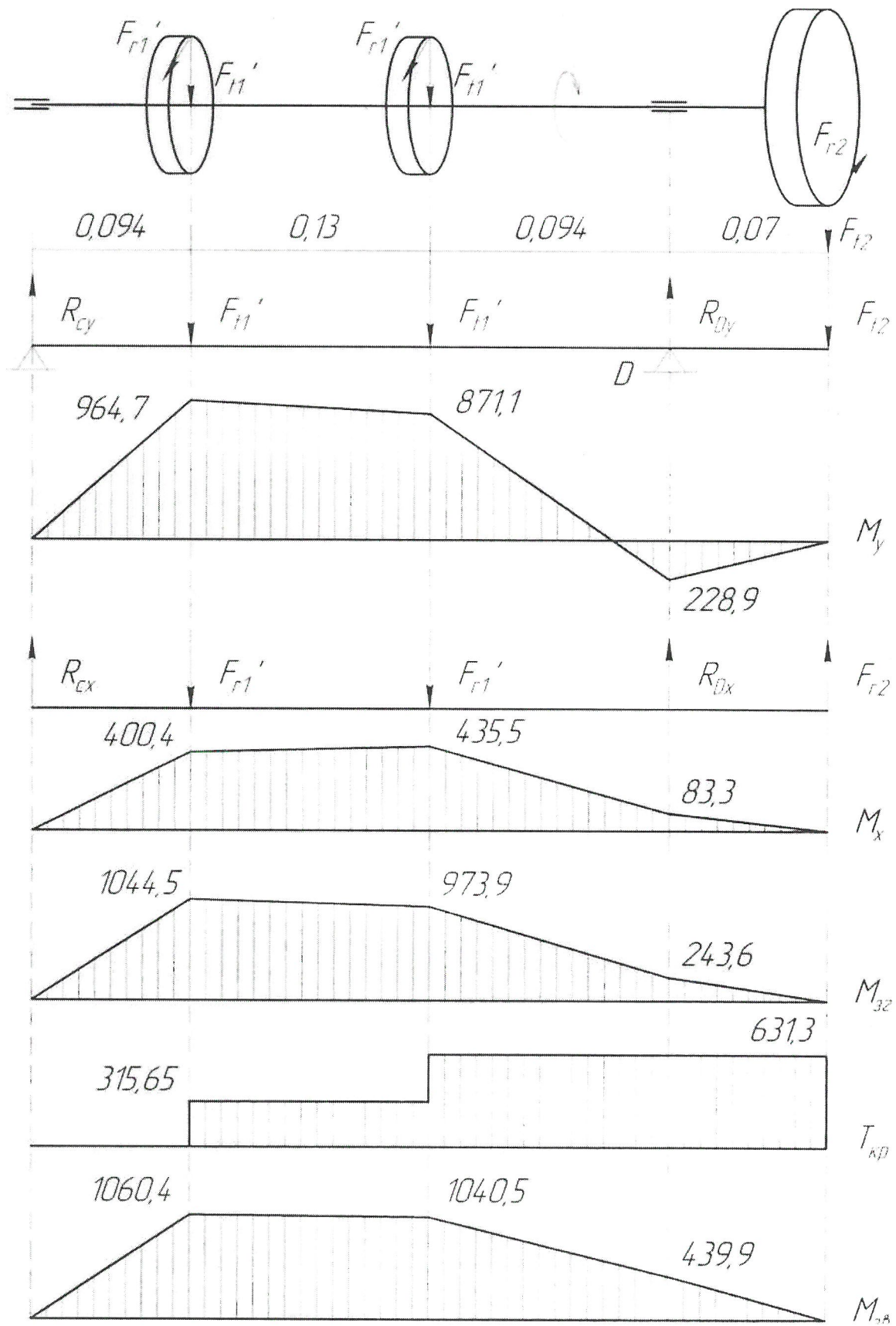


Рис. 2.4. Схема діючих зусиль та моментів на кривошипний вал приводу преса

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат
-----	------	----------	-------	-----

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

66

Перевірка:

$$\begin{aligned}\sum Y &= 0 - P_1 - R_{EY} + F'_{t_2} + F'_{t_2} - R_{GY} + Q_1 = \\ &= 10262,7 - 10982,6 + 14973,1 - 3270,6 = 0\end{aligned}$$

В площині X:

$$\sum M_{EX} = 0 \quad P_2 \cdot 0,08 + F'_{r_2} \cdot 0,094 + F'_{r_2} \cdot 0,224 - R_{GX} \cdot 0,318 - Q_2 \cdot 0,388 = 0,$$

$$\sum M_{BX} = 0 \quad P_2 \cdot 0,398 - F'_{r_2} \cdot 0,224 - F'_{r_2} \cdot 0,094 - R_{EX} \cdot 0,318 - Q_2 \cdot 0,08 = 0,$$

$$P_2 = P \cdot \cos \varphi_1 = P \cdot \cos 10^\circ = 2125 \cdot \cos 10^\circ = 2092,7 \text{ Н},$$

$$Q_2 = Q \cdot \cos \varphi_1 = Q \cdot \cos 10^\circ = 2200 \cdot \cos 10^\circ = 2166,6 \text{ Н}.$$

$$\begin{aligned}R_{EX} &= \frac{P_2 \cdot 0,398 - F'_{r_2} \cdot 0,094 - F'_{r_2} \cdot 0,224 - Q_2 \cdot 0,08}{0,318} = \\ &= \frac{2092,7 \cdot 0,398 - 3997,7 \cdot 0,094 - 3997,7 \cdot 0,224 - 2166,6 \cdot 0,08}{0,318} \\ &= -1923,6 \text{ Н},\end{aligned}$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0 \quad P_2 + R_{EX} - F'_{r_2} - F'_{r_2} + R_{GX} + Q_2 = 2092,7 + 1923,6 - 3997,7 - 3997,7 + 1812,5 + 2166,6 = 0.$$

Визначаємо сумарні згинальні моменти у характерних точках і сумарні радіальні реакції опор вала по формулах (2.64)

$$M_{зг} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}; R = \sqrt{X^2 + Y^2},$$

$$M_{зг1} = \sqrt{29,5^2 + 16764^2} = 170 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{зг2} = \sqrt{1044,1^2 + 544,9^2} = 1177,7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{зг3} = \sqrt{1019,6^2 + 547,4^2} = 1157,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{зг4} = \sqrt{30,6^2 + 173,3^2} = 176 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$R_E = \sqrt{10424,7^2 + 1923,6^2} = 10600,7 \text{ Н},$$

$$R_G = \sqrt{11553,5^2 + 1812,5^2} = 11694,8 \text{ Н}.$$

На основі третьої гіпотези міцності, при побудові епюри зведених моментів маємо:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		67

$$M_{3B} = \sqrt{M_{3T}^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2}$$

де: $\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} = \frac{55}{95} = 0,58,$

$[\sigma_{-1}] = 55 \text{ МПа}, [\sigma_0] = 95 \text{ МПа [3] (табл.. 7.6).}$

Тоді

$$M_{3B1} = \sqrt{170^2 + (0,58 \cdot 276,2)^2} = 233,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3B2} = \sqrt{1177,7^2 + (0,58 \cdot 1048,4)^2} = 1325,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3B3} = \sqrt{1157,3^2 + (0,58 \cdot 1048,4)^2} = 1307,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{3B4} = \sqrt{176^2 + (0,58 \cdot 398,7)^2} = 290,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметри вала в характерних точках; (в точках зубчатих шестерень)

$$d_{a1} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{3B}}{0,1 \cdot [-\sigma]}}$$

$$d_{A1} \geq \sqrt[3]{\frac{1325,4 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 62,2 \text{ мм},$$

$$d_{A2} \geq \sqrt[3]{\frac{1370,35 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 61,9 \text{ мм}.$$

Приймаємо мінімальний діаметр вала $d_{min} = 60 \text{ мм}.$

Перевіряємо вал на витривалість.

Перевіряємо найбільш небезпечні перерізи, в яких наявні концентрації напружень.

Проводимо перевірку коефіцієнта запасу міцності аналогічно як і приводного вала за умови $S > [S] = 1,5 \dots 2,0.$

Визначаємо осьовий і полярний моменти W_o, W_p опору перерізу з шпонковим пазом і в місці шестерні при $d = 75 \text{ мм}:$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 65^3}{32} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (65 - 5)^2}{2 \cdot 65} = 24377 \text{ мм}^3,$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t \cdot (d - t)^2}{2 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 65^3}{16} - \frac{12 \cdot 5 \cdot (65 - 5)^2}{2 \cdot 65} = 51324,6 \text{ мм}^3,$$

де: d – діаметр вала; t – глибина шпонкового паза; b – ширина паза.

Визначаємо для вала нормальні напруження згину, що змінюються за симетричним циклом:

$$\sigma_{a1} = \sigma_{зг} = \frac{M_{зг} \cdot 1000}{W_o} = \frac{1177,7 \cdot 1000}{24377} = 48,3 \text{ МПа},$$

де: $M_{зг}$ – згинаючий момент на відстані прикладання зусиль в зубчастому зачепленні $x = 0,015$.

Визначаємо дотичні напруження для вала, який обертається тільки в один бік, змінюється за від нульовим циклом:

$$\tau_{a1} = \tau_m = 0,5 \cdot \tau = \frac{T_{кр} \cdot 1000}{2 \cdot W_p} = \frac{1048,4 \cdot 1000}{2 \cdot 51324,6} = 10,2 \text{ МПа}.$$

Тоді S_σ, S_τ знаходимо за нормальними і дотичними напруженнями за формулами (2.71), (2.72).

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot \frac{k_\sigma}{k_d} + \tau_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{250}{48,4 \cdot \frac{1,9}{0,73} + 0} = 1,98$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \cdot \frac{k_\tau}{k_d} + \sigma_\tau \cdot \tau_m} = \frac{150}{10,2 \cdot \frac{1,7}{0,73} + 0,05 \cdot 10,2} = 6,2$$

де: σ_{-1}, τ_{-1} – границі витривалості матеріалу валів при симетричному циклі згину і кручення; $\sigma_m = 0$ – середнє напруження; k_σ, k_τ – коефіцієнти концентрації напружень, $k_\sigma = 1,9, k_\tau = 1,7$ [3] (табл. 7.8). k_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу вала $k_d = 0,73$ [3] (табл. 7.9).

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності дорівнює:

$$S = 1,98 \cdot \frac{6,2}{\sqrt{1,98^2 + 6,2^2}} = 1,88 > [S] = 1,5 \dots 2,0.$$

Так як в інших концентраторах напруження, тобто в перерізах в місцях посадки кулачка та кривошипа згинальні та крутні моменти мали в порівнянні з

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

69

моментами в місці посадки зубчастого колеса, то робити перевірку запасу міцності (коефіцієнта запасу міцності) не має сенсу.

2.2. Вибір підшипників в опорах валів привода преса по динамічній вантажопідйомності

2.2.1. Підбір підшипників приводного вала привода преса

Визначивши в попередніх розділах 2.3, 2.4 зусилля та реакції опор в зубчастих зчепленнях підбираємо підшипники по динамічній вантажопідйомності при $R_A = 1913,2 \text{ Н}$, $R_B = 4565,8 \text{ Н}$.

Вибираємо легкої серії підшипник 6213 ISO 15, $d=65 \text{ мм}$, $D=120 \text{ мм}$, $B=23 \text{ мм}$, $C=44,0 \text{ кН}$, $C_0 = 34,0 \text{ кН}$.

Визначаємо розрахункове еквівалентне навантаження на підшипник по формулі:

$$R = (X \cdot V \cdot R_r + Y \cdot R_a) \cdot k_\delta \cdot k_T, \quad (2.73)$$

де: R_a, R_r – радіальне та осьове зовнішні навантаження на підшипник відповідно. X, Y – коефіцієнти радіального та осьового навантаження відповідно, для

визначення цих коефіцієнтів знаходимо відношення R_a/C_0 і по табл.8.1. беремо параметр осьового навантаження – e .

Так як на вал не діють осьові зусилля і виконується умова $F_a/V \cdot F_r \leq e$ тому $X=1$; $Y=0$. V – коефіцієнт обертання $V = 1$ при обертанні внутрішнього кільця; $k_\delta = 1,2$ при легких поштовхах і короткочасних перевантажень до 125%; k_T – температурний коефіцієнт $k_T = 1,05$ якщо $t < 125 \text{ }^\circ\text{C}$.

Тоді

$$R = (4546,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 0) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 5752,9 \text{ Н.}$$

Визначаємо довговічність підшипника в млн. обертів:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		70

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{R_e}\right)^P, \quad (2.74)$$

де: C – динамічна вантажопідйомність $C = 44$ кН; R_e – еквівалентне навантаження:

$$R_e = k_E \cdot R = 0,63 \cdot 5752,9 = 3624,3 \text{ Н} \quad (2.75)$$

де: k_E – коефіцієнт інтенсивності; $k_E = 0,63$ – для середнього рівномірного режиму навантаження; a_1 – коефіцієнт, який враховується в тому випадку, коли треба мати підшипники підвищеної надійності $a_1 = 1$ при 90% надійності; $a_{23} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу; P – показник стиснення $P = 3$ – для кулькових підшипників.

Тоді:

$$L = 1 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{44 \cdot 10^3}{3624,3}\right)^3 = 1073,6 \text{ млн. об.}$$

Обчислюємо розрахункову довговічність підшипника, в годинах за формулою:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60n} = \frac{10^6 \cdot 1073,6}{60 \cdot 194} = 92233,7 \text{ годин} \quad (2.76)$$

Довговічність задовольняє необхідній довговічності у 10000 годин.

2.2.2. Підбір підшипників проміжного вала привода преса

Знаючи з попереднього підрозділу (розрахунок валів) схеми зусиль на вал і реакції опор: $R_C = 11111,7 \text{ Н}$, $R_D = 15187,9 \text{ Н}$ підбираємо підшипник легкої серії 6213 ISO 15, $d = 65 \text{ мм}$, $D = 120 \text{ мм}$, $B = 23 \text{ мм}$, $C = 44,0 \text{ кН}$, $C_o = 34,0 \text{ кН}$.

Визначаємо розрахункове еквівалентне навантаження на підшипник по формулі (2.73):

$$R = (X \cdot V \cdot R_r + Y \cdot R_a) \cdot k_b \cdot k_T,$$

де: R_a, R_r – радіальне та осьове зовнішні навантаження на підшипник відповідно. X, Y – коефіцієнти радіального та осевого навантаження відповідно, для

визначення цих коефіцієнтів знаходимо відношення R_a/C_o і по табл.8.1. беремо

параметр осевого навантаження – e . При цьому повинна виконуватися умова $F_a/V \cdot F_r \leq e$ тому $X=1; Y=0$. V – коефіцієнт обертання $V = 1$ при обертанні внутрішнього кільця див. п. 2.4.1.; k_σ – коефіцієнт безпеки $k_\sigma = 1,2$ при легких поштовхах і короточасних перевантажень до 125% див. п. 2.4.1.; k_T – температурний коефіцієнт $k_T = 1,05$ якщо $t < 125$ °С п.2.4.1.

Тоді

$$R = (15187,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 0) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 19136,5 \text{ Н.}$$

Визначаємо довговічність підшипника в млн. обертів:

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{R_e}\right)^P,$$

де: C – динамічна вантажопідйомність $C = 44$ кН; R_e – еквівалентне навантаження:

$$R_e = k_E \cdot R = 0,63 \cdot 19136,5 = 12056 \text{ Н}$$

де: k_E – коефіцієнт інтенсивності; $k_E = 0,63$ – для середнього рівномірного режиму навантаження див. п.2.4.1; a_1 – коефіцієнт, який враховується в тому випадку, коли треба мати підшипники підвищеної надійності $a_1 = 1$ при 90% надійності; $a_{23} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу; P – показник стиснення $P = 3$ – для кулькових підшипників п.2.4.1.

Звідси:

$$L = 1 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{44 \cdot 10^3}{12056}\right)^3 = 29,2 \text{ млн. об.}$$

Обчислюємо розрахункову довговічність підшипника, в годинах за формулою:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60n} = \frac{10^6 \cdot 29,2}{60 \cdot 41} = 11870 \text{ годин}$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		72

Довговічність задовольняє необхідній довговічності у 10000 годин.

2.2.3. Підбір підшипників кривошипного вала привода преса

Знаючи з попереднього підрозділу (розрахунок валів) схеми зусиль на вал і реакції опор: $R_E = 10600,7 \text{ Н}$, $R_G = 11694,8 \text{ Н}$ підбираємо підшипник легкої серії 6213 ISO 15, $d = 65 \text{ мм}$, $D = 120 \text{ мм}$, $B = 23 \text{ мм}$, $C = 44,0 \text{ кН}$, $C_o = 34,0 \text{ кН}$.

Визначаємо розрахункове еквівалентне навантаження на підшипник по формулі (2.73):

$$R = (X \cdot V \cdot R_r + Y \cdot R_a) \cdot k_\delta \cdot k_T,$$

де: R_a, R_r – радіальне та осьове зовнішні навантаження на підшипник відповідно. X, Y – коефіцієнти радіального та осьового навантаження відповідно, для

визначення цих коефіцієнтів знаходимо відношення R_a/C_o і по табл.8.1. беремо параметр осьового навантаження – e . При цьому повинна виконуватися умова $F_a/V \cdot F_r \leq e$ тому $X=1$; $Y=0$. V – коефіцієнт обертання $V = 1$ при обертанні внутрішнього кільця див. п. 2.4.1.; k_δ – коефіцієнт безпеки $k_\delta = 1,2$ при легких поштовхах і короткочасних перевантажень до 125% див. п. 2.4.1.; k_T – температурний коефіцієнт $k_T = 1,05$ якщо $t < 125 \text{ °C}$ п.2.4.1.

Тоді

$$R = (11694,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 0) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 14735,4 \text{ Н}.$$

Визначаємо довговічність підшипника в млн. обертів:

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{R_e} \right)^P,$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		73

де: C – динамічна вантажопідйомність $C = 44$ кН; R_e – еквівалентне навантаження:

$$R_e = k_E \cdot R = 0,63 \cdot 14735,4 = 9283,3 \text{ Н}$$

де: k_E – коефіцієнт інтенсивності; $k_E = 0,63$ – для середнього рівномірного режиму навантаження див. п.2.4.1; a_1 – коефіцієнт, який враховується в тому випадку, коли треба мати підшипники підвищеної надійності $a_1 = 1$ при 90% надійності; $a_{23} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу; P – показник стиснення $P = 3$ – для кулькових підшипників п.2.4.1.

Звідси:

$$L = 1 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{44 \cdot 10^3}{9283,3} \right)^3 = 63,9 \text{ млн. об.}$$

Обчислюємо розрахункову довговічність підшипника, в годинах за формулою:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60n} = \frac{10^6 \cdot 63,9}{60 \cdot 12} = 88750 \text{ годин}$$

Довговічність задовольняє необхідній довговічності у 10000 годин.

Отже підібрані підшипники на всіх валах по розрахунковій довговічності задовольняють необхідній довговічності.

2.3. Розрахунок шпонкових з'єднань

Для з'єднання валів з деталями (шківками, шестернями) головним образом використовують призматичні шпонки, які виготовляються з сталі, яка має $\sigma_B \geq 590 \text{ Н/мм}^2$, тобто Сталі 45 ДСТУ 7809:2015, Ст.6 ДСТУ 2651:2005.

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання на зминання за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_0 \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma_{зм}] \quad (2.77)$$

де: $\sigma_{зм}$ – діюче напруження зминання, МПа; T – номінальний обертовий

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		74

момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$; d – діаметр вала; l_o – робоча довжина шпонки, мм, для призматичної шпонки зі округленими кінцями $l_o = l - b$; h – висота шпонки, мм; t_1 – глибина на валу, мм; $[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження на валу, МПа.

2.3.1. Проводимо підбір і перевірку шпонок на приводному валу

В місці посадки шківів підбираємо шпонку $12 \times 8 \times 75$ DIN 6885 – 1 при $d = 65$ мм, $T_{кр} = 139,7$ $\text{Н} \cdot \text{м}$, $[\sigma_{зм}] = 120$ МПа – при посадці з гарантованим натягом (втулка із чавуну).

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 139,7 \cdot 10^3}{65 \cdot 63 \cdot (8 - 5)} = 22,7 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

В місці посадки шестерні підбираємо шпонку $12 \times 8 \times 60$ DIN 6885 – 1 при $d = 50$ мм, $T_{кр} = 139,7$ $\text{Н} \cdot \text{м}$, $[\sigma_{зм}] = 170$ МПа – при посадці з гарантованим натягом (втулка із сталі).

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 139,7 \cdot 10^3}{50 \cdot 48 \cdot (8 - 5)} = 38,8 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

2.3.2. Проводимо підбір і перевірку шпонок на проміжному валу

В місці посадки зубчастого колеса підбираємо шпонку параметрами

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		75

12 × 10 × 45 DIN 6885 – 1

23360 – 76 при $d = 60$ мм, $T_{кр} = 631,3$ Н · м, $[\sigma_{зм}] = 170$ МПа –при посадці з гарантованим натягом (втулка із чавуну).

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 631,3 \cdot 10^3}{60 \cdot 33 \cdot (10 - 5)} = 127 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

В місці посадки шестерні підбираємо шпонку параметрами 12 × 10 × 60 DIN 6885 – 1 при $d = 75$ мм, $T_{кр} = 315,65$ Н · м, $[\sigma_{зм}] = 120$ МПа –при посадці з гарантованим натягом (втулка із сталі).

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 315,65 \cdot 10^3}{75 \cdot 48 \cdot (10 - 5)} = 35,1 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

2.3.3. Проводимо підбір і перевірку шпонок на проміжному валу

В місці посадки шківів підбираємо шпонку 16 × 10 × 60 DIN 6885 – 1 при $d = 60$ мм, $T_{кр} = 276,2$ Н · м, $[\sigma_{зм}] = 170$ МПа –при посадці з гарантованим натягом (втулка із сталі).

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 276,2 \cdot 10^3}{60 \cdot 44 \cdot (10 - 6)} = 52,3 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

В місці посадки зубчастого колеса підбираємо шпонку 12 × 8 × 60 DIN 6885 – 1

23360 – 76 при $d = 65$ мм, $T_{кр} = 1048,8$ Н · м, $[\sigma_{зм}] = 170$ МПа –при посадці з гарантованим натягом (втулка із сталі).

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		76

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 1048,8 \cdot 10^3}{65 \cdot 38 \cdot (12 - 6)} = 141,5 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

В місці посадки кривошипа підбираємо шпонку 16 × 10 × 60 DIN 6885 – 1 23360 – 76 при $d = 60$ мм, $T_{кр} = 398,7$ Н · м, $[\sigma_{зм}] = 170$ МПа –при посадці з гарантованим натягом (втулка із сталі).

Перевіряємо міцність шпонкового з'єднання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 398,7 \cdot 10^3}{60 \cdot 44 \cdot (10 - 6)} = 75,5 \leq [\sigma_{зм}].$$

Розрахунок на міцність задовольняє.

2.4 Розрахунок тиску пресування

Задавшись кінематичною схемою дії зусиль від привода до пуансона на пресуємий напівфабрикат розраховуємо зусилля пресування.

Знаючи крутний (обертвий) момент на валу кривошипному визначаємо зусилля на кривошипі за формулою:

$$P = T_{кр} \cdot l = 2096,8 \cdot 0,15 = 13978,7 \quad (2.78)$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат		77

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА

3.1. Вибір заготовки

Згідно з конструктивними особливостями вала ГММ.4ММ.033-00.00.000 застосовуємо сталь 45 ДСТУ 7809:2015 гарячекатану круглу нормальної точності за ДСТУ 4738:2007. Цей сортамент рекомендується для виготовлення гладеньких та ступінчастих валів з невеликим перепадом діаметрів ступенів.

Орієнтуючись на конструктивні розміри вала, розміри заготовки знаходимо після розрахунків припусків на обробку.

3.2. Розробка плану операцій

Основними положеннями машинобудування для деталей високої точності і я кості, яким є вал ГММ.4ММ.033-00.00.000 встановлюємо чорновий, чистовий і завершальний етапи обробки. При чорновій обробці знімають максимальну кількість металу, залишаючи лише припуск на чистову обробку. При чистовій обробці робочим поверхням надають 6-8-го квалітету точності і шорсткості $R_a = 0,63; 1,25$.

Щоб дістати розміри шийок $\varnothing 65^{-0,019}$, $\varnothing 50^{-0,019}$, $\varnothing 75^{-0,046}$, $\varnothing 65^{+0,021}_{+0,02}$, 6-го квалітету точності та зазначеної шорсткості, передбачаємо шліфування. Враховуючи високу точність пазів за шириною, їх будимо виконувати шпонковою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний процес виготовлення вала		
Розроб.		Сьомик	<i>Сьомик</i>	13.08			
Перевір.		Рогозін	<i>Рогозін</i>	19.06			
Керівник		Фролов	<i>Фролов</i>	19.06			
Н. Контр.		Васильєв	<i>Васильєв</i>	19.06			
Затв.		Орисенко	<i>Орисенко</i>	19.06			
					Літ.	Арк.	Акрушів
						78	
					НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		

3.3. Вибір базових, методів обробки та плани технологічного процесу виготовлення деталі

Починаючи обробку вала з виготовлення центрових отворів, які потім стануть основною базою обробки вала.

А тому пропонуємо наступний план операцій:

05 – заготівельна: відрізають від круга заготовку в розмірі 650 мм;

010 – фрезерно-центрувальна: а) підрізання торців у розмір 645 мм; б) свердління двох центрових отворів;

015 – токарна: чорнове обточування поверхонь 1, 2, 3;

020 – токарна: чорнове обточування поверхонь 1, 2 послідовно;

025 – токарна: чистове обточування поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, підрізання торців 3,4, точіння фаски 5, 6;

030 – токарна: чистове обточування поверхонь 1, 2, підрізати торці 3, 4, точити фаски 5, 6;

035 – шліфувальна: шліфування шийки до $\varnothing 65h6(-0,019)$ з того самого кінця заготовки;

040 – шліфувальна: шліфування шийки $\varnothing 65k6^{+0,021}_{-0,002}$;

045 – шліфувальна: шліфування шийки $\varnothing 50h6(-0,019)$;

050 – шліфувальна: шліфування шийки $\varnothing 75h8(-0,046)$;

055 – фрезерна: а) фрезерування паза довжиною 75 мм - $12^{-0,018}_{-0,061}$; б) фрезерування паза довжиною 60 мм - $12^{-0,018}_{-0,061}$;

060 – розмічувальна: розмітка отворів на торцях;

065 – свердлильна: свердлити 4-ри отвори $\varnothing 8,7$;

070 – слюсарна: нарізати різьбу M10 4-ри отвори;

075 – слюсарна: зачищення задирок та гострих кромок;

080 – контроль якості геометричних параметрів виготовлення деталі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

79

3.4. Розрахунок припусків та граничних розмірів

Оскільки вал ступінчастий, розміри заготовки розраховуємо за ступенем найбільшого діаметру, тобто за $\varnothing 75h8(-0.046)$. Розрахунковий найменший граничний діаметр заготовки (прутка) визначаємо за формулою:

$$D_3 = D_0 + 2 \cdot Z_{заг} \quad (3.1)$$

де: D_0 - найменший граничний розмір деталі, $D_0 = 74,954$ мм.

Розрахунковий мінімальний припуск на обробку визначаємо за формулою:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \left(R_{z(i-1)} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (3.2)$$

де: R_z - значення параметра шорсткості; H - висота дефекту шару; ρ - просторове відхилення від круглості; $i-1$ - індекс попереднього переходу; i - індекс теперішнього переходу; i - індекс теперішнього переходу [5] табл. 4-6; 13-15.

Для прокату, підготовлено до обробки $R_z=150$ мкм; $H=250$ мкм;

$$\rho = \Delta k \cdot L_k, \quad (3.3)$$

де: Δk - питома кривизна заготовки, $\Delta k=5$ мкм/мм; L_k - довжина заготовки

$$L_k = 0,5 \cdot H; L=650 \text{ мм.}$$

$$L_k = 0,5 \cdot 650 = 325 \text{ мм.}$$

Таким чином

$$\rho = 5 \cdot 325 = 1625 \text{ мкм.}$$

Для наступних видів обробки при чорному точінні ρ дорівнює:

$$\rho_{i-1} = 0,06 \cdot \rho_i = 0,06 \cdot 1625 = 97 \text{ мкм,} \quad (3.4)$$

при чистому точінні

$$\rho_{i-2} = 0,05 \cdot \rho_i = 0,05 \cdot 1625 = 81 \text{ мкм,}$$

при шліфуванні

$$\rho_{i-3} = 0,04 \cdot \rho_i = 0,04 \cdot 1625 = 65 \text{ мкм.}$$

Приймаємо значення похибки установлення заготовки при точінні

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		80

$$\varepsilon_y = 400 \text{ мкм,}$$

при шліфуванні 60 мкм.

Визначаємо мінімальні операційні припуски за формулою при чорновому точінні

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{1605^2 + 400^2}) = 4147$$

при чистому точінні

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (80 + 80 + \sqrt{36^2 + 50^2}) = 1123$$

при шліфуванні

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (30 + 30 + \sqrt{30^2 + 50^2}) = 237$$

Визначаємо розрахункові мінімальні розміри для кожної операції:

- після шліфування

$$D = 74,954 \text{ мм,}$$

- після чистового точіння

$$D = 74,954 + 0,237 = 75,191 \text{ мм,}$$

- після чорнового точіння

$$D = 75,191 + 1,123 = 76,314 \text{ мм,}$$

- розмір заготовки

$$D = 76,314 + 4,147 = 80,461 \text{ мм.}$$

3.5. Розрахунок режимів різання при механічній обробці

Точіння з $\varnothing 80$ до діаметру $\varnothing 75$ здійснюється за два проходи. При різанні заготовки використовуємо різець Т15К6. Стійкість різця $T = 70$ хв.

Глибина різання дорівнює при пуску на обробку тобто 2,0 мм на сторону.

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{t^{0.18} \cdot S^{0.35}} \cdot k \quad (3.5)$$

де: t – глибина різання; C_v – коефіцієнт різання, $C_v = 141$; S – подача, $S = 0,43$ мм/об; k – поправочний коефіцієнт, $k = 0,77$.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

81

Звідси

$$V_1 = \frac{141}{2.0^{0.18} \cdot 0.43^{0.35}} \cdot 0,77 \approx 99 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою, n об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (3.6)$$

де: d – діаметр заготовки.

Звідси

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 99}{3.14 \cdot 80} \approx 394 \text{ об/хв.}$$

Напівчистове обточування:

Глибину різання приймаємо $t=0,4$ мм на сторону, подачу $S=0,43$ мм/об, коефіцієнт різання $C_v=141$.

Тому швидкість різання дорівнює:

$$V_2 = \frac{141}{0,4^{0.18} \cdot 0,43^{0.35}} \cdot 0,77 \approx 199 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя при $d_1=75$ мм дорівнює:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot d_2} = \frac{1000 \cdot 199}{3,14 \cdot 75} \approx 830 \text{ об/хв.}$$

Точіння з $\varnothing 80$ до діаметру $\varnothing 65$ здійснюється за три проходи. При різанні заготовки використовуємо різець Т15К6. Стійкість різця $T=70$ хв.

Глибина різання дорівнює припуску на обробку тобто 3,25 мм на сторону. Призначаємо: C_v – коефіцієнт різання, $C_v = 141$; S – подача, $S=0,43$ мм/об; k – поправочний коефіцієнт, $k=0,77$.

Звідси

$$V_3 = \frac{141}{3,25^{0.18} \cdot 0,43^{0.35}} \cdot 0,77 \approx 121 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя при $d_3 = 80$ мм дорівнює:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 80} \approx 482 \text{ об/хв.}$$

Напівчистове обточування:

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		82

Глибину різання приймаємо $t=0,4$ мм на сторону, подачу $S=0,43$ мм/об, коефіцієнт різання $C_v = 170$.

Тому швидкість різання дорівнює:

$$V_4 = \frac{170}{0,4^{0,18} \cdot 0,43^{0,35}} \cdot 0,77 \approx 199 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя при $d_4 = 75$ мм дорівнює:

$$n_4 = \frac{1000 \cdot V_4}{\pi \cdot d_4} = \frac{1000 \cdot 199}{3,14 \cdot 65} \approx 1040 \text{ об/хв.}$$

Розрахунок останніх шийок подібний розрахованим.

3.6. Вибір та описування технологічного обладнання пристроїв, різального і вимірювального інструменту

Для обробки вала вибираємо токарно-гвинторізний верстат 16K25, призначений для виконання різних токарних робіт.

Установлення заготовки в центрах відзначається високою точністю, що забезпечує нульову похибку базування.

Вибираємо підрізні, прохідні і фасонні різці з T15K6.

Як вимірювальний інструмент використовуємо штангенциркуль ШЦ-1-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

Для контролю циліндричних поверхонь застосовуємо скоби на різні розміри. Вибір обґрунтовується потрібною точністю деталі.

3.7. Технічне нормування верстатних робіт

Точіння з $\varnothing 80$ до діаметру $\varnothing 65$ здійснюється за три проходи.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		83

Попереднє обточування:

$$L=l+l_1+l_2 = 440 + 2 + 2 = 444 \quad (3.7)$$

де: l – довжина твірної; l_1, l_2 – довжина врізування та перебігу різця.

Основний (машинний) час визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 444}{1000 \cdot 121 \cdot 0,43} = 2,25$$

де: D – діаметр заготовки; L – розрахункова довжина проходу; V – швидкість обертання шпинделя; S – подача.

Визначаємо напівчистове обточування:

$$L=440+2=442 \text{ мм.}$$

Визначаємо час необхідний на напівчистове обточування:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot L_2}{1000 \cdot V_2 \cdot S_2} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 442}{1000 \cdot 199 \cdot 0,43} = 1,1 \text{ хв.}$$

Точіння з $\varnothing 80$ до діаметру $\varnothing 75$ здійснюється за два проходи.

Попереднє обточування:

$$L=l+l_1=25+4=29$$

де: l – довжина твірної; l_1 – довжина врізування та перебігу різця.

Основний (машинний) час визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 29}{1000 \cdot 121 \cdot 0,43} = 0,17 \text{ хв.}$$

де: D – діаметр заготовки; L – розрахункова довжина проходу; V – швидкість обертання шпинделя; S – подача.

Визначаємо напівчистове обточування:

$$L=25+2=27 \text{ мм.}$$

Визначаємо час необхідний на напівчистове обточування:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot L_2}{1000 \cdot V_2 \cdot S_2} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 27}{1000 \cdot 199 \cdot 0,43} = 0,08 \text{ хв.}$$

Точіння з $\varnothing 65$ до діаметру $\varnothing 63$ здійснюється за 1 прохід.

Попереднє обточування:

$$L=l+l_1=175+2=177$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

84

де: l – довжина твірної; l_1 – довжина врізування та перебігу різця.

Основний (машинний) час визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 177}{1000 \cdot 121 \cdot 0,43} = 0,14 \text{ хв.}$$

де: D – діаметр заготовки; L – розрахункова довжина проходу; V – швидкість обертання шпинделя; S – подача.

Точіння з $\varnothing 80$ до діаметру $\varnothing 74$ здійснюється за один прохід.

Попереднє обточування:

$$L = l + l_1 = 180 + 2 = 182$$

де: l – довжина твірної; l_1 – довжина врізування та перебігу різця.

Основний (машинний) час визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 182}{1000 \cdot 121 \cdot 0,43} = 1,05 \text{ хв}$$

де: D – діаметр заготовки; L – розрахункова довжина проходу; V – швидкість обертання шпинделя; S – подача.

Точіння з $\varnothing 74$ до діаметру $\varnothing 65$ здійснюється за три проходи.

Попереднє обточування:

$$L = l + l_1 = 75 + 2 = 77$$

де: l – довжина твірної; l_1 – довжина врізування та перебігу різця.

Основний (машинний) час визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 74 \cdot 77}{1000 \cdot 121 \cdot 0,43} = 0,30 \text{ хв}$$

де: D – діаметр заготовки; L – розрахункова довжина проходу; V – швидкість обертання шпинделя; S – подача.

Визначаємо час необхідний на напівчистове обточування:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot L_1}{1000 \cdot V_1 \cdot S_1} = \frac{3,14 \cdot 69 \cdot 77}{1000 \cdot 121 \cdot 0,43} = 0,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо час необхідний на чистове обточування:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot L_2}{1000 \cdot V_2 \cdot S_2} = \frac{3,14 \cdot 66 \cdot 77}{1000 \cdot 171 \cdot 0,43} = 0,24 \text{ хв.}$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

85

Машинний час на операцію дорівнює:

$$t = \sum t_0 = 2,25 + 1,1 + 0,17 + 0,08 + 0,14 + 1,05 + 0,30 + 0,26 + 0,24 = 5,59 \text{ хв.} \quad (3.9)$$

Допоміжний час на операцію визначаємо за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_n \quad (3.10)$$

де: t_y - час на установлення і знімання деталі в патроні та центрі $t_y = 0,35$ хв.;
 t_n - час, що витрачається на переходи, на зміну частоти обертання шпинделя і подачі повороту супорта, на обробку фаски.

Тоді допоміжний час на операцію дорівнює:

$$t_{\text{доп}} = 0,35 + 2,5 + 0,25 + 0,08 = 3,18 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування визначаємо за формулою:

$$t_{\text{об}} = 4,6\% \cdot (t_o + t_{\text{доп}}) = \frac{4,6 \cdot (5,59 + 3,18)}{100} \approx 0,4 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію визначаємо за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t + t_{\text{доп}} + t_{\text{об}} = 5,59 + 3,18 + 0,4 = 9,17 \text{ хв.} \quad (3.12)$$

Підготовчо-заключний час вибираємо, як і при підготовці до роботи:

$$t_{\text{п.з}} = 7 \text{ хв.} \quad (3.13)$$

Штучно калькуляційний час дорівнює сумі штучного часу на операцію і підготовчо-заключного:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{п.з}} = 9,17 + 7 = 16,7 \text{ хв.} \quad (3.14)$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		86

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі експлуатації проектуємого обладнання.

Виробниче середовище безпосередньо впливає на продуктивність праці. У несприятливих умовах виробничого середовища працівник не тільки виконує трудові дії, але й зазнає додаткового навантаження на організм у зв'язку з необхідністю виконувати фізіологічну роботу з метою пристосування до тих чи інших факторів.

Під виробничим середовищем розуміють взаємопов'язаний комплекс технічних, технологічних та організаційних факторів, які впливають на енергетичні затрати, нервово-м'язову і психічну діяльність працівника, його здоров'я та продуктивність праці.

Найважливішими факторами виробничого середовища є фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні, які за певних умов можуть бути небезпечними і шкідливими для здоров'я працівників. Небезпечними і шкідливими називаються фактори, які при контакті з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами, як у процесі праці, так і у віддалені періоди життя сучасного та майбутнього поколінь.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Сьомик	<i>Сьомик</i>	13.06				
Перевір.		Фролов	<i>Фролов</i>	19.06			87	
Керівник		Фролов	<i>Фролов</i>	19.06		НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		
Н. Контр.		Васильєв	<i>Васильєв</i>	19.06				
Затв.		Орисенко	<i>Орисенко</i>	19.06				

При роботі проектуемого преса виникають такі шкідливі та небезпечні фактори як:

1. Шум при роботі електродвигуна.

В процесі роботи пресу одним із головних та постійних джерел виникнення шуму є електродвигун. Шум негативно впливає на роботу працівника та його здоров'є. Дія шуму може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо. Із загальної кількості захворювань, які перераховані вище, останнім часом значно зросла частка тих, які спричинені саме шумовим впливом.

2. Значна вібрація на початку процесу пресування, та в процесі роботи .

Процес пресування супроводжується незначною, але й шкідливою вібрацією для працівника. Джерелами вібрації є: рухомі частини пресу, електродвигун, поворот столу для завантаження сировини, сам процес пресування та вивантаження готового кирпичу. Причиною вібрації є виникаючі при роботі машин неурівноважені силові впливи: ударні навантаження; зворотно-поступальні переміщення; дисбаланс. Причиною дисбалансу є: неоднорідність матеріалу; розбіжність центрів мас і осей обертання; деформація.

3. Можливість ураження електричним струмом.

Так як в машині силовим агрегатом є електродвигун, а також встановлено різні запобіжні пристрої, реле, кінцевики і т.д. то є можливість ураження працівника електричним струмом. Поява напруги на частинах електроустановок та машин, що не знаходяться під напругою в нормальних умовах експлуатації (корпуси, пульти тощо), частіше за все виникає внаслідок пошкодження ізоляції. Поява крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання струмоведучих проводів на землю. Неузгоджені або помилкові дії персоналу, відсутність нагляду за електроустановками, порушення експлуатаційних вимог і т. ін.

4. Постійний контакт із рухомими частинами та деталями преса;

5. Пилоутворення в процесі роботи пресу;

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

88

Так як процес пресування проводиться при засипанні сухої готової суміші, яка складається з глини, піску, цементу та вапна, утворюється пил. Пил шкідливо впливає здебільшого на дихальні шляхи. При цьому його дія залежить від його природи, концентрації, дисперсності, а також розчинності.

6. Перебування в зоні знаходження деталей що перебувають під тиском.

Процес пресування відбувається при створенні значного тиску на прес-форму. При руйнуванні прес-форми чи інших деталей, їх частини можуть травмувати працівника.

Фактори небезпеки що діють на працівника найбільше, представленні в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Найбільш небезпечні фактори небезпеки для працівника

№	Назва та визначення фактору	Спосіб дії на людину	Можливі наслідки для працівника	Норма та документи, що її визначає
1	2	3	4	5
1	Пожежі - позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля.	Ураження працівника вогнем	Опіки різної тяжкості, задуха, отруєння.	Згідно ДСТУ ISO 16732-1:2018
2	Ураження електричним струмом – травми зумовленні впливом електричного струму	Ураження працівника електро-струмом	Електричні опіки, електро-удари, параліч серцевої діяльності, параліч дихання.	Згідно ДСТУ EN 60204-1:2019

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

89

4.1.2. Запобіжні пристосування передбачені в конструкції преса для безпечної його експлуатації

Машина обладнана пристроями захисту працюючих від небезпеки у випадках руйнування, пошкодження або ослаблення кріплення окремих деталей.

Машина, що створює тиск в робочих порожнинах (штампах), забезпечена запобіжними пристроями від підвищення максимально допустимого тиску.

Машина не повинна мати гострих кутів крайок, нерівностей, що уособлюють джерело небезпеки. А якщо в них є необхідність, то потрібно їх огородити з метою захисту від травмування;

Конструкція виключає можливості випадкового зіткнення персоналу з гарячими та переохолодженими частинами.

Конструкцією машини передбачено засоби сигналізації і автоматичної зупинки при порушенні нормального режиму роботи, а у разі потреби - засоби автоматичної зупинки і відключення устаткування від джерел енергії при небезпечних несправностях. Але екстремальна зупинка не повинна створювати небезпеки при опрацюванні.

В конструкції машини передбачений захист від поразки електричним струмом, що відповідає вимогам:

- струмоведучі частини машини, що є джерелами небезпеки, надійно ізолювані або огорожені, або знаходяться в недоступних для людей місцях;
- електроустаткування, що має відкриті струмоведучі частини, розміщене усередині корпусів, шаф, блоків із дверцят, що закриваються, або закрито захисними кожухами при розташуванні в доступних місцях;
- металеві частини преса, що можуть внаслідок ушкодження ізоляції опинитися під електричною напругою небезпечної величини, заземлені та занулені;
- у схемі електричних ланцюгів передбачений пристрій централізованого відключення від мережі всіх електричних ланцюгів.

Конструкція преса виключає нагромадження зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		90

Ураження електричним струмом характеризується наявністю таких небезпечних факторів, як підвищена вологість повітря, забруднення шкіряних покривів обслуговуючого персоналу, струмопровідна підлога, особливу увагу слід приділяти дотриманню вимог електробезпеки.

Для захисту від ураження електричним струмом, преса а також інші машини та агрегати, призначені для формування пресування цегли (крани, конвеєри, і т.п.) мають захисне заземлення.

4.1.3 Інженерні рішення з техніки безпеки передбачені в проекті

В дипломному проекті представлено прес для пресування кирпичу, привід якого включає в себе електричний двигун, а отже не виключається можливість отримання електричних трав, у даному проекті проведено розрахунок захисного заземлення.

Захисне заземлення призначено для захисту від ураження електричним струмом при торканні до не струмоведучих металевих частин електрокерова-них машин та агрегатів, які опинилися під напругою.

Фізична сутність захисного заземлення полягає у тому, що навмисно створене між металевим корпусом обладнання та землею електричне з'єднання досить малого опору в порівнянні з опором тіла людини дозволяє знизити силу струму, що протікає через тіло людини до певного допустимого значення.

Захисному заземленню підлягають металеві корпуси електромашин, трансформаторів, освітлювальних пристроїв, пересувного електрообладнання, металоконструкції розподільних пристроїв, каркаси щитів, пультів, шаф і таке інше.

Заземлювач - основний конструктивний елемент заземлюючого пристрою.

Розрізняють заземлювачі природні та штучні.

До природних відносять заземлювачі:

- металеві трубопроводи, не покриті ізоляцією, покладені в землю (за винятком трубопроводів паливно-мастильних рідин та легкоспалахуючих газів);

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист 91
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- обсадні труби різного призначення;
- металеві та залізобетонні конструкції будівель та споруд;
- металеві шпунти гідротехнічних споруд.

Штучні заземлювачі, як правило, представляють собою вертикальні та горизонтальні електроди діаметром 10...48 мм і довжиною 1...2,5 м або кутики товщиною полиці не менше 4 мм і довжиною 2,5...3 м. Верхній кінець повинен знаходитися на глибині 0,6...0,7 м від поверхні землі.

Для зв'язку між собою вертикальних заземлювачів і в якості самостійних заземлювачів використовують горизонтальні електроди - круглу сталь діаметром 10 мм або сталеву полосу товщиною не менше 4 мм.

Розрахунок заземлюючого пристрою зводиться до визначення кількості вертикальних та горизонтальних електродів заземлювача залежно від потрібного у відповідальності до ПУЕ опору заземлення, питомого опору землі і місці створення заземлення, розмірів електродів і конфігурації заземлення.

Необхідна величина опору заземлюючого пристрою для розробленого преса згідно з вимогами ПУЕ становить 4 Ом.

За умовою задачі питомий опір ґрунту $\rho = 60 \text{ Ом}$;

Довжина вертикального електрода $l = 1 \text{ м}$;

Діаметр електрода $d = 0.045 \text{ м}$;

Електроди розташовані в ряд;

Відношення довжини вертикального електрода до відстані між

ними $\frac{a}{l} = 2$.

Опір розтіканню струму для вертикального електрода із круглої сталі визначаємо за формулою (4.1):

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \cdot \left(l_n \frac{2 \cdot l_B}{d} + 0.5 \cdot \frac{4 \cdot t_B + l_B}{4 \cdot t_B - l_B} \right) \quad (4.1)$$

де: t_B - глибина занурення електрода, приймаємо при $l_B = 1 \text{ м}$

$$t_B = \frac{l}{2} + 0,6 = \frac{1}{2} + 0,6 = 1,1 \quad (4.2)$$

Тоді :

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

92

$$R_b = \frac{60}{2 \cdot 3.14 \cdot 1} \cdot \left(l_n \frac{2 \cdot 1}{0.045} + 0.5 \cdot \frac{4 \cdot 1,1 + 1}{4 \cdot 1,1 - 1} \right) = 44,6 \text{ Ом} \quad (4.3)$$

Опір розтіканню струму горизонтального електрода із стрічкової сталі визначаємо за формулою (4.2):

$$R_r = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_r} \cdot l_n \frac{l_r^2}{b \cdot t_r} \quad (4.4)$$

Де: l_r – довжина горизонтального електрода, визначається як добуток кількості n вертикальних електродів на відстань між ними, тоді у разі використання 10 вертикальних електродів $l_r = 2 \cdot 10 = 20$ м; b - ширина сталеві стрічки, приймаємо $b = 0,045$ м; t_r - глибина занурювання горизонтального електрода, $t_r = 0.8$ м.

Схема установки одиночного електрода наведена на рисунку 4.1.3

Тоді:

$$R_r = \frac{60}{2 \cdot 3.14 \cdot 30} \cdot l_n \frac{20^2}{0.045 \cdot 0.8} = 2,96 \text{ Ом} \quad (4.5)$$

Схема установки одиночного електрода наведена на рисунку 4.2.

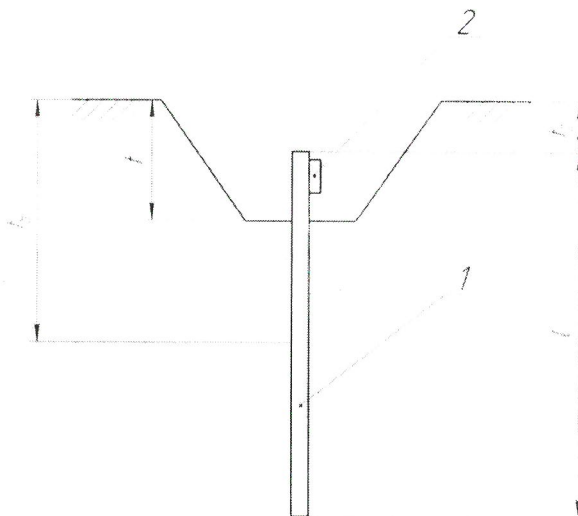


Рисунок 4.1.3 Схема розташування одиночного електрода:

1 - горизонтальний електрод, 2 - вертикальний електрод

Опір ґрунтового заземлюючого пристрою визначається за формулою(4.3):

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

93

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot n_\Gamma + R_\Gamma \cdot n_B \cdot n} \quad (4.6)$$

де: n_Γ - коефіцієнт використання горизонтального електрода, при кількості вертикальних електродів $n = 10$ штук, їх рядному розташуванні та відношенні відстані між ними до їх довжини $a = 2$, приймаємо $n_\Gamma = 0,75$ [6 стор.184];

n_B - коефіцієнт використання вертикального електрода, при кількості вертикальних електродів $n = 10$ штук, їх рядному розташуванні та відношенні відстані між ними до їх довжини $a = 2$ приймаємо $n_B = 0,82$ [6 стор. 1 84]

Тоді :

$$R = \frac{44,6 \cdot 2,96}{44,6 \cdot 0,75 + 2,96 \cdot 0,81 \cdot 10} = 2,298 \text{ Ом.} \quad (4.7)$$

Розрахункова величина опору заземлюючого пристрою не перевищує необхідної величини $2,298 < 4,0$. На основі цього можна зробити висновок, що прийнята конструкція заземлюючого пристрою забезпечує необхідний рівень електробезпеки для вимог ПУЕ.

4.1.4 Організаційні заходи з техніки безпеки та заходи з пожежної безпеки

Розрізняють загальні та спеціальні правила техніки безпеки при роботі на будівельній машині та її обслуговуванні.

Загальні правила техніки безпеки включають питання міцності та стійкості машини, огороження рухомих частин, небезпечних зон, забезпечення нормальної безвідказної роботи запобіжних та сигналізуючих пристроїв, створення достатньої освітленості робочого місця.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		94

Спеціалізовані правила техніки безпеки враховують особливості проведення робіт з пресування керамічної цегли з різної глино-пісчаної суміші.

1 .Перед початком роботи.

Роботу на пресі починати в тому випадку, якщо він оператором вивчений і до самостійної роботи на яких оператор допущений.

Перевірити і упевнитися в працездатності:

Всіх частин преса і правильності їх взаємодії;

Дії зупинно-пускових пристроїв (ричагів, пускових кнопок та інше.);

Правильність установки пресової головки;

Надійного кріплення мундштука до пресової головки;

Перевірити правильність та якість встановлення пересувного пресового столу, робото здатність обмежуючих хід стола пристроїв.

Перевірити наявність огорож (кожухів) на обертових механізмах приводу для запобігання попадання людей в зону роботи механізмів, які мають механічні зусилля, здатні нанести травму (пасові, відкриті, зубцеві, ланцюгові, фрикційні та інші механічні передачі).

Кожухи пофарбувати яскравою фарбою.

Якщо габарити й особливості роботи машини не дозволяють встановити захисні огороження, то обов'язкова установка засобів сигналізації і попередження про підвищену небезпеку.

Робоча зона преса повинна бути огорожена щитами і попереджувальними плакатами за запобігання проникнення сторонніх осіб, що не пройшли спеціальний інструктаж.

Перевірити роботу преса на холостому ході.

Перевірити наявність ручного інструменту, необхідного для технічного процесу пресування керамічних труб.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

95

2. В період роботи

Приступати до роботи тільки на справному пресі. Перевірити плавність роботи шнека, рухомого столу, правильність роботи запобіжних пристроїв.

Вмикати прес на робочий хід тільки після того, як увімкнено стрічковий конвеєр для подачі суміші, а руки виведені з небезпечної зони.

Слідкувати за тим, щоб пусковий механізм був огорожений, не здійснилося самовмикання преса від випадково падаючих на нього деталей або інструментів.

Вмикання пускової кнопки проводити до відказу, так як необережне вмикання може викликати здвоєний хід механізму.

Не переключати самовільно роботу преса з установленого майстром режиму. Заклинювати пускові кнопки вмикання категорично забороняється.

Забороняється проводити самовільну наладку і деякі виправлення пресу. Технічну змазку робочих частин проводити спеціальними клаптями без введення рук в небезпечну зону і тільки після зупинки пресу.

Не залишати інструмент та інші предмети на поворотному столі преса; не опиратися на прес; не передавати і не приймати будь-що через небезпечну зону (зону пре совки).

При бригадній роботі на пресі чітко погоджувати дії між членами бригади. Прес повинен вмикатися всіма членами бригади одночасно; для цього кількість кнопок на пресі повинна відповідати кількості членів бригади.

Прибирання преса а також змазка механізмів преса проводиться тільки при вимкненому електродвигуні і при повній зупинці маховика.

При роботі в вечірню і нічну зміну повинно бути добре освітлення робочого місця з направленням світових променів з права від себе.

Відходи, які виникли в період пре совки цегли, не змітати на підлогу, а збирати в спеціальну тару.

При відлученні з робочого місця зупинити прес і вимкнути електромотор.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

96

3. В кінці роботи

Вимкнути електродвигун.

Привести в порядок робоче місце і здати його зміннику або майстру.

Повідомити свого змінника і майстра про всі помічені в період роботи несправності.

Заходи з попередження пожеж тісно пов'язані з правилами техніки безпеки, оскільки пожежі супроводжуються нещасними випадками. Техніку боротьби з вогнем та протипожежні заходи необхідно вживати як для запобігання пожеж, так і для підготовки людей та засобів до обмеження району розповсюдження вогню и повної його ліквідації.

З метою виключення пожежі необхідно розробити конкретні протипожежні заходи з урахуванням місцевих умов та загальних правил протипожежної безпеки та контролювати їх виконання і дотримання.

Профілактичні протипожежні заходи можуть бути наступні:

Видалення з приміщень, де виконуються роботи (технологічний процес) легкоспалахуючих відходів;

Утримання проходів до засобів пожежогасіння вільними;

Створення запасів води, призначеної для гасіння пожеж, та вогнегасників;

Встановлення спеціальних місць для паління;

Встановлення огорожі в місцях розташування електроприладів;

Призначення осіб на пожежній дільниці проведення робіт, які б слідкували за станом протипожежної безпеки;

Місця встановлення засобів зв'язку та сигналізації необхідно оснастити табличками про порядок подачі сигналів і виклик пожежної частини;

У разі виникнення пожежі необхідно повідомити про неї у пожежну частину і до прибуття пожежних приступити до ліквідації загорання;

У даному дипломному проєкті мною запропоновано встановити такі протипожежні засоби:

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

97

- вогнегасники з порошком класу В, з їх допомогою можна успішно гасити майже усі класи пожеж, у тому числі і електроустаткування, що знаходиться під напругою до 10000 В;
- датчик диму СПД 3.2 з радіусом дії до 20м²;
- точки, для місцевого підключення до водопостачання для гасіння пожеж.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		98

4.2 Цивільний захист

4.2.1. Аналіз можливих надзвичайних ситуацій на об'єкті

Прес для виготовлення кирпичу що представлено у дипломному проекті встановлюється та працює в цеху підприємства. Підприємство що займається виробництвом такої продукції повинно мати деяку інфраструктуру, а саме склади для зберігання суміші для виготовлення кирпичу, склади для зберігання готової продукції, цех для формування та охолодження кирпичу, цех для обпалення, транспортний цех.

На всіх цих об'єктах не виключається можливість надзвичайних ситуацій. Тому в дипломному проекті представлено аналіз можливих надзвичайних ситуацій та можливі причини їх виникнення.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру — це наслідок транспортних аварій, катастроф, пожеж, неспровокованих вибухів чи їх загроза, аварій з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптового руйнування споруд та будівель, аварій на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічних аварій на греблях, дамбах тощо.

Виробнича аварія — це раптова зупинка роботи або порушення установленого процесу виробництва на об'єкті, яка призводить до пошкодження або знищення матеріальних цінностей, травмування або загибелі людей.

Характер наслідків виробничих аварій і катастроф залежить від виду аварії (катастрофи), її масштабів і особливостей виробництва.

Основними причинами виробничих аварій є безвідповідальне ставлення проектувальників до вимог техніки безпеки, керівників підприємств, цехів до дотримання цих вимог, низький контроль за станом виробництва і особливо за вибухонебезпечними і легкозаймистими ділянками; порушення будівельних норм при будівництві об'єктів і монтажі технічних систем; погана обізнаність про окремі явища і реакції хімічних речовин у лабораторних умовах; стихійні лиха, які призводять до руйнування ліній електропостачання, газопроводів,

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		99

комунальної мережі, виробничих корпусів, тваринницьких ферм та ін.; порушення технології виробництва, правил експлуатації обладнання, машин, механізмів і транспорту; недотримання правил зберігання агресивних, вибухо- і пожежонебезпечних речовин і неправильне поводження з ними; фізичне старіння і корозія металів; аварії на сусідніх підприємствах або на енергетичних лініях і комунальних мережах.

Виробничі аварії можуть бути різними, але у них є найбільш типові уражаючі фактори — це вибухи, які призводять до руйнування виробничих будівель, інтенсивні пожежі, отруєння людей рідинами і газами; завали виробничих будівель споруд, ураження людей електричним струмом, затоплення виробництва разом з людьми, негативний психологічний вплив на людей.

Аварія може зумовити катастрофу з невивірними наслідками, з великими людськими втратами.

Великі аварії, які виникають на великих промислових об'єктах, на транспорті, за обсягами руйнування, людськими жертвами, а також за характером післядії на людей, тварин і рослин можуть бути такими, як дія сучасної зброї масового ураження.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру виникають в основному на потенційно техногенно небезпечних об'єктах. До них належать: хімічно небезпечні об'єкти, радіаційно небезпечні об'єкти, вибухо- та пожежонебезпечні об'єкти і гідродинамічні небезпечні об'єкти.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру класифікують за такими основними ознаками:

— за масштабами наслідків (об'єктові, місцеві, регіональні й загальнодержавні);

— за галузевою ознакою (надзвичайні ситуації у сільському господарстві, у лісовому господарстві, на заповідній території, на об'єктах особливого природно-охоронного значення, у водоймах, матеріальних об'єктах, об'єктах інфраструктури, промисловості, транспорту, житлово-комунального господарства).

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

100

4.2.2 Підвищення стійкості об'єкта на випадок надзвичайних ситуацій

Запропонований у дипломному проєкті прес повинен працювати на підприємстві яке можна віднести до потенційно пожежо небезпечних. Через наявність електрообладнання та обладнання для термічної обробки готового напівфабрикату.

За певних умов, у процесі виробництва стають небезпечними і легко спалахують деревний, вугільний, борошняний, зерновий, амонієвий, торф'яний, льняний та бавовниковий пил.

При складанні планів цивільного захисту і прогнозуванні можливої обстановки необхідно звернути увагу на проведення заходів, які зменшують імовірність виникнення спалахування і вибухів легкозаймистих рідин і газів, що є на конкретному виробництві. Імовірність спалахування і вибуху зменшують: ефективна вентиляція обладнання приладів, які попереджують виділення парів і газів і збирання вибухових концентрацій, вилучення потенційних джерел запалювання (електроприлади та ін.), ізоляція або відокремлення вибухонебезпечних приміщень, встановлення пристроїв для придушення вибуху, встановлення полум'ягасних металевих сіток, перфорованих листів металу, сотових структур із гофрованих металевих стрічок і коробів, заповнених галькою або керамічними кільцями, винесення вибухонебезпечних робіт на відкрите повітря, обладнання вихідних отворів кришками і перегородками, які легко відкидаються або руйнуються, іскроутворююче обладнання (вимикачі, рубильники та ін.) слід встановлювати з пристроями, які гасять іскри (занурювання у мастило). Температура зовнішніх поверхонь електроустаткування має бути нижчою температури спалахування вибухонебезпечних парів і газів, апаратура має бути герметичною, щоб не допускати атмосфери, що спалахнула до нагрітих деталей, а також викидання полум'я та іскр у навколишнє середовище. Дуже часто великі жертви, руйнування і пожежі спричиняються вибухами промислового пилу. Швидкому

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист 101
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

спалахуванню і великій швидкості горіння сприяє те, що пил, завислий у повітрі, має велику площу поверхні на одиницю маси. Полум'я швидко поширюється, утворюючи попереду себе хвилю тиску гарячих газів, яка руйнує на своєму шляху перепони, піднімає в повітря шари пилу, що лежить, і це призводить до більш сильних, ніж перші, повторних вибухів.

Спалахування і вибух пилу залежать від розміру і форми частинок. Зі зменшенням розміру частинок плоскої форми підвищується можливість спалахування.

Пил вибухає при концентрації в повітрі не нижче певної межі. Для більшості матеріалів межею вибуху є 20—40 г/м³, з максимальним тиском вибуху від 7,3 до 450 кПа і температурою спалахування 400—600 °С, за винятком цирконію, який спалахує при 20 °С, та сірки — при 190 °С.

Пил, що знаходиться в шарах, спалахує при нижчій температурі, ніж хмара пилу. Чим товщий шар пилу, тим нижча температура його спалахування (різниця досягає 200 °С). Спочатку тліюче горіння виникає в шарі пилу, а потім, якщо пил піднімається в повітря, відбувається вибух.

Спалахування пилу в хмарі сільськогосподарських продуктів відбувається при температурі від 480 до 550 °С. Зі збільшенням шару товщини пилу до 1,25 см температура займання знижується на 210—350 °С

4.2.3 Прогнозування обстановки та розробка превентивних заходів

4.2.3.1 Основні протипожежні заходи

У приміщеннях на помітних місцях біля телефонів, слід розмістити таблички із зазначенням номеру телефону для виклику пожежної охорони:

При пожежі дзвонити 101

Дороги, проїзди й проходи до будівель, споруд, пожежних водо джерел, підступи до зовнішніх стаціонарних пожежних драбин, пожежного інвентарю, обладнання та засобів пожежогасіння мають бути завжди вільними, утримуватися справними, узимку очищатися від снігу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

102

У підвальних і цокольних приміщеннях не допускається зберігання та застосування легкозаймистих та горючих рідин, балонів з газами та інших вибухопожежонебезпечних речовин і матеріалів.

Евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, нічим не зашарашуватися і в разі виникнення пожежі забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд.

В усіх, незалежно від призначення, приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогами технології працюють цілодобово).

На об'єктах приблизно три з п'яти пожеж трапляються внаслідок необережного поводження з вогнем та теплового прояву електричного струму.

Відкрите полум'я небезпечне не тільки при безпосередньому контакті з горючим середовищем, але й при його опромінюванні.

Відкритий вогонь має достатню температуру та запас теплової енергії, які спроможні викликати горіння усіх видів горючих речовин і матеріалів. Тому головним захистом від даних джерел запалювання є ізоляція від можливого зіткнення з ними горючих речовин.

Не дозволяється розводити багаття, спалювати відходи, тару, викидати незагашене вугілля та попіл на відстань менше 15 м від будівель та споруд, а також в межах установлених будівельними нормами протипожежних розривів

Викликати пожежу можуть також іскри, які виникають у топках, під час газоелектрозварювання та при роботі двигунів. Вони являють собою розжарені частинки пального або окалини у газовому потоці, які виникають внаслідок неповного згоряння чи механічного винесення горючих речовин та продуктів корозії. Температура такої частинки досить висока, але запас теплової енергії є невеликим, тому що іскра має малу масу. Іскри здатні запалити тільки речовини,

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		103

які достатньо підготовлені для горіння. До таких речовин належать газо- та пароповітряні суміші, осілий пил, волокнисті матеріали.

До джерел відкритого вогню належить і полум'я сірників, необережне поводження з якими може призвести до пожежі.

Багато речовин можуть займатися від таких "малокалорійних" джерел запалювання, як тліючі недопалки. Контакт незагашеного недопалка з твердими та волокнистими речовинами або пилом призводить до утворення осередку тління, який при достатньому доступі повітря та за умов, які сприяють акумуляції тепла, що виділяється, викликає процес горіння.

Тліюча сигарета за наявності оптимальних умов запалює стружки й деревину через 1-1,5 та 2-3 год., паперові відходи, сіно, солому - через 0,25-1 год., бавовняні тканини - через 0,5-1 год.

На території об'єктів, де паління дозволяється, адміністрація зобов'язана визначити і обладнати спеціальні місця для цього, позначити їх знаком або написом, встановити урну або попільницю з негорючих матеріалів .

4.2.3.2 Спеціальні заходи щодо попередження пожеж від теплового прояву електричного струму

Враховуючи стрімке зростання кількості споживачів електричної енергії, багато пожеж виникає внаслідок несправностей та порушень правил експлуатації електротехнічних, електронагрівальних приладів, пристроїв та устаткування. В більшості випадків такі пожежі виникають як результат коротких замикань в електричних ланцюгах; перегріву та займання речовин і матеріалів, розташованих у безпосередній близькості від нагрітого електроустаткування; струмових перевантажень проводів та електричних машин; великих перехідних опорів тощо.

Особа, призначена відповідальною за їх протипожежний стан (головний енергетик, енергетик, інженерно-технічний працівник відповідної кваліфікації), зобов'язана:

- організувати і проводити профілактичні огляди та планово

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

104

попереджувальні ремонти електрообладнання і електромереж, а також своєчасне усунення порушень, які можуть призвести до пожежі;

- забезпечувати правильність застосування електрообладнання, кабелів, електропроводок залежно від класу пожежо та вибухонебезпечності зон і умов навколишнього середовища, а також справний стан апаратів захисту від коротких замикань, перевантажень та інших небезпечних режимів робіт; організувати навчання та інструктажі чергового персоналу з питань пожежної безпеки під час експлуатації електроустановок.

4.3. Стійкість роботи об'єктів господарчої діяльності до дії ударної хвилі.

4.3.1 Визначення стійкості преса до дії ударної хвилі.

Визначити стійкість об'єкта до дії ударної хвилі - це визначити, при яких максимальних значеннях надлишкового тиску в фронті ударної хвилі об'єкт здатний продовжувати свою роботу .

Задача 1: Визначити граничне значення надлишкового тиску, яке не визиває зсування незакріпленого преса для формування кирпичу відносно бетонної основи $\Delta P_{ф \text{ го см}}$.

Вихідні дані: довжина преса $l = 2300$ мм, ширина пресу $b = 1064$ мм, висота $h = 1510$ мм, маса $=2050$ кг.

Рішення: Визначаємо граничне значення швидкості натиску, яке не призводить до зсування преса, за формулою:

$$\Delta P_{шв} = \frac{f \cdot m \cdot g}{C_x \cdot b \cdot h} \quad (4.7)$$

За таблицею 1 визначаємо коефіцієнт тертя чугунної основи по бетону $f = 0,35$, а за таблицею 2 – коефіцієнт аеродинамічного опору $C_x = 1,3$. Тоді

$$\Delta P_{шв} = \frac{0,35 \cdot 2050 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 1,064 \cdot 1,51} = 3366 \text{ Па} = 3,366 \text{ кПа} \quad (4.8)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист
106

По величині $\Delta P_{шв} = 3,366$ кПа за графіком 1, знаходимо $\Delta P_{\phi} = 25$ кПа.

Висновок: При $\Delta P_{\phi} > 25$ кПа ударна хвиля зсуву преса спричинить зсув преса, який відповідає слабким руйнуванням.

4.3.2 Визначення стійкості пресу від перекидання

Високі предмети (баштові крани, опори ЛЕП, вертикальні верстати, високі прилади і т. інш) можуть перекидатися (завалюватися) ударною хвилею.

Умовою перекидання закріпленого предмета є перевищення перекидаючого момента над стабілізуючим.

Задача 2 Визначити граничне значення надлишкового тиску ΔP_{ϕ} , при якому прес не перекидається.

Вихідні дані: довжина преса $l = 2300$ мм, ширина пресу $b = 1064$ мм, висота $h = 1510$ мм, маса = 2050 кг.

Рішення: Визначаємо граничне значення швидкості натиску $\Delta P_{шв}$, при якому прес не перекинеться, за формулою:

$$\Delta P_{шв} = \frac{l \cdot m \cdot g}{2 \cdot C_x \cdot Z \cdot S} \quad (4.9)$$

Приймаючи висоту прикладення сили

$$Z = \frac{h}{2} = \frac{1,510}{2} = 0,755 \text{ м} \quad (4.10)$$

Площа міделя

$$S = b \cdot h = 1,064 \cdot 1,510 = 1,61 \quad (4.11)$$

За таблицю 2 – коефіцієнт аеродинамічного опору $C_x = 1,3$. Тоді

$$\Delta P_{шв} = \frac{2,3 \cdot 2050 \cdot 9,8}{2 \cdot 1,3 \cdot 0,755 \cdot 1,61} = 14,62 \text{ кПа} \quad (4.12)$$

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		106

По величині $\Delta P_{шв} = 14,62$ кПа за графіком 1, знаходимо $\Delta P_{\phi} = 40$ кПа.

Висновок: При $\Delta P_{\phi} > 40$ кПа ударна хвиля перекине прес, що призведе до середніх руйнувань.

					ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		107

Висновки

1. Під час проведення огляду існуючих конструкцій пресів, було виявлено, що преси для виготовлення цегли займають одне з головних місць в процесі виготовлення керамічних напівфабрикатів. Вони мають високу якість пресування напівфабрикатів та значну продуктивність.
2. Було досліджено вакуум прес на предмет недоліків та було виявлено такі:
 - базові двигуни споживають багато електроенергії;
 - недоцільне використання значних за потужністю двигунів;
 Після цього було прийнято схему модернізації:
 - застосування менш потужного двигуна;
 - зменшення металоємності преса.
3. Було розраховано: зубчасті передачі, підібрано двигун , розраховано шпонкові з'єднання.
4. Було розроблено технологічний процес виготовлення привідного вала.
5. Були досліджені шкідливі та небезпечні фактори, що діють на оператора преса та застосовані інженерні рішення для їх усунення.

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Висновки	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Сьомик	<i>Сьомик</i>	13.06		Н	108	1
Перев.		Фролов	<i>Фролов</i>	19.06				
Керівник		Фролов	<i>Фролов</i>	19.06				
Н. контр.		Васильєв	<i>Васильєв</i>	19.06				
Затв.		Орисенко	<i>Орисенко</i>	19.06				
						НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ		

Список літератури

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник.– Львів: Світ, 1996.
2. Баладінський В.Л., Назаренко І.І., Онищенко О.Г. Будівельна техніка: підручник.– Київ-Полтава: КНУБА-ПНТУ, 2002.– 462 с.
3. Вольтерс О.Ю., Головань В.П., Діктерук М.Г. Підйомно-транспортна техніка будівельної індустрії: навч. посіб.– К.: КНУБА, 2001.– 208 с.
4. Назаренко І.І. Машина для виробництва будівельних матеріалів: підручник.– К.: КНУБА, 1999.– 488 с.
5. Ніколенко І.В., Дащенко О.Ф., Красовський Є., Сосновський С., Яковенко А.М. Гідравліка, гідравлічні машини, гідроприводи: навч. посіб.– Сімферополь: РВВ НАПКБ, 2008.– 321 с.
6. Русан І.В., Гаркавенко О.М., Вольтерс О.Ю. Механізми і устаткування транспортуючих машин: навч. посіб.– К.: КНУБА, 2007. – 240 с.
7. Сукач М.К., Ніколенко І.В., Вольтерс О.Ю. Будівельна техніка: навч. посіб.– К.-Сімф-ль: КНУБА-НАПК, 2010.– 296 с.
8. Пілюшенко В. Л., Шкрабак І. В., Славенко Е. І. Наукове дослідження: Організація, методологія, інформаційне забезпечення: навч. посіб. Київ: Лібра, 2004. 344 с.
9. ДБН В.2.8-3-95. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. Технічна експлуатація будівельних машин. Вид. офіц. Київ: Держкоммістобуд України, 1995. 42 с.

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Список літератури	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Сьомик		<i>Сьомик</i>	13.06		Н		103
Перев.	Фролов		<i>Фролов</i>	14.06				
Керівник	Фролов		<i>Фролов</i>	19.06				
Н. контр.	Васильєв		<i>Васильєв</i>	19.06				
Затв.	Орисенко		<i>Орисенко</i>	19.06	НУПП, ННІ ІТР, 4-ММ			

10. Іпполітова І. Я., Сорокотяженко К. С. Формування організаційно економічного механізму енергозбереження на підприємстві. Глобальні та національні проблеми економіки. 2015. Вип. 8. С. 406–411.
11. Краснікова Л. І., Останін Д. В. Оцінка ефективності виробництва та споживання електроенергії в Україні. Наукові записки НАУКМА: Т. 15. Економіка. 1999. С. 38–46.
12. Микитенко В. В. Енергоефективність промислового виробництва : монографія. Київ : Об'єд. ін-т економіки, 2004. 281 с.
13. Іщук С. І., Гладкий О. В. Техніко-економічні основи промислового виробництва : навч. посіб. Київ : Академія, 2011. 296 с.
14. Сердюк Л. І. Теорія розмірностей, теорія подібності та математичне моделювання : посіб. для студ. та аспірантів. Полтава : ПолтНТУ. 2005. 154 с.
15. ДСТУ ДСТУ 8.417-2002. Міждержавний стандарт. Державна система забезпечення єдності вимірів. Одиниці величин. ДНАОП. Законодавча база. Чинний від 2003-09-01. Вид. офіц. 2002. 24 с.
16. Савченко О.Г. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібно штучних стінових виробів - Харків, 2006р. – 179 с.
17. В.В. Ковалів, А.Т. Гордієнко, І.Е. Шевченко. Організація ремонту устаткування на підприємстві будівельних матеріалів. – Київ: УМК В, 1991 р. – 314 с.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.4ММ.033-00.00.000ПЗ

Лист

100

Додаток

маршрутно-операційна карта виготовлення вала

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Под. найменування операції	Позначення документа														
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНБ.	ЕН	ОП	К. іст	Т п.з.	Т шт.				
К/М					Под. найменування обладнання															
					Найменування деталі ск. одиниці або матер.	Позначення та код														
А 01	Різець прохідний Т5К10, патрон 3-х кулачковий, штангенциркуль ШЦ-250																			
Б 02	Токарна																			
03	Токарно-гвинторізний верстат 1А62																			
04	Точити поверхні 1, 2 послідовно, чорнова обробка																			
05	Різець прохідний Т5К10, патрон 3-х кулачковий, штангенциркуль ШЦ-250																			
06	Токарна																			
07	Токарно-гвинторізний верстат 1А62																			
08	Чистове обточування поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, підрізати торці 3, 4, точити фаски 5, 6																			
09	Різець прохідний Т15К6, патрон 3-х кулачковий, штангенциркуль ШЦ-250																			
10	Токарна																			
11	Токарно-гвинторізний верстат 1А62																			
12	Чистове обточування поверхонь 1, 2 чистова обробка, підрізати торці 3, 4, точити фаски 5, 6.																			
13	Різець прохідний Т15К6, патрон 3-х кулачковий, штангенциркуль ШЦ-250																			
14	Шліфувальна																			
15	Круглошліфувальний верстат 3М152ВМ																			
16	Шліфування шийки Ø65k6 _{-0,019}																			

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Под. найменування операції	Позначення документа														
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНБ.	ЕН	ОП	К. ист	Т п.з.	Т шт.				
б					Под. найменування обладнання															
К/М					Найменування деталі ск. одиниці або матер.	Позначення та код														
А 01					Круг шліфувальний ПП24А40НСМ25К8 35 м/с															
Б 02					040 Шліфувальна															
03					Круглошліфувальний верстат 3М152ВМ															
04					Шліфування шийки Ø65k6 ^{+0,021} _{-0,002}															
05					Круг шліфувальний ПП24А40НСМ25К8 35 м/с															
06					045 Шліфувальна															
07					Круглошліфувальний верстат 3М152ВМ															
08					Шліфування шийки Ø50h6 _{-0,019}															
09					Круг шліфувальний ПП24А40НСМ25К8 35 м/с															
10					050 Шліфувальна															
11					Круглошліфувальний верстат 3М152ВМ															
12					Шліфування шийки Ø75h8 _{-0,046}															
13					Круг шліфувальний ПП24А40НСМ25К8 35 м/с															
14					055 Фрезерна															
15					Вертикально-фрезерний верстат															
16					Фрезерувати шпоночні пази 1, 2															

