МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проект

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему **Розробка технологічного процесу штампування плоскої клеми товщиною 2 мм з алюмінієвого сплаву АМц**

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1362-омт-с
спеціальності 136 Металургія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Обробка металів тиском
(код і назва освітньої програми)
Є. С. Канцедал
(ініціали та прізвище)

Керівник
проф. каф. МТЕТБ, д.т.н. Ю. О. Бєлоконь

Рецензент
проф. каф. МТЕТБ, д.т.н. В.О. Скачков

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально – науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра ____металургійних технологій, екології та техногенної безпеки___
Рівень вищої освіти __перший (бакалаврський) рівень_____
Спеціальність _____136 «Металургія»_____
(код та назва)
Освітньо-професійна програма _____Обробка металів тиском_____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МТЕТБ
_____Ю.О. Бєлоконь
"_27_" ___12_____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

_____Канцедал Євген Сергійович_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка технологічного процесу штампування плоскої клеми товщиною 2 мм з алюмінієвого сплаву АМц_____**

керівник роботи (проекту)__Бєлоконь Юрій Олександрович, д.т.н., проф.___,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "27" 12. 23 р. № 2215-с

2. Строк подання студентом роботи _____10 червня 2025 року_____

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали виробничої (переддипломної) практики, курсові проєкти, технічна документація, літературні джерела, інтернет-ресурси. Деталь – клема товщиною 2 мм, матеріал - АМц_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка технології холодного штампування та налаштування виробництва в цеху холодного листового штампування автомобілебудівного заводу з річною виробничою програмою 10000 автомобілів на рік.

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

Презентація до 15 слайдів (графіки залежностей, схем деформацій, схеми розміщення устаткування та обладнання тощо).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
1 Загальна частина	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
2 Технологічна частина	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
3 Механічна частина	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
4 Охорона праці та техногенної безпеки	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	

7. Дата видачі завдання __26.12.2023 року.__

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	12.02.25 – 13.03.25	
2.	Розділи 2 - 3	16.03.25 – 17.04.25	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	20.04.25 – 24.05.25	

Студент _____ **_Є. С. Канцедал_**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Ю. О. Бєлоконь**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ **___Г. В. Карпенко**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота : 72 с., 10 рис., 11 табл., 17 джерел.

ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ, ПЛАСТИЧНІСТЬ, ДЕФОРМАЦІЯ, ЛИСТ, ШТАМП, ПОВЗУН, ЗАКРИТА ВИСОТА, МАХОВИК, ПУАНСОН, МАТРИЦЯ, ВРІВНОВАЖУВАЧ, КОЛЕСО ЗУБЧАТЕ, ШТАМПУЄМІСТЬ.

Об’єкт дослідження – цех дрібного штампування автомобілебудівного заводу.

Мета роботи – розробка технології холодного штампування та налаштування виробництва в цеху холодного листового штампування автомобілебудівного заводу з річною виробничою програмою 10000 автомобілів на рік.

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків в ковальсько-штампувальному та прокатному виробництві.

Отримані результаті та їх новизна – була проведена модернізація технологічного процесу шляхом заміни старого виробничого обладнання новим високопродуктивним обладнанням. Матеріал для штампування базового цеху був змінен на більш практичний через, що зріс КВМ до 85 %. Також були застосовані прогресивні системи автоматизації та механізації. В результаті проведених змін збільшилась продуктивність виробництва та якість продукції, також знизилась собівартість.

Рекомендації до впровадження – результати кваліфікаційної роботи рекомендується застосовувати на будь-якому автомобілебудівному заводі в цеху дрібного штампування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....8
1.1 Річна виробнича програма.....8
1.2 Тип виробництва, состав цеху.....10
1.3 Загальна характеристика виробничого процесу в цеху.....10
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....16
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі…….....16
2.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення деталі ……17
2.3 Визначення форми і розмірів заготівлі ……18
2.4 Розкрій листового матеріалу ……20
2.5 Розрахунок технологічного процесу ……22
2.6 Вибір пресового устаткування ……24
2.7 Система змащення ……26
2.8 Конструювання штампів ……26
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....36
3.1. Опис конструкції і принципу дії преса.....36
3.2. Кінематичний розрахунок.....37
3.3 Силовий розрахунок і умови міцності.....42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....59
4.1 Ступінь безпеки процесу холодної штамповки, рівня його механізації та автоматизації.....59
4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....61
4.3 Розробка мір захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....63
4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії.....63

4.5 Заходи пожежної безпеки.....64
4.6 Заходу щодо забезпечення безпеки технологічних процесів.....65
4.7 Інженерна розробка медичного захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....67
ВИСНОВОК.....69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....70

ВСТУП

Обробка металів тиском (прокатка, кування, штампування) повсюдно застосовується практично у всіх галузях виробництва. Причиною цьому служать висока якість одержуваної продукції, продуктивність, продуктивність і економічність виробництва.

Темою даної кваліфікаційної роботи є проектування цеху дрібного, холодного листового штампування автомобілебудівного заводу з річною виробничою програмою випуску 10000 автомобілів «Lanos» у рік. На даному етапі розвитку науково-технічного прогресу замінити холодне листове штампування на виробництві даного типу не представляється можливим. У ХЛШ є ряд незаперечних переваг перед іншими типами виробництва (лиття, токарське виробництво), це простота, надійність і якість одержуваної продукції. Сьогодні існує пресове устаткування, що не вимагає яких-небудь спеціальних навичок від робітника. Потрібно всього лише укласти заготівлю в спеціально відведене для цього місце (штамповий простір) і нажати кнопку включення преса, все інше машина зробить сама.

Також до переваг ставиться можливість автоматизації і механізації технологічного процесу. Це веде до зниження трудомісткості, а як результат – знижується собівартість виробу. При роботі на особливо небезпечні для людини пресах, системи автоматизації ведуть до зниження травматизму серед робочого персоналу.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Річна виробнича програма

Вихідними даними для виконання кваліфікаційної роботи – є річна виробнича програма, дані по деталях-представниках, тип проектованого технологічного устаткування, що відповідають стандарти й нормативні матеріали.

Річна виробнича програма для цеху представлена за даними переддипломної практики у вигляді зведеної таблиці 1.1.

Для цехів холодного листового штампування машинобудівних заводів річна виробнича програма збільшується на 10 % для обліку виготовлення запасних частин.

Загальні підсумкові дані становлять програму випуску продукції цехом відповідно до завдання на проектування.

На основі програми випуску продукції в дипломному проекті визначаються баланс вихідних матеріалів і завантаження устаткування.

Виходячи з того, що програма випуску становить 10000 комплектів штампувань, і кожний комплект, у свою чергу, складається з 193 найменувань деталей, а деякі деталі штампуються по кілька штук (петля дверей, кронштейн тримача, хомут), комплект штампувань складається з 246 деталей.

Всі розрахунки по трудомісткості, собівартості виконання річної програми представлені розділі 7 - «Економічна частина».

Розрахунки технології виготовлення типових деталей (погоджено з керівником дипломного проекту) представлені в розділі 2 - «Спеціальна частина».

Відповідно розрахунки виробничого устаткування на прикладі преса КА 3134 А представлені в розділі 3 - «Механічна частина».

Таблиця 1.1 – Річна виробнича програма цеху дрібного, холодного штампування.

№	Найменування штампування	Матеріал	Маса, кг	штампувань на комплект	У на річну програму			Маса на річну програму тонн		
					Основні	Зап. Частини	Усього	Основні	Зап. Частини	Усього
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	Лоток розлитого палива	08Ю	0,200	1	10000	1000	11000	2	0,2	2,2
2	Хомут кріплення бачка гальм	08кп	0,009	1	10000	1000	11000	0,09	0,009	0,099
3	Підсилювач задньої стійки	Ст 35	0,06	2	20000	2000	22000	1,2	0,12	1,32
4	Стійка підстави	Ст 20	0,06	2	20000	2000	22000	1,2	0,12	1,32
5	Вісь петлі двері задка	65М	0,0037	2	20000	2000	22000	0,074	0,0074	0,0814
6	Кронштейн двигуна	08 кп	0,120	1	10000	1000	11000	1,2	0,12	1,32
7	Стрічка хомута передня	08 кп	0,010	2	20000	2000	22000	0,2	0,02	0,22
8	Упор педалі привода зчеплення	08 кп	0,012	1	10000	1000	11000	0,12	0,012	0,132
9	Шайба упорна оболонки троса привода зчеплення	08 кп	0,006	4	40000	4000	44000	0,24	0,024	0,264
10	Кронштейн лівий	20 кп	0,100	1	10000	1000	11000	1	0,1	1,1
11	Кронштейн резервуара стійки передньої підвіски	08Ю	0,370	1	10000	1000	11000	3,7	0,37	4,07
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
246	Ланка механізму	10 кп	0,260	2	20000	2000	22000	5,2	0,52	5,72
УСЬОГО					**200000**	**20000**	**220000**	**16,224**	**1,6224**	**17,8464**

1.2 Тип виробництва, состав цеху

Призначення проектованого цеху заданого темою дипломного проекту полягає у виробництві деталей дрібного штампування. Річною виробничою програмою передбачений випуск 10000 автомобілів «Lanos» у рік. На заводі крім проектованого цеху, також передбачена наявність цехів середнього й великого штампування. Цех дрібного листового штампування передбачає наявність дрібного виробничого устаткування зусиллям до 1000 кн, але оскільки, в окремих випадках, виникає необхідність штампування нестандартних виробів, або виконання трудомістких операцій потребуючих значно більших зусиль, у проектованому цеху передбачені преса зусиллям 1600 і 2500 кн.

У цеху, як уже згадувалося вище, виробляється продукція невеликих розмірів. Номенклатура становить 193 найменування деталей (див. табл. 1.1). Марки сталей, застосовуваних у процесі виробництва різноманітні - від простих сталей до легованих інструментальних. Тип виробництва – крупносерійний (10000 комплектів штампувань у рік) штампувальне виробництво.

Оскільки проектований цех розміщається в блоці цехів, до складу якого також входять цеху: заготівельний, ремонтний, цех середнього і великого штампування, то допоміжні відділення в цеху не передбачені. Основні відділення складаються зі штампувальних прольотів, під'їзних колій і підсобних приміщень. У цеху передбачене тільки мінімально-необхідне допоміжне устаткування для здійснення силами цеху дрібного і потокового ремонту.

Вантажопотоки в цеху розраховані з обліком самого великого преса. Під'їзні колії забезпечують зручний доступ до робочих місць для перевезення/підвезення готових виробів/заготівель.

1.3 Загальна характеристика виробничого процесу в цеху

Як уже згадувалося вище, матеріалом для заготівель служить широкий спектр матеріалів (від звичайних сталей до легованих і кольорових металів) тому й ціна їх значно відрізняється.

- Листи і штаби латунні ДЕРЖСТАНДАРТ 931-90:
  Л 90; Л 85; Л 80; Л 68; Л 63; ЛС 59-1; ЛМц 58-2; ЛО 62-1; ЛО 62-1.
- Стрічка холоднокатана з низьковуглецевої сталі ДЕРЖСТАНДАРТ 503-81:
  08кп; 08пс; 10кп; 10пс; 10.
- Прокат листовий холоднокатаний ДЕРЖСТАНДАРТ 19904-90 (СТСЕВ 1968-79): 45; 30; 35; 55.
- Сталь гарячекатана, товстолистова конструкційна якісна
  вуглецева для холодного штампування ДЕРЖСТАНДАРТ 4041-71:
  08кп; 10пс; 15кп; 15пс; 20кп; 20пс;
  08 ЮА; 10 ЮА; 20 ЮА; 08 Ю.
- Сталь вуглецева якісна конструкційна ДЕРЖСТАНДАРТ 1050-88:
  20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60.

Матеріал для заготівель надходить із заготівельного цеху в тім виді, що необхідний за технологією (стрічки, штаби, листи).

Типові технологічні процеси, які мають місце у виробництві докладно описані в розділі 2 даного дипломного проекту - «Спеціальна частина» на прикладі деталей докладної розробки. Слід зазначити, що типовими для даного виробництва є операції розділові (вирубка, пробивання) і формотворні (витяжка).

У процесі виробництва виникає необхідність контролю якості виробленої продукції. Це пов'язане з тим, що на ринку автомобілебудування існує не маловажний фактор конкуренції. Тому, для забезпечення конкурентоспроможності необхідно застосовувати на виробництві прогресивні методи контролю відповідності виробленої продукції європейським стандартам якості.

Існують наступні типи браку виникаючого в процесі штампування:
По місцю виявлення брак підрозділяється на:

- внутріцеховий;
- внутрішньозаводський;
- зовнішній;
- з вини постачальника.

Внутріцеховий брак – брак, що пройшли і виявлений у даному цеху,
тобто цех – обнаружитель одночасно є і винуватцем браку.

Внутрішньозаводський брак - брак, виявлений у даному цеху з вини інших цехів або відділів, а також брак даного цеху, виявлений в інших відділах або цехах.

Зовнішній брак - брак, виявлений поза заводом у замовників (покупців). Зовнішній брак, як правило, визначається рекламацією споживача.

Брак з вини постачальника - брак, виявлений на заводі через недоброякісність матеріалів, напівфабрикатів, деталей і виробів, отриманих з боку.

Контроль якості продукції:

- Вся зроблена за зміну продукція пред'являється на контроль працівникові бюро технічного контролю.
- Працівник бюро технічного контролю перевіряє: якість деталі, виробу або окремої операції; якість роботи виготовлювача; умови, у яких виробляється продукція.
- При запуску нової партії продукції або після переналагодження устаткування, наладчик або майстер разом з контролером перевіряють першу деталь на відповідність технічної документації, при її відповідності, ставить на неї клеймо контролера або іншу мітку, що не допускає її підміни.
- Відповідальність за якість продукції несуть робітники, майстри й начальники цехів. Контролери УГК відповідають за попередження браку й правильність оформлення документів на забраковану продукцію, а так само за якісне виконання обсягів контролю відповідно до технічної документації.

Роблять контроль якості за допомогою випробувань, на виробництві прийняті наступні тини випробувань:

Для сортового прокату зі сталі звичайної й підвищеної якості характеристиками, що гарантуються є: межа текучості, тимчасовий опір розриву (межа міцності) і відносне подовження, обумовлені при випробуванні на розтягання після гарячої прокатки.

Тонколистова сталь звичайної якості, відповідно до технологічних вимог, піддається лише випробуванню на вигин. Листи тонколистової сталі звичайної й підвищеної якості товщиною від 2 до 4 мм., крім випробувань на вигин, на вимогу замовника повинні випробовуватися на розрив, причому границя текучості й

відносне звуження не визначаються. Крім марок сталі, якісна тонколистова конструкційна сталь по здатності до витяжки розділяється на три сорти: ВГ - для високої витяжки, Г - для глибокої витяжки, Н - для нормальної витяжки. Здатність сталей до витяжки оцінюється величиною відносного подовження і глибиною витяжки сферичної лунки (по Еріксену).

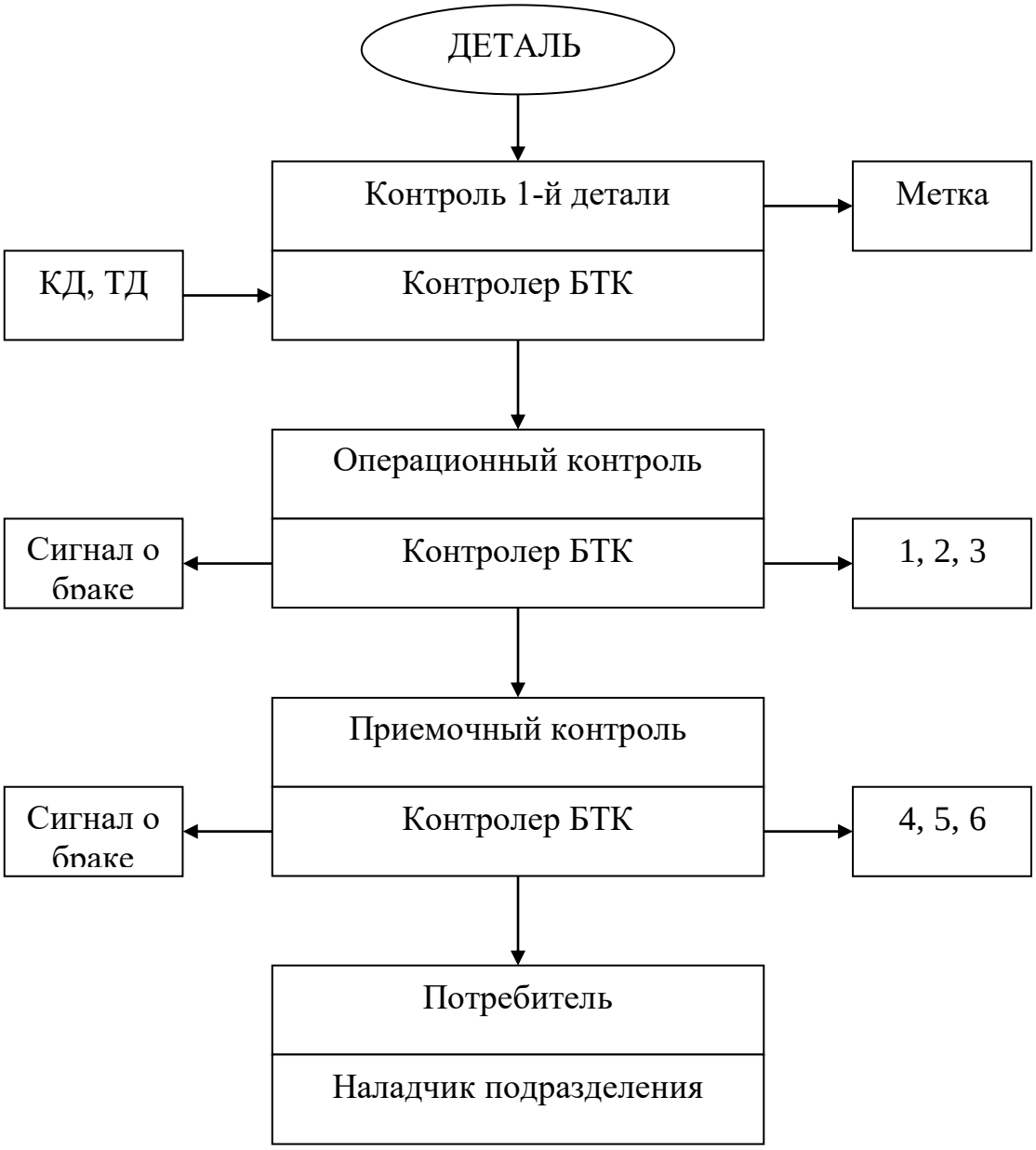
Крім того, залежно від стану поверхні якісна сталь ділиться на три групи:

1. особливо високої обробки поверхні;
2. високої обробки поверхні;
3. підвищеної обробки поверхні.

Для механічних і технологічних властивостей холоднокатаних матеріалів, застосовуваних у холодному листовому штампуванні, велике значення має ступінь наклепу.

Для характеристики технологічних властивостей матеріалу найбільший інтерес представляють показники пластичності, виражені величиною відносного звуження поперечного переріза при розтяганні $\psi_в$, а також відношення між границею текучості $\delta_т$ і межею міцності $\delta_в$. Оцінку штампуємості потрібно проводити за найменшим значенням $\delta_р$ отриманим при випробуванні зразків, вирізаних з аркуша в різних напрямках стосовно напрямку прокатки.

Для зручності розуміння нижче представлена схема контролювання якості на виробництві (рис. 1.1):



1 - Карта періодичного контролю; 2 - Карта періодичного контролю для пресово-кузовного виробництва; 3 - Контрольний листок; 4 - Журнал реєстрації результатів контролю; 5 - Рапорт; 6 - Операційне зведення

Рисунок 1.1 - Схема процесу технічного контролю продукції в процесі виробництва

Для виконання річної виробничої програми було передбачено в процесі написання дипломного проекту технологічне устаткування (див. табл. 1.2). Розробка велася з урахуванням обсягів виробництва й завдань, які були поставлені. При цьому треба враховувати, що оскільки штампування деталей з меншого типорозміру устаткування може бути частково переведена на більший, те розрахункові значення

округляють до цілих у більшу сторону для більших машин, а в меншу - для маленьких.

Таблиця 1.2 – Перелік і кількість штампувального устаткування

Характеристика устаткування				Базовий цех		Проєктований цех	
Найменування	Модель	Номі нал. зусил ля кН	Потуж ність, квт	В	%	n_P	$n_{ПР}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Прес	КЕ 2130А	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	КД 2330	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	К 2130	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	КА 2130	1000	7,8	2	10	4,46	4
Прес	КЕ 2130	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	К 2128	1000	6,5	2	10	4,46	4
Прес	КД 2128	1000	6,5	2	10	4,46	4
Автоматич. комплекс	К.18.073	1000	7,8	1	5	2,23	2
Автоматич. комплекс	К.18.001	1000	7,8	1	5	2,23	2
Автоматич. комплекс	К.05.000	1000	7,8	1	5	2,23	2
Автомат листоштамп.	АА 6230	1000	15	1	5	2,23	3
Прес	КВ 2132	1600	19	2	10	4,46	5
Унив. гинув. автомат	МАГ 005	1600	28	1	5	2,23	3
Прес	КА 3132 А	1600	18	2	10	4,46	5
Прес	КИ 2534	2500	32	1	5	2,23	3
РАЗОМ				20	100	44,6	45

Обов'язковим пунктом у сучасному машинобудуванні коштує питання автоматизації і механізації. У процесі проектування приймалися в увагу високі темпи виробництва, які неможливі без застосування автоматизованих систем, механізованих пристосувань і прес-автоматів. У цеху застосовані багатопозиційні прес-автомати (див. табл. 1.2), механізовані подачі (кліщова, валкова, клінороликова подача), автоматизовані лінії.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Під технологічністю варто розуміти таку сукупність властивостей і конструктивних елементів, які забезпечують найбільше просте і економічне виготовлення деталі при дотриманні технологічних і експлуатаційних вимог до неї.

Основними показниками технологічності листових холодноштамповочних деталей є:

1) найменша витрата матеріалу;
2) найменша кількість і низька трудомісткість операцій;
3) відсутність наступних механічних операцій;
4) найменша кількість необхідного устаткування й виробничих операцій;
5) найменша кількість оснащення при скороченні витрат і строків підготовки виробництва;
6) збільшення продуктивності окремих операцій і цеху в цілому.

Загальним результативним показником технологічності є найменша собівартість штампуємих деталей. Одним з найважливіших питань, що передують технологічним розрахункам, є виявлення ступеня здатності металу виконати штампувальну операцію або визначення його відносної штампуємості. Під штампуємістью розуміють здатність металу піддаватися різним операціям штампування. Штампуємість залежить від ряду показників: механічних властивостей, пластичності, модуля пружності, структури металу і хімічного складу.

Задана деталь є плоскою із загнутим кінцем, товщина матеріалу 2мм, матеріал алюміній АМц. З огляду на ці фактори і механічні властивості матеріалу, доходимо висновку, що вони відповідають вимогам такої

штампувальної операції, як гибка. Гибку робимо у два переходи. Отвір у деталі виходить у результаті операції «пробивання».

2.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення деталі

Більшість деталей, які одержують методом холодного тиску, у листовому штампуванні можуть бути виготовлені декількома способами. При цьому необхідні операції для штампування заданої деталі можуть вироблятися на відповідних окремих штампах (диференційований спосіб штампування) або на сполучених або послідовних штампах (концентрований спосіб штампування). Крім того, штампування даної деталі допускає варіанти в послідовності виконання необхідних операцій, а також варіанти з'єднань операцій у спільних і послідовних штампах. Перед розглядом конкуруючих варіантів технологічних процесів потрібно встановити які фактори визначають побудова процесу і які з них найбільш важливі: заготівля, спосіб одержання базового конструктивного елемента деталі, спосіб формоутворення інших конструктивних елементів деталі, спосіб одержання заданих механічних і фізичних властивостей деталі, якості її поверхні, ступінь механізації й автоматизації процесу. Кожний із цих факторів має власні особливі ознаки - форма і відносні розміри первинної заготівлі, спосіб виконання операції, конструктивні особливості штампів, режими обробки й інших.

У крупносерійному виробництві необхідно прагнути до мінімальних витрат матеріалу, до найменшої кількості штампувальних операцій за рахунок використання й впровадження в проект спільного й послідовного процесу штампування, підвищенню продуктивності й стійкості штампів. З огляду на неможливість пророблення всіх можливих варіантів через обмеженість обсягу і часу розробки проекту, згідно з керівником проекту обрані три найбільш прийнятні варіанти.

З огляду на, що в основі виготовлення деталі лежить операція «гибка», варто врахувати основні технологічні вимоги до деталі, одержуваної гибкою: уникати досить складних і несиметричних форм гнутих деталей. По основних кількісних і якісних показниках (коефіцієнт використання матеріалу, кількість операцій і устаткування, трудомісткість виготовлення, складність устаткування, стійкість робочого інструмента й інші), отриманим у результаті подальших розрахунків, зробимо порівняння запропонованих варіантів виготовлення.

Результуючим показником є собівартість, а не трудомісткість виготовлення деталі. Оптимальний варіант технологічного процесу повинен забезпечувати надійне виготовлення деталі в повній відповідності вимогам креслення (якості деталі) при найменшій її вартості (ефективність виробництва). Запропоновані 3 варіанти виготовлення деталі:

I. Варіант:

1. Різання листа на смуги;
2. Вирубка заготівлі зі смуги;
3. Гибка I;
4. Гибка II;
5. Пробивання.

II. Варіант:

1. Вирубка заготівлі зі смуги;
2. Гибка I;
3. Гибка II;
4. Пробивання.

III.: Виготовлення деталі в штампі послідовної дії.

2.3 Визначення форми і розмірів заготівлі

Існує три методи розрахунку: аналітичний, графічний і графоаналітичний. Всі вони прийнятні для будь-якого виду штампувального

виробництва. Однак, перевага варто віддати першому методу, як найбільш доступному і універсальному для технолога і конструктора. До безперечної його переваги ставиться можливість використання сучасної обчислювальної техніки. Він же відрізняється більше високою точністю.

Аналітичний метод заснований на дотриманні рівності довжини штампуємої деталі й довжини розгорнення заготівлі. Для деталей, одержуваних гнучкої, існує наступна формула, що визначає довжину розгорнення (заготівлі):

$$L_p = l_1 + l_2 + l_3, \qquad (2.3.\ 1)$$

де L_p - довжина розгорнення;

l - довжини ділянок деталі;

l_1 = 24мм

l_3 = 24мм

$l_2 = \pi s/2 = 3{,}14*2/2 = 3{,}1416$мм

s = 2мм

$L_p = 24 + 3{,}14 + 14 = 41{,}142 = 41{,}2$ мм

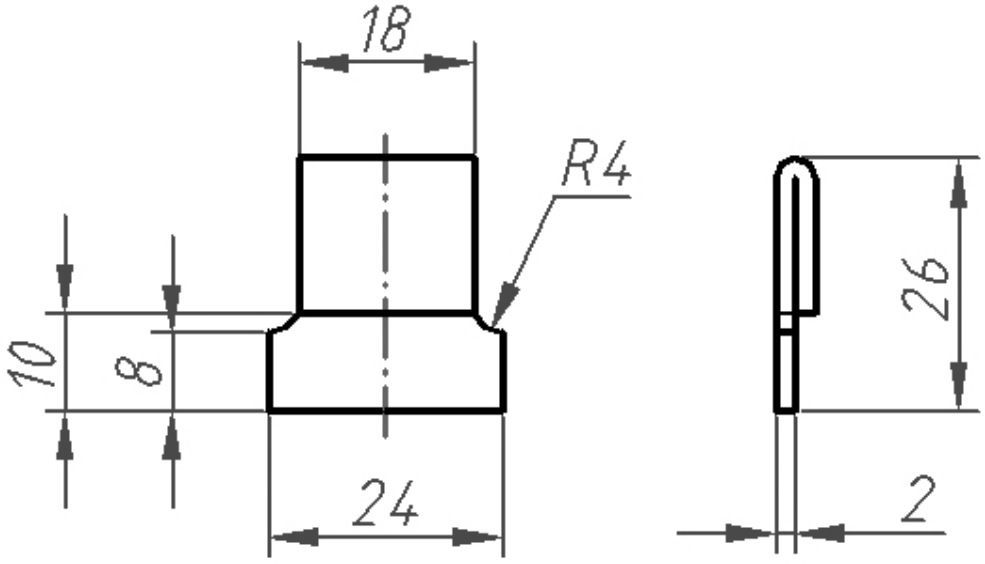


Рисунок 2.1 – Визначення розмірів розгорненн

2.4 Розкрій листового матеріалу

Економія металу й зменшення відходів у холодному штампуванні має досить важливе значення, особливо в крупносерійному виробництві й у масовому, тому що при більших масштабах виробництва навіть незначна економія металу на одному виробі дає в підсумку більшу економію. Економія металу в холодному штампуванні досягається шляхом:

1) найбільш доцільного розкрою аркушів на штучні заготівлі або смуги з найменшими відходами;
2) найбільш економічного розкрою смуг і розташування деталей, що вирізують, на смузі;
3) зменшення втрат металу на перемички;
4) застосування безвідхідного розкрою;
5) підвищення точності розрахунку розмірів заготівель і зменшення припусків на обрізку;
6) використання відходів для виготовлення інших деталей;
7) попередження браку штампуємих деталей, а також зниження норми втрат при налагодженні і установці штампів і ін.

Розкрій характеризується коефіцієнтом використання матеріалу (КВМ):

Розрахунок розкрою листового матеріалу

Вихідні дані:

форма деталі - прямокутна з виступами;

ширина деталі - 24 мм;

висота деталі - 41,2 мм;

величина перемичок: a = 2,2 мм, b = 1,7 мм

$$T = B_Д + b = 24 + 1.7 = 25.7 \text{ мм}; \quad (2.4.1)$$

$$B_0 = A_Д + 2a + \delta = 41.2 + 2 \cdot 2.2 + 0.4 = 46_{-0,4} \text{ мм} \quad (2.4.2)$$

$$F = 24 \cdot 8 + 18 \cdot 33.2 + 2 \cdot 2 = 794 \text{ мм}^2 \quad (2.4.3)$$

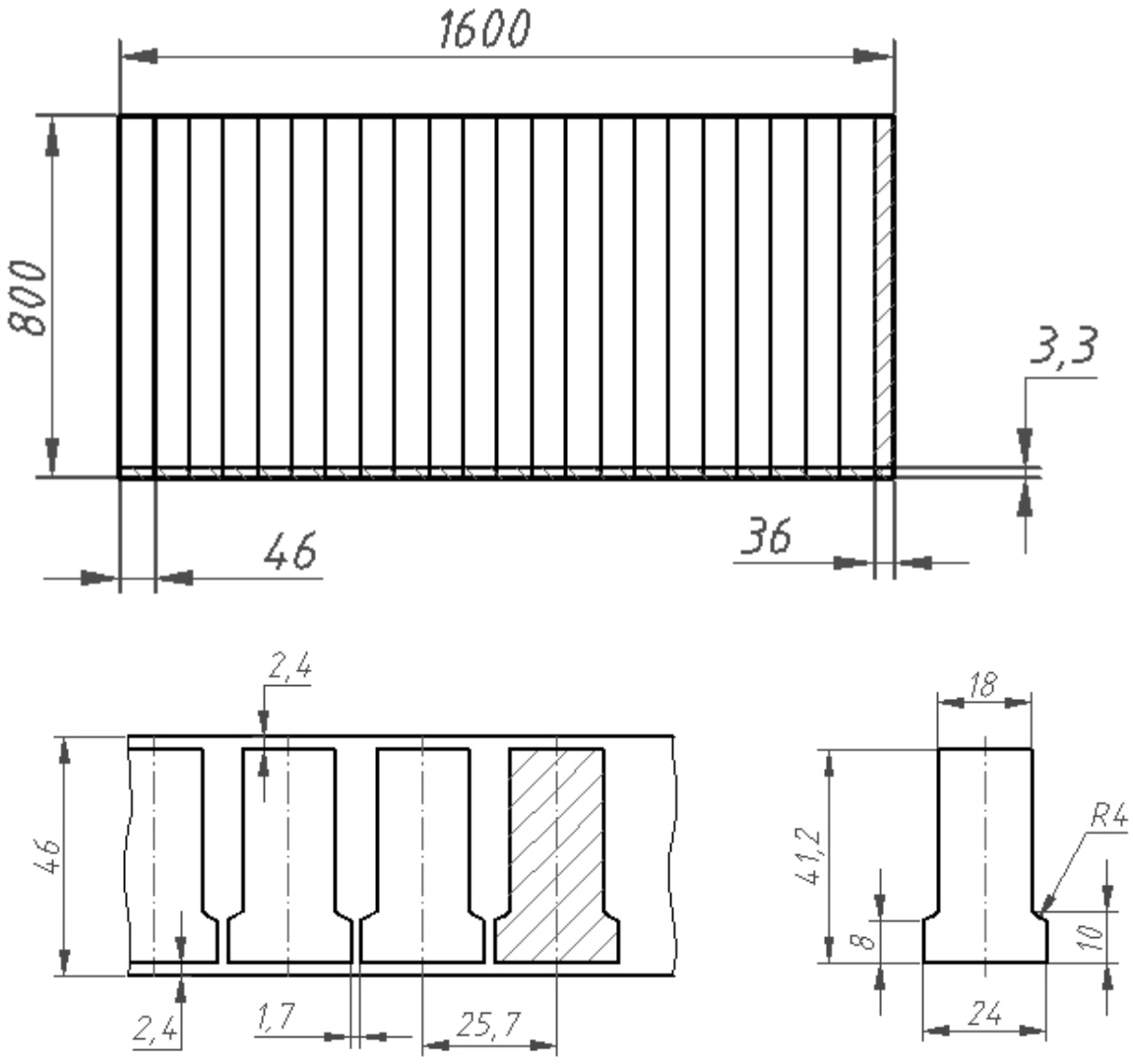


Рисунок 2.2 – Розкрій матеріалу

Аркуш 800х1600

Поперечний:

$$n_1 = \frac{L}{B_0} = \frac{1600}{46} = 34.8 \quad n_1 = 34$$

$$n_2 = \frac{B}{T} = \frac{800}{25.7} = 31.13 \quad n_2 = 31$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{794 \cdot 34 \cdot 31}{800 \cdot 1600} = 0{,}654 = 65{,}4\%$$

КВМ = 65,4%

Поздовжній:

$$n_1 = \frac{L}{T} = \frac{1600}{25,7} = 62,25 \qquad n_1 = 62$$

$$n_2 = \frac{B}{B_0} = \frac{800}{46} = 17,39 \qquad n_2 = 17$$

$$КВМ = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{794 \cdot 62 \cdot 17}{1600 \cdot 800} = 0,653 = 65,3\%$$

Стрічка:

$$КВМ_{ЛЕНТЫ} = \frac{F_{ДЕТ}}{F_{ЗАГ}} \cdot 100\% = \frac{F_{ДЕТ}}{B_0 \cdot T} \cdot 100\% = \frac{794}{46 \cdot 25.7} \cdot 100\% = 73.3\%$$

Аналіз КВМ показує, що оптимальним технологічним процесом є варіант 2. КВМ = 73,3%

Згідно прейскуранта цін вартість стрічки - 18000 грн, листа - 20000 грн.

При програмі випуску 10000 шт, витрата металу складе по першому варіанті 1,2 т; по другому - 0,98 т;

Знаючи ціну за одну тонну й витрату металу, ми можемо визначити ціну металу на програму:

по I варіанті $Ц_1 = G_1 \cdot C_{ЛИСТА} = 1,2 \cdot 20000 = 24000$ грн

по II варіанті $Ц_2 = G_2 \cdot C_{ЛЕНТЫ} = 1,1 \cdot 18000 = 19100$ грн

Порівнюючи ці варіанти ми одержуємо економічний ефект тільки на одному металі порядку 4900 грн.

2.5 Розрахунок технологічного процесу

Розрахунок операцій і переходів.

- Визначаємо зусилля різання аркуша:

$$P = \frac{0{,}5 \cdot S^2 \cdot \sigma_{CP}}{tg\varphi}$$
$$\varphi = 2 \div 5^O \qquad (2.5.\ 1)$$
$$\sigma_{CP} = 7\ кгс / мм^2$$
$$P = \frac{0{,}5 \cdot 2^2 \cdot 7}{tg4} = 200кг = 2\ кН$$

Визначаємо зусилля вирубки :

$$P_Д = L \cdot S \cdot \sigma_{CP} \qquad (2.5.\ 2)$$
$$P_Д = 127.6 \cdot 2 \cdot 7 = 1787\ кг = 18\ кН\ .$$

Визначаємо роботу деформації:

$$A = P_{CP} \cdot h_P = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot h_P \qquad (2.5.\ 3)$$
$$A = 0{,}7 \cdot 18 \cdot 8 = 100.8\ Дж$$

Операція гибки:

Гибка виробляється за два переходи, тому що це обумовлено формою одержуваної деталі.

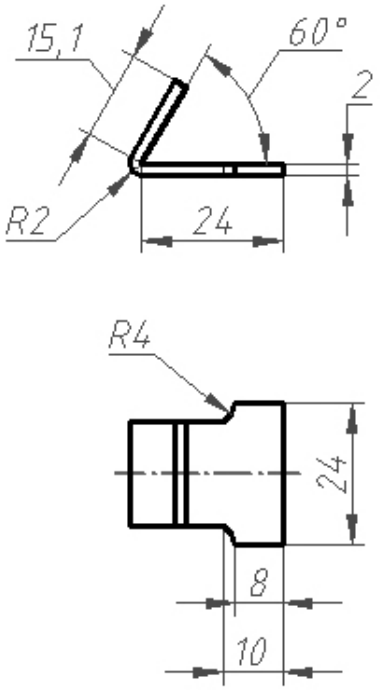


Рисунок 2.3 – Попередня гнучка деталі

Гибка I - попередня:

$$l_3 = L_p - l_1 - l_2$$

$$l_1 = 24$$

$$l_2 = (\pi\varphi s)/360 = 3{,}1416*120*2/360 = 2{,}1$$

$$l_3 = 41{,}2 - 24 - 2{,}1 = 15{,}1 \text{мм}.$$

Гибка II - остаточна:

Після 2-й гнучкі виходить готова деталь.

Визначаємо технологічне зусилля гнучкі:

$$\sigma_B = 11\ кгс/мм^2$$
$$P_1 = 1{,}25 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k_2 = 1{,}25 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 0.27 = 134\ кг = 1{,}4\ кН \quad (2.5.\ 5)$$
$$P_2 = 1{,}25 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k_2 = 1{,}25 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 0.27 = 134\ кг = 1{,}4\ кН$$

2.6 Вибір пресового устаткування

Варіант I:

Операція №1. Різання аркуша

Згідно товщини аркуша (S=2мм) і довжини різа (L=1600мм) вибираємо гільйотині ножиці Н3314: $S_н = 2{,}5$ мм; $P_н = 40$ кН; $n = 65$ мин$^{-1}$.

Операція №2. Вирубка заготівлі.

Згідно $P_Д = 18кН$ вибираємо кривошипний прес КД2114: $P_Н = 25\ кН; h_{MAX} = 30\ мм; n_{MAX} = 200\ мин^{-1}$.

Операція №3. Гибка 1.

Згідно $P_Д = 1.4кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН; h_{MAX} = 50\ мм; n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Операція №4. Гибка 2.

Згідно $P_Д = 1.4кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН; h_{MAX} = 50\ мм; n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Операція №5. Пробивання.

Згідно $P_Д = 2{,}1кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН$; $h_{MAX} = 50\ мм$; $n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Варіант II:

Операція №1. Вирубка заготівлі.

Згідно $P_Д = 18кН$ вибираємо кривошипний прес КД2114: $P_Н = 25\ кН$; $h_{MAX} = 30\ мм$; $n_{MAX} = 200\ мин^{-1}$.

Операція №2. Гибка 1.

Згідно $P_Д = 1.4кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН$; $h_{MAX} = 50\ мм$; $n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Операція №3. Гибка 2.

Згідно $P_Д = 1.4кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН$; $h_{MAX} = 50\ мм$; $n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Операція №4. Пробивання.

Згідно $P_Д = 2{,}1кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН$; $h_{MAX} = 50\ мм$; $n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Варіант III:

Відповідно до найбільшого $P_Д = 2{,}1кН$ вибираємо кривошипний прес КД2118: $P_Н = 63\ кН$; $h_{MAX} = 50\ мм$; $n_{MAX} = 150\ мин^{-1}$.

Для правильного вибору технологічного устаткування потрібно виходити з наступних положень:

1) технологічне зусилля операції або штампа, що сполучає кілька операцій або переходів, повинне бути трохи менше зусилля устаткування;
2) робота на даній операції штампа повинна забезпечуватися потужністю устаткування;
3) розміри стола й закритої висоти штампа повинні забезпечити установку й закріплення штампа;
4) величина ходу повзуна повинна відповідати технологічній операції;

5) зручність і безпека обслуговування преса повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

2.7 Система змащення

Призначення змащення при витяжці полягає в зменшенні тертя між матеріалом і інструментом, зниженні напруг у матеріалі й запобіганні штампів і виробів від задирів і подряпин. Витяжні штампи в більшості випадків виходить із ладу не через їхнє повне зношування, а в наслідку утворення задирів, подряпин і псування поверхні штампуємих деталей.

Змащення повинна мати властивості:

1) створювати міцну плівку, що не засихає, здатну витримувати значні тиски;
2) давати рівномірний розподіл шару, що змазує, по поверхні і прилипання;
3) легко віддалятися з поверхні деталі;
4) бути хімічно стійкою й нешкідливої.

Для змащення витяжних штампів як мастильний матеріал застосовують Укринол-3, що складається з мінеральних масел з додаванням жирових речовин.

Видалення змащення з відшліфованих деталей вироблятися гарячим знежиренням у лужних ваннах.

2.8 Конструювання штампів

На практиці часто зустрічаються двох і три операційні штампи, що сполучають операції: вирубки з витяжкою, витяжки з обрізком, пробивання отворів з отбортовкой, відрізки із гибкою, вирізки-витяжки із пробиванням отвору.

При виконанні курсового проекту був спроектований гибочний штамп простої дії. Він виконує попередню гибку клеми. Заготівля подається в матрицю з передньої частини штампа. При ході повзуна вниз пуансон виконує гибку. Після закінчення операції гибки штампувальник пінцетом виймає деталь із області штампа.

Матриця й пуансон визначають працездатність, надійність і довговічність штампа. Їхнє конструювання - найважливіший етап розробки документації штампа. У даній операції гибки, матриця виступає в ролі трафарету (тримача) заготівлі, і тому зусилля сприймає в основному плита.

Матриця була підібрана так, щоб у неї можна було легко установлювати і витягати заготівлю зі штампа, а також, щоб вона забезпечувала стійкість заготівлі при штампуванні.

Блок вибирався виходячи із зусиль штампування й технологічних параметрів преса, у який він установлюється.

Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

1. Операція вирубки:

$$A_M = (A_H - \Delta)^{+\delta_M}$$
$$A_П = (A_H - \Delta - z)_{-\delta_П}$$

де $A_M, A_П$ - виконавчі розміри матриці й пуансона при вирубці;

A_H - номінальний розмір деталі, що вирубується;

Δ - допуск деталі (по h14);

$\delta_М, \delta_П$ - допуски на виготовлення матриці й пуансона (по H7 і h7);

z – номінальний зазор ($z = 0{,}1 \cdot S$).

Кожний поздовжній і поперечний розмір деталі відповідає виконавчим розмірам матриці, які розраховуються по формулі, наведеної вище.

2. Операція гибка.

Виконавчі розміри беруться з обліком пружинення деталі після операції й уточнюються після випробування штампа.

$R_и = (0{,}9 \div 0{,}95) \cdot R_н$

де $R_и$ – виконавчий розмір інструмента (пуансона);

$R_н$ – номінальний розмір деталі.

3. Операція пробивання:

$$D_M = (D_H + \Delta)^{+\delta_M}$$
$$D_П = (D_H + \Delta + z)_{-\delta_П}$$

де $D_M, D_П$ - виконавчі розміри матриці й пуансона при вирубці;

D_H - номінальний розмір деталі, що вирубається;

Δ - допуск деталі (по h14);

$\delta_м, \delta_п$ - допуски на виготовлення матриці й пуансона (по H7 і h7);

z – номінальний зазор ($z = 0{,}1 \cdot S$).

Маємо:

$$D^I_м = (D_H - \Delta)^{+\delta_M} = (4.7 + 0{,}3)^{+0{,}012} = 5^{+0{,}012}$$
$$D^I_П = (D_H - \Delta - z)_{-\delta_П} = (4.7 + 0{,}3 + 2 \cdot 0{,}1)_{-0{,}012} = 5.2_{-0{,}012}$$

Конструювання і розрахунок на міцність робочих деталей штампа

Матриця й пуансон визначають працездатність, надійність і довговічність штампа. Їхній розрахунок і конструювання - найважливіший етап розробки документації штампа.

Розрахунок пуансона

Пуансони варто перевіряти на зминання опорною поверхнею головки пуансона поверхні плити й на стиск і поздовжній вигин самого пуансона найменшому перетині.

Перевіримо пуансон на стиск:

$$\sigma_{СЖ} = \frac{P}{f},$$

де P - технологічне зусилля, сприймане пуансоном;

f - площа робочої частини.

$$\sigma_{СЖ} = \frac{1400}{228} = 0{,}614 \; кг/мм^2$$

Припустиме $[\sigma_{СЖ}] = 160\ кг/мм^2$

Умова міцності: $\sigma_{сж} < [\sigma_{СЖ}]$

Перевіримо витяжний пуансон на зминання:

$$\sigma_{СМ} = \frac{P}{F},$$

де Р - технологічне зусилля, сприймане пуансоном;

F - площа опорної частини.

$$\sigma_{СМ} = \frac{1400}{615{,}44} = 2{,}27\ кг/мм^2$$

Припустиме $[\sigma_{СМ}] = 160\ кг/мм^2$

Розрахуємо вільну довжину пуансона на поздовжній вигин:

$$l_{МАХ} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{n_д \cdot P \cdot \mu^2}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 0{,}71 \cdot 10^4 \cdot 0{,}05 \cdot 68^4}{3 \cdot 7928 \cdot 0{,}7^2}} = 2534\ мм$$

$$l_{МАХ} > l.$$

Розрахунок матриці

Форма матриці визначається формою й розмірами штампуємої деталі. Розміри матриці можна визначити по емпіричних формулах, за табличним даними й теоретичними розрахунками, використовуючи формули Ляме.

Товщину матриці можна визначити й через зусилля $Р_д$, н..

Товщину матриці округляємо до найближчого більшого значення й приймаємо: $H_M = 22\ мм$.

Таким чином, габарити матриці:

45х75мм

Товщину матриці можна перевірити на міцність спеціальним розрахунком, заснованим на визначенні напруг, що виникають у небезпечному перерізі.

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі

Згідно [8] визначимо штучний час.

Операція 05. - Різання листа на смуги.

Аркуш 2х800х1600. Площа аркуша 2 м^2.

Крок просування аркуша - 46 мм.

Кількість смуг з аркуша - 22 із залишком, кількість деталей зі смуги - 6.

Устаткування – гільйотині ножиці, n = 65 мин$^{-1}$; муфта – фрикційна.

Таблиця 2.1 - Трудомісткість операції 05

№	Прийоми роботи	№ карти	Позиція, індекс	Основний час у хв.	Допоміж. час у хв.	
					Перекритий	Неперекр.
1	Взяти аркуш зі стопи, піднести й покласти на стіл ножиців	73	1в			0,09
2	Просунути аркуш до упору	74	3б		0,02	
3	Включити ножиці	1	1а			0,01
4	Відрізати заготівлю	2	22б	0,016		
5	Відкласти відхід від аркуша	76	1а			0,0216

$$T'_{ШТ} = \left[(t_0 + t_1) + \frac{t_2 + t_3(n-1) + t_4}{n} \right] \cdot K =$$

$$= \left[(0{,}016 + 0{,}01) + \frac{0{,}09 + 0{,}02 \cdot 12 + 0{,}0216}{22} \right] \cdot 1{,}13 = 0{,}02 \text{ мин}$$

$T'_{ШТ}$ *на одну полосу* – 0,06 *мин*

$T'_{ШТ}$ *на одну заготовку*:

$$T_{ШТ1} = \frac{T'_{ШТ}}{z} = \frac{0{,}06}{6} = 0{,}01 \text{ мин}$$

Операція 10. - Вирубка заготівлі зі смуги

Розмір смуги 2х46х800 мм

Крок просування смуги - 25,7 мм

Кількість деталей зі смуги - 31

Устаткування - прес кривошипний КД2114

$P_H = 25 \text{ кН}; n = 200 \text{ мин}^{-1}$; муфта – фрикційна.

Таблиця 2.2 – Трудомісткість операції 10

№	Прийоми роботи	№ карти	Позиція, індекс	Основний час у хв.	Допоміж. час у хв.	
					Перекрит ий	Неперекр.
1	Взяти смугу і піднести до штампа і видалити відхід	20	4в			0,044
2	Включити хід преса	1	1а			0,01
3	Штампувати	2	23г	0,011		
4	Просунути смугу на крок	21	4в		0,007	

$$T_{ШТ2} = \left[(t_0 + t_1) + \frac{t_2 + t_3(n-1)}{n} \right] \cdot K =$$

$$= \left[(0{,}011 + 0{,}01) + \frac{0{,}044 + 0{,}007 \cdot 5}{31} \right] \cdot 1{,}13 = 0{,}01 \text{ мин}$$

Операція 15. – Гибка 1

Площа заготівлі в м^2 – 0,00794.

Інструмент - штамп гибочний.

Устаткування - прес кривошипний К2118

$P_H = 63\ кН; n = 150\ мин^{-1}$

Таблиця 2.3 – Трудомісткість операції 15

№	Прийоми роботи	№ карти	Позиція, індекс	Основний час у хв.	Допоміж. час у хв.	
					Перекрит ий	Неперекр.
1	Взяти заготівлю, піднести й установити в штамп по упорі вільно	54	1г			0,054
2	Включити хід преса	1	1а			0,010
3	Штампувати	2	24б	0,013		
4	Вийняти деталь зі штампа й відкласти в ящик	56	3в			0,015

$$T_{ШТ3} = \left[t_0 + t_1 + t_2 + t_3\right] \cdot K = $$
$$= \left[0{,}013 + 0{,}054 + 0{,}01 + 0{,}015\right] \cdot 1{,}13 = 0{,}104 \text{ мин}$$

Операція 20. – Гибка 2

Інструмент - гибочний.

Устаткування - прес кривошипний КД2118

$P_H = 63\ кН; n = 150\ мин^{-1}$

Таблиця 2.4 – Трудомісткість операції 20

№	Прийоми роботи	№ карти	Позиція, індекс	Основний час у хв.	Допоміж. час у хв.	
					Перекритий	Неперекр.
1	Взяти заготівлю, піднести й установити в штамп по упорі вільно	54	1г			0,054
2	Включити хід преса	1	1а			0,010
3	Штампувати	2	18б	0,032		
4	Вийняти деталь зі штампа й відкласти в ящик	56	3в			0,015

$$T_{ШТ4} = \left[t_0 + t_1 + t_2 + t_3\right] \cdot K =$$
$$= \left[0{,}032 + 0{,}054 + 0{,}01 + 0{,}015\right] \cdot 1{,}13 = 0{,}125 \text{ мин}$$

Операція 25. - Пробивання.

Інструмент - штамп пробивної.

Устаткування - прес кривошипний КД2118.

$P_н = 3150$ кН; $n = 16$ мин$^{-1}$.

Таблиця 2.5 – Трудомісткість операції 25

№	Прийоми роботи	№ карти	Позиція, індекс	Основний час у хв.	Допоміж. час у хв.	
					Перекритий	Неперекр.
1	Взяти заготівлю, піднести й установити в штамп	54	1г			0,054

	по упорі вільно					
2	Включити хід преса	1	1а			0,010
3	Штампувати	2	12	0,065		
4	Вийняти деталь зі штампа й відкласти в ящик	56	3в			0,015

$$T_{ШТ5} = \left[t_0 + t_1 + t_2 + t_3\right] \cdot K =$$
$$= \left[0{,}065 + 0{,}054 + 0{,}01 + 0{,}015\right] \cdot 1{,}13 = 0{,}163 \text{ мин}$$

Методи контролю і керування якістю

Якість продукції - об'єктивна характеристика продукції й формується вона в результаті трудової діяльності осіб, зайнятих проектуванням, виготовленням і експлуатацією продукції. Найважливішими характеристиками технологічного процесу з погляду його впливу на якість продукції є:

1) технічна оснащеність виробництва новими сучасними видами технологічного устаткування, інструмента й оснащення;
2) якість використовуваних матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів;
3) рівень автоматизації технологічного процесу;
4) кваліфікація працівників.

На сучасних промислових підприємствах одержали поширенні наступні види контролю:

I. Вхідний контроль – контроль матеріалу, комплексних виробів.

II. Оперативний контроль – контроль продукції, виконаний після завершення певних виробничих операцій. Як контроль служить міряльний інструмент.

III. Приймальної контроль – контроль готової продукції після завершення всіх технічних операцій по її виготовленню, кінцевим результатом якого є ухвалені рішення про придатність продукції і їхніх результатів до поставки і використання.

Відповідно до ГОСТ 17344-71 технологічним контролем називається перевірка відповідних процесів, від яких залежить якість продукції і їхніх результатів, установлених технологічними вимогами.

Витрати на контроль [1] досягають 5-10% собівартості продукції. Існує такий метод контролю, як вимір готової продукції штангенциркулем, мікрометром, перевірка отворів за допомогою пробок, валів - скобами. Звичайно перевіряється 1-5% від партії.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

Необхідно спроектувати прес листоштамповочний, зусиллям 2,5 МН.

Прес призначений для виконання операцій листового штампування.

Технічні параметри преса.

Відповідно до ДСТУ 6809-70 прес повинен мати такі параметри:

1. Номінальне зусилля	2500 кН
2. Хід повзуна	320 мм
3. Шлях повзуна до його крайнього нижнього положення, на якому прес розвиває номінальне зусилля	8 мм
4. Число ходів повзуна у хвилину	32
5. Найдовша відстань між столом і повзуном у його крайнім нижнім положенні	390 мм
6. Регулювання відстані між столом і повзуном	140 мм
7. Розміри стола	
ліворуч праворуч	800 мм
попереду назад	800 мм
8. Розміри повзуна:	
попереду назад	650 мм
праворуч ліворуч	650 мм
9. Гідропневматична подушка в столі:	
хід найбільший	100 мм
зусилля	500 кн

3.1. Опис конструкції і принципу дії преса

У кривошипних пресах застосовується спеціальний пуск двигуна (див.. Схема кінематична принципова) *1* з використанням додаткових опорів. Крутний момент зі шківа двигуна *2* передається на маховик *3* прийомні вали

I за допомогою клиноремінної передачі, далі рух передається за допомогою однобічного шевронного зачеплення (шестірня *5*, колесо *6*) на ексцентриковий вал *II*. Муфта включення *7* – дискова, фрикційна, зблокована з колесом *6* і встановлена на ексцентриковому валу *II*.Системи електропневматичного регулювання допускають роботу одиночними, автоматичними й налагоджувальними ходами. Головний виконавчий механізм преса являє собою головний ексцентриковий вал *II*, шатун *8* і повзун *9*. Сила ваги від рухливих частин кривошипно-ползунного механізму збалансована змонтованим на верхній траверсі уравновешивателем *4*. Дана модель преса обладнана дисковим гальмом *10*, змонтованим на ексцентриковому валу *II*.

У столі преса *13* змонтований клиновий механізм *16*, що приводить у рух двигуном *15*, для регулювання закритої висоти преса, застосовуваний при установці й налагодженні штампів.

Для полегшення добування штампування в повзуну преса *9* змонтований верхній механічний виталкиватель *11* , а в столі преса *13* – нижній пневматичний виталкиватель *14*.

3.2. Кінематичний розрахунок

3.2.1 Кінематичний аналіз

Синтез виконавчого механізму преса припускає визначення необхідних геометричних параметрів механізму, що задовольняють певні вимоги, у першу чергу відповідність технічних параметрів преса технологічним вимогам, пропонованим до конкретного преса.

Основними завданнями кінематичного аналізу виконавчого механізму преса є:

визначення положень ланок, включаючи й визначення траєкторій окремих крапок ланок;

визначення швидкостей і прискорень.

Визначаємо основні кінематичні параметри преса – шлях *S*, швидкість *V*, прискорення *j* повзуна залежно від кута повороту провідного вала.

Указані кінематичні величини розраховуємо для діапазону 0…90˚ через 5 ˚ аксіального кривошипно-ползунного механізму по формулах:

$$S = R \cdot \left[(1 - \cos\alpha) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\alpha) \right] \quad , мм$$

$$V = \omega \cdot R \cdot \left(\sin\alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha \right) \quad , \frac{мм}{с}$$

$$j = \omega^2 \cdot R \cdot (\cos\alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha) \quad , \frac{мм}{с^2}$$

де R - радіус кривошипа.

$$R := \frac{S_H}{2} \qquad R = 160 \quad ,$$

де S_{max}=320 мм – номінальний хід повзуна;

α - кут повороту кривошипа, вимірюваний від крайнього нижнього положення повзуна проти руху кривошипа,

ω - кутова швидкість головного вала:

$$\omega := \pi \cdot \frac{n_H}{30} \qquad \omega = 3.351$$

$n_Н$ – номінальне число ходів повзуна у хвилину, що задає стандартом;

$n_Н$ = 32 хід/хв.;

λ – коефіцієнт шатуна. Згідно [1] приймаємо $\lambda_P = 0{,}07$.

Розрахункова довжина шатуна:

$$L_p := \frac{R}{\lambda_p} \qquad L_p = 2.286 \times 10^3 \text{ ìì}$$

Приймаємо довжину шатуна $L = 2290$ *мм* . Тоді:

$$\lambda := \frac{R}{L} \qquad \lambda = 0.06987$$

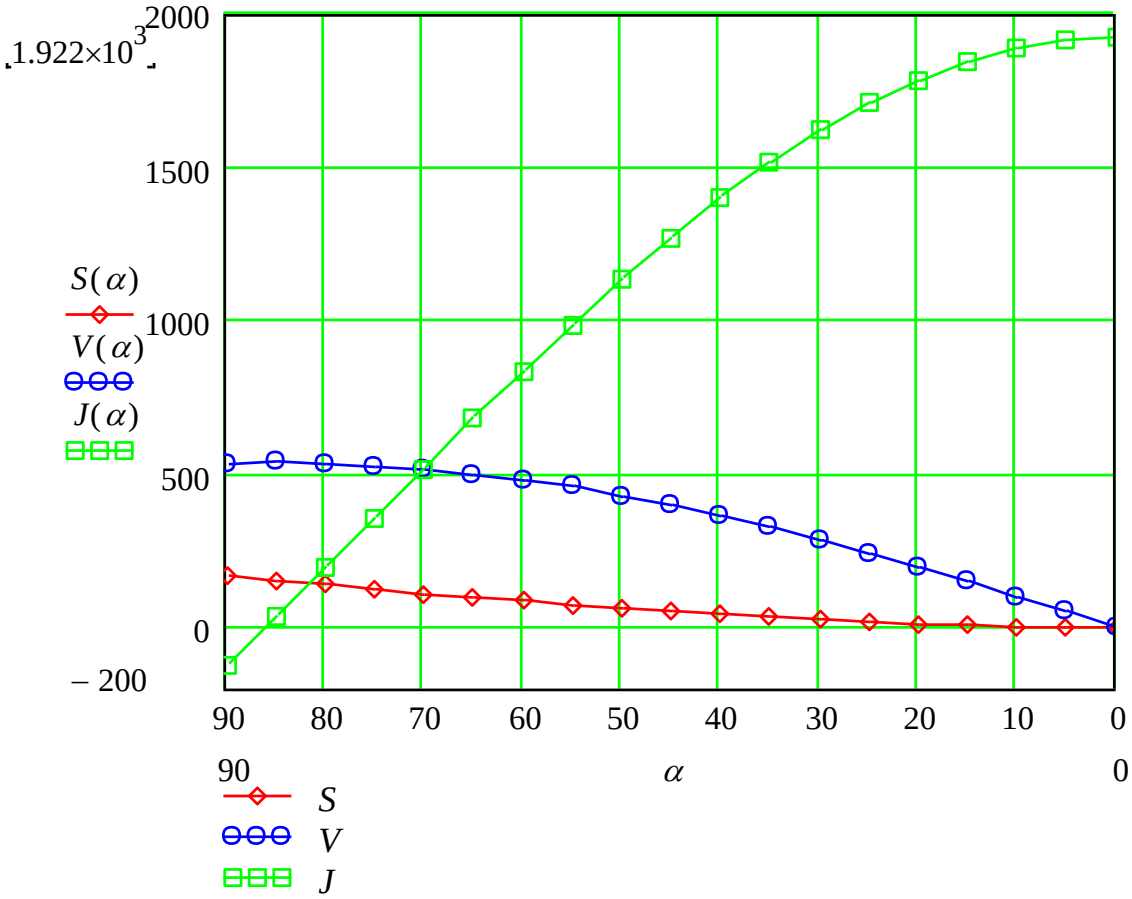


Рисунок 3.1 - Залежність переміщення, швидкості і прискорення повзуна від кута повороту головного валу

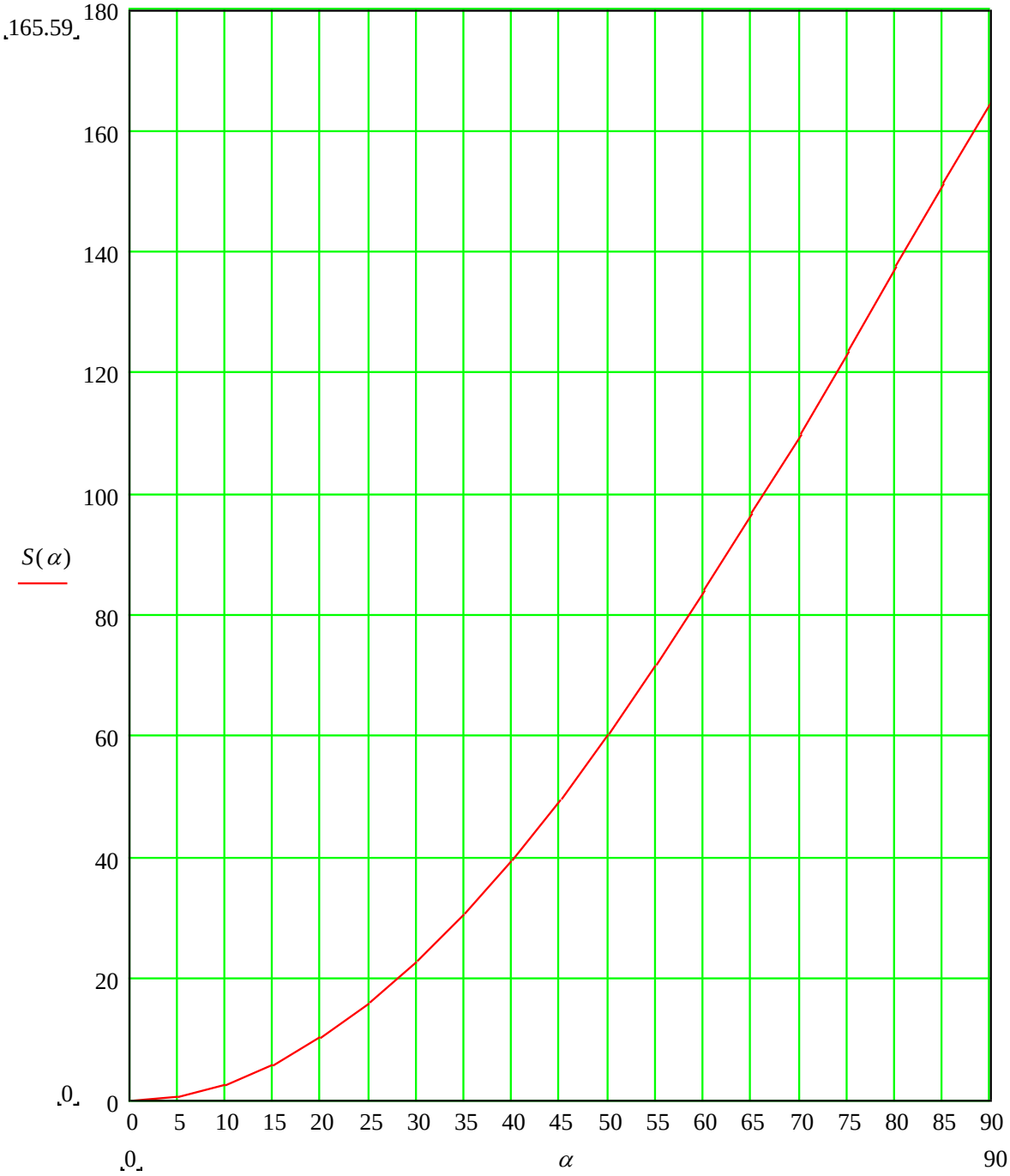


Рисунок 3.2 - Залежність переміщення повзуна від кута повороту головного валу

3.2.2 Розбивка загального передатного відношення по передачах

Розбивка загального передатного відношення по передачах припускає визначення необхідності проміжних передач між двигуном і головним валом і, якщо вони необхідні, визначення їхніх передатних відносин, тобто визначенні числа обертів проміжних валів.

У технічному завданні, після аналізу базових конструкцій пресів, літературних джерел, прототипів установлюємо передбачувану частоту обертів головного двигуна $n_Д = 1140\ об/мин$.

Загальне передатне відношення привода $i_О$ визначається по формулі:

$$i_О = \frac{n_Д}{n_Н} = i_Р \cdot i_{ЗБ} \cdot i_{ЗП} \cdot i_{ЗТ},$$

де $i_Р$ – передатне відношення клиноремінної передачі;

$i_{ЗБ}, i_{ЗП}, i_{ЗТ}$ – відповідно, передатне відношення швидкохідних, проміжних і тихохідної зубчастих передач.

$$i_O = \frac{n_Д}{n_H} = \frac{1440}{32} = 45.$$

Граничні значення:

$i_Р^{/} \le 6$ - для клиноремінної передачі;

$i_З^{/} \le 5$ - для зубчастої передачі.

Для клиноремінної передачі приймаємо $i_P = 3.228$, тоді для першої зубчастої передачі $i_1 = 3{,}05478$, і другої зубчастої передачі $i_2 = 4.5625$,

Число обертів прийомного валу:

$$n_П = \frac{n_Д}{i_P} = \frac{1440}{3.228} = 446\ об/мин.$$

Число обертів проміжного валу:

$$n_1 = \frac{n_П}{i_1} = \frac{446}{3.054} = 146\ об/мин.$$

Число обертів головного валу:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_2} = \frac{146}{4.56} = 32 \; об/мин .$$

Розбивка загального передатного відношення є попередньої, тому що після розрахунків на міцність вузлів і деталей привода можуть бути змінені передатні відносини передач.

3.3 Силовий розрахунок і умови міцності

3.3.1 Наведене плече сил, що діють на повзун

Преси є відносно тихохідними машинами, у яких сили інерції незначні й, крім окремих завдань розрахунку, ними можна зневажати. У такому випадку ГІМ преса аналізується статичними методами. При цьому визначаються значення зусиль, що діють уздовж лінії шатуна, реакції в опорах головного вала, сили, що діють на напрямні повзуна, сили з боку зубчастої й клиноремінної передач і інші силові фактори.

Основне завдання статичного розрахунку преса складається в розрахунку залежності наведеного плеча $m_к$ від кута повороту кривошипного вала α.

Для кривошипно-ползунного механізму залежність для наведеного плеча $m_к$ представляють у вигляді суми двох величин $m_к^и$ і $m_к^ц$:

$$m_к = m_к^и + m_к^ц ,$$

де $m_к^и$ - ідеальне наведене плече

$$m_К^И = R\left(\sin\alpha + \frac{\lambda}{2}\sin 2\alpha + \varepsilon\cos\alpha \right),$$

$m_К^\mu$ – збільшення наведеного плеча, обумовлене тертям у кінематичних парах, називане плечем тертя:

$$m_К^\mu = \mu \cdot \left[(1+\lambda) r_А + \lambda r_В + r_О \right],$$

де $r_А, r_В, r_О$ – відповідно радіуси корінних опор, великої й малої головки шатуна.

По емпіричних формулах залежно від номінального зусилля *P*н (у МН) знаходимо діаметр $d_О$ корінних опор валу (у мм). Для ексцентрикового валу:

$$d_0 := 25 \cdot P_H + 117.5$$

$$r_0 := \frac{d_0}{2} \qquad r_0 = 90 \quad \text{ìì}$$

По емпіричних залежностях знаходимо попередні розміри валів:

$d_B := d_0$ $\quad d_B = 180$

$r_B := 0.5 \cdot d_B$ $\quad r_B = 90$

$d_A := 1.57 \cdot d_0$ $\quad d_A = 282.6$

$d_A := 280$

$r_A := 0.5 \cdot d_A$ $\quad r_A = 140$

Коефіцієнт тертя густого мастила приймаємо μ =0,05.

$$m_{k\mu} := \mu \cdot \left[(1+\lambda) \cdot r_A + \lambda \cdot r_B + r_0 \right]$$

$$m_{k\mu} = 12.303$$

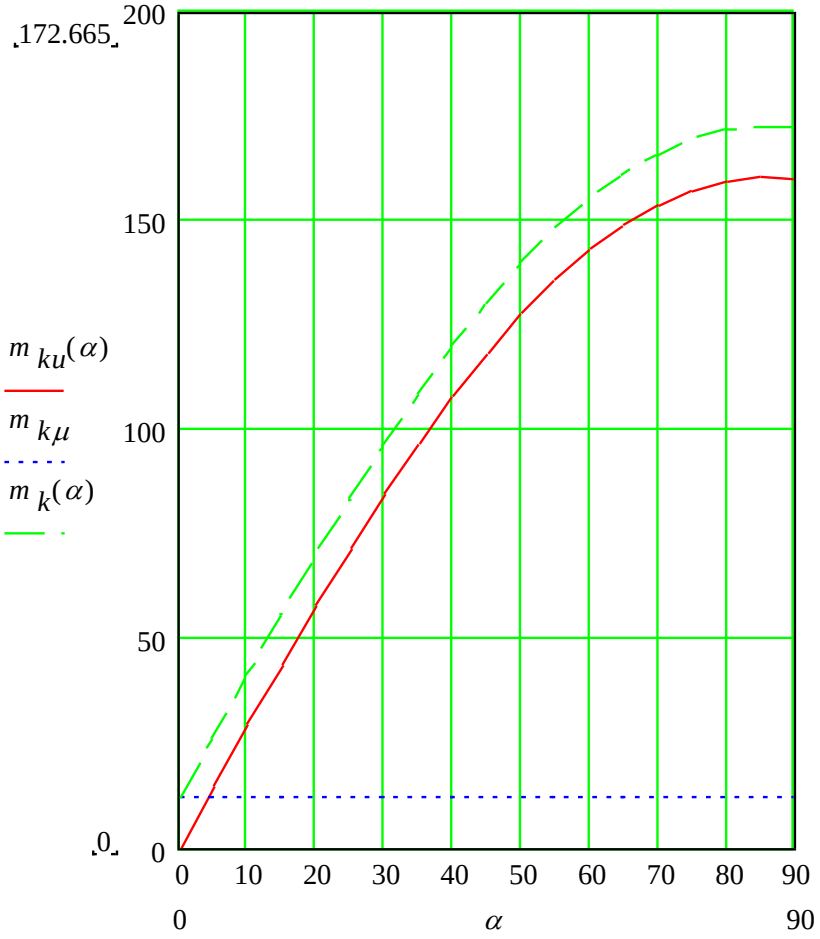


Рисунок 3.3 - Залежність наведеного плеча крутного моменту від кута повороту головного валу

При експлуатації пресів відбуваються випадки заклинювання кривошипно-шатунного механізму. Це явище відбувається у випадку перевантаження при недостатньому запасі енергії маховика або перевантаження при порушенні кінематичного зв'язку головного вала із приводом (спрацьовування запобіжника по крутному моменті або проковзування фрикційної муфти). Система Гіма й станина продовжують залишатися під навантаженням і пружними силами прагнуть повернути

шатун і вал так, щоб зняти виниклі деформації, але повороту перешкоджають сили тертя в Гіме.

Заклинювання Гіма відбувається тільки в його певнім положенні.

Для аксіального механізму кут заклинювання або кут мертвого тертя:

$$\alpha_M \le \frac{m_K^{\mu}}{R(1+\lambda)} = \frac{12.3}{160(1+0{,}06987)} = 0{,}07\ рад \approx 4^0 .$$

3.3.2 Припустимі зусилля на повзуну по міцності головного валу й зубчастої передачі

Зусилля, що допускається міцністю зубчастих передач

Зусилля на повзуну, що допускає міцністю зубчастої передачі визначається по формулі:

$$P_д^{зп} = k_1 k_2 \frac{M_{min}}{m_k},$$

де k_1 – коефіцієнт нерівномірності напруження; k1 =1.5;

k_2 – коефіцієнт типу привода k_2 = 2;

M_{min} – найменший крутний момент щодо осі головного вала, що допускає міцністю зубчастого колеса;

m_k – наведене плече крутного моменту.

Мінімальний момент Mmin дорівнює найменшому крутному моменту, що допускає міцністю одного або декількох зубчастих коліс привода, наведений до головного вала. Для всіх зубчастих коліс привода визначаються крутні моменти, припустимі по різних умовах їхньої міцності. Для коліс, розташованих не на головному валу, приведення моменту виробляється по формулі:

$$M_{min} = \frac{M_{min}^k}{\eta_з} i_з ,$$

де M_{min}^{k} – крутний момент щодо власної осі, припустимий міцністю *k-го* колеса;

$i_з$ – передатне відношення між віссю головного вала й віссю *k-го* колеса;

$\eta_з$ – КПД передач між головним валом і віссю *k-го* колеса .

Мінімальний крутний момент M_{min}^{k} визначається в результаті наступних перевірок:

- виходячи із припустимої пластичної деформації зубів колеса (контактна міцність при дії максимального навантаження) $M_п$;
- виходячи з втомленої міцності зубів колеса або шестірні на вигин (для запобігання появи втомленого зламу зуба) $M_и$.

1) Перевірка за припустимою пластичною деформацією зубів колеса

Мінімальний крутний момент визначають по формулі:

$$M_п = \left(\frac{[\sigma_k]_{max}}{CC_1 \cos\beta} \right)^2 \frac{z_k^2 m_н^2 b_k}{k_n (i \pm 1)},$$

де $[\sigma_k]_{max}$ – контактна напруга, що допускає нормальне (МПа) з обліком деякої пластичної деформації, ;

С - коефіцієнт, що враховує модуль пружності матеріалу зубчастого колеса й шестірні, З=67.7;

$З_1$ – коефіцієнт, що враховує кут зачеплення,

$$C_1 := \frac{0.6}{\sqrt{tan(\alpha_ø)}} \qquad C_1 = 0.995$$

;

Розглянемо колесо головного вала й шестірню, що сполучає з ним

$[\sigma_k]_{max}$=1180 МПа

z_{k1} – число зубів колеса, $z_{k1} := 73$;

$m_н$ – нормальний модуль зачеплення:

$m_{\acute{i}} := 0.016$ (

b_k – ширина колеса(беремо із прикладеного креслення): $b_k = 0.130$ м

$i_{z2} = 4.563$ ▮

k_n – коефіцієнт навантаження при розрахунку по пластичних деформаціях, що допускають, поверхонь зубів:

$$k_n = k_{1n} k_2 k_4;$$

k_{1n} – коефіцієнт перевантаження. Т. к. кривошипні преси забезпечуються запобіжними пристроями, розрахованими на 30 %-ну перевантаження, то значення $k_{1n} = 1,3$;

k_2 – коефіцієнт концентрації навантаження, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині колеса, що виникає внаслідок пружної деформації опор, валів, а також неточностей виготовлення, k2 =1,1;

k_4 – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в зачепленні через неточності виготовлення .

Окружна швидкість V зачеплення визначається по формулі:

$$V = \frac{\pi n_к m_н z_к}{60} = \frac{\pi \cdot 32 \cdot 0.016 \cdot 72}{60} = 1,73\ м/с;$$

$$k_n = 1,3 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,43$$

$$\beta := \pi \cdot \frac{18.3166}{180}$$

$$M_{2k\ddot{i}} := \left(\frac{\sigma_{Kdmax}}{C \cdot C_1 \cdot \cos(\beta)} \right)^2 \cdot \frac{z_{k1}{}^2 \cdot m_{\acute{i}}{}^2 \cdot b_k}{k_n \cdot (i_{z2} + 1) \cdot 10^5}$$

$M_{2k\ddot{i}} = 0.218$ ìÍ ì

Аналогічно для шестірні:

$z_{ш1}$ =19

$$b_ш = b_k + 0.015 \text{ м} = 0.145 \text{ м}$$

$[\sigma_k]_{max}$ =1760 МПа

$n_ш = n_к \cdot i_з = 32 \cdot 4{,}56 = 146$ об/хв

$$M_{2øï} := \left(\frac{\sigma_{Ødmax}}{C \cdot C_1 \cdot \cos(\beta)} \right)^2 \cdot \frac{z_{ø1}{}^2 \cdot m_í{}^2 \cdot b_{øk}}{k_n \cdot (i_{z2} + 1) \cdot 10^5}$$

$$M_{2øï} = 0.037 \quad \text{Ìí ì}$$

2) Перевірка за втомленою міцністю зубів колеса або шестірні на вигин

Мінімальний крутний момент визначається по формулі:

$$M_и = \frac{y_k m_н^2 z_k b_k [\sigma_{-1и}] k_\varepsilon}{0{,}34 k_и (1+\varphi) \Phi_\sigma [n_и] \cos\beta},$$

де y_k – коефіцієнт форми зуба, що залежить від числа зубів, кута їхнього нахилу, коефіцієнта зсуву й типу передачі, y_k = 0,193;

$[\sigma_{-1i}]$ – межа утоми матеріалу колеса (МПа) при вигині й симетричному циклі;

k_ε – коефіцієнт, що враховує ступінь перекриття, k_ε =1,3 - для косозубих і шевронних;

$k_и$ – коефіцієнт навантаження при вигині,

$$k_и = k_1 \, k_2 \, k_{3i} \, k_4 \, ;$$

k1 - коефіцієнт перевантаження при розрахунку на утому k1 = 1;

k_{3i} – коефіцієнт еквівалентного навантаження вираховується по формулі :

$$k_{3u} := \delta_u \cdot \sqrt[m]{n_2 \cdot p_u \cdot k_{âåð} i_z} \qquad k_{3u} = 0.649 \;;$$

φ – коефіцієнт, що враховує напруження передачі моментом, зворотним за знаком робочому моменту, переданому муфтою; $\varphi = 0.15$

Φ_σ - коефіцієнт враховуючої властивості матеріалу;

$$\Phi_\sigma = \Phi_{\sigma 0} + \psi_\sigma ;$$

$\Phi_\sigma 0$ – коефіцієнт, що враховує концентрацію напруг і масштабний фактор, $\Phi_\sigma 0 = 1{,}85$;

ψ_σ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення границь витривалості при симетричному й отнулевом циклах зміни напруг, $\psi_\sigma = 0{,}1$.

$$\Phi_\sigma = 1{,}85 + 0{,}1 = 1{,}95 .$$

$[n_и]$ – коефіцієнт запасу міцності, щодо межі міцності при вигині при нереверсивному навантаженні, $[n_и] = 2{,}2$

Коефіцієнт еквівалентного навантаження при розрахунку на втомлену міцність k_{3i} знаходять по формулі:

$$k_{3u} := \delta_u \cdot \sqrt[m]{n_2 \cdot p_u \cdot k_{âåð} i_z},$$

де δi – коефіцієнт інтенсивності напруження при розрахунку на втомлену міцність, залежно від групи машини й терміну служби, δi = 0,489;

i_z – передатне відношення від головного вала до розраховує шестерні, що. Для колеса тихохідної передачі, установленого на головному валу, i_z = 1;

$[\sigma_{-1i}] = 230$ МПа

$n_н$ – номінальне число ходів преса;

$p_и$ – коефіцієнт використання числа ходів;

$k_{вер}$ – коефіцієнт імовірності напруження, $k_{вер}$ =1

показник m = 6.

$$k_{3u} = 0.649$$

$$k_u = 0.714$$

$$M_{2u} := \frac{y_k \cdot m_í^2 \cdot z_{k1} \cdot b_k \cdot \sigma_{Kd1u} \cdot k_\varepsilon}{0.34 \cdot k_u \cdot (1 + \psi) \cdot \Phi_\sigma \cdot n_{du} \cdot \cos(\beta)}$$

$$M_{2u} = 0.132 \quad Ìí ì$$

Аналогічно для шестірні:

y_k = 0,112;

$[\sigma_{-1i}]$ =330 МПа

$k_{вер}$ =1;

$$k_{ø3u} := \delta_u \cdot \sqrt[m]{n_2 \cdot p_u \cdot k_{âåð} \cdot i_{z2}} \qquad k_{ø3u} = 0.768$$

$$k_{øu} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_{ø3u} \cdot k_4 \qquad k_{øu} = 0.845$$

$$M_{2øu} := \frac{y_{øk} \cdot m_í^2 \cdot z_{ø1} \cdot b_{øk} \cdot \sigma_{Ød1u} \cdot k_\varepsilon}{0.34 \cdot k_{øu} \cdot (1 + \psi) \cdot \Phi_{ø\,\sigma} \cdot n_{ødu} \cdot \cos(\beta)}$$

$$M_{2øu} = 0.029 \quad Ìí ì$$

3) Розглянемо колесо проміжного вала й шестірню, що сполучає з ним

$[\sigma_k]_{max}$ =1180 МПа

z_{k1} – число зубів колеса, $z_{k1} := 58$;

$m_н$ – нормальний модуль зачеплення:

$m_í := 0.01$

b_k – ширина колеса(беремо із прикладеного креслення):

$$b_k = 0.11 \text{ м}$$

$i_{z1} = 3.055$

k_n – коефіцієнт навантаження при розрахунку по пластичних деформаціях, що допускають, поверхонь зубів

$k_n = k_{1n} k_2 k_4;$

k_{1n} – коефіцієнт перевантаження. Т. к. кривошипні преси забезпечуються запобіжними пристроями, розрахованими на 30 % перевантаження, то значення $k_{1n} = 1,3$;

k_2 – коефіцієнт концентрації навантаження, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині колеса, що виникає внаслідок пружної деформації опор, валів, а також неточностей виготовлення, k2 =1,1;

k_4 – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в зачепленні через неточності виготовлення .

Окружна швидкість V зачеплення визначається по формулі:

$$V = \frac{\pi n_к m_н z_к}{60} = \frac{\pi \cdot 146 \cdot 0.01 \cdot 58}{60} = 4,435 \text{ м/с};$$

$$k_n = 1,3 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,43$$

$$\beta := \pi \cdot \frac{18.3166}{180}$$

$$M_{1kï} := \left(\frac{\sigma_{Kdmax}}{C \cdot C_1 \cdot \cos(\beta)} \right)^2 \cdot \frac{z_{k1}^2 \cdot m_í^2 \cdot b_k}{k_n \cdot (i_{z1} + 1) \cdot 10^5}$$

$M_{1kï} = 0.096$ Ìí ì

Аналогічно для шестірні:

zш1 =19

$$b_ш = b_k + 0.015 \text{ м} = 0.125 \text{ м}$$

$[\sigma_k]_{max}$ =1760 МПа

$n_ш = n_к \cdot i_з = 146 \cdot 3{,}056 = 446$ об/хв

$$M_{1øï} := \left(\frac{\sigma_{Ødmax}}{C \cdot C_1 \cdot \cos(\beta)} \right)^2 \cdot \frac{z_{ø1}{}^2 \cdot m_í{}^2 \cdot b_{øk}}{k_n \cdot (i_{z1} + 1)\, 10^5}$$

$$M_{1øï} = 0.016 \quad ÌÍ ì$$

4) Перевірка за втомленою міцністю зубів колеса або шестірні на вигин:

$$k_{3u} := \delta_u \cdot \sqrt[m]{n_2 \cdot p_u \cdot k_{âåð} i_z} \qquad k_{3u} = 0.649 \;;$$

φ – коефіцієнт, що враховує напруження передачі моментом, зворотним за знаком робочому моменту, переданому муфтою; $\varphi = 0.15$

Φ_σ - коефіцієнт враховуючої властивості матеріалу;

$$\Phi_\sigma = \Phi_{\sigma 0} + \psi_\sigma ;$$

$\Phi_\sigma 0$ – коефіцієнт, що враховує концентрацію напруг і масштабний фактор, $\Phi_\sigma 0 = 1{,}85$;

ψ_σ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення границь витривалості при симетричному й отнулевом циклах зміни напруг, $\psi_\sigma = 0{,}1$.

$$\Phi_\sigma = 1{,}85 + 0{,}1 = 1{,}95 .$$

[$n_и$] – коефіцієнт запасу міцності, щодо межі міцності при вигині при нереверсивному навантаженні, [$n_и$] =2,2

Коефіцієнт еквівалентного навантаження при розрахунку на втомлену міцність k_{3i} знаходять по формулі:

$$k_{3u} := \delta_u \cdot \sqrt[m]{n_2 \cdot p_u \cdot k_{âåð} \cdot i_z},$$

де δi – коефіцієнт інтенсивності напруження при розрахунку на втомлену міцність, залежно від групи машини й терміну служби, δi = 0,489;

i_z – передатне відношення від головного вала до розраховує шестерні, що. Для колеса тихохідної передачі, установленого на головному валу, i_z = 1;

[σ_{-1i}] =230 МПа

$n_н$ – номінальне число ходів преса;

$p_и$ – коефіцієнт використання числа ходів;

$k_{вер}$ – коефіцієнт імовірності напруження, $k_{вер}$ =1

показник m = 6.

$$k_{3u} = 0.768$$

$$k_u = 0.845$$

$$M_{1u} := \frac{y_k \cdot m_í^2 \cdot z_{k1} \cdot b_k \cdot \sigma_{Kd1u} \cdot k_\varepsilon}{0.34 \cdot k_u \cdot (1 + \psi) \cdot \Phi_\sigma \cdot n_{du} \cdot \cos(\beta)}$$

$$M_{1u} = 0.036 \quad Ìí ì$$

Аналогічно для шестірні:

y_k = 0,109;

[σ_{-1i}] =330 МПа

$k_{вер}$ =1;

$k_{ø3u} := \delta_u \cdot \sqrt[m]{n_2 \cdot p_u \cdot k_{âåð} \cdot i_{z1} \cdot i_{z2}}$ $k_{ø3u} = 0.87$

$k_{øu} := k_1 \cdot k_2 \cdot k_{ø3u} \cdot k_4$ $k_{øu} = 0.957$

$$M_{1øu} := \frac{y_{øk} \cdot m_t^2 \cdot z_{ø1} \cdot b_{øk} \cdot \sigma_{Ød1u} \cdot k_\varepsilon}{0.34 \cdot k_{øu} \cdot (1 + \psi) \cdot \Phi_{ø\sigma} \cdot n_{ødu} \cdot \cos(\beta)}$$

$M_{1øu} = 8.323 \times 10^{-3}$ Ìí ì

Тоді Розглянемо значення моментів на валах

$M_{min} = 0.116$ виходячи із цього визначаємо значення припустимого зусилля на повзуну(див. нижче)

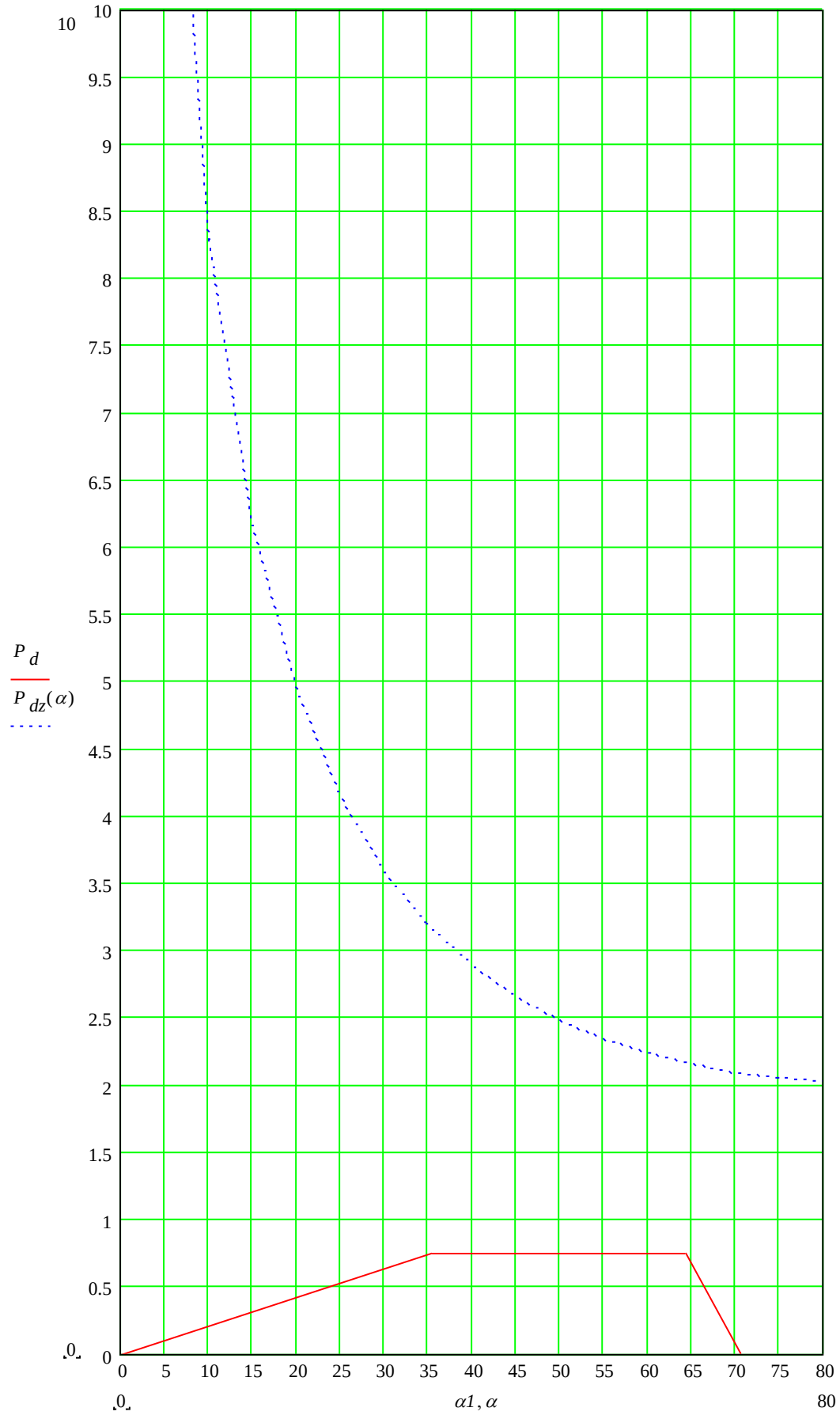


Рисунок 3.4 – Графік зусилля на повзуну, що допускає міцністю зубчастої передачі

Графік припустимих зусиль на повзуну

Для даної схеми валу, зусилля на повзуну, що допускає міцністю головного валу:

$$P_{äîï}(\alpha) := \frac{0.2 \cdot d_0^{\,3} \cdot \sigma_{1u}}{n \cdot k_{ý} \cdot U_{è}(\alpha) \cdot \sqrt{Ô_\sigma}} \quad ,$$

$$d_0 = 180 \text{ мм};$$

$$\sigma_{-1u} = 240 \text{ МПа } (\text{сталь } 35Л);$$

$$Ô_\sigma := 2.0$$

$$U_{è}(\alpha) := \left(\frac{l_0}{16} + \frac{l_ø}{4}\right) \cdot \left(1 + \frac{m_k(\alpha) \cdot \sin(\delta + \alpha_ø)}{R_k \cdot \cos(\alpha_ø)}\right)$$

$$l_0 := 185 \quad ìì$$

$$l_ø := 210 \quad ìì$$

Коефіцієнт запасу міцності : $n = 1{,}3$

Значення коефіцієнта еквівалентного навантаження залежить від номінального числа ходів і коефіцієнта використання числа ходів $k_э = 0{,}7$

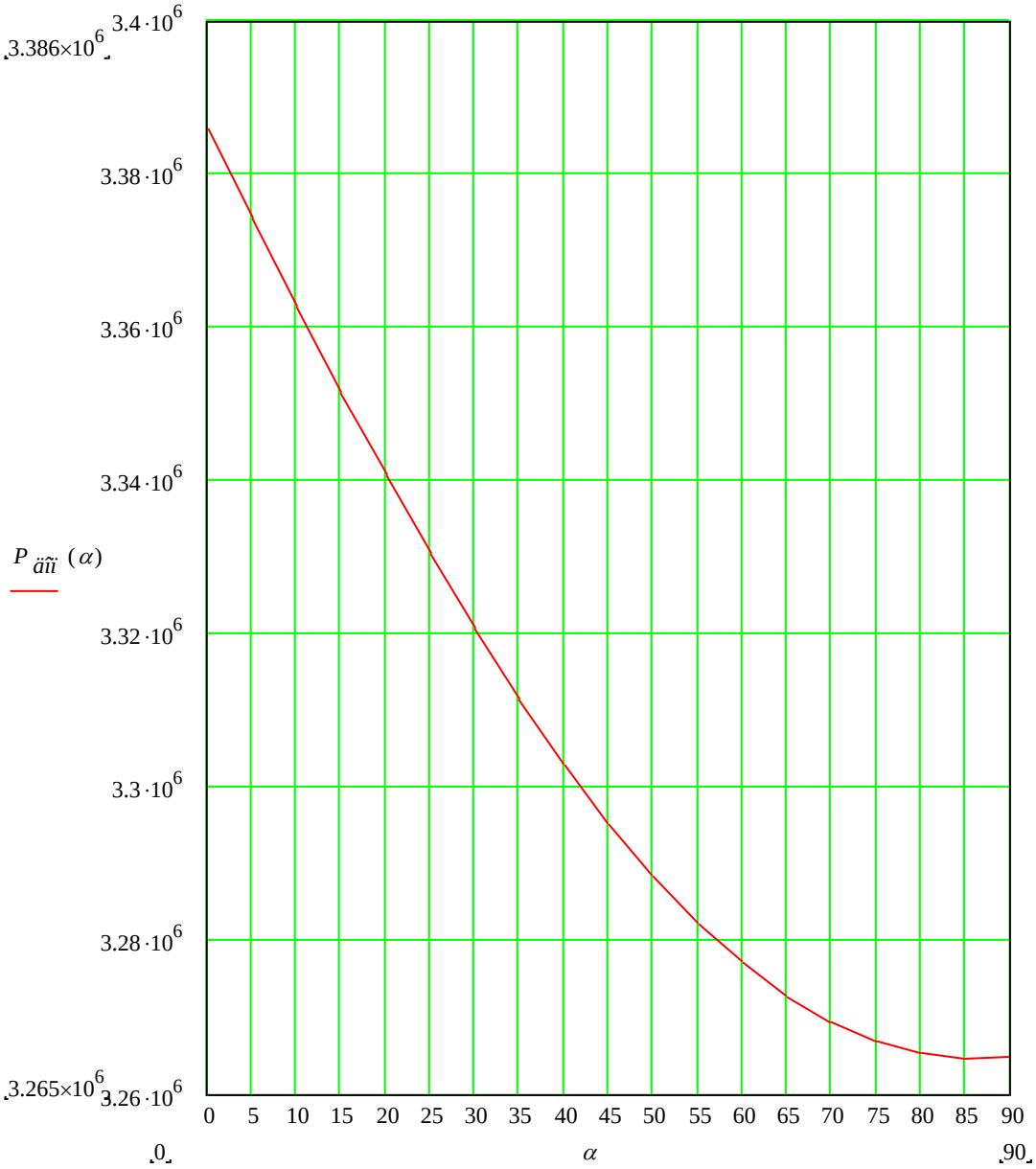


Рисунок 3.5 – Графік зусилля на повзуну, що допускає міцністю головного валу

Умови міцності і графіки допускних зусиль

За результатами розрахунків допускних зусиль на повзуну по міцності головного вала і зубчастої передачі будуємо графік навантажень, що допускають, на повзуну, на якому представляється розрахункова крива зусилля деформації, що розраховується при енергетичних розрахунках преса.

Достатньою умовою міцності основних деталей преса є непересічення графіка зусилля деформації із графіком навантажень.

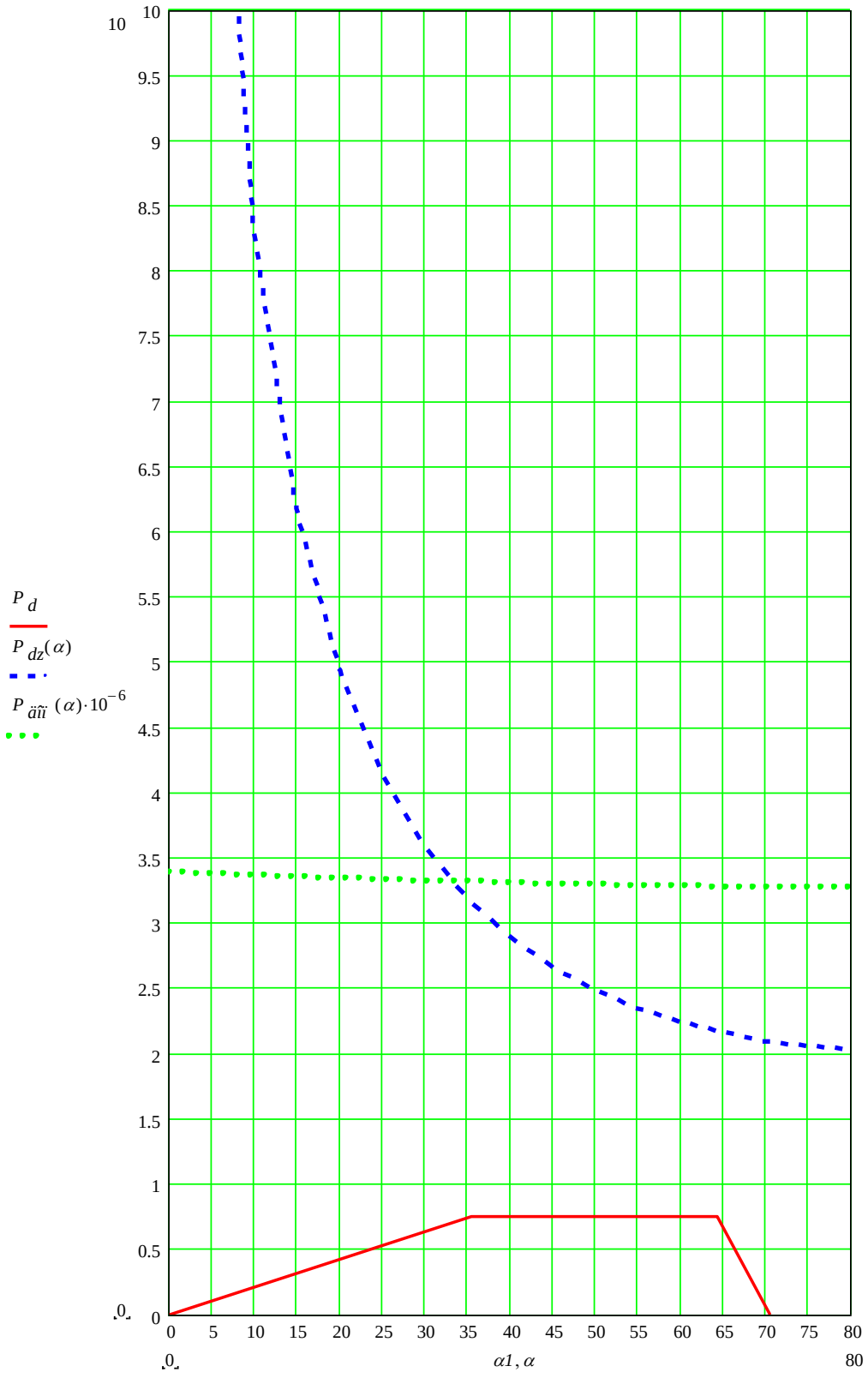


Рисунок 3.6 - Графік припустимих зусиль на повзуну по міцності головного валу і зубчастої передачі

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Ступінь безпеки процесу холодної штамповки, рівня його механізації та автоматизації

Цех холодної штамповки металу у своєму составі має ділянки з різними шкідливими умовами праці. Одним з основних ділянок цеху є кривошипний прес**.** Технологічний процес на пресі механізований і автоматизований, операції з металом здійснюються без особистої участі обслуговуючого персоналу.

На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці: огороджувальні пристрої, що створюють перешкоду між людиною і небезпечним фактором, що надійно охороняють працюючого незалежно від правильності або не правильності його дій; запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів – відключення устаткування при порушенні контрольованого параметра (температури, тиску, переміщення, величини струму або напруги, зусилля); гальмові пристрої для швидкої зупинки частин, що рухаються, машин і устаткування; блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані; сигналізація перед наступаючою або небезпекою, що наступила (світлова, звукова, кольорова і знакова). Велике значення має правильний розподіл функції між людиною і машиною для зменшення ваги праці.

Як оператор преса так і штампувальник преса 7 розряду, є працівниками преса, які відповідають за ведення технологічного процесу і основним місцем роботи є пост керування пресом на якому вони проводять 81,34% у зміну, що становить 6,5 год., а також 5,4% робочого часу на перевалочних роботах, переважно ручній роботі, що становлять 0,43 год. штампувальники преса 5 і 6 розрядів попадають під категорію робітників, які виконують всі побічні роботи, переважно ручної праці: підготовка преса до перевалки, перевалка, збирання обрізи, і настроювання допоміжного

устаткування преса. По даним заводу штампувальники 5 і 6 розрядів під впливом ручної праці перебувають 37,3% робочого, що становить 2,98 год. і 46,4% робочого часу при механізованій роботі, що становить 3,7 год.

Дані показники роботи робітників показують, що на пресі використають професії змішаної праці. Рівень механізації праці визначається з вираження:

$$B = M / (M + R) \cdot 100\% \qquad (4.1)$$

де М – сума людино-годин механізованої праці; R - сума людино-годин ручної праці.

Рівень механізації праці для оператора:

$$B_{оп} = 6,5 \cdot 100 / (6,5 + 0,43) = 93,8\%.$$

Рівень механізації праці для штампувальника:

$$B_{вал.} = 3,7 \cdot 100 / (3,7 + 2,98) = 55,4\%.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації

№ п/п	Професія робітників	Розряди	Штат робітників у зміну	Кількість відпрацьованих людино-годин у зміну			% механізованої праці
				Вручну, година	За допомогою машин, година	Усього, годин	
1	Штампувальник	7	1	0,43	6,5	6,93	55,4
2	Штампувальник	6	1	2,98	3,7	6.68	55,4
3	Штампувальник	5	1	2,98	3,7	6,68	55,4
4	Оператор	6	1	0,43	6,5	6,93	93,8
5	Оператор	5	3	0,43	6,5	6,93	93,8

4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Технологічний процес холодного листового штампування вимагає виконання деяких вимог по техніці безпеки. Але, щоб визначити яким саме, треба провести аналіз небезпечних ситуацій, які можуть виникнути в процесі роботи. Факторами виникнення небезпек є наявність у проектованому цеху:

- кривошипних пресів, які мають тверді кінематичні зв'язки. При перевантаженні пресів може виникнути заклинювання повзуна;
- небезпечної зони в штамповому просторі в системі „прес-штамп", у якій не дозволяються ніякі маніпуляції під час робочого ходу повзуна, тому що це може привести до травмування робітників ;
- одностоечних пресів із твердою муфтою, які іноді можуть викликати самохід повзуна;
- лінії фосфатування, на якій використають небезпечні хімічні речовини, які забруднюють повітря шкідливими парами;
- матеріалу (смуга, стрічка, лист) з гострими крайками. Ця небезпека збільшується при неякісному штампуванні, коли при роздільних операціях (вирубка, пробивання), на деталях виникає гостри задири.

Для проектованого цеху розроблені в дипломному проекті деякі заходи щодо попередження цих небезпечних ситуацій або їхньої ліквідації.

Таблиця 4.2 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу штампувальника

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач. (ГДК, ГДУ)	Фактич. знач.	III клас вредн. і опасн. усл. і характер праці			Час дії фактора за зміну,%
				I	II	III	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 :						
	I клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,06			6,0	90
	Оксид марганцю	0,05	0,39			7,8	90
	II клас небезпеки						
	Акролеїн	0,2	0,66		3,3		90
	III-IV клас небезпеки						
	Ангідрид сірчистий	10	16,83	1,63			90
	Вуглецю оксид	20	25	1,25			90
2.	Масла мінеральні	5	6,78	1,36			90
	Пил переважно фиброгеного дії, мг/м^3	4	26,3			6,58	90
3.	Вібрація (загальна й локальна), дБ						
4.	Шум, дБ	80	105			25	100
5.	Інфразвук, дБ						
6.	Ультразвук, дБ						
7.	Неіонізуюче випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон, В/м						
	- діапазон промислової частоти, кв/м						
	- оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м^3						
8.	Мікроклімат у приміщенні:	27	32,1				100
	- температура повітря, ºС	0,1-0,2	<0,3		5,1		
	- швидкість руху повітря, м/с	55	32				
	- відносна вологість повітря,%						
	- інфрачервоне випромінювання Вт/м^3						
9.	Температура навколишнього повітря (під час роботи на відкритому повітрі), ^{0}С						
	улітку						
	узимку						
10.	Атмосферний тиск						
11.	Вага і напруженість праці						

4.3 Розробка мір захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Перелік технічних і санітарно-гігієнічних мір захисту виробничої сфери і робочих місць наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Захисний пристрій	Принцип дії і призначення	Місце установки
Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі кабіни і перегородки	Звукопоглинання і відбиття, ізоляція органів слуху	Біля джерел шуму, у приміщенні оператора
Небезпечний рівень струму	Ізоляція і огородження струмоведучих частин; заземлення й блокування	Захист від дотику до струмоведучих частин, захист від дотику до металевих частин устаткування. Захист від високих рівнів струму	Навколо струмоведучих частин, біля корпусів електродвигуна
Рухливі механізми	Запобіжники плавкі, пускачі дистанційні Кожуха, сітки, запобіжні пристрої	Захист від зіткнення із частинами, що рухаються, і механізмами.	На панелях пульта керування

4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії

Згідно СН 245-71 „санітарними нормами проектування промислових підприємств” спроектований цех ставиться до п'ятого класу із захисною зоною в 50 м.

Відповідно до ГОСТ 12.005-88 „Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони” спроектований цех і в теплий, і в холодний і перехідний періоди належить до першої легкої категорії робіт з температурою повітря 20 ^{0}С, відносною вологістю 50% і швидкістю переміщення повітря 0,2м/с.

Забруднене повітря негативно впливає на організм людини. Тому обов'язково проводити заходу щодо оздоровлення повітря. До них належить

вентиляція. Вентиляція може бути природної (провітрювання за допомогою вікон) і штучної (витяжні й приточні системи). Із приточной системи повітря подається в найменш забруднену частину цеху, а за допомогою витяжної системи - витягається із самих брудних.

Тому що для лінії фосфатування використаються хімічні речовини, пари яких можуть шкідливо впливати на організм робітників, над ванами цієї лінії ставимо додаткову витяжну систему, що пов'язана із центральною вентиляційною системою цеху.

Світло відіграє важливу роль при роботі, тому що при поганому висвітленні людини швидше стомлюється, втрачає уважність, що може привести до аварійних ситуацій. Згідно СНіП 11-4-79 „Природне і штучне висвітлення. Норми проектування" спроектований цех має третій розряд зорової роботи і підрозряд "б".

4.5 Заходи пожежної безпеки

Заходу щодо пожежної безпеки приймаємо згідно СНіП 2.09.02-85 „Норми проектування. Виробничі будинки промислових підприємств". Спроектований цех ставиться до категорії "2" по пожежній безпеці.

Причинами пожежі в цехи можуть бути коротке замикання в електромережі, розлив і возгоряння хімічних речовин та інше. Тому передбачаємо пожежний щит, що складається із двох вогнегасників типу ОП-2А и ОУ-2, ящику з піском і совковою лопатою. Вогнегасник ОУ-2 ставиться до вуглекислотних, які використають для гасіння електроустановок під напругою, а також різних речовин. Вогнегасник ОП-2А - порошковий і служить для гасіння дерева, пластмаси і щелочних металів. Піском користуються в місцях розливу хімічних речовин.

Щоб уникнути виникнення пожеж треба стежити за справністю електромереж, проводити щоденне збирання робочих місць від що змазують і обтирочних матеріалів, не дозволяти паління в робочому приміщенні, а також

проводити профілактичні роботи. У проектованому цеху відповідальний за проведення інструктажу з пожежної безпеки є майстер.

На території цеху є состав відходів металу. Він повністю відповідає нормам пожежної безпеки й санітарії й гігієни.

Взагалі спроектована цех відповідає вимогам стандартів:

- СНіП 2.01.04-87 „Норми проектування. Допоміжні будинки й виробничі приміщення промислових підприємств”;
- СН 245-71 „Санітарні норми проектування промислових підприємств”;
- ОНТП-04-83 „Цеха холодного штампування”.

4.6 Заходу щодо забезпечення безпеки технологічних процесів

У проектованому цеху за виконання правил техніки безпеки відповідає майстер, що повинен проводити щоденний інструктаж і вести журнал, у якому кожний працюючий розписується перед початком роботи.

Для виконання правил техніки безпеки відповідно до ГОСТ 12.3.026-81 ужиті такі заходи.

1) Часткова або повна автоматизація виробництва:

- штампи для витяжки й вирубки в ленті із крючковою подачею і пневмо-скидачем;
- автоматизований комплекс РС-10 з валковою подачею;
- прес-автомат ПА-2,5.

2) Найкраще використати дворуке включення пресів або ричажне, щоб руки штампувальника були зайняті й не попадали в міжштампові простір. Також використання рухливих або нерухомих захисних ґрат не дозволяє проводити маніпуляції руками в міжштамповом просторі.

3) Усе преса (без автоматизації) із зусиллям більше 0,4МН мають гідрозапобіжники по зусиллю в повзуну. Це дозволяє запобігти заклинюванню преса, передчасне руйнування його деталей, які при руйнуванні можуть стати причиною травмування робітників або ушкодження іншого встаткування.

4) Щоб передбачити самохід повзуна, використаємо замість твердих муфт дискові.

Поразка струмом ставиться до однієї з виробничих травм. Щоб запобігти цього на спроектованої цехи вживаються такі заходи, як використання ізолюючих шлангів для проводів, ізолюючи кліщі для виконання деяких робіт, а також якщо буде потреба, підставки й ізолюючи килимки. Використати гумові рукавиці, а також носити гумові черевики на ділянці заборонено. Інструктаж з електробезпечності проводить майстер.

Електробезпечність у спроектованому цеху відповідає вимогам ГОСТ 12.1.019 - 79 „Електробезпечність. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту". Згідно ПУЕ "Правила установки електроустановок" спроектований цех ставиться до приміщень без підвищеної небезпеки по поразці електрострумом. Усе преса мають мережний вхідний вимикач, що дозволяє повністю зняти напругу з електроспоживачів, а проведення мереж електроустаткування маркіровані і сховані в труби.

Станини пресів, корпуси електродвигунів і інші металеві частини заземленні і занулені відповідно до діючих правил.

Також виробничі травми можуть бути, якщо не використати захисних заходів при роботі з устаткуванням. До захисних пристроїв ставляться кожухи, якими закривають обертаючися частини пресів. Їх роблять відкидними для змінних зубчастих передач і пасових передач. Також всі частини преса, які перебувають ззовні корпуси, огороджуються гратками. Гратки обов'язково повинні мати пристрою, які забезпечать їхнє безпечне відкривання, зняття й переміщення. Якщо треба спостерігати за виконанням процесу в гратках роблять віконця. У спроектованому цеху заходу безпеки відповідають ГОСТ 12.3.026 - 81„Роботи ковальсько-пресові. Вимоги безпеки".

4.7 Інженерна розробка медичного захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Проведемо розрахунок по визначенню кількості ламп, необхідних на окремій ділянці, при потрібнім висвітленні в 1000 лк.

Обираємо лампи типу УДП і ДРЛ. Коефіцієнт відбиття від даху $p_д$=50%, коефіцієнт відбиття від стін $p_с$=30%, коефіцієнт відбиття від підлоги $p_п$=10%. Розміри цеху 48*72*8 р.

Визначаємо індекс приміщення „і” за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_P \cdot (A + B)},$$

де A- ширина приміщення, м;

B- довжина приміщення, м;

H_p- висота приміщення, м.

$$i = \frac{48 \cdot 72}{8 \cdot (72 + 48)} = 3{,}6.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_з$=1,5 і коефіцієнт нерівномірності висвітлення z=1,15.

При індексі приміщення $й$=3,6 коефіцієнт використання η=62%.

Приймаємо кількість світильників $N_р$ = 50.

Тепер визначимо необхідний світовий потік ламп у кожному ряді за формулою:

$$\Phi_р = \frac{100 \cdot E_н \cdot z \cdot K_з \cdot S}{N_р \cdot \eta},$$

де $E_н$- необхідна освітленість у цехи, лк;

S- площа цеху, м^2.

$$Ф_р = \frac{1000 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}5 \cdot 3456}{50 \cdot 0{,}62} = 192309{,}67 \text{ лк.}$$

Необхідна кількість світильників обчислюється за формулою:

$$N = \frac{Ф_р}{n \cdot Ф_л},$$

За світловим потоком обираємо світильники Г125-135-1000. Відхилення від світлового потоку буде рівняти:

$$\Delta = \frac{192309{,}67 - 180290}{180290} \cdot 100\% = 6{,}6\%.$$

Це досить припустимо.

Небезпекою для людини також може стати гуркіт, що спричиняється при ударах верхньої частини штампа в нижню. Індивідуальним засобом захисту можуть стати навушники або шоломи.

Вібраційні явища від роботи пресів, транспортних засобів негативно впливають не тільки на організм людини, а й на всі механізми, які є на ділянці. Щоб зменшити або зовсім ліквідувати ці явища робимо під пресами спеціальний фундамент, що складається з декількох шарів.

Найголовніша мета, що ставиться при проектування будь-якого промислового об'єкту - це збереження здоров'я працівників, тому будь-які порушення санітарно-гігієнічних норм потрібно не залишати від уваги. Санітарно-побутові приміщення цеху на площі якого розташована спроектована цех відповідають СНіП 2-09.08-84 „Санітарно-побутові приміщення”.

ВИСНОВОК

Завданням даної кваліфікаційної роботи була розробка цеху дрібного, холодного листового штампування автомобілебудівного заводу з річною виробничою програмою випуску 10000 автомобілів «Lanos» у рік.

Було потрібно на основі наявних даних спроектувати нове виробництво, зокрема цех дрібного, холодного листового штампування. При цьому необхідно було поліпшити (збільшити) який-небудь показник.

Виходячи з поставленого завдання була зменшена собівартість продукції за рахунок застосування засобів автоматизації, а також через розкрій помінявся коефіцієнт використання металу.

Таким чином, при розрахунках економічної частини дипломного проекту, били отримані наступні результати. На проектування були взяті дві деталі докладної розробки (Клема). При отриманому розкрої КІМ «Клема» збільшився з 0,68 до 0,76 (економія 8 %). Тобто, вартість тонни металу 08Ю («Клема») становить 2276 грн., тоді вартість металу на річну програму дорівнює 726240 грн. Економія в 4 % дасть економічний ефект 726240*0,04 = 29040,96 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Середа Б.П., Обдул В.Д., Кругляк І.В. та ін. Технологія ковальсько-штампувального виробництва. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 258 с. ISBN 978-966-8462-12-2.

2. Середа Б.П. Обробка металів тиском. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 344 с. ISBN 978-966-8462-11-5.

3. Бєлоконь Ю.О. Фізичні процеси при пластичній деформації. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 179 с.

4. Калюжний В.Л., Ярмоленко О.С. Зусилля деформування, напружено-деформований стан і температурний розподіл у здеформованій заготовці при гарячому зворотному видавлюванні порожнистих виробів з латуні. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії*. 2018. № 23(1299). С. 28-32.

5. Горностай В.М. Визначення параметрів видавлювання стальних профілів з роздачею через призматичну матрицю. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2011. №7. С. 100-104.

6. Калюжний В.Л., Орлюк М.В., Горностай В.М., Запорожченко О.С. Розрахунковий аналіз холодного прямого видавлювання прямокутних профілів з високовуглецевих сталей. *Вісник НТУУ «КПІ» Машинобудування*. 2010. Вип. 60. С. 77-81.

7. Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Горностай В.М., Крижанівська І.Я. Визначення зусилля прямого холодного видавлювання з роздачею прямокутних профілів. *Обробка металів тиском : зб. наук. праць*. 2009. № 1(20). С. 23-27.

8. Алієв І.С., Абхарі П.Б. Удосконалення технологічного оснащення процесів штамповки у роз’ємних та рухливих матрицях. *Пластична деформація металів : матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції*. Дніпро : НМетАУ, 2017. С. 43-44.

9. Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Горностай В.М., Піманов В.В. Безвідходні технології виготовлення профілів із сталей. *Наукові нотатки*. 2009. Вип. 25. Ч.1. С. 107-111.

10. Матвійчук В.А., Колісник М.А., Штуць А.А. Дослідження напружено-деформованого стану матеріалу заготовок при прямому витисканні методом штампування обкочуванням. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. № 3 (102). С. 77-84.

11. Кухарь В.В., Аніщенко А.С., Глазко В.В. Розрахунок напруг в станинах кривошипних пресів відкритого типу в умовах позацентрового прикладення сили штампування відносно вісі повзуна. *Пластична деформація металів : матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції.* Дніпро : НМетАУ, 2017. С. 36.

12. Глазко В.В., Кухарь В.В. Теоретичне обґрунтування паралельного перенесення вектора сили у компенсаторі системи «прес-штамп». *Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції.* Суми : СумДУ, 2021. С. 34-35.

13. Yavtushenko A., Yavtushenko G., Protsenko V., Bondarenko Y., Vasilchenko T. Dynamics of Mechanical Press Drive. *Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems Mees*. 2019. P. 14–17.

14. Vasilchenko T., Yavtushenko G., Bondarenko Y., Belokon Y. Calculation of planetary drive of mechanical press. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. 7(12). P. 178-182.

15. Yavtushenko A. V., Sereda B. P., Vasilchenko T. O., Glebenko A. V. Approximate calculation of the main energy-dynamic parameters of the processes of switching on and stopping the planetary drive. *Metal Forming*. 2010. 3, P. 175-179.

16. Абракітов В. Е. Охорона праці в галузі та цивільний захист : конспект лекцій для студентів 1 (5) курсу усіх форм навчання / В. Е. Абракітов. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 105 с.

17. Манідіна, Є. А. Охорона праці та техногенна безпека : метод. вказівки до викон. розділу диплом. робіт (проектів) для студентів. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 32 с.