

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машиннобудівний інститут Маш.Фак.  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Обробка металів тиском  
(повна назва кафедри)

## Пояснювальна записка

до магістерської роботи

Магістр

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему Дослідження процесу формування  
конструкцій елементів зварювального  
емісійного середовища

Виконав: студент VI курсу, групи M<sub>2</sub>-813M  
спеціальності (напряму підготовки)

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Астаф'єв Ю.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Матюхін А.Ю.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Савченко В.О.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя  
2018 рік

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

Інститут, факультет М У М 90  
 Кафедра Обробка металів тиском  
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр  
 Спеціальність 131 Кристалознавство механіки  
 (код і назва)  
 Напрямок підготовки ОБЛ та технік маєт. форм констр. маш. буд.  
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

"20" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ  
 НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ашмар'єв Юрій Валерійович  
 (прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Темароботи Дослідження процесу формування конструкційної деталі з ориганного внаслідком середовища  
 керівник роботи Маштохін А.Ю. д-р.  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
 затверджені наказом вищого навчального закладу від "17" 12 2018 року №  
 2. Строк подання студентом роботи 17.12.18  
 3. Вихідні дані до роботи звіт з предудитової проєкції

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
 1. Визначення і класифікація спеціальних видів мехової штамповки  
 2. Варіанти технологічного процесу вироблення деталі  
 3. Облаштування для штампування асиметрич. середовищем  
 4. Формування мехового лемпелю з ориганного обладнання  
 5. Охорона праці на безпечно у надзвичайних ситуаціях  
 6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Презентаційний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийнято контрагентом влада
1	Машахін А. Ю.		
2	Машахін А. Ю.		
3	Машахін А. Ю.		
4 Керівник фірми	Несмернов В. М. дир.		
5 Керівник фірми	Машахін А. Ю.		

7. Дата видачі завдання 07.10.18

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Визначення і класифікація спеціальних видів митової митамітки	02.11.18	
2	Розробка інформаційного процесу внаслідок зміни умов	12.11.18	
3	Обладнання для автоматизації складових операцій	20.11.18	
4	Формування митової митамітки за допомогою обладнання фірми "Quintus technologies flexform"	10.12.18	
5	Охорона праці на безпечні умови виготовлення симуляцій	17.12.18	

Студент

(підпис)

Астафуров В. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Машахін А. Ю.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Визначення і класифікація спеціальних видів листової штамповки... 8	8
1.1 Властивості еластичних середовищ.....	11
1.2. Використання еластичного середовища для розділових операцій..	13
1.3. Згинання листового металу.....	16
1.4. Витягування еластичним середовищем.....	18
1.5. Штампування трубчастих деталей.....	20
1.6. Контейнери для штампування еластичним середовищем.....	22
2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	24
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	24
2.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанту технологічного процесу виготовлення деталі.....	25
2.3 Визначення форми і розмірів заготовки.....	27
2.4 Розкрій стрічки.....	28
2.5 Розрахунок технологічного процесу.....	32
2.6 Вибір пресового обладнання .....	36
2.7 Система змазки.....	38
3. Обладнання для штампування еластичним середовищем.....	47
3.1. Кривошипні преси.....	47
3.2. Гідравлічні преси.....	68
4. Формування листового металу за допомогою обладнання фірми quintus technologies flexform™.....	72
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	82
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	83
5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки.....	83
5.3. Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці... 86	86
5.4. Заходи з пожежної безпеки.....	89

5.5 Заходи безпеки при надзвичайних ситуаціях.....	90
Перелік використаної літератури.....	95

## ВСТУП

Тонкостінні конструкції з листа отримують широке застосування в найрізноманітніших виробках машинобудування, в тому числі у виробках широкого народного споживання. Високі експлуатаційно-міцнісні властивості тонкостінних деталей і вузлів з листа при мінімальній вазі останніх зумовлюють ще більше їх застосування у виробках машинобудування.

У зв'язку з цим економічне і високопродуктивне виробництво якісних тонкостінних деталей, особливо складних форм, є однією з важливих проблем сучасного машинобудування. Великого значення набуває вдосконалення існуючих та розробка нових процесів штампування деталей з листа.

За останні роки комплекс раніше розроблених і застосовуваних в машинобудівному виробництві методів листового штампування (штампування-витяжка, гибка, різка, формування в жорстких штампах, частково найпростіші процеси штампування, рідиною, гумою і ін.) Поповнився великою кількістю нових досконалих процесів, що створюють реальну базу для активного розвитку різних галузей машинобудівного виробництва.

Якщо процеси листового штампування розташувати послідовно по виду застосовуваного середовища, то в цьому ряду особливе місце займуть процеси штампування еластичними і рідинними середовищами, тобто високо щільними податливими середовищами (штампування гумою, еластичними пластиками типу поліуританів, рідиною і ін.).

Процеси листового штампування еластичною і рідинною середовищами внаслідок їх універсальності, зручності здійснення, простоти використовуваного при цьому інструменту, а також виключно великих

технологічних можливостей забезпечують значне зниження собівартості, підвищення якості промислової продукції не тільки при масовому, але і серійному, дрібносерійному і дослідному виробництві.

## 1. ВИЗНАЧЕННЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИДІВ ЛИСТОВОЇ ШТАМПОВКИ

Найбільшого поширення в машинобудуванні отримали інструментальні методи листового штампування, тобто технологічні процеси, що реалізуються за допомогою інструментальних штампів. Це, в основному, операції вирубки-пробивання, витяжки, гнуття і формування.

Конструкції застосовуваних при цьому штампів залежать від форми і розмірів деталі, виду заготовки (лист, штаба, тощо), ступеня механізації і автоматизації процесів (програми випуску деталей).

За конструктивною ознакою інструментальні штампи поділяються на спеціальні, спеціалізовані й універсальні. Спеціальні штампи призначені для виготовлення конкретної деталі (скільки деталей, стільки і штампів); спеціалізовані - для виконання однієї операції, при цьому деталі можуть бути різними. Наприклад, штампи для гнбки з програмним керуванням. Операція одна, а деталі різні. Універсальні штампи дозволяють за допомогою змінних робочих блоків здійснювати різні операції і отримувати різні деталі.

На жаль, ідеальних методів листового штампування, як і штампів для їх реалізації, не існує.

Основні їх недоліки:

- не забезпечують необхідної якості готових деталей (точність геометрії, чистота поверхні, механічні властивості, тощо);
- супроводжуються підвищеною витратою металу;
- вимагають складних за конструкцією і металомістких штампів;
- не задовольняють по продуктивності;
- супроводжуються підвищеними енерговитратами;
- занадто великі терміни підготовки виробництва.

Постійно зростаючі вимоги до якості готових деталей, мінімізації енерго- і матеріальних витрат, скорочення термінів підготовки виробництва

при освоєнні нової продукції є причиною незадоволеності існуючими методами листового штампування.

В основу класифікації спеціальних видів листового штампування можна покласти наступні найбільш значимі ознаки:

1. Нетрадиційні джерела навантаження: енергія вибуху, імпульсне магнітне поле, високовольтний розряд в рідині, сілопрівід з матеріалів з «пам'яттю форми», штампування льодом і інші.

2. Форма середовища, що передає зусилля на деформується заготовку: еластична середа, рідина, газ, магнітне поле. Відповідно, спеціальні види листового штампування: штампування еластичними середовищами, гідроформовки, газодетонаціоне штампування, магнітно-імпульсна обробка матеріалів.

3. Температурно-швидкісні режими деформування, параметри зовнішнього впливу. До них відносяться: температура  $T$ , при якій здійснюється деформування, швидкість деформування  $V$  і деформації та ін..

4. Вид заготовки. Штамповка труб, пресовані профілі, тощо

5. Спеціальні види, які забезпечують необхідну геометрію готових виробів. Це витяжка без потоншення, з давильно-роскатні роботи та інше.

6. Спеціальні види, що враховують особливості матеріалу, тобто його властивості: штамповка неметалевих матеріалів, композитних матеріалів.

Дослідження і виробничий досвід показують високі технологічні можливості штампування гумою і рідиною при виготовленні деталей з листових і тонкостінних трубчастих напівфабрикатів. У зв'язку з цим формоутворення тонкостінних деталей є найбільш раціональною областю застосування цих процесів.

Висока рівномірність доданих до заготівлі деформуючих тисків, що виключає різкий концентрацію контактних навантажень, дозволяє розглядати еластичні і рідинні матеріали як ефективні деформувальні (передавальні) середовища.

До характерних форм деталей, формоутворення яких можливо еластичною і рідинної середовищами, відносяться форми просторових деталей незамкнутого і замкнутого контуру (рис.1.1). Можна вважати, що немає конструктивно-геометричних форм тонкостінних деталей, які неможливо було б отримати штампуванням еластичними або рідинними середовищами.

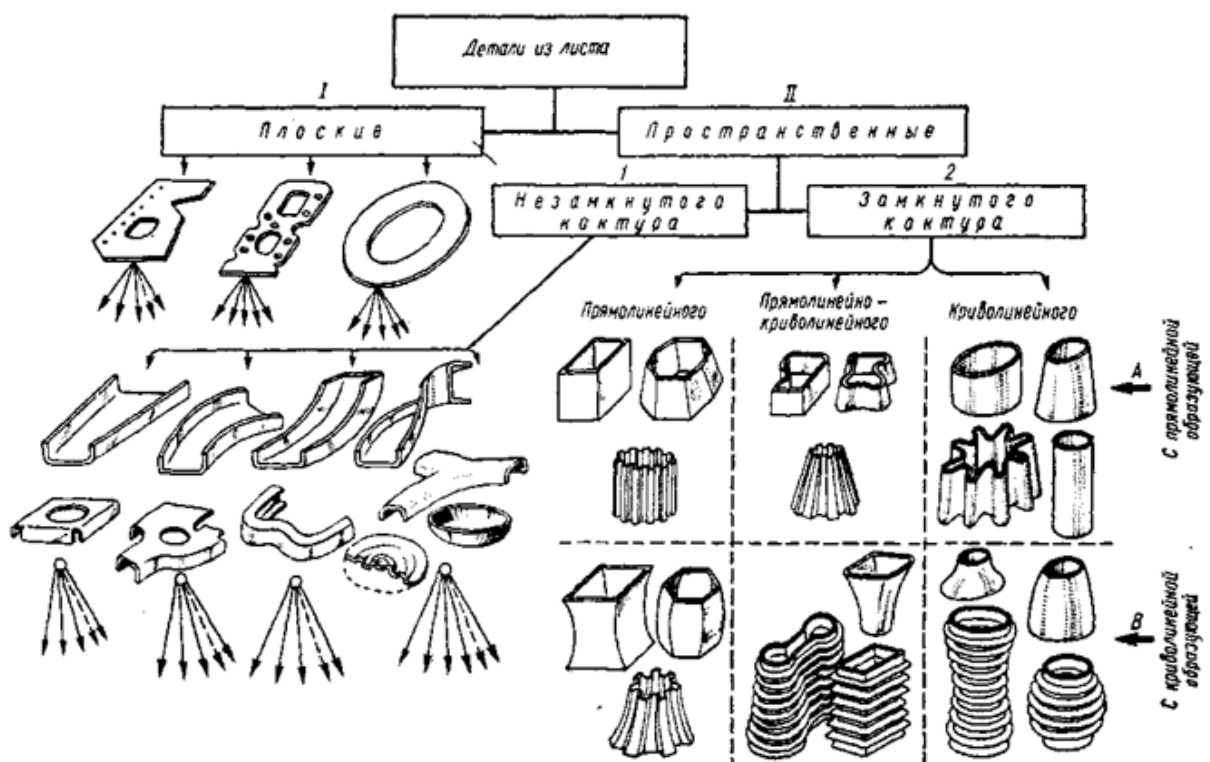


Рис. 1.1. Деталі, які можливо отримувати еластичною і рідинної середовищами

Основними принципами, яким повинні відповідати розробляемі або виористовувані варіанти технологічних процесів, є наступні:

- максимальні технологічні можливості. Нові або застосовуються процеси і методи повинні забезпечувати за один робочий цикл поєднання

максимальної кількості операцій, пов'язаних з перетворенням напівфабрикату в закінчену деталь, при найменших затратах праці робітника.

- застосовані процеси повинні забезпечувати найбільшу простоту і універсальність обладнання, що застосовується, робочої і контрольної оснастки, придатних при виготовленні найбільшої кількості деталей різних виробів даного класу.

- Найбільша економія основних і допоміжних матеріалів.

- Найменші витрати електроенергії.

### **1.1 Властивості еластичних середовищ**

До недавнього часу в якості еластичної середовища при штампуванні деталей використовувалася тільки гума. Однак гума, що володіє порівняно низькими фізико-механічними властивостями, може працювати при невеликому тиску (до 300-500 кгс/см<sup>2</sup>), достатньому лише для штампування тонкостінних деталей невисокою міцності. Тому штампування деталей за допомогою гуми застосовувалася в основному тільки на авіаційних заводах, де більшість деталей виготовляється з тонкостінних алюмінієвих сплавів.

Сьогодні, в якості еластичних середовищ використовується гума та поліуретан різних марок, які відрізняються один від одного за своїми властивостями. Поліуретан – синтетичний гумоподібний матеріал який отримують на основі складних полімерів ефіра, міцність якого у 6-8 разів вища ніж у гуми. З усіх властивостей еластичного середовища розглянемо ті, які необхідні для вибору кращого матеріалу для виготовлення деталі. До цих властивостей можна віднести: твердість за Шором, відносне видовження, залишкова деформація та граничне навантаження (тиск). В таблиці 1.1. наведені механічні властивості для резини марки 56 та 3826, а також для поліуретану СКУ-7Л та СКУ-ПФЛ.

Таблиця 1.1. Механічні властивості еластичного середовища

Марка Еластичного середовища	Механічні властивості			
	Твердість по Шору	Відносне видовження, $\delta$ , %	Залишкова деформація, $\epsilon$ , %	Граничне навантаження $p$ , кг\см <sup>2</sup>
Резина марки 56	55	450	28	500
Резина марки 3826	70	300	20	500
Поліуретан СКУ-7Л	80	600	3	1000
Поліуретан СКУ-ПФЛ	92	400	10	1000

Твердість гуми визначає ефективність застосування еластичного середовища, а в деяких випадках навіть можливість виконання штамповочної операції. Якщо використовувати м'яку гуму, то під час гнбки вона обтікає жорсткий борт, і у кінцевому результаті створює потивотиск, який перешкоджає виконанню операції. Якщо використовувати гуму високої твердості, такого явища не відбувається. Тож для згинання коротких жорстких бортів перевагу слід надавати матеріалу з високою твердістю.

Відносне видовження  $\delta$  визначає можливість видовження волокон еластичного середовища без руйнування. Природно, що матеріал з більш високим значенням  $\delta$  має переваги, над матеріалом у якого відносне видовження менше.

Залишкова деформація,  $\epsilon$  визначає розміри еластичного блока після зняття навантаження. Зрозуміло, що для кращого результату треба використовувати матеріали з мінімально залишковою деформацією.

Особливо важливо враховувати даний параметр коли проходить без контейнера закрита технологічна схема, оскільки це може привести до проблем з витягування еластичного середовища з готової деталі.

Граничне навантаження, яке витримує еластичне середовище, визначається максимальним тиском  $p$  на заготовку при штампуванні. При перевищенні граничного навантаження внутрішні молекулярні зв'язки розриваються і блок втрачає еластичність.

Невисокі значення граничного навантаження для гуми  $p=500$  кг/см<sup>2</sup> доволі часто призводять до недоштамповці, що в свою чергу призводить до збільшення об'єму ручних робіт. Тому використання поліуретанів зі значенням  $p=1000$  кг/см<sup>2</sup> виглядає більш прийнятним.

## **1.2. Використання еластичного середовища для розділових операцій.**

Вирубка або пробивання листових деталей здійснюється в контейнерах з закритим об'ємом. Шаблон, який має форму деталі встановлюється на підштампову плиту. На ньому розміщують заготовку з припуском на обрізку. При робочому ході повзуна преса контейнер з еластичним середовищем опускається вниз. Після входу під штампової плити в робочу зону контейнера еластичне середовище спочатку притискає заготовку до вирізного шаблону, а потім по мірі зростання тиску відбувається згин припуску по ріжучій кромці шаблону. Наступне збільшення тиску призводить до утворення тріщини зі сторони шаблону.

Якщо величина припуску буде менше висоти вирізного шаблону, то він повністю загнеться навколо ріжучої кромки і навіть з'явившася тріщина не зможе привести до відділення відходу від деталі. Це так званий випадок короткого припуску. Якщо величина припуску буде значно більшою за

висоту вирізного шаблону, то припуск також спочатку згинається навколо ріжучої кромки до стикання довгого відходу з під штамповою плитою. Таким чином, для здійснення розділової операції за допомогою еластичних середовищ необхідно виконання умови: величина припуску повинна бути більше висоти вирізного шаблону, але при цьому треба пам'ятати, чим більше висота вирізного шаблону, тим більше величина припуску. Велика довжина вільної ділянки забезпечує великі розтягувальні напруги і менший тиск для відділення відходу (різання).

І навпаки, чим менше висота вирізного шаблону, тим менше напруження розтягу і більше потрібний для різання тиск. Таким чином, з одного боку, ми прагнемо до зменшення необхідного тиску різання, а з іншого боку економічна складова вимагає зменшення припуску, що досягається зменшенням висоти вирізного шаблону.

Універсальний контейнер (рис. 1.2) [2] виконується з високоміцної сталі, здатної працювати при високому тиску. У контейнер запресовується поліуретанова пластина марки СКУ-7Л або СКУ-ПФЛ товщиною не менше 25-30 мм. Для випресовки поліуретанової пластини в днище контейнера робиться отвір і встановлюється металева шайба товщиною 5-10мм.

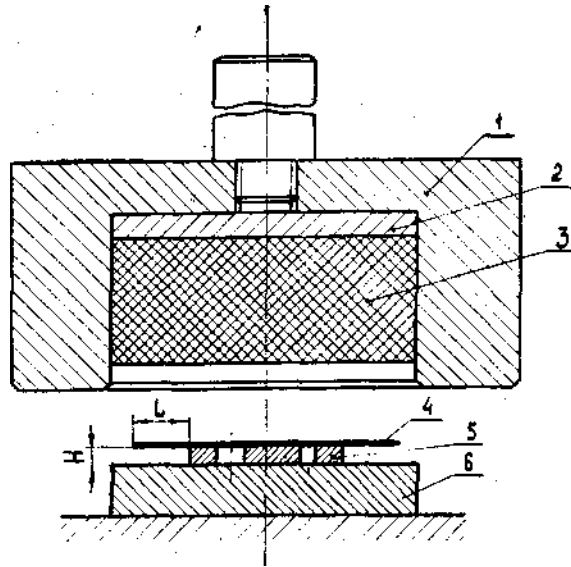


Рис.1.2. – Схема виробування, пробивання. 1 - контейнер; 2 - металева шайба; 3-поліуретанова пластина; 4 - заготовка; 5 -вирізний шаблон; 6 - підштампова плита.

Деталі, що вирізаються поліуретаном, мають високу якість [2]. Поверхня деталей виходить плоскою без викривлень, які зазвичай мають місце для деталей, що виготовляються в інструментальних штампах. При використанні якісних гострих вирізних шаблонів деталі навіть з тонкої алюмінієвої фольги ( $5 = 0,05-0,1$  мм) вирізаються без задирок. З боку дії поліуретану кромки вирізаних деталей виходять не гострими, а з невеликим (приблизно рівним товщині матеріалу) округленням, що робить непотрібним запилення гострих кромки і зняття фасок. Розміри деталей по зовнішньому контуру виходять дещо більше відповідних розмірів Вирізні шаблону; діаметри отворів, що пробиваються деталей трохи менше діаметрів вирізних шаблонів.

Економічний ефект від впровадження у виробництво процесу вирубки деталей поліуретаном досягається в основному за рахунок значного здешевлення оснащення. Застосування вирізного шаблону замість штампа знижує витрати на проектування в 10- 20 разів, трудомісткість виготовлення - в 20-30 разів, металоємність оснащення - в сотні разів. Крім цього значно

скорочуються витрати зі складування та зберігання оснащення, знижуються також витрати на правку деталей і зняття задирок. Потреба в площах для зберігання оснащення зменшується приблизно в 30 разів. Вирізні шаблони зберігаються і реєструються на стелажах як книги. Важливу роль відіграє значне скорочення термінів підготування виробництва. Якщо на проектування і виготовлення штампа практично потрібно кілька тижнів, а то і місяців, то різьблений шаблон розраховується і виготовляється за кілька годин. Однак при нарізці деталей поліуретаном підвищується витрата матеріалу, час виготовлення деталі і необхідне зусилля преса. Тому зі збільшенням програми випуску деталей економічна ефективність процесу вирізки деталей поліуретаном знижується. За зарубіжними даними доцільність застосування процесу вирізки деталей поліуретаном обмежується річною програмою до 15 000-25 000 штук. При невеликій програмі випуску (сотні штук) собівартість деталей, вирізаних поліуретаном, в 10-15 разів нижче, ніж при вирубці в звичайних інструментальних штампах [2].

### **1.3. Згинання листового металу**

Згин листового металу зазвичай здійснюється в жорстких штампах, основними елементами яких є матриця і пуансон. Для кожного виду деталей, а також при згинанні матеріалу різної товщини необхідні індивідуальні пуансони і матриці. Застосування універсальних поліуретанових матриць значно спрощує і здешевлює штампувальну оснащення, так як на одній такій матриці можна виробляти згинання найрізноманітніших деталей з різними кутами і радіусами з матеріалів різної товщини. При цьому необхідно виготовляти тільки пуансон. Універсальна поліуретанова матриця не ушкоджує поверхні деталей і не залишає на ній ніяких слідів, що дозволяє

виробляти згинання деталей з полірованих листів, а також і різними захисно-декоративними покриттями.

Гнуття деталей на універсальних поліуретанових матрицях можна робити як на гідравлічних, так і на механічних пресах.

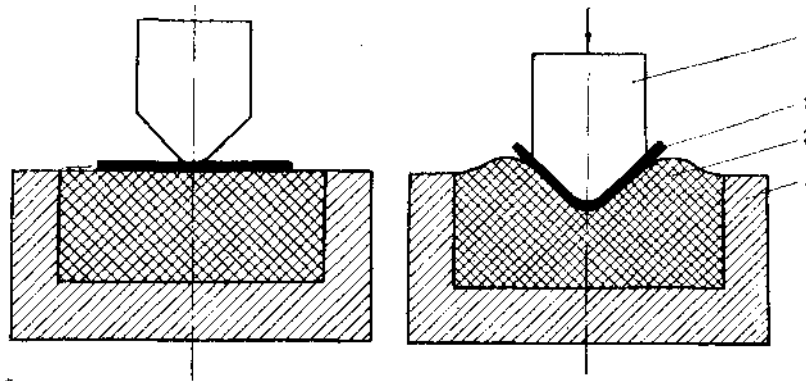


Рис. 1.3. Схема згину деталей в універсальній поліуретановій матриці:  
1 - пуансон; 2 - деталь; 3 - поліуретан; 4 - корпус

Розміри поліуретанової матриці залежать від конфігурації і габаритів деталей. Ширина поліуретанового блоку береться в 2-3 рази більше ширини контакту пуансона з поліуретаном і приймається зазвичай не менше 60 мм. Товщина полімерного блоку вибирається з умови забезпечення максимального терміну його служби, що досягається обмеженням деформації поліуретану до 30%. Необхідна для згинання деталі глибина впровадження пуансона в поліуретан залежить від геометричних параметрів деталі, фізико-механічних властивостей і товщини матеріалу, а також від твердості поліуретану. Більш твердий поліуретан вимагає меншої глибини впровадження пуансона і дозволить гнути деталі з міцніших і товстих матеріалів.

Поліуретан марки СКУ-7Л твердістю 80-85 од. дозволяє згинати листові метали середньої міцності товщиною до 3-4 мм. Зусилля преса, необхідне для гнуття деталей в універсальній поліуретановій матриці,

визначається в основному опором впровадженню пуансона з заготовкою в поліуретан.

Для виготовлення деталей з заданими кутами і радіусом згину необхідно враховувати пружну віддачу матеріалу деталі, яка виявляється в зміні величин кутів і радіусів деталей після зняття навантаження.

#### 1.4. Витягування еластичним середовищем

Останнім часом, особливо з використанням спеціального обладнання набули поширення операції витягування з використанням еластичного середовища.

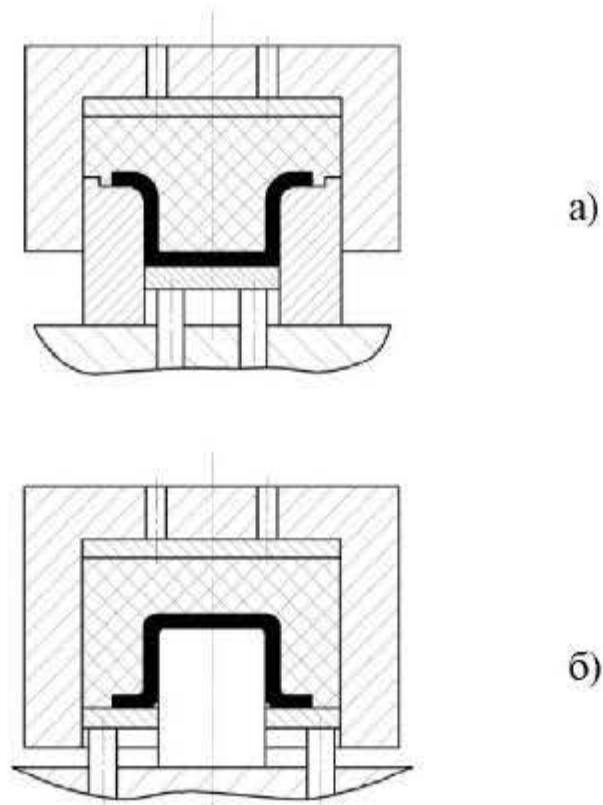


Рис. 1.4 Витягування еластичним середовищем. а – по жорсткій матриці, б – по жорсткому пуансону

Витягування листового матеріалу може виконуватися за двома схемами: еластичною матрицею по жорсткому пуансону (рис.1.4, б), або еластичним пуансоном по жорсткій матриці (рис.1.4, а). При цьому можуть використовуватися як рухливі, так і нерухомі притисками.

У випадку застосування нерухомого притиску еластична матриця деформує листову заготовку утворює так зване «перетяжне ребро», яке збільшує розтягуючі напруги, які діють у фланці заготовки.

Витягування деталі з листової заготовки по схемі з рухливим притиском проходить наступним чином. При опусканні контейнера, прикріпленого к повзуну гідравлічного преса еластичний блок приходить в стикання з пласкою заготовкою, яка розміщена на притискному кільці. Долаючи опір гідравлічної подушки преса, яке передають штовхачі, еластичне середовище деформує заготовку, обтягуючи її навколо пуансона та здійснює, таким чином, процес витягування.

Розглянутий процес витягування жорстким пуансоном по еластичній матриці володіє значно більшими можливостями, ніж витягування в штампі, збільшуючи коефіцієнт витягування на 15-20 %. При цьому можливо значно зменшити радіус між дном і стінкою деталі (до 2S).

Збільшення ступеня деформації, отримання більшої висоти деталі можливо пояснити наступними факторами [3]:

- Зменшенням спротиву згину (на початку витягування радіус заокруглення має найбільшу величину);
- Наявністю корисних сил тертя між пуансоном і заготовкою, які впливають на небезпечний перетин;
- Відсутністю тертя між заготовкою та еластичним середовищем в зв'язку з майже однаковим їх переміщенням;
- Дією тиску еластичного середовища на торцеву поверхню фланця, що звільняє небезпечний перетин від розтягуючого напруження.

Небезпечний перетин, а отже, ділянка найбільшого потоншення стінки заготовки при витяжці еластичною середовищем за жорстким пуансоном віддаляється від донної частини і наближається до її фланця.

Тиск еластичною середовища  $q$  в процесі витяжки має плавно зростати: в початковий момент рекомендується створювати тиск рівний 1 - 1,5 МПа для деталей з легких сплавів, 5-10 МПа для деталей з сталей, а потім плавно досягти величини 25-40 МПа і 70 -100МПа відповідно.

Високі початкові тиски можуть призвести до локалізації пластичної деформації заготовки між пуансоном і притиском, неприпустимого потоншення і навіть обриву.

При витяжці деталей по схемі «еластичним пуансоном по жорсткій матриці» форма матриці відповідає конфігурації деталі. Процес не вимагає дорогої оснастки. Тому з економічної точки зору досить ефективний. Однак з технічної точки зору не забезпечує підвищення граничних можливостей і має ряд недоліків. Наприклад, нестійка по периметру течія фланця в різних ділянках через анізотропію механічних властивостей, неоднаковості умов тертя, що може привести до односторонньої утяжки фланця, велике потоншення стінок і різко виражена різнотовщинність.

### **1.5. Штампування трубчастих деталей**

За допомогою еластичного середовища можна виконувати найрізноманітніші формозмінючі, калібрувальні та розділові операції, здійснювані як роздачею, так і обтиском труб [2]. Можна формувати на трубах поперечні і поздовжні рифти, виробляти відбортовку отворів, штампувати конуса, перехідники, різьблення і фасонні деталі різної складної форми. Не викликає труднощів виконання розділових операцій: поздовжня і поперечна різка труб з будь-якого прямолінійного або криволінійного

контур, пробивання отворів і пазів різної форми. Всі ці операції можна здійснювати комбіновано. Наприклад, одночасно з формуванням перехідника проводиться калібрування ділянки труби, пробивка фасонних поздовжніх пазів і поперечна різка-торцювання. Необхідно відзначити високу якість розділових операцій, що виконуються на трубах. Краї виходять без задирок з невеликими закругленнями на внутрішній поверхні труби при штампуванні на роздачу. При високому тиску еластичною середовища (5000-6000 кгс/см<sup>2</sup>) на трубах з алюмінієвих сплавів з товщиною стінки 1 мм найменша ширина різку не перевищує 0,5-0,7 мм.

За допомогою еластичного середовища штамнуються трубчасті деталі практично будь-якого діаметру (від декількох мм до 500 мм і більше), будь-якої довжини (до 5000 мм і більше) з різних матеріалів (кольорові, жароміцні та титанові сплави, вуглецеві і нержавіючі сталі та ін.). Товщина стінок деформуються труб до 3-5 мм (дослідні зразки штампувалися зі сталевих труб з товщиною стінки 16 мм). Для штампування труб невеликого діаметра, що вимагають високого тиску, як еластичною середовища рекомендується застосовувати поліуретан; тонкостінні труби великого діаметру доцільно штампувати гумою. Наприклад за один перехід для труб з нержавіючої сталі Х18Н10Т отримано найбільше збільшення діаметра на 41% при стоншування стінки до 16%; Для труб з титанового сплаву ВТ14 найбільше збільшення діаметра близько 10% при стоншування верстати на 3,6%. Для штампування трубчастих деталей необхідні тільки матриці; пуансонами служать стрижні або шайби з еластичної середовища, які стискаються під дією сили преса.

## 1.6. Контейнери для штампування еластичним середовищем

Контейнер для штампування еластичним середовищем являє собою ємність під високим тиском (до 1000 атм). Тому до них пред'являються підвищені вимоги по техніці безпеки.

Як найбільш міцні мають широке розповсюдження контейнери циліндричної форми.

Поліуретанові подушки запресовуються у внутрішню частину контейнер з натягом 0,5 - 1,0 мм. Пластина, розміщена в донній частині контейнера служить для зручності видалення зношеної подушки (блока) з нього. Для цього в дні контейнера передбачають отвори, через які за допомогою штиря подушку випресовують. Внутрішній діаметр контейнерів, які застосовують на виробництві, складає від 30 – 560 мм та розраховано на тиск до 1000 кг/см<sup>2</sup>.

Контейнери рекомендується виготовляти зі сталі 40Х, 30ХГСА з твердістю після термообробки 28...32 НРС.

Розрахунок на міцність виконується по формулі Лапласа для товстостінного циліндра, де визначається максимальний тиск, який витримує кільце без слідів пластичної деформації.

Для штампування вузьких довгомірних виробів використовують контейнери щілинного типу [3]. Такі контейнери вздовж довгої сторони схильні великим деформаціям. Для запобігання небезпечних деформацій використовуються додаткові міри збільшення їх міцності. Наприклад, для цього використовують силові упори (рис.1.5)

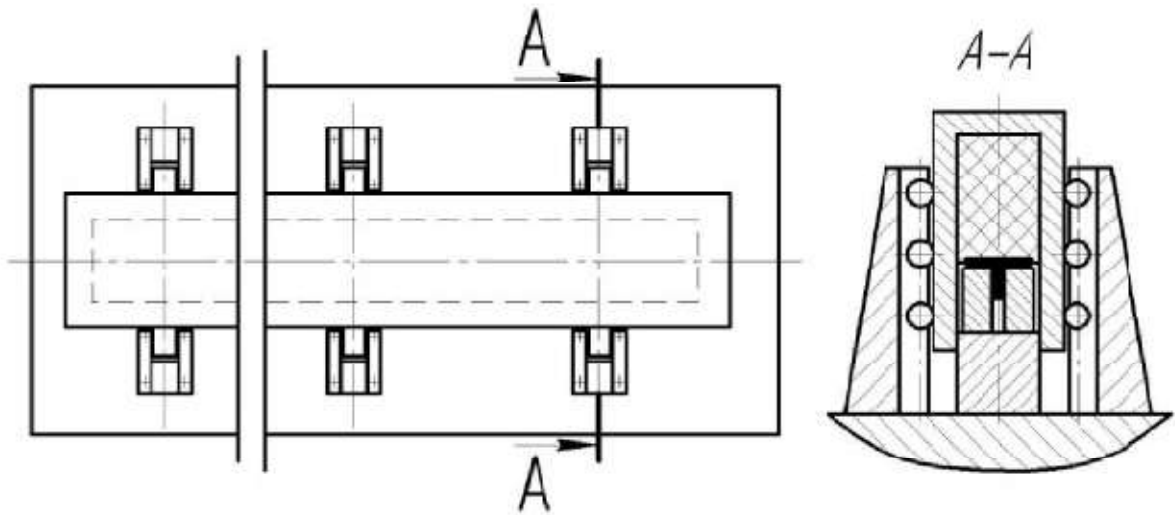


Рис. 1.5. Щілинний контейнер з бічними упорами

Також можуть бути використані конструкції контейнерів з бандажованою робочою камерою з напів-циліндричними вставками. Спеціальні підвищення міцності дозволили створити надійні щілинні конструкції з робочою зоною довжиною 300, 500 та 700 мм та шириною 50 мм.

## 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

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

Основними показниками технологічності листових холодноштампованих деталей є:

- найменша витрата матеріалу;
- найменша кількість і низька трудомісткість операцій;
- відсутність подальших механічних операцій;
- найменша кількість необхідного обладнання та виробничих операцій;
- найменша кількість оснастки при скороченні витрат і термінів підготовки виробництва;
- збільшення продуктивності окремих операцій у цеху в цілому.

Загальним результативним показником технологічності є найменша собівартість штампованих деталей. Одним з найважливіших питань, що передують технологічних розрахунків, є виявлення ступеня здатності металу виконати штампувальну операцію або визначення його відносної штампування. Під штампуванням розуміють здатність металу піддаватися різним операціям штампування. Штампування залежить від ряду показників: механічних властивостей, пластичності, модуля пружності, твердості й структури металу і хімічного складу.

Задана деталь «Екран» виробляється при виконанні операцій слюсарної, зварювальної, операцій штампування і обсічки.

## 2.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанту технологічного процесу виготовлення деталі

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

У великосерійному виробництві необхідно прагнути до мінімальних витрат матеріалу, до мінімуму штампувальних операцій за рахунок використання і впровадження в проект послідовного процесу штампування, підвищенню продуктивності і стійкості штампа. З огляду на неможливість огляду всіх можливих варіантів через обмеженість обсягу проекту, узгоджено з керівником проекту, обрані два найбільш прийнятні варіанти.

За основними кількісними та якісними показниками (коефіцієнт використання матеріалу, кількість операцій і обладнання, трудомісткість виготовлення, складність обладнання, стійкість робочого інструмента та

інші), отриманим в 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 з вимогами креслення (якості деталі) при найменшій її вартості (ефективність виробництва).

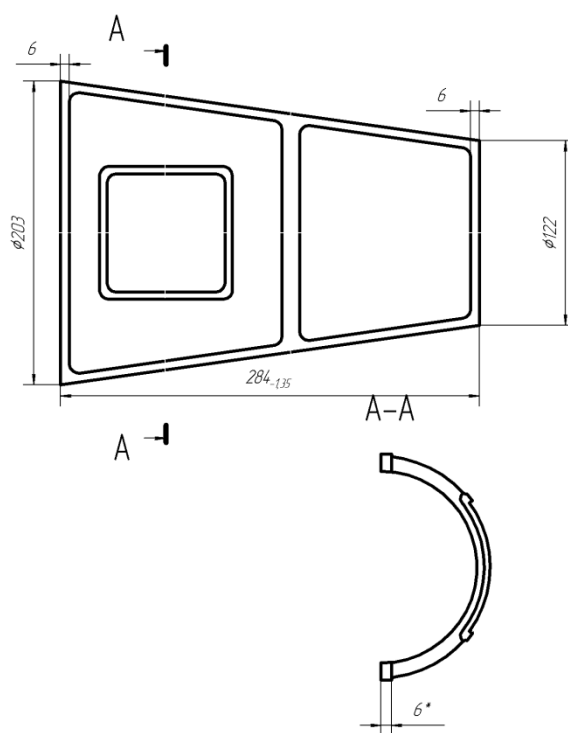
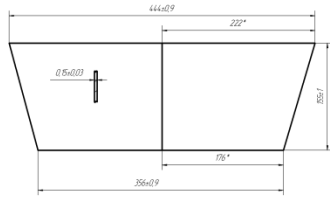


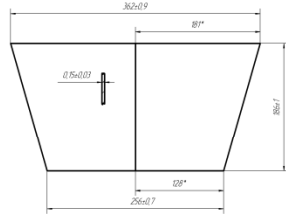
Рис.2.1. Деталь – «Екран»

Базовый вариант изготовления детали "Экран"

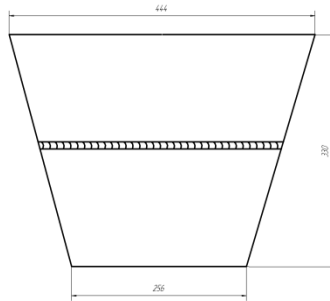
Лента ВТ1-00 0,15x200 ГОСТ 90027-71



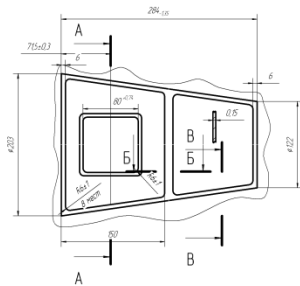
005. Резка  
Ножницы ручные



010. Резка  
Ножницы ручные

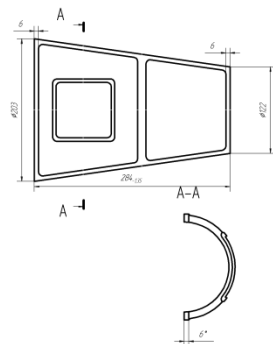
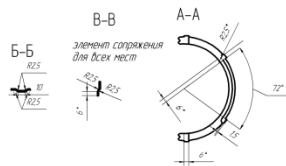


015. Сварка  
Сварочный аппарат Tig 3001i



020. Штамповка

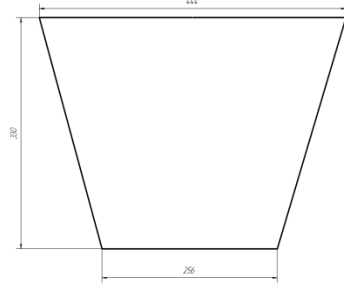
Пресс К2540  
F<sub>н</sub> = 10000кН  
P<sub>в</sub> = 1044,67 кН  
H = 900 мм  
n = 16 мин<sup>-1</sup>



025. Обрезка  
Ножницы ручные

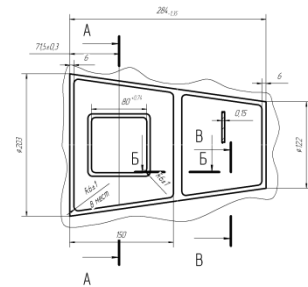
Предлагаемый вариант изготовления детали "Экран"

Лента ВТ1-00 0,15x450 ГОСТ 90027-71



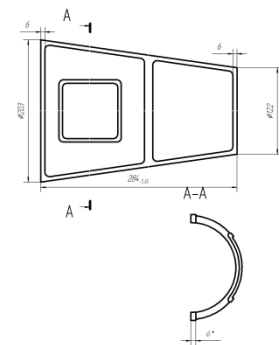
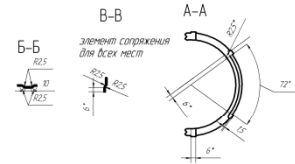
005. Вырубка

Пресс К2532  
F<sub>н</sub> = 1600кН  
P<sub>в</sub> = 963 кН  
H = 480 мм  
n = 60 мин<sup>-1</sup>



010. Штамповка

Пресс К2540  
F<sub>н</sub> = 10000кН  
P<sub>в</sub> = 1044,67 кН  
H = 900 мм  
n = 16 мин<sup>-1</sup>



015. Обдеска

Пресс К2532  
F<sub>н</sub> = 1600кН  
P<sub>в</sub> = 74,7кН  
H = 480 мм  
n = 60 мин<sup>-1</sup>

Запропоновані варіанти виготовлення деталі:

Варіант 1 (стрічка ВТ1-00 0.15x200 ОСТ 90027-71)

1. Різка з рулону;
2. Різка з рулону;
3. Зварювання;
4. Зачистка;
5. Штампування;
6. Обрізка по контуру деталі.

Варіант 2 (стрічка ВТ1-00 0.15x430 ОСТ 90027-71)

1. Вирубка заготовки зі стрічки;
2. Штампування;
3. Обсічки по контуру деталі.

### **2.3 Визначення форми і розмірів заготовки**

Існує три методи розрахунку: аналітичний, графічний і графоаналітичний. Всі вони прийнятні для будь-якого виду штампувального виробництва. Однак, перевагу слід віддати першому методу, як найбільш доступному і універсальному для технолога і конструктора. До безперечного його перевазі відноситься можливість використання сучасної обчислювальної техніки. Він же відрізняється більш високою точністю.

З причини складної форми деталі і відсутність прикладів розрахунку в відомій літературі, приймаємо таке припущення - деталь має форму половину усіченого конуса розрізаного уздовж осі, подальші розрахунки будуть вестися відповідно до [1].

Вихідні дані:

Висота ( $H_{p \max}$ ) деталі –101,5мм;

Висота ( $H_{p \max}$ ) деталі –61мм

Ширина ( $A_{p \max}$ ) деталі – 203мм;

Ширина ( $A_{p \min}$ ) деталі – 122мм;

Довжина ( $B_p$ ) деталі – 284 мм.

Довжина фланця ( $l_\phi$ ) – 9,5 мм (не менш, необхідний для забезпечення заданого розміру після обсічки фланця).

$$A_3 = A_p + 2 H_p - 0,86 r_p + 2 l_\phi \quad (2.1)$$

$$B_3 = B_p + 2 H_p - 0,86 r_p + 2 l_\phi \quad (2.2)$$

$$A_{3 \max} = 203 + 2 \times 101,5 + 2 \times 9,5 = 425 \text{ мм}$$

$$A_{3 \min} = 122 + 2 \times 61 + 2 \times 9,5 = 263 \text{ мм}$$

$$B_{3 \max} = 284 + 2 \times 101,5 + 2 \times 9,5 = 506 \text{ мм}$$

$$B_{3 \min} = 284 + 2 \times 61 + 2 \times 9,5 = 407 \text{ мм}$$

Таким чином, вихідної заготовлею для виготовлення деталі будуть трапеція.

Площа заготовки:

$$F_3 = \frac{(425 + 263) \times 284}{2} = 97696 \text{ мм}^2.$$

## 2.4 Розкрій стрічки

Економія металу і зменшення відходів в холодному штампуванні має дуже важливе значення, особливо в великосерійному і масовому виробництві, так як при великих масштабах виробництва навіть незначна економія металу на одному виробі дає в підсумку зекономити чимало. Економія металу в холодному штампуванні досягається шляхом:

1) найбільш доцільного розкрою листів на штучні заготовки або смуги з найменшими відходами;

2) найбільш економічного розкрою смуг і розташування вирізаних деталей на смузі;

- 3) зменшення втрат металу на перемички;
- 4) застосування безвідходного і маловідходного розкрою;
- 5) підвищення точності розрахунку розмірів заготовок і зменшення припусків на обрізку;
- 6) використання відходів для виготовлення інших деталей;
- 7) попередження браку штампованих деталей, а також зниження норми витрат при налагодженні та встановленні штампів та ін.

Розкрій характеризується коефіцієнтом використання матеріалу (КИМ).

#### 2.4.1 Розрахунок розкрою стрічки базової деталі

Вихідні дані:

1-ша заготовка

$A_3=155$  мм – довжина заготовки

$B_{3(\max)}=444$  мм – ширина заготовки

$B_{3(\min)}=356$  мм - ширина заготовки

Площа заготовки (трапеція):  $F_{31}= 62000\text{мм}^2$ .

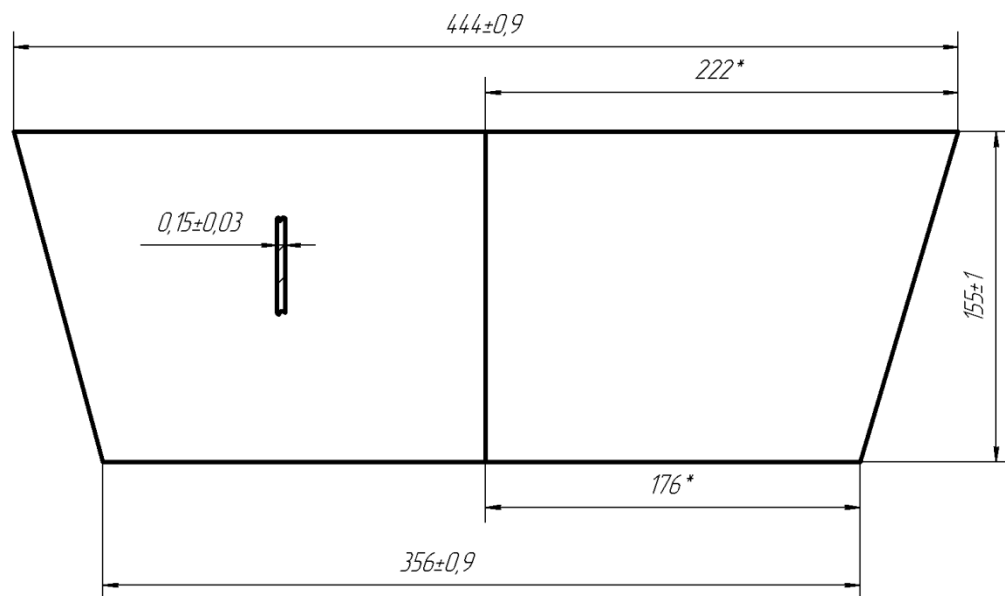


Рис. 2.2. Розкрій першої заготовки

2-га заготовка

$A_3=186$  мм – довжина заготовки

$V_{3(\max)}=362$  мм – ширина заготовки

$V_{3(\min)}=256$  мм - ширина заготовки

Площа заготовки (трапеція):  $F_{3,2}= 57474\text{мм}^2$ .

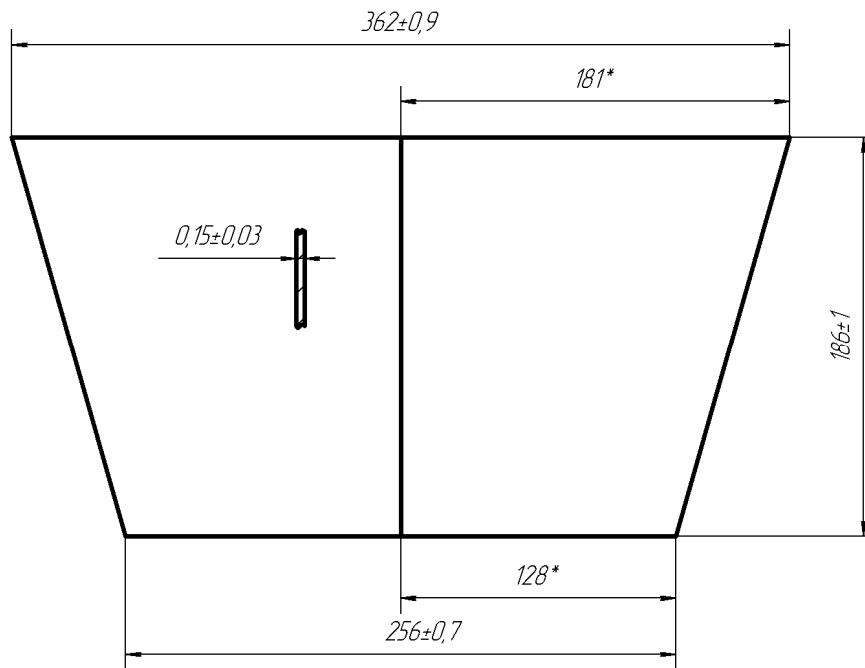


Рис.2.3. Розкрій другої заготовки.

Заготовка має форму трапеції, порізка здійснюється за допомогою ручних ножиць, відповідно величини перемичок прирівнюються до нуля. Таким чином:  $A_3= T$ ;  $V_3= V_0$ .

$$\text{КИМ}_{(\text{ленты})} = \frac{F_{\text{дет}}}{F_{\text{заг}}},$$

$F_{\text{дет}} = \frac{\pi(61+101,5) \times 287}{2} = 73220 \text{ мм}^2$  – площа усіченого конусу розрізаного вздовж вісі.

Базовий варіант розкрою:

$$\text{КИМ}_{(\text{ленты})} = \frac{F_{\text{дет}}}{F_{\text{заг1}} + F_{\text{заг2}}} = \frac{73220}{62000 + 57474} \times 100\% = 61,3\%$$

Запропонований варіант розкрою:

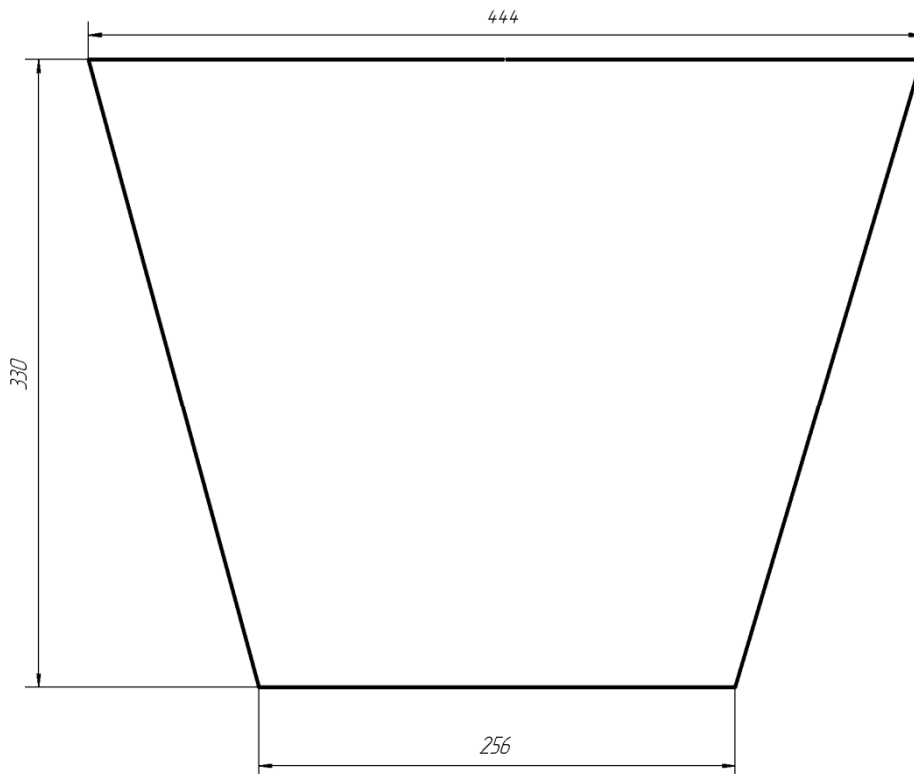


Рис.2.4. Запропонований варіант розкрою заготовки

$$\text{КИМ}_{(\text{ленты})} = \frac{F_{\text{дет}}}{F_{\text{заг}}} = \frac{73220}{97696} \times 100\% = 74,95\%$$

Такий розбіг в значеннях КІМу при розкрої стрічки можна пояснити тим, що при базовому варіанті розкрою стрічки використовувалися дві заготовки, а при розрахунку КІМу стрічки запропонованого варіанту розраховувалася безпосередньо одна заготовка. Найбільш оптимальним і

передовим технологічним процесом буде варіант виготовлення деталі з стрічки при розкрої однієї заготовки з КІМ = 74,95%

## **2.5 Розрахунок технологічного процесу**

### **2.5.1 Розрахунок технологічного процесу базового варіанту деталі**

Розрахунок операцій і переходів.

#### *Варіант I*

Операція 1, 2: Порізка з рулону

При розкрої заготовок використовуються ручні ножиці, тому зусилля різання не розраховуємо.

Операція 3: Зварювання

При зварюванні використовуємо зварювальний апарат Tig 3001i.

Операція 4: Зачистка

Зачистку зварювання проводимо вручну наждачним папером

Операція 5: Штампування

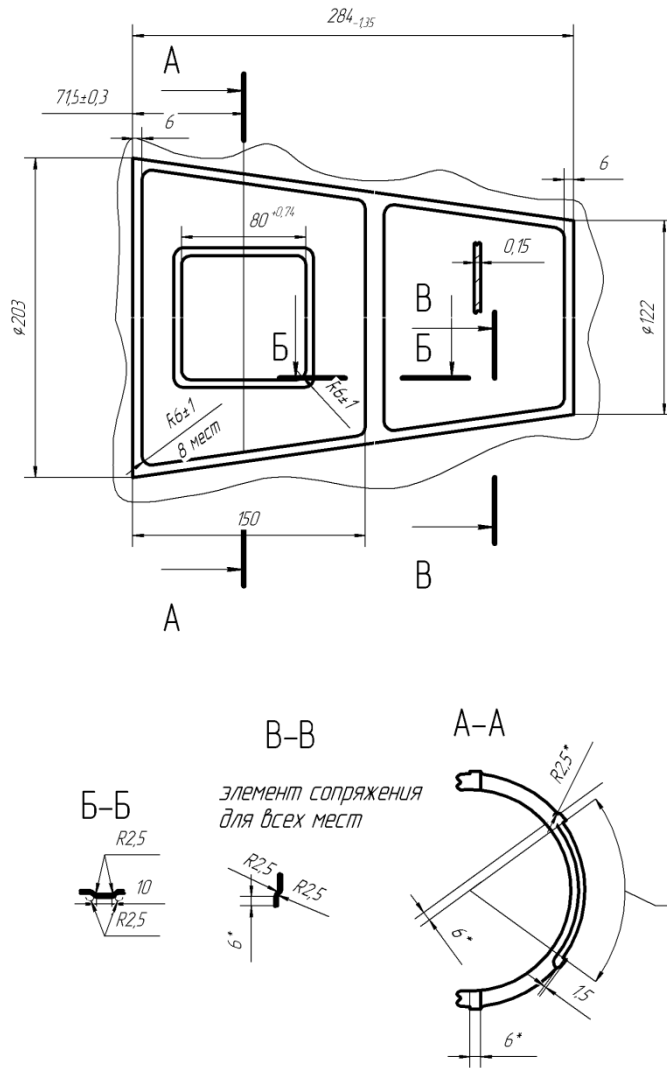


Рис.2.5. Штампована деталь

Визначаємо орієнтовне технологічне зусилля штампування:

$$P_d = \sigma_B \times \pi \times \frac{D}{2} \times S + P_{эл}$$

$$P_{эл} = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{4} q$$

$$q = k \times \sigma_s \times S$$

$S = 0.15$  мм – товщина вирубаної заготовки

$$\sigma_B = 240 \text{ кгс/мм}^2$$

$R = 101.5$  мм - більший радіус деталі

$r = 61$  мм – менший радіус деталі

$q$  - тиск, створюваний еластичним елементом,

$k=0.5$  - коефіцієнт пропорційності стиснення еластичного елемента,

$$P_{\partial} = 240 \times 3.14 \times 101.5 \times 0.15 + \frac{3.14(101.5^2 - 61^2)}{4} \times 0.5 \times 240 \times 0.15 =$$

$$= 104466.62 \text{ кг} = 1044.67 \text{ кН}$$

Операція 6: Обрізка по контуру деталі.

Операцію виконуємо вручну ножицями, технологічне зусилля не розраховуємо.

## 2.5.2 Розрахунок технологічного процесу запропонованого варіанту деталі

Операція 1: Вирубка заготовки зі стрічки

Визначаємо зусилля вирубки:

$$P_{\text{д}} = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot K \quad (2.4)$$

$L = 1712$  мм – периметр вирубаємої заготовки

$S = 0.15$  мм – товщина вирубаємої заготовки

$$\sigma_{\text{ср}} = 300 \text{ кгс/мм}^2$$

$$K = 1.25$$

$$P_{\text{д}} = 1712 \times 0.15 \times 300 \times 1.25 = 96300 \text{ кг} = 963 \text{ кН}$$

Визначаємо зусилля зняття смуги з пуансона:

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}} \cdot P_{\text{выр}} \quad (2.5)$$

$K_{\text{сн}} = 0.08$  – коефіцієнт зусилля зняття

$P_{\text{выр}}$  – зусилля вирубки

$$P_{\text{сн}} = 0.08 \times 30816 = 2465.28 \text{ кг} = 24.65 \text{ кН}$$

Визначаємо зусилля проштовхування:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot P_{\text{выр}} \quad (2.6)$$

$K_{\text{пр}} = 0.1$  – коефіцієнт зусилля проштовхування

$P_{\text{выр}}$  – зусилля вирубки

$$P_{\text{пр}} = 0.1 \times 30816 = 3081.6 \text{ кг} = 30.82 \text{ кН}$$

Операція 2: Штампування.

Визначаємо орієнтовне технологічне зусилля штампування:

$$P_{\text{д}} = \sigma_{\text{в}} \times \pi \times \frac{D}{2} \times S + P_{\text{эл}}$$

$$P_{\text{эл}} = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{4} q$$

$$q = k \times \sigma_{\text{с}} \times S$$

$S = 0.15$  мм – товщина вирубаємої заготовки

$$\sigma_{\text{в}} = 240 \text{ кгс/мм}^2$$

$R=101.5$  мм - більший радіус деталі

$r=61$  мм – менший радіус деталі

$q$  - тиск, створюваний еластичним елементом,

$k=0.5$  - коефіцієнт пропорційності стиснення еластичного елемента,

$$\begin{aligned} P_{\text{д}} &= 240 \times 3.14 \times 101.5 \times 0.15 + \frac{3.14(101.5^2 - 61^2)}{4} \times 0.5 \times 240 \times 0.15 = \\ &= 104466.62 \text{ кг} = 1044.67 \text{ кН} \end{aligned}$$

Операція 3: Обсічка

Визначаємо зусилля обсічки:

$$P_{\text{д}} = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot K \quad (2.4)$$

$L = 1328$  мм – периметр вирубаємої заготовки

$S = 0.15$  мм – товщина вирубаємої заготовки

$$\sigma_{\text{ср}} = 300 \text{ кгс/мм}^2$$

$$K = 1.25$$

$$P_{\text{д}} = 1328 \times 0.15 \times 300 \times 1.25 = 74700 \text{ кг} = 747 \text{ кН}$$

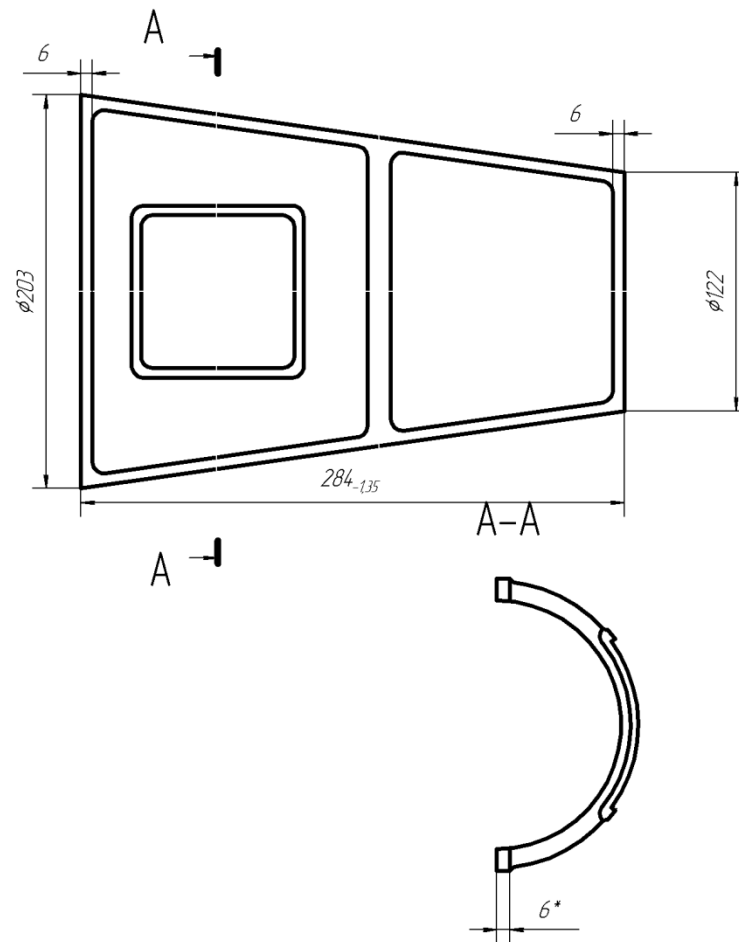


Рис.2.6. Обсїчка

## 2.6 Вибїр пресового обладнання

Для правильного вибору технологїчного обладнання потрібно виходити з таких положень:

- 1) технологїчне зусилля операції або штампа, який поєднує кілька операцій або переходів, має бути трохи менше зусилля обладнання;
- 2) робота на цїй операції штампа повинна забезпечуватися потужністю обладнання;
- 3) розміри столу і закритою висоти штампа повинні забезпечити установку і закрїплення штампа;

- 4) величина ходу повзуна повинна відповідати технологічній операції;  
 5) зручність і безпека обслуговування преса повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

### 2.6.1 Базовий варіант деталі

Операція 5: Штампування

Згідно  $P_d = 1044.66$  кН , а також, з огляду на закриту висоту спроектованого штампа рівну 480 мм вибираємо кривошипний прес К2540:  
 $P_H = 10000$ кН ;  $H = 900$  мм ;  $n = 16$  мин<sup>-1</sup>

### 2.6.2 Запропонований варіант деталі

Операція №1. Вирубка заготовки.

Згідно  $P_d = 963$  кН , а також, з огляду на закриту висоту спроектованого штампа рівну 480 мм вибираємо кривошипний прес KB2532:  
 $P_H = 1600$ кН ;  $H = 480$  мм ;  $n = 60$  мин<sup>-1</sup>

Операція №2. Штампування

Згідно базової технології виготовлення деталі вибираємо кривошипний прес КД2540:  $P_H = 10000$ кН ;  $H = 900$  мм ;  $n = 16$  мин<sup>-1</sup>

Операція №3. Обсічка.

Згідно  $P_d = 747$  кН , а також, з огляду на закриту висоту спроектованого штампа рівну 480 мм вибираємо кривошипний прес KB2532:  
 $P_H = 1600$ кН ;  $H = 480$  мм ;  $n = 60$  мин<sup>-1</sup>

## **2.7 Система змазки**

Призначення змащення при витяжці полягає в зменшенні тертя між матеріалом і інструментом, зниженні напруги в матеріалі і оберігання штампів і виробів від задирів і подряпин. Витяжні штампи в більшості випадків виходить з ладу не через їх повного зносу, а внаслідок утворення задирів, подряпин і псування поверхні штампованих деталей.

Мастило повинно мати властивості:

- створювати міцну, що не засихає плівку, яка здатна витримувати значні тиски;
- давати рівномірний розподіл змащуючого шару по поверхні і прилипання;
- легко віддалятися з поверхні деталі;
- бути хімічно стійкою і нешкідливою.

Для змащення витяжних штампів в якості мастильного матеріалу застосовують Укрінол-3, що складається з мінеральних масел з додаванням жирових речовин.

Видалення мастила з деталей проводиться в спеціальній мийній машині в знежирюючий і корозійної стійкої середовищі.

## **2.8 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі**

### **2.8.1 Базовий варіант виготовлення деталі**

Операція 005, 010 – Порізка з рулону.

Стрічка 0.15x200

Устаткування -ножиці ручні

Табл. 2.1. – Трудомісткість операції 005

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	не перекривається
1	Розмістити стрічку	Стрічка BT1-00 0,15x200			0,5
3	Взяти ножиці				0.05
2	Вирізати заготовку		1.0		
	Разом		1.0		0,55

$$T'_{ум} = \left[ t_o + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1)}{n} \right] \times K \text{ хв};$$

$$T'_{ум} = [1.0 + 0.05 + 0.5] \times 1.14 = 1.767 \text{ хв};$$

Операція 010.

Трудомісткість операції 010 відповідає операції 005.

$$.T'_{ум} = 1.767 \text{ мин.}$$

Операція 015. – Зварювання

Розмір заготовки 1 - 444x155 мм

Площа заготовки (трапеція):  $F_{31} = 62000 \text{ мм}^2$

Розмір заготовки 2 - 362x186 мм

Площа заготовки (трапеція):  $F_{32} = 57474 \text{ мм}^2$ .

Табл. 2.2. - Трудомісткість операції 015

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	перекривається
1	Взяти заготовку 1	Площа заготовки - 0,062 м <sup>2</sup>			0.05
2	Взяти заготовку 2	Площа заготовки - 0,0575 м <sup>2</sup>			0,05
3	Зварювання		3		
4	Відкласти деталь в ящик (вільно)	Площа деталі - 0,0977 м <sup>2</sup>			0.3
	Разом		3		0.4

$$T'_{ум} = \left[ t_0 + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1)}{n} \right] \times K \text{ хв};$$

$$T'_{ум} = [3.0 + 0.05 + 0.05 + 0.3] \times 1.14 = 3.876 \text{ хв}$$

Операція 020. –Штамування

Площа заготовки в м<sup>2</sup> – 0.0977

Інструмент - штамп формувальний.

Устаткування - прес кривошипний К2540

$$P_H = 10000 \text{ кН}; n = 16 \text{ мин}^{-1}$$

Табл. 2.3. - Трудомісткість операції

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	перекривається
1	Змастити заготовку	Площа заготовки - 0,0977 м <sup>2</sup>			0,028
2	Взяти заготовку піднести і встановити в штамп	Площа заготовки - 0,0977 м <sup>2</sup>			6,3
3	Включить прес	Ножною педаллю			0,015×100 = 1,5
4	Штампувати	Число подвійних ходів в хвилину	0,009 × 100 = 0,9		
5	Вийняти деталь з штампа і відкласти в ящик (вільно)	Площа деталі - 0,0977 м <sup>2</sup>			2,7
	Разом		0,9		10,528

$$T_{умз} = [T_0 + T_B] \times K;$$

$$T_B = [0,028 + 6,3 + 1,5 + 2,7] = 10,528 \text{ хв};$$

$$T_{умз} = [0,9 + 10,528] \times 1,14 = 13,03 \text{ хв}$$

$$T_{умз} = \frac{13,03}{100} = 0,1303 \text{ хв} - \text{штучний час на одну деталь}$$

Операція 025. – Обрізка

Площа в м<sup>2</sup> – 0.0977

Інструмент - ножиці ручні.

Табл. 2.4. - Трудомісткість операції 025

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	перекривається
1	Взяти заготовку	Площа заготовки - 0,0977м <sup>2</sup>			0,07
2	Взяти ножиці				0,05
3	Обрізати деталь		2,87		
4	Відкласти деталь в ящик (вільно)	Площа деталі - 0,073 м <sup>2</sup>			2,1
	Разом		2,87		2,22

$$T'_{ум} = \left[ t_o + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1)}{n} \right] \times K \text{ хв};$$

$$T'_{ум} = [2,87 + 0,07 + 0,05 + 2,1] \times 1,14 = 5,803 \text{ хв}$$

### 2.8.2 Запропонований варіант деталі

Операція 005. – Вирубка

Розмір заготовки 444x330 мм.

Площа в мм<sup>2</sup> – 97696

Інструмент - штамп вирубний.

Устаткування - прес кривошипний KB2532

$$P_H = 1600 \text{ кН}; n = 60 \text{ хв}^{-1}$$

Табл. 2.5. - Трудомісткість операції 005

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	перекривається
1	Взяти стрічку піднести і встановити в штамп	Стрічка BT1-00 0,15x450			5,1
2	Включити прес	Ножною педаллю			0,015×100 =1,5
3	Вирубати заготовку	Число подвійних ходів в хвилину 60	0,009 ×100 =0,9		
4	Вийняти заготовку з штампа і відкласти в ящик (вільно)	Площа заготовки - 0,0977 м <sup>2</sup>			2,7
	Разом		0,9		8,7

$$T_{умз} = [T_0 + T_B] \times K;$$

$$T_B = [5,1 + 1,5 + 2,7] = 9,4 \text{ хв};$$

$$T_{умз} = [0,9 + 9,4] \times 1,14 = 11,742 \text{ хв}$$

$$T_{умз} = \frac{11,742}{100} = 0,117 \text{ мин} - \text{штучний час на одну деталь}$$

Операція 010. –Штапування

Площа заготовки в  $m^2 - 0.0977$

Інструмент - штамп формувальний.

Устаткування - прес кривошипний K2540

$$P_H = 10000кН; n = 16 \text{ мин}^{-1}$$

Табл. 2.6. - Трудомісткість операції 010

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	перекривається
1	Змастити заготовку	Площа заготовки - $0,0977 \text{ м}^2$			0,028
2	Взяти заготовку піднести і встановити в штамп	Площа заготовки - $0,0977 \text{ м}^2$			6,3
3	Включити прес	Ножною педаллю			$0,015 \times 100 = 1,5$
4	Штапувати	Число подвійних ходів в хвилину 16	$0,009 \times 100 = 0,9$		
5	Вийняти деталь з штампа і відкласти в ящик (вільно)	Площа деталі - $0,0977 \text{ м}^2$			2,7
	Разом		0,9		10,528

$$T_{умз} = [T_0 + T_B] \times K;$$

$$T_B = [0,028 + 6,3 + 1,5 + 2,7] = 10,528 \text{ хв};$$

$$T_{умз} = [0,9 + 10,528] \times 1,14 = 13,03 \text{ хв}$$

$$T_{умз} = \frac{13,03}{100} = 0,1303 \text{ хв} - \text{штучий час на одну деталь}$$

Операція 015. – Обсечка

Площа в м<sup>2</sup> – 0.0977

Інструмент - штамп обсічний.

Устаткування - прес кривошипний KB2532

$$P_H = 1600 \text{ кН}; n = 60 \text{ хв}^{-1}$$

Табл. 2.7. - Трудомісткість операції 015

№ позиції	Найменування переходів	Врахований фактор	Час на 1 шт. в хв		
			основний	допоміжне	
				перекривається	перекривається
1е	Взяти заготовку піднести і встановити в штамп	Площа заготовки - 0,0977 м <sup>2</sup>			6,1
2а	Включити прес	Ножною педаллю			0,015×100 =1,5
43б	Штампувати	Число подвійних ходів в хвилину 60	0,009 ×100 =0,9		
3к	Вийняти деталь з штампа і відкласти в ящик (вільно)	Площа деталі - 0,073 м <sup>2</sup>			3,1
	Разом		0,9		10,7

$$T_{умз} = [T_0 + T_B] \times K;$$

$$T_B = [6,1 + 1,5 + 3,1] = 10,7 \text{ хв};$$

$$T_{умз} = [0,9 + 10,7] \times 1,14 = 13,224 \text{ хв}$$

$$T_{умз} = \frac{13,224}{100} = 0,1322 \text{ мин} - \text{штучный час на одну деталь}$$

### 3. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

#### 3.1 Кривошипні преси

Для того, щоб отримувати деталі за допомогою еластичного середовища використовують різне устаткування. Одним із найпоширеніших обладнань є кривошипні преси. Розглянемо прес, який ми вибрали вище для виконання операції 010 – штампування. Прес кривошипний закритий простої дії моделі K2540 зусиллям 10000 кН відноситься до типу тихохідних пресів і призначений для вирубки, пробивки, гнуття, витяжки та інших холодноштампувальних операцій.

Він працює як на одиночних, так і на автоматичних ходах. Застосовується в багатьох галузях машинобудування.

Основні параметри преса.

Основні параметри преса відповідно до ГОСТ 9408 - 89 «Преси однокривошипні закриті простого дії. Основні параметри і розміри. Норми точності» наведені у таблиці.

Табл. 3.1. Основні параметри преса

Наіменування параметрів	Величина
Номінальне зусилля преса, кН	10000
Число ходів повзуна за хвилину	16
Хід повзуна, мм	400
Розміри стола, мм	1230×1250
Закрита висота преса, мм	900

### Технічні умови

1. Конструкція преса повинна передбачати можливість установки засобів механізації та автоматизації, а також можливість вбудовування в потокові і автоматичні лінії.

2. Прес повинен оснащуватися виштовхувачем в повзуніві.

3. Розміри і розташування пазів і отворів для кріплення штампів преса - по ГОСТ 9226 - 89.

4. Норми точності преса повинні відповідати ГОСТ 9408 - 89 «Преси однокривошипні закриті простого дії. Основні параметри і розміри. Норми точності».

### 3.2.1. Опис конструкції преса

Обґрунтування вибору структурної та кінематичної схеми.

У своїй основі однокривошипні листоштампувальні преси є вертикальними двостійкові закриті преса з відкритим приводом.

Головний виконавчий механізм однокривошипних листоштампувальних пресів виконують за схемою кривошипно-повзунного аксіального механізму.

Головний привід - однокривошипних листоштампувальних пресів здійснюється від індивідуального електродвигуна, встановленого на спеціальному кронштейні станини, через клинопасову передачу на маховик головного валу.

Муфта включення - дискова, фрикційна з електропневматичним управлінням блокується з гальмо і встановлена на ексцентриккових або колінчастому валі.

Прес складається з:

1. Асинхронного двигуна;

2. Клинопасової передачі (шків і маховик);
3. Головного вала, ексцентрикового типу;
4. Муфти - гальма;
5. Шатуна;
6. Механізму регулювання закритої висоти;
7. Повзуна;
8. Верхнього поршня;
9. Станини.

Крутний момент зі шківів двигуна передається на маховик через клинопасову передачу головного вала ексцентрикового типу. Муфта включення-дискова, фрикційна, заблокована з гальмом і встановлена на ексцентриковому валу. Системи електропневматичного управління допускають роботу поодинокими, автоматичними і налагоджувальними ходами.

При включенні муфти, маховик передає накопичену енергію через головний вал і шатун повзуна, для здійснення зворотно - поступального руху. У повзуні є механізм регулювання закритої висоти і механізм верхнього поршня.

### **3.1.2. Кінематичні розрахунки. Синтез головного виконавчого механізму.**

У більшості кривошипних пресів головний виконавчий механізм (ГВМ) виконується у вигляді кривошипно-повзунного або кривошипно-колінного механізмів. У нашому випадку як ГВМ використовується кривошипно-повзунний механізм.

Розрізняють два різновиди кривошипно-шатунних механізмів - механізми підсумовуючого типу і диференціального типу. З іншого боку

кривошипно-шатунні механізми застосовують в двох модифікаціях - дезаксіальні і аксіальні (центрльні). Наш механізм є аксіальним і відноситься до механізмів підсумовуючого типу.

Даний прес оснащений механізмом регулювання ходу повзуна, так званої ексцентрикової втулкою. Тому в такому випадку визначають сумарний радіус кривошипа при крайньому верхньому положенні ексцентрикової втулки тобто при максимальному ході повзуна (рис. 3.1).

$$R_c = \frac{S_{\max}}{2}, \quad (3.1)$$

де  $S_{\max}$  - максимальний хід повзуна,  $S_{\max} = 400 \text{ мм}$  - з технічних вимог;

$$R_{\tilde{N}} = \frac{S_{\max}}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ мм}$$

Довжину шатуна визначимо за формулою:

$$L = \frac{R}{\lambda}, \quad (3.2)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт шатуна.

При виборі значення коефіцієнта шатуна  $\lambda$  слід керуватися такими міркуваннями. Збільшення значення коефіцієнта  $\lambda$  призводить до збільшення прискорення повзуна  $i$ , отже, збільшення динамічних сил. При цьому погіршуються силові умови роботи механізму: збільшується сила, яка діє по

шатуна, тиск на напрямні і крутний момент на кривошипному валу. Однак при збільшенні коефіцієнта  $\lambda$  знижується загальна довжина механізму, тобто габарит преса в напрямку осі руху повзуна.

Рекомендовані значення коефіцієнта шатуна  $\lambda$  наведені в табл. 3.1 на ст.33 джерела [4].

Для пресів з регульованим ходом і регульованою довжиною шатуна в табл. 3.1  $\lambda = 0,065 \dots 0,085$ . Зазначені максимальні значення коефіцієнта шатуна  $\lambda$ , тобто береться хід повзуна найбільший, а довжина шатуна - найменша. Менші значення коефіцієнта  $\lambda$  приймаються для пресів з великим номінальним зусиллям.

Тому приймаємо  $\lambda = 0,08$ . Тоді довжина шатуна дорівнює:

$$L = \frac{R}{\lambda} = \frac{200}{0,075} = 2667 \text{ мм}$$

Схема головного виконавчого механізму представлена на рис 3.1:

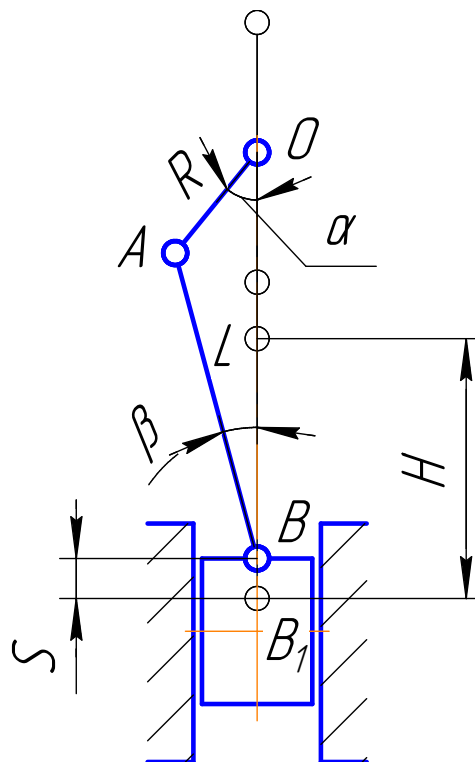


Рис. 3.1 - Схема головного виконавчого механізму

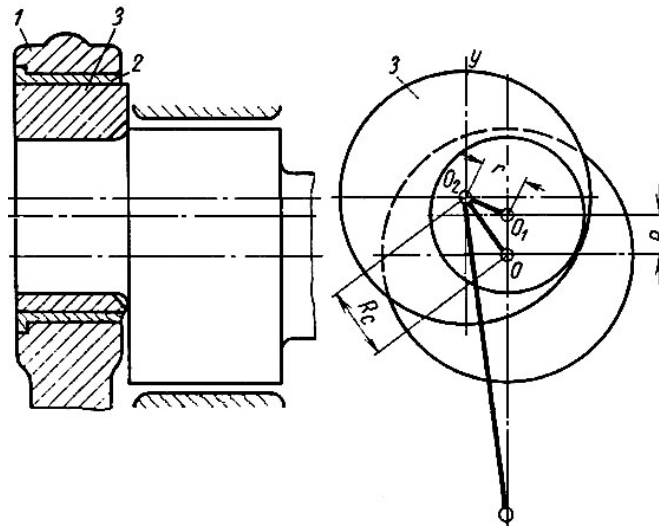


Рис. 3.2. Схема механізму регулювання ходу повзуна  
1 - шатун; 2 - вкладиш; 3 - ексцентрикова втулка

### 3.1.3. Аналіз кінематики ГВМ

Для визначення основних кінематичних параметрів преса - шляха  $S$ , швидкості  $V$ , прискорення  $J$  використовуємо методику, наведену в [4] джерелі. Зазначені кінематичні величини розраховуємо для діапазону кутів ...  $180^\circ$  через  $10^\circ$  (табл. 3.2) за допомогою ЕОМ за такими залежностями:

$$S = R \cdot \left[ (1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right]. \quad (3.3)$$

$$V = \omega \cdot R \cdot \left( \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right). \quad (3.4)$$

$$J = \omega^2 \cdot R \cdot (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha). \quad (3.5)$$

де:  $R$  - радіус кривошипа;

$\omega$  - кутова швидкість головного валу;

$n_n$  - номінальне число ходів повзуна в хвилину, що задається стандартом;

$\alpha$  - кут повороту кривошипа, вимірюваний від крайнього нижнього положення повзуна проти руху кривошипа;

$\lambda$  - коефіцієнт шатуна.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_i}{30} = \frac{3,14 \cdot 16}{30} = 1,67 \text{ рад/с}; \quad (3.6)$$

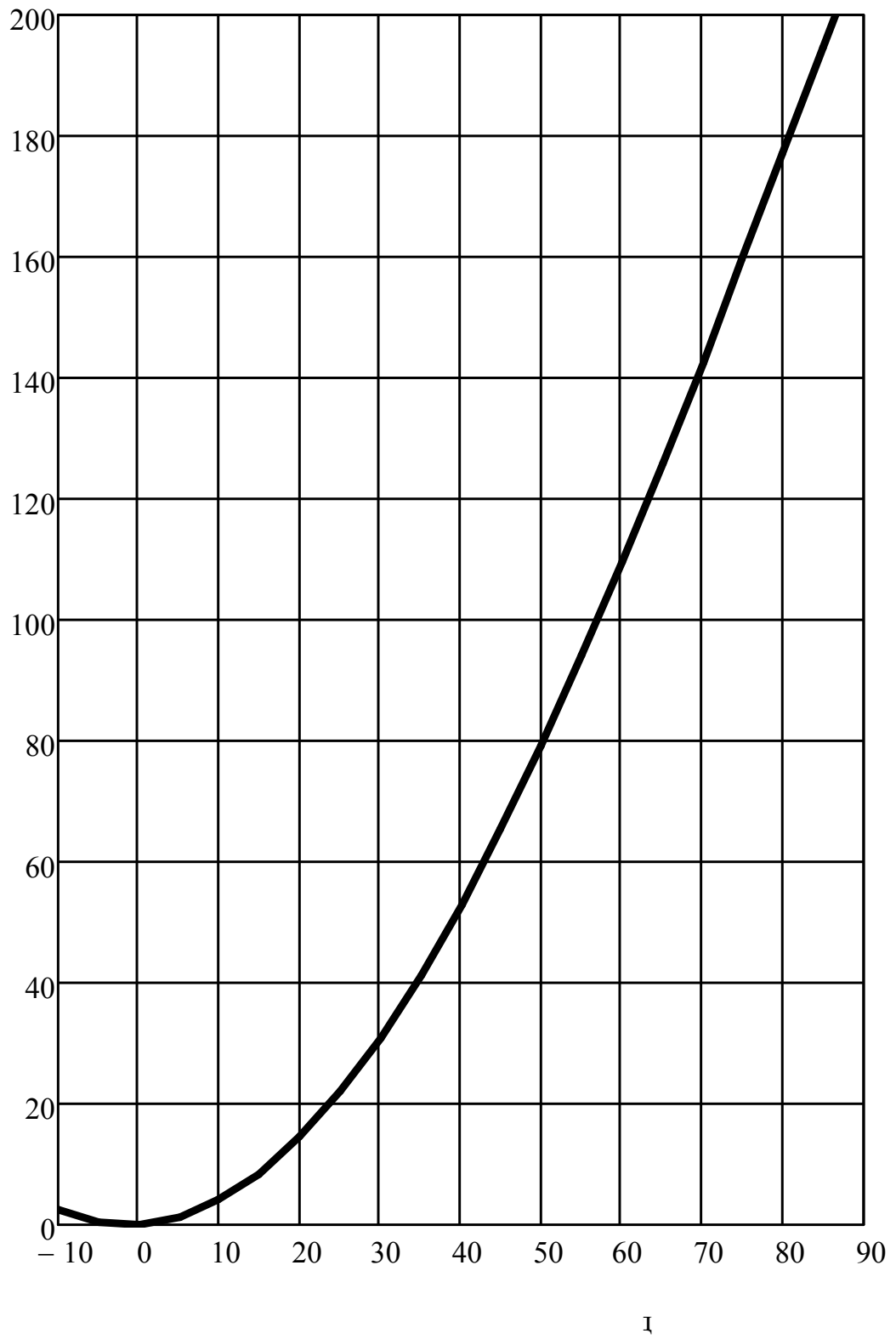
Для аксіального механізму крайні верхнє і нижнє положення повзуна досягаються при куті повороту вала  $\alpha$  рівному 0 або 180°, а максимальний хід повзуна становить  $2R_N$ . Значення переміщення, швидкості і прискорення повзуна представлені в табл. 3.2.

Табл.3.2. Переміщення, швидкість і прискорення повзуна

$\alpha, \text{град}$	$S, \text{мм}$	$V, \text{мм/с}$	$J, \text{мм/с}^2$
0	0	7.539	603.576
5	1.21	38.898	599.699
10	4.046	69.912	590.313
15	8.482	100.295	575.534
20	14.478	129.773	555.544
25	21.979	158.078	530.592
30	30.919	184.962	500.985
35	41.217	210.19	467.086
40	52.782	233.549	429.304
45	65.51	254.849	388.088

50	79.29	273.924	343.919
55	94.002	290.632	297.299
60	109.521	304.859	248.744
65	125.714	316.518	198.775
70	142.446	325.549	147.91
75	159.579	331.918	96.654
80	176.974	335.619	45.493
85	194.493	336.667	-5.113
90	211.999	335.103	-54.737

Результати розрахунків  $S = f(\alpha)$ ,  $V = f(\alpha)$ ,  $J = f(\alpha)$  наведені на рисунках 3.3, 3.4, 3.5 відповідно.

Рис.3.3.  $S=f(\alpha)$

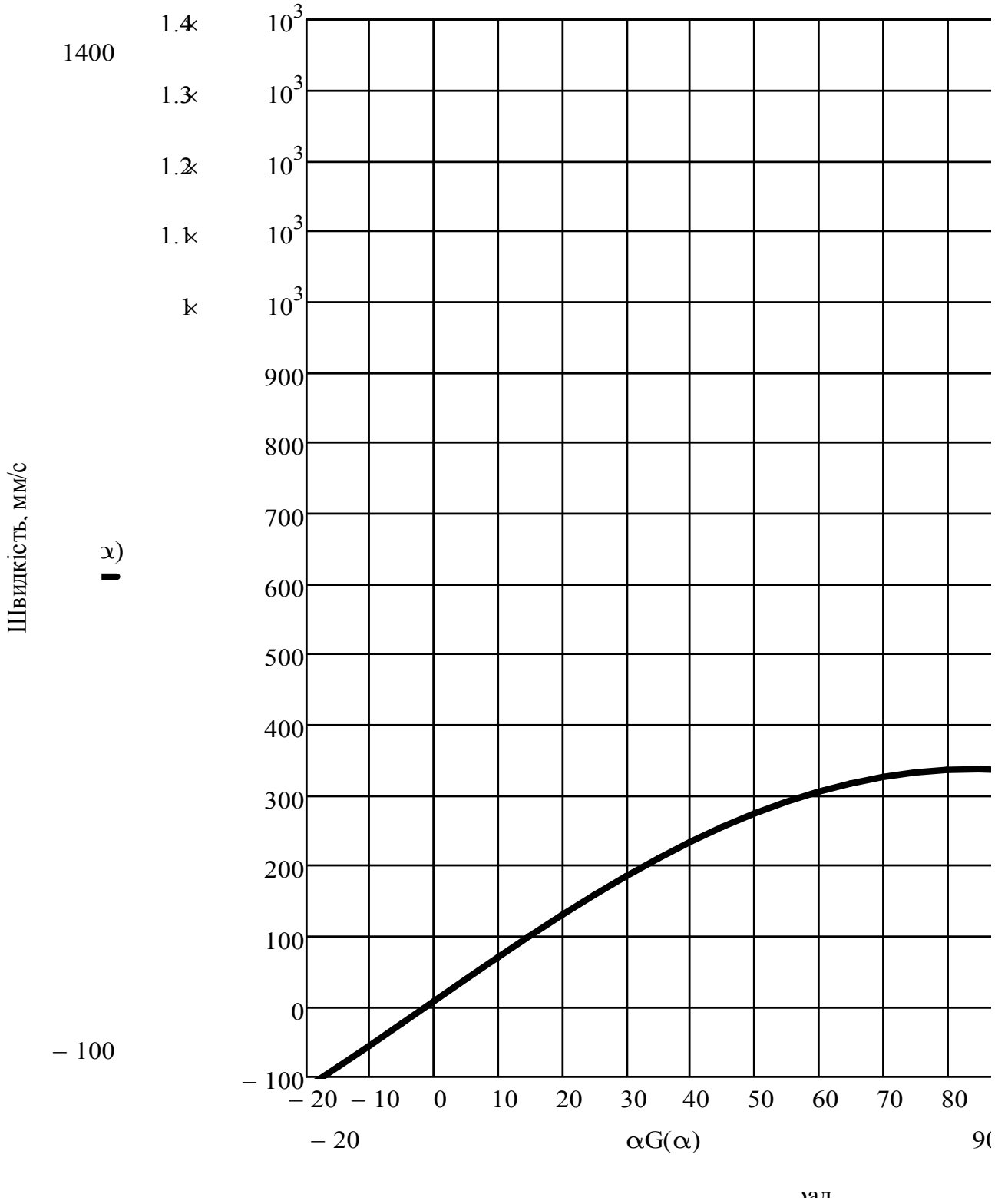
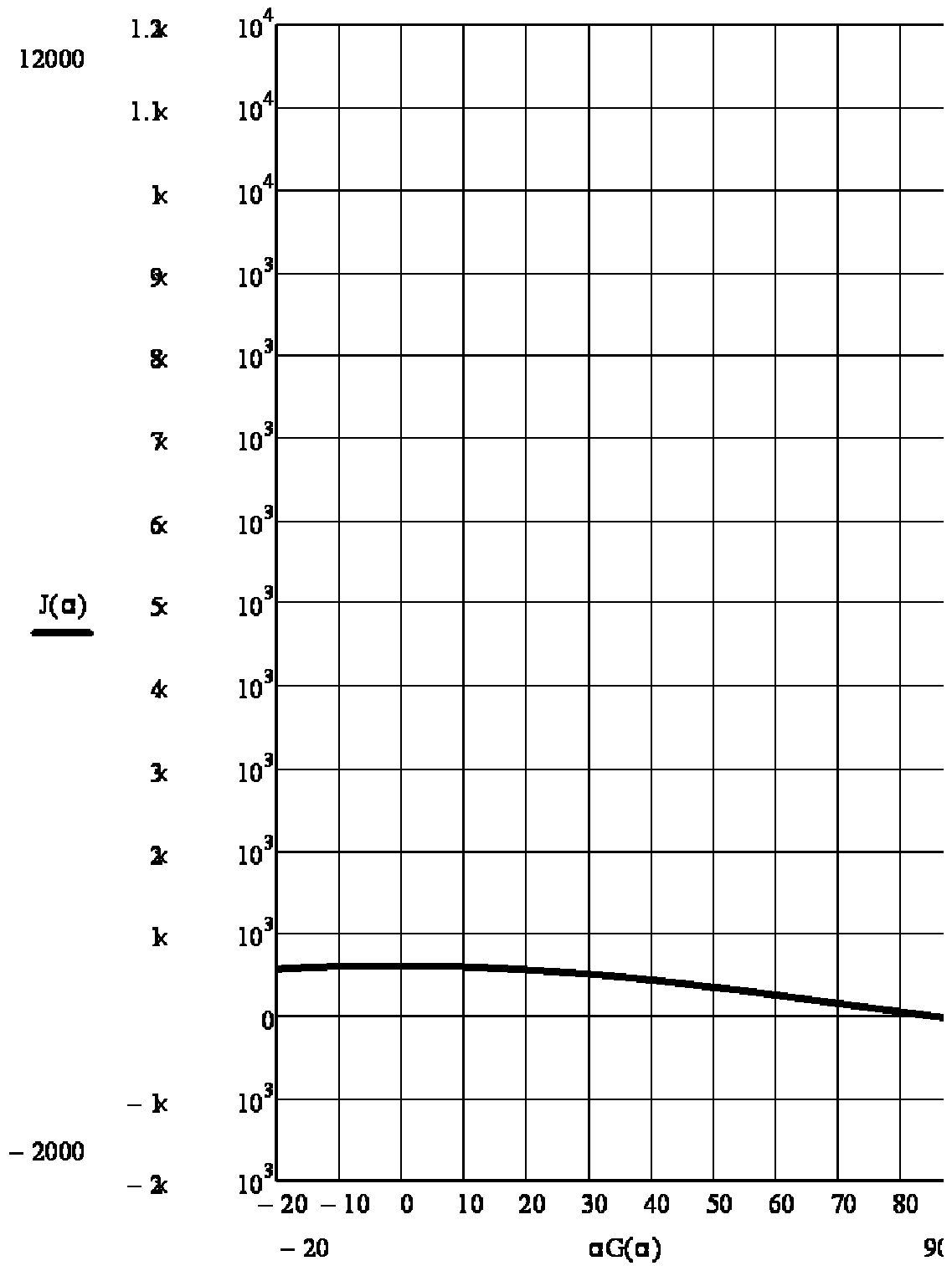


Рис.3.4.  $V=f(\alpha)$

Рис.3.5.  $J=f(\alpha)$

### 3.1.4. Розбивка загального передавального відношення по передачах

Розбивка загального передавального відношення по передачах передбачає визначення необхідності проміжних передач між двигуном і головним валом і, якщо вони необхідні, визначення їх передавальних відношень, тобто визначенні числа оборотів проміжних валів.

В технічному завданні, після аналізу базових конструкцій пресів, літературних джерел, прототипів встановлюється передбачуване число оборотів головного двигуна  $n_d$ .

Загальне передавальне відношення приводу  $i_o$  визначається за формулою:

$$i_o = \frac{n_{\bar{a}}}{n_i} = i_{\delta} \cdot i_{\zeta a} \cdot i_{\zeta r} \cdot i_{\zeta d}, \quad (3.7)$$

Де  $i_p$  - передавальне відношення клинопасової передачі;  $i_{\zeta b}$ ,  $i_{\zeta n}$ ,  $i_{\zeta m}$  - відповідно, передавальне відношення швидкохідної, проміжної і тихохідної зубчастих передач.

Передавальне відношення клинопасової передачі рекомендується приймати рівним 3 - 6. Габарити і інерційність приводу в значній мірі залежать від розбивки загального передавального відношення сходами. Критерієм розбивки передавального відношення можуть бути різні умови і параметри. Найчастіше такими є маса і інерційність ведених частин, а також навантаженість ступенів. Розбивка загального передавального відношення впливає і на витрату енергії на включення муфти.

$$i_o = \frac{n_{\bar{a}}}{n_i} = \frac{720}{16} = 45$$

де  $n_{\bar{a}}$  - частота обертання електродвигуна,  $n_{\bar{a}} = 720$  об/хв;  $n_i$  - число ходів повзуна в хвилину,  $n_i = 16$  ход/хв.

### 3.1.5. Силовий розрахунок та умови міцності

Для кривошипно-повзунного механізму залежність для наведеного плеча  $m_k$  зручно представляти у вигляді суми двох величин  $m_k^{\dot{e}}$  та  $m_k^{\mu}$ .

$$m_k = m_k^{\dot{e}} + m_k^{\mu}, \quad (3.8)$$

де  $m_k^{\dot{e}}$  - ідеальне приведенне плече:

$$m_k^{\dot{e}} = R_{\dot{N}} \cdot \left( \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right), \quad (3.9)$$

$m_k^{\mu}$  - приріст наведеного плеча, обумовлене тертям в кінематичних парах, зване плечем тертя:

$$m_k^{\mu} = \mu [(1 + \lambda)r_A + \lambda r_B + r_O]; \quad (3.10)$$

$\mu$  - коефіцієнт тертя в шарнірах головного виконавчого механізму.

$r_A, r_B, r_O$  - відповідно радіуси корінних опор, великої і малої головки шатуна, вибираються з креслень бланка технічного завдання.

Коефіцієнт тертя  $\mu$  визначається по таблиці 3.1 ст.47 [4] в залежності від значення комплексного показника  $J_k$ , виду мастила і виду розрахунку.

$$J_k = \frac{P_i n_i^2}{\psi}, \quad (3.11)$$

де  $\psi$  - приведений кут робочого ходу, приймається в залежності від типу преса і виконуваної технологічної операції по таблиця 3.2 ст.48 [4].

$$J_k = \frac{P_i n_i^2}{\psi} = \frac{400 \cdot 140^2}{30} = 2,6133 \cdot 10^5 \frac{\dot{e} \dot{I} \cdot \delta \dot{a}}{\ddot{a} \delta \ddot{a}}$$

$J_k$  знаходиться в межах  $0,2 \div 8 \cdot 10^5$ ,  $\mu = 0,05$  тоді для густого мастила.

$$r_A = 105 \text{ мм} ; r_B = 60 \text{ мм} ; r_O = 70 \text{ мм}$$

Розрахуємо плече тертя  $m_k^{\mu}$ :

$$m_k^{\mu} = 0,05 \cdot ((1 + 0,075) \cdot 105 + 0,075 \cdot 60 + 70) = 9,36875 \text{ мм}$$

Значення приведенного плеча сил  $m_K$ , ідеального наведеного плеча  $m_K^e$  та плеча тертя  $m_K^\mu$  представлені в табл. 3.2.

Табл. 3.2 Значення  $m_K$ ,  $m_K^e$ ,  $m_K^\mu$

$\alpha, \text{°}$	$m_K^e, \text{ì}$	$m_K^\mu, \text{ì}$	$m_K, \text{ì}$
0	0	9,36875	9,3688
5	3,7467		13,1155
10	7,4589		16,8277
15	11,1028		20,4715
20	14,6449		24,0137
25	18,0538		27,4226
30	21,2991		30,6678
35	24,3526		33,7214
40	27,1887		36,5575
45	29,7843		39,15302
50	32,1189		41,4877
55	34,1756		43,5444
60	35,9401		45,3088
65	37,4014		46,7701
70	38,5519		47,9206
75	39,38703		48,7558
80	39,9053		49,27409
85	40,1083		49,47701
90	40		49,3688

Результати розрахунків  $m_K = f(\alpha)$ ,  $m_K^e = f(\alpha)$ ,  $m_K^\mu = f(\alpha)$  наведені на рис. 3.6.

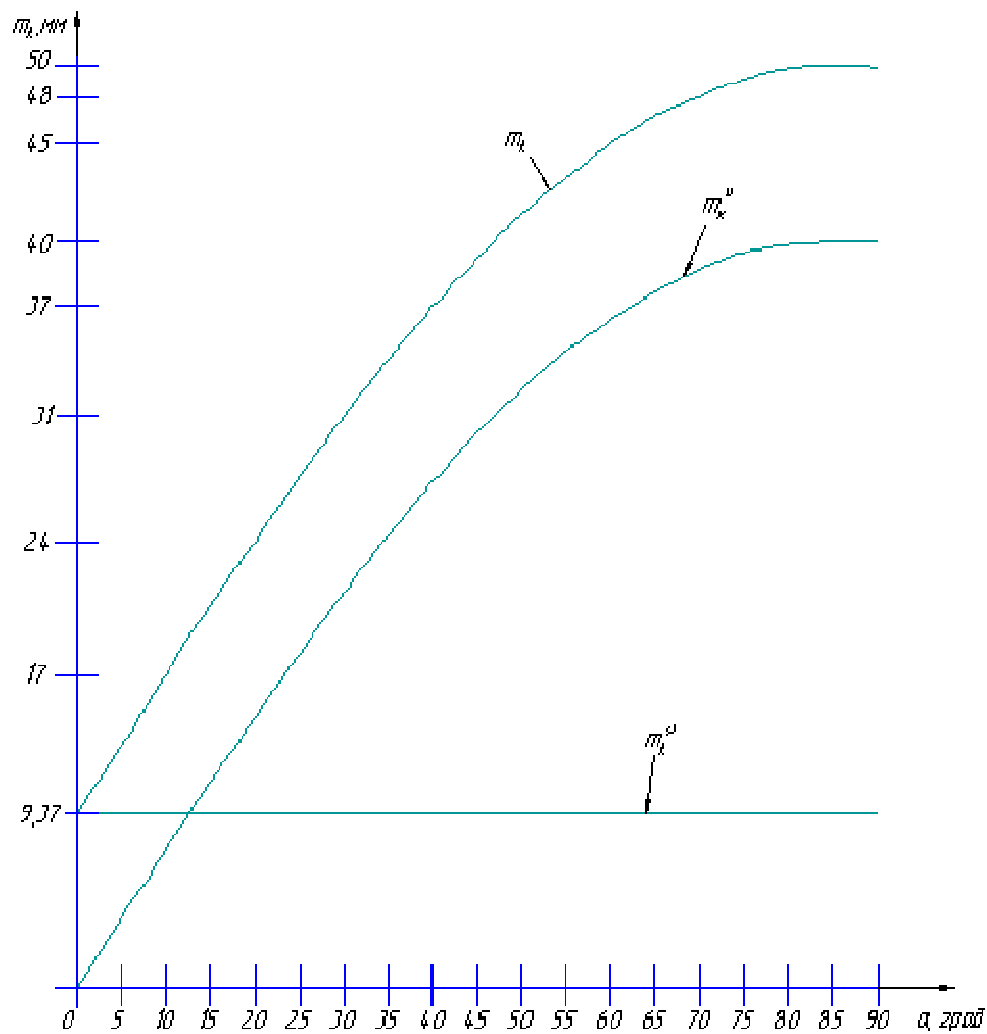


Рис. 3.6. Графіки залежності  $m_k = f(\alpha)$ ,  $m_k^e = f(\alpha)$ ,  $m_k^u = f(\alpha)$

### 3.1.6. Заклинювання кривошипно-повзунного механізму

При експлуатації пресів відбуваються випадки заклинювання кривошипно-шатунного механізму. Це явище відбувається в разі перевантаження при недостатньому запасі енергії маховика або перевантаження при порушенні кінематичного зв'язку головного валу з приводом (спрацьовування запобіжника по крутний момент або прослизання фрикційної муфти). Система ГВМа і станина продовжують залишатися під навантаженням і пружні сили прагнуть повернути шатун і вал так, щоб зняти виниклі деформації, але повороту перешкоджають сили тертя в ГВМ.

Заклинювання ГВМ відбувається тільки в його певному положенні.

Якщо,  $m_k^{\dot{\epsilon}} > m_k^{\mu}$  то заклинювання не відбудеться; якщо,  $m_k^{\dot{\epsilon}} < m_k^{\mu}$  то поворот валу під дією будь-якої сили, що прикладена до повзуна буде неможливий; нарешті умова  $m_k^{\dot{\epsilon}} = m_k^{\mu}$  відповідає граничному положенню при заклинювання.

Рівняння для визначення граничного кута заклинювання - кута мертвого тертя має вигляд

$$\alpha_i^2 - 2\alpha_i \frac{1 + \lambda}{\varepsilon} - 2 + \frac{2m_k^{\mu}}{R\varepsilon} = 0. \quad (3.12)$$

Для аксіального механізму кут заклинювання буде дорівнювати:

$$\alpha_i \leq \frac{m_k^{\mu}}{R(1 + \lambda)} \leq \frac{9,368}{40 \cdot (1 + 0,075)} \leq 12,48^\circ \quad (3.13)$$

Допустимі зусилля на повзуні по міцності головного валу.

Розрахунок міцності головного валу кривошипного преса являє собою складну задачу. Опори валів кривошипних пресів, не будучи абсолютно жорсткими, зазнають пружної деформації в залежності від діючого на вал навантаження і властивостей опори. Ця обставина в поєднанні з тим, що проліт опор порівнян з діаметром і довжиною цапфи, вносить значні зміни в розподіл сил. З цієї причини силовий розрахунок валів без урахування пружності опор не володіє достатнім ступенем точності.

Для розрахунку двоопорних валів рекомендується застосовувати наближені формули, що не враховують пружність опор, приймаючи, що для колінчастих валів реакція розташовується на відстані  $l_o/8$  від кінця опори, зверненого до шатуна, а для ексцентрикових валів - на відстані  $l_o/3 - l_o/4$ , де  $l_o$  - довжина опор. При цьому передбачається, що навантаження прикладаються зосередженими, а в точці прикладання рівнодіюча розташовані на одній горизонталі. Зазори в підшипниках дозволяють валу вільно згинатися.

Зміна навантаження на головному валу преса відбувається з періодичним зростанням сили і крутного моменту від нуля до максимуму і подальшим спадом знову до нуля. При багаторазовому повторенні операцій в

часі подібний характер роботи призводить до пульсації внутрішніх сили напружень в металі вала. З огляду на цю обставину і факти втомного руйнування, розрахунок головних валів кривошипних пресів слід проводити на міцність від втоми при пульсуючому циклі навантаження.

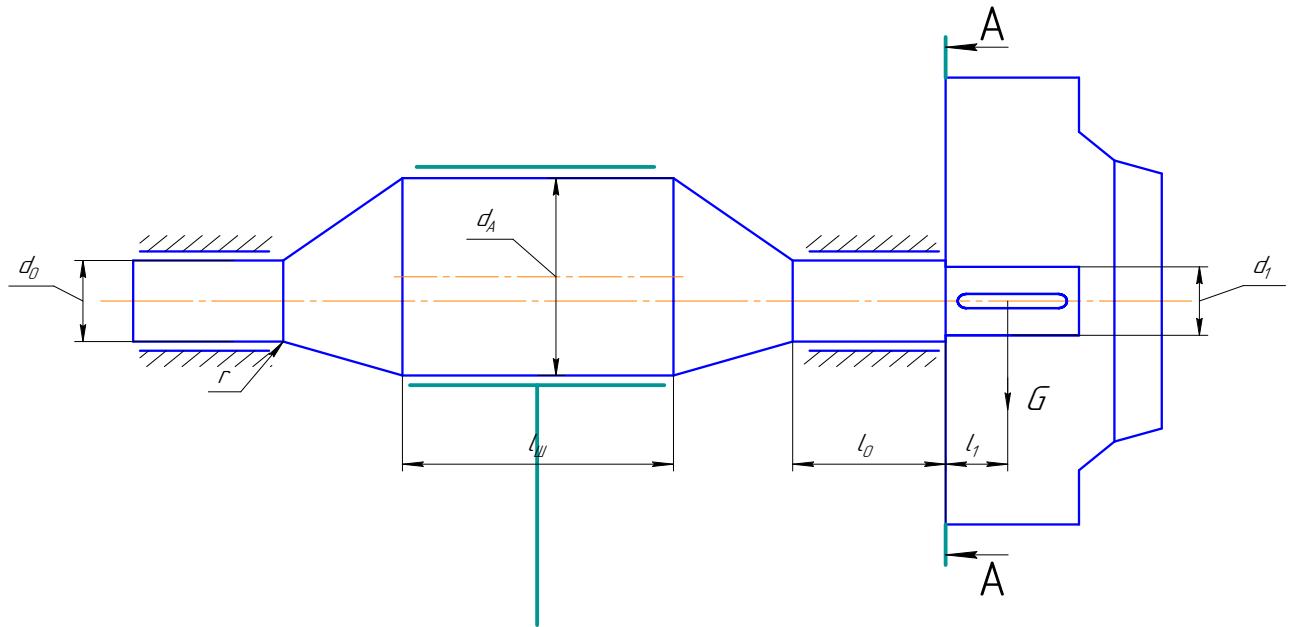


Рис.3.7. Розрахункова схема одношатуного ексцентрикового вала  
Перетин АА:

$$P_{\text{аїт}} = \frac{0,2d_1^3 \sigma_{-1\dot{\epsilon}}}{nk_y \sqrt{4\tilde{n}^2 \hat{O}_\sigma^A l_1^2 + \hat{O}_\tau^A m_k^2}}, \quad (3.14)$$

Параметри розрахункових формул вибираються наступним чином.

Діаметр посадкового місця під зубчасте колесо, маховик або маточину муфти  $d_1$  приймається рівним по пресу аналогу або розраховується за формулою:

$$d_1 = d_0 - (10 \dots 40) \text{ мм.}$$

У нашому випадку  $d_1 = 120 \text{ мм}$ .

Відстань від опори до середини зубчастого колеса або середини опори маховика  $l_1$  приймається рівним половині ширини маховика і відстані від маховика до опори вала (15 ... 40 мм).

Приймаємо  $l_1 = 150 \text{ мм}$

Межа витривалості матеріалу при симетричному знакозмінному циклі вигину  $\Phi_{i-1}$  та вибирається по таблиці 5.7 ст.126 [4].

Механічні властивості сталі 45н:

Марка сталі	HB или HRC	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\Phi_{\square \text{и}}$	$\Phi_{\square \square}$	$\hat{O}_\sigma$	$\hat{O}_\tau$
		МПа					
45 н	250...280	590	300	240	150	0,20	0,15

Коефіцієнт запасу міцності  $n$  приймається по таблиці 5.8 ст.127 [4].

Значення коефіцієнтів матеріалу  $\Phi_{i-1}$  і  $\Phi_i$  визначаються за графіками, наведеними на малюнку 5.23 на сторінці 128 [4] в залежності від розмірів шийки, матеріалу вала і співвідношення радіусу галтелі і діаметра шийки.

$$\text{При } \frac{r}{d} = 0,11 \quad \hat{O}_\sigma = 1,4 \quad \hat{O}_\tau = 2,0$$

Коефіцієнт  $c = G_m / P_n$ , де  $G_m$  - вага маховика. Приблизно можна приймати  $c = 0,003 \dots 0,004$ . Великі значення приймаються для пресів меншого номінального зусилля. Приймаємо  $c = 0,003$ .

Для головних валів кривошипних пресів характерний несталий режим змінних навантажень. Прес тільки частина загального часу працює з максимальними навантаженнями, тому граничне сумарна напруга менше максимальної напруги. Таке зменшення напруги враховується коефіцієнтом еквівалентного навантаження  $k_e$ .

Залежно від інтенсивності навантаження все кривошипні преси поділяються на чотири групи.

Рекомендовані значення коефіцієнта еквівалентного навантаження  $k_e$  для зазначених груп пресів в залежності від номінального числа ходів  $n_n$  та коефіцієнта використання числа ходів  $\delta_e$  наведені в табл. 5.9 на ст.130 [4].

Загальний фонд часу  $T_C$  роботи преса при двозмінній експлуатації протягом 5 років прийнятий рівним 15000 ... 18000 годин, при роботі протягом 9 років - 27000 ... 31000 годин.

З огляду на вище сказане, приймаємо коефіцієнт еквівалентного навантаження при двозмінній експлуатації протягом 5 років  $k_y = 0,75$ .

Допустиме зусилля  $D_{a\ddot{r}}$  по міцності головного валу в залежності від кута повороту валу представлено в табл. 3.3.

Табл. 3.3 Допустиме зусилля по міцності головного валу

$\alpha, \text{à}\ddot{\text{a}}\ddot{\text{a}}$	$D_{a\ddot{r}}, \text{é}\acute{\text{I}}$
0	1270,678
5	909,01
10	708,904
15	582,898
20	497,001
25	435,267
30	389,234
35	354,005
40	326,553
45	304,913
50	287,759
55	274,172
60	263,498
65	255,267
70	249,140
75	244,873
80	242,298

85	241,304
90	241,833

За результатами розрахунків допускаємих зусиль на повзунові по міцності головного валу і зубчастої передачі будується графік допускаються навантажень на повзунові, на якому також є навантажувальний графік зусилля деформації, який розраховується при енергетичних розрахунках преса. Достатньою умовою міцності основних деталей преса є неперетинання навантажувального графіка зусилля деформації з графіком допускаються навантажень і відповідає розрахунковий номінального кута рекомендованому значенню по табл. 6.15 [4].

Номінальному кутку  $\alpha_n$  відповідає так званий номінальний недохід  $S_n$ , який представляє найбільшу відстань від КНП, на якому можливо навантаження преса номінальним зусиллям.

Для універсальних листоштампувальних пресів простої дії номінальний кут  $\alpha_n$  дорівнює 30 градусів.

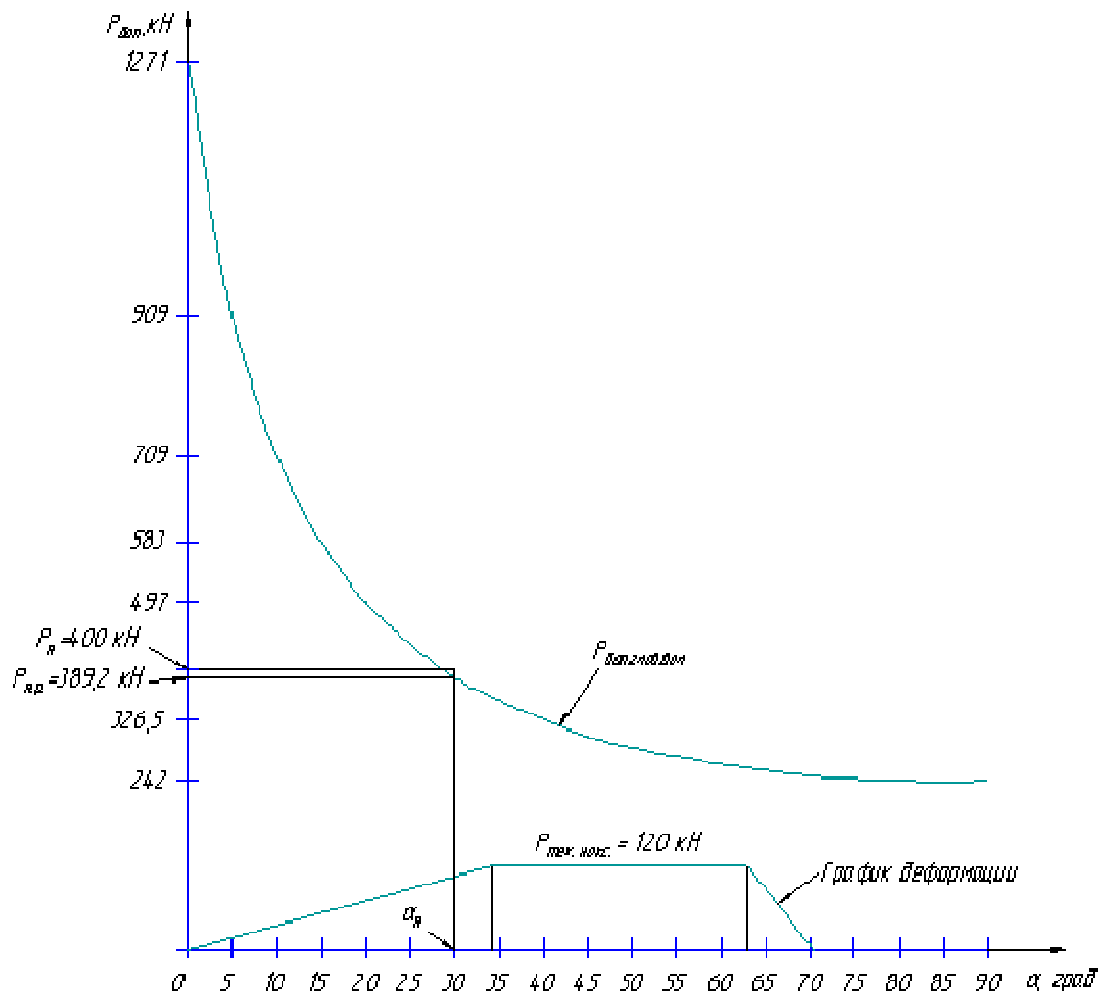


Рис.3.8. Графік допускаємих зусиль повзуна

### 3.2 Гідравлічні преси

Для штампування еластичним середовищем використовують звичайні гідравлічні преси, а для штампування великогабаритних деталей – потужні гідравлічні преси з висувними столами довжиною до 4 метрів та шириною до 2 метрів [3]. Необхідність застосування при штампуванні листових деталей пресів великої потужності можливо віднести до недоліків штампування за допомогою еластичного середовища.

Для групового штампування використовуються унікальні гідравлічні преси рис.3.9., зусилля яких складає наприклад 5000 т, або більше. Такі преси оснащені декількома рухомими столами, що збільшує коефіцієнт використання пресу, оскільки столи послідовно подаються під прес. В той

час поки відбувається робочий хід преса, на інших столах виконуються підготовчі роботи: знімання та розміщення нових заготовок або зміна інструмента.

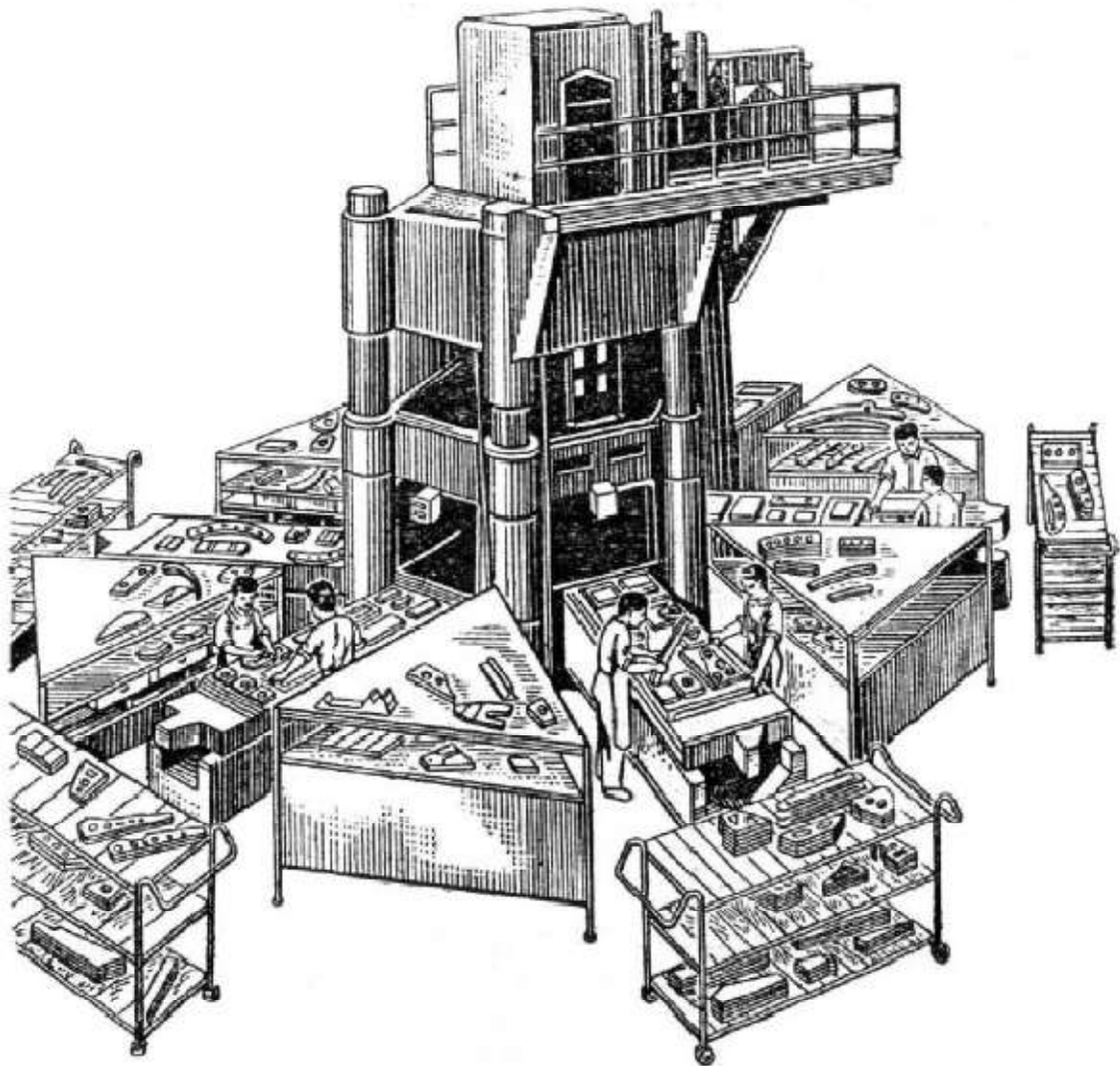


Рис. 3.9 .Планування гідравлічного пресу з 6 рухомими столами

Останнім часом шведською фірмою для штампування (витяжки) еластичними середовищами створено спеціалізоване обладнання - преси QAB-32 з максимальним зусиллям як 3200 т, з діаметрами робочих діафрагм змінних формотворчих агрегатів преса 560, 630 і 800 мм і QRD-600 з максимальним зусиллям 60000 т.

Прес QAB-32 призначений в основному для глибокої витяжки еластичною середовищем. Оригінальність його - в особливій конструкції попередньо напруженої станини. Колони і поперечки стягнуті дротом.

Застосування напруженої дроту обумовлює низьку вагу станини, компактність конструкції. Прес забезпечений двома циліндрами: верхнім і нижнім, що забезпечує рухливість пуансона, притиску, і чотирма гідропідйомником. Нижній торець верхнього циліндра закритий діафрагмою. Маслокамера заповнена касторовою олією.

Основні характеристики преса QAB-32:

Максимальне зусилля як 3200 т

Габаритні розміри: 7000x1900x1200 мм

Діаметр плунжера - 900 мм

Тиск в гідросистемі - 500атм

Максимальний хід плунжера - 720 мм (вгору); 315 мм (вниз)

Максимальна швидкість робочого ходу - 150 мм / сек.

Прес QRD-600 (рис. 65) призначений для штампування еластичною середовищем великогабаритних деталей. Прес являє собою товстостінний горизонтальний циліндр, утворений напруженої сталевим дротом і двома ригелями.

Робочий простір преса є тунель прямокутного поперечного перерізу. Зверху розташовується сталева плита, до якої кріпиться маслокамера з тонкої поліуретанової діафрагмою. Під маслокамерой розташовується товста поліуретанова подушка.

У нижній частині робочого простору передбачений висувний стіл, на якому розміщуються інструмент і заготовки.

Маслокамера наповнюється маслом під високим тиском. Діафрагма розширюючись, чинить тиск на поліуретанову подушку. Здійснюється робочий цикл.

Деякі характеристики преса QRD-600:

Розрахункове зусилля - 60000 т

Максимальний робочий тиск в маслокамері - 1000 атм.

Довжина - 5120 мм

Зовнішній діаметр - 3275 мм

Число рухливих столів (лотків) – 4

Планування всього технологічного комплексу, включаючи рухомі столи, гідронасоси, пульт керування та інші елементи приведена на рис. 3.10.

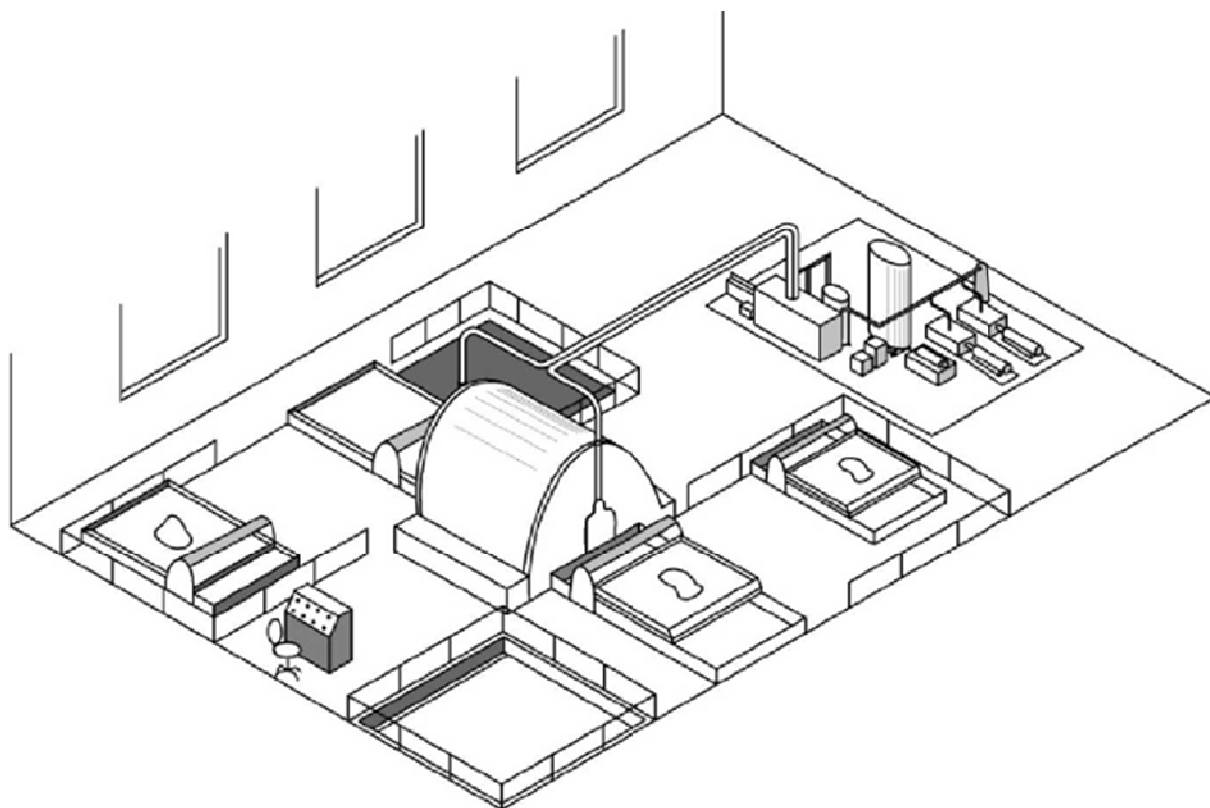


Рис.3.10. Компоновочна схема технологічного комплексу QRD-600

#### 4. ФОРМУВАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЛАДНАННЯ ФІРМИ QUINTUS TECHNOLOGIES FLEXFORM™

Flexform™ також називається формування за допомогою рідкого середовища, - це недорогий процес формування листового металу, розроблений для створення прототипів та виробництво деталей відносно малого розміру та не великими партіями в умовах малосерійного виробництва [5].

Компанія Quintus Technologies розробила, побудувала та встановила понад 150 пресів для формування листового матеріалу в рідкому середовищі для великих виробників у всьому світі, включаючи Airbus, Ford, Boeing, Daimler-Benz, Bombardier, BMW, Embraer та Volvo, а також збільшує число постачальників деталей до аерокосмічної, авіаційної та автомобілебудівної промисловості.

Швидкість, універсальність та недорога собівартість виготовлення деталей за технологією Flexform™ є універсальним рішенням для виготовлення деталей складної форми, особливо для галузей, де швидкість та низькі витрати є вирішальними для скорочення термінів виходу на ринок та забезпечення конкурентоспроможності на глобальному рівні. Недорогий інструмент прототипу може також використовуватися для виробництва деталей у невеликих кількостях для нішевих ринків.

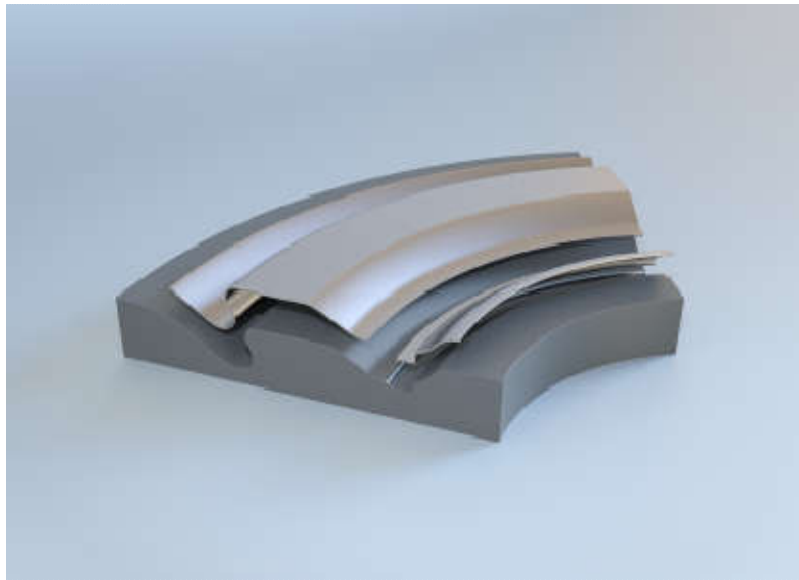


Рисунок 4.1 – Зразок деталі виготовленої на обладнанні Flexform™

### **Переваги Flexform™**

Багато компаній, особливо на аерокосмічному ринку, використовують Flexform™, щоб сформувати більшість своїх виробів з виробництва листового металу. Формування рідких середовищ ідеально підходить для відносно невеликих об'ємів комерційних, військових та бізнес-літаків. Моделі швидкого циклу можуть виробляти до 120 деталей на годину, а автоматизовані палетні системи можуть суттєво підвищити ефективність у більш тривалому виробництві.

Виробники отримують прибуток за наступними унікальними перевагами концепції Flexform™:

- дуже низькі витрати на виготовлення інструменту (матриці);
- складні форми, що сформовані для жорстких допусків;
- кілька деталей за цикл;
- короткий час переналадження та встановлення.
- готові деталі, безпосередньо з формувальної камери, можуть використовуватись з невеликою ручною обробкою або без неї.

Формування рідким середовищем має ряд економічних та технологічних переваг, особливо у порівнянні з пресуванням гумовим покриттям та механічним чи гідравлічним пресуванням.

### **Причини застосування технологій Flexform™:**

1. Для використання пресів Flexform™ достатньо лише однієї форми (матриці), що є негативом деталі, або використання металорізального інструменту, що коштує від 50 до 90 відсотків собівартості продукції.
2. Комплексні, близькі допустимі частини можуть бути виготовлені, часто в одній операції.
3. Вища продуктивність, тому що кілька деталей можна обробляти в один цикл.
4. Швидше час очікування з швидким налаштуванням інструменту та циклом від одного до трьох хвилин.
5. Може формоутворюватися практично будь-який листовий метал від 0,1мм до більш ніж 16 міліметрів (0,004 до 0,63 дюйма).
6. Деталі без браку, без подряпин або ознак ржі.
7. Спроекувати та виготовляти складні деталі, які можуть бути надзвичайно дорогими при виготовлені за допомогою традиційних пресів.

Flexform™ Fluid Стільникові преси для універсального, економного формування листового металу з невеликим об'ємом Quintus пропонує повну лінійку стандартних моделей пресів Flexform™ з прямокутними розмірами піддонів до 1,8 x 3,6 м (71 x 142 дюйма) і тисками від 800 бар (11 600 фунтів на квадратний дюйм) до 1400 бар (20 000 psi). Тривалість циклу, як правило, становить від одного до трьох хвилин, залежно від розміру преса, складених деталей та вибраного тиску.

За останні 40 років компанія Quintus перетворилася на світового лідера у виробництві пресів з рідким середовищем для гідроформування листа та інших подібних виробів з лиття.

Сьогодні ця технологія є найкращим методом для економного формування деталей з малим обсягом та компонентів прототипу. Quintus дуже поважається своїми навичками в процесі аналізу та оптимізації процесів, інноваційних платіжних систем, системного управління проектами та технічної підтримки на місці.

Quintus пропонує повну лінійку стандартних моделей прес-форм Flexform з прямокутними лотками розміром до 1,8 x 3,6 м (71 x 142 дюйма) і тисками від 800 бар (11 600 фунтів на квадратний дюйм) до 1400 бар (20 000 psi). Тривалість циклу, як правило, становить від одного до трьох хвилин, залежно від розміру преса, складених деталей та вибраного тиску (рисунок .2).



Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд пресу з рідким деформувальним середовищем

Quintus Technologies® також високо поважає свою майстерність у процесі аналізу процесу виготовлення, оптимізації процесів формування,

інноваційного інструментального дизайну, систематичного управління проектами та технічної підтримки на місці.

Quintus пропонує лінійку стандартних моделей глибокого друку із зоною формування / діаметром від 560 мм / 22 дюйма до 1100 мм / 43,3 дюйма. Діапазон тиску - від 800 бар / 11 600 фунтів / дюйм до 1200 бар / 17 400 фунт / кв. Дюйм. Час циклу залежить від розміру інструменту та рівня тиску, але зазвичай становить від 30 секунд до двох хвилин (рисунок .3).



Рисунок 4.3 - Зовнішній вигляд пресу з рідким деформувальним середовищем

### **Мета та об'єктивність з оцінкою**

Мета проекту полягала у тому, щоб показати, що технологія Flexform може бути використана для формування надміцної сталі та інших важкодеформованих матеріалів. Щоб продемонструвати це, було вибрано відповідну частину автомобіля, подібну до типового променя впливу на стороні дверей. Проект порівнював дані як з імітаційним моделюванням, так і з практичними повномасштабними методами формування.

### **Огляд технології**

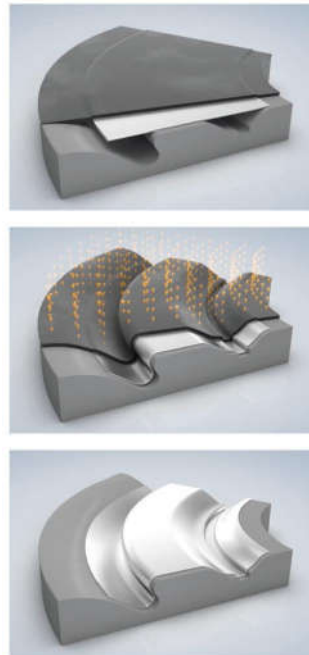
Технологія Flexform забезпечує спосіб формування, коли (як правило) листовий метал формується над однією жорсткою матрицею, що визначає форму, інструментом наповненим гнучкою гумовою діафрагмою, в камері в якій підтримується високий гідравлічний тиск.

Гнучка гумова діафрагма утворює бездоганну частину складної форми, в тому числі підрізні, з різною товщиною листів у м'яких та міцних матеріалах. Високий і надвисокий тиск однорідного тиску забезпечує високу якість деталей з близькими допусками.

### **Передумови та досвід**

Технологія Flexform вже десятиліття використовується в авіаційній галузі. Ця технологія відносно нещодавно була прийнята в автомобільній промисловості, що виробляє прототипи та комерційні автомобілі, де необхідні невеликі обсяги, але у великих різновидах.

The Flexform Principle



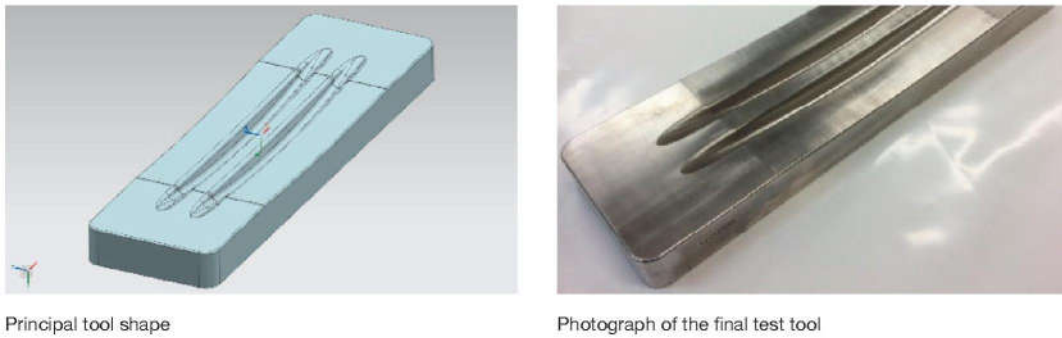
© 2017 Quintus Technologies

Рисунок 4.4 – Схема утворення профілю деталі

### Переваги технології

Завдяки використанню лише однієї жорсткої половини інструменту вартість інструменту значно зменшується, ніж звичайні штампи. Кілька порожніх частин також можуть бути сформовані на одному інструменті без необхідності вирівнювання інструменту. Підніжок може бути сформований без необхідності окремих ковзаючих інструментів. Отже, час виробництва від розробки концепції до закінченої частини короткий. Нарешті, досягнута якість обробки отриманої поверхні відмінна, завдяки м'якому методу формування.

Вибрана демонстраційна частина: промінь впливу сторони дверей  
Геометрія була зроблена лише для демонстраційних цілей і схожа на існуючі дверні пучки. Для виготовлення інструмента обрано попередньо загартовану інструментальну сталь (Toolox 44), 44 HRC.



Principal tool shape

Photograph of the final test tool

Рисунок 4.5 – Модель та прототип матриці

Основні вимірювальні інструменти: довжина = 640 мм, ширина = 180 мм, глибина = 50 мм, радіус кривизни: 3000 мм

Основна мета полягала у формуванні у інструменті надвисокої міцності холодної формувальної сталі. Вибрано мартенситний Docol 1200 M товщиною 1,25 мм. Крім того, були випробувані такі матеріали, як Docol 340 LA, алюміній 6061-O, титан 7.3073 (сорт 2), нержавіюча сталь 1.4301 та Domex S700MC, товщиною від 1 до 3 мм.



Formed part, Docol 1200 M



Cross section of beam (cut after forming)

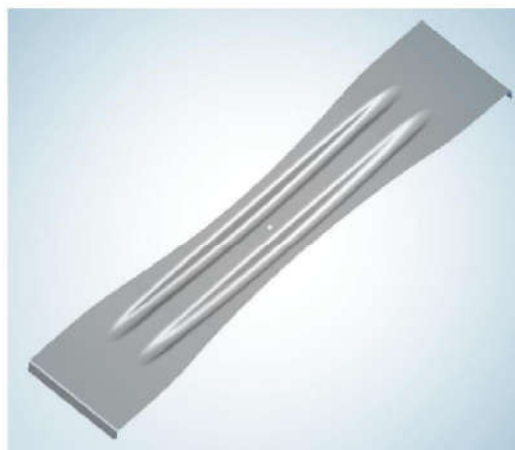
Рисунок 4.6 – Відформовані деталі

Формування випробуваних матеріалів проводили в пресі Quintus Fluid Cell при формувальному тиску 800 бар (80 МПа) для 1-2 мм і 1400 бар (140 МПа) для матеріалів 3 мм.

### **Моделювання**

Програмне забезпечення AutoForm R7 використовувалось для моделювання, а моделі матеріалів постачалися за допомогою коду, крім титану, який моделювали за допомогою власної моделі матеріалу Quintus. Використовувалася модель, яка підтримує тиск, яка використовується у Autoform.

Гумова діафрагма та використані гумові покривні листи не входять до моделей Autoform R7 при моделюванні тиск наноситься безпосередньо на поверхню листа.



Simulation



Experiment (titanium)

Рисунок 4.7 – Результати моделювання та експериментального дослідження

### **Результати**

Ультра високоміцна сталь та інші випробувані матеріали успішно сформовані в інструменті. Під час формування та порівняння з симуляцією

вимірювалася відтяжка профілю та відцентровий момент. Результати збігаються досить добре, навіть для титану. З випробуваних матеріалів, ультра високоміцна сталь мала найвищий радіус закруглення, близько 8 мм. Цікаво, що пружня післядія алюмінієвих деталей була "негативною", ефект якого також спостерігався при моделюванні. У цьому випадку видається, що ефекти гумової діафрагми та гумових подушечок не мають істотного впливу на моделювання.

### **Остаточні висновки**

1. Високоміцні сталі (та інші важкодеформовані матеріали) дійсно підходять для технології Flexform високого тиску.
2. Формування таких матеріалів можна імітувати, використовуючи, наприклад, Autoform.
3. Ефект не включення діафрагми в симуляцію, виявився незначним.

Таким чином, з вище викладеного можна зробити основний висновок про можливість, доцільність та економічну ефективність застосування технологій штампування деталі Екран рідким середовищем, що пропонує фірма Quintus Technologies Flexform™.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільна професійна підготовка фахівців, яка може привести до порушення вимог технологічного процесу і правил з охорони праці, як наслідок, до травматизму або професійних захворювань;

б) Незадовільна організація робочого місця може бути пов'язана з недостатнім урахуванням вимог ергономіки, захламленістю робочої зони і нерациональним розміщенням технологічного обладнання;

в) Ураження електричним струмом. Головними причинами поразки можуть бути: порушення правил електробезпеки, несправність обладнання, наприклад, поява напруги на неструмоведучих частинах обладнання, внаслідок обриву заземлення, може призвести до електричних травмування або смерті.

г) Механічні травми. Отримання механічних травм є однією з основних небезпек при холодній деформації, що визначається наступними факторами: рухомі і обертові частини технологічного обладнання, стан вихідного матеріалу, а також особливості технологічних способів формозміни. Основними причинами при холодній деформації є:

- відсутність захисних пристосувань для запобігання аварійних ситуацій;

- порушення правил по охороні праці при виконанні операцій формозмінення.

д) Важкість праці - це характеристика трудового процесу, яка обумовлена навантаженням на кістково-м'язовий апарат, серцево-судинну, дихальну та ін. системи організму людини.

е) Незадовільні параметри повітряного середовища.

Внаслідок несправності, забрудненості системи вентиляції, недотримання належних метеорологічних умов на виробництві, можуть бути причинами погіршення здоров'я, захворювань загального характеру і зниження продуктивності праці.

ж) Недостатня освітленість.

Несправний стан освітлювальних приладів або їх надмірна забрудненість може викликати погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а також привести до травм.

з) Вібрація. Причиною вібрації є робота деталей і вузлів технологічного обладнання для деформації. Амплітуда коливань шабота молота досягає 7-8мм, фундаменту молота - 0,56-0,08мм. Час дії вібрації на коваля становить 75-10 періодів коливань фундаменту. Загальний час дії вібрації залежить від кількості ударів в зміну. Наприклад, кількість ударів пневматичних молотів в хвилину становить 95-210, штампувальних молотів - 3000-5500 ударів за зміну. Крім цього, між двома послідовними ударами окремого молота в робочій зоні сприймаються до 5 ударів сусідніх молотів.

і) Можливість загоряння, причинами якого є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих газів, коротке замикання.

## 5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

*А ) Для виключення можливості отримання травм і професійних захворювань при незадовільній професійній підготовці фахівців прийняті методи захисту:*

- до роботи допускаються особи, які досягли 18 років, які пройшли медичний огляд і отримали допуск до роботи;
- до роботи допускаються особи, які пройшли навчання за фахом і отримали документ встановленого зразка;

- до роботи допускаються особи, які пройшли всі інструктажі та стажування, передбачені нормативно-правовими актами з охорони праці, галузевими стандартами, інструкціями до виконання робіт на підприємстві.

*б) Для організації робочих місць:*

Робочі місця повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць », ГОСТ 12.2.032-84" ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги ».

Норми безпеки визначають:

- площа на одного робітника не менше 4,5м<sup>2</sup>;
- висота робочої зони від підлоги до стелі не менше 3,2м<sup>2</sup>;
- обсяг припадає на одного робітника не менше 15м<sup>3</sup>.

*в )Для виключення можливості ураження електричним струмом прийняті:*

Організаційні заходи: проведення навчань правилам електробезпеки, перевірка знань і атестація персоналу на 2-ю або 3-ї групи електробезпеки, згідно НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання и Перевірки знань по вопросам охорони праці" і ДНАОП 1.1.10 - 1.01-2000 "Правила безпечної експлуатації електроустановок".

Технічні заходи: використання захисного заземлення, ізоляційних шлангів для проводів, ізоляційні кліщі для проведення деяких робіт, а також в разі необхідності, підставки і ізоляційні килимки. Електробезпека на спроектованому ділянці відповідає вимогам. Згідно з ПУЕ-2009 "Правила улаштування електроустановок" - спроектований ділянка відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки щодо ураження електрострумом. Все преса мають мережевий вхідний вимикач, що дозволяє повністю зняти напругу з електроспоживачів, згідно з ГОСТ 12.4.155-85 «ССБТ. Пристрій захисного відключення. Класифікація. Загальні технічні вимоги ". Провід мереж електрообладнання промарковані і укладені в труби. Станини пресів, корпуси електродвигунів та інші металеві частини заземлені та обнулені

згідно з діючими правилами. Інструктаж з електробезпеки проводить майстер.

г) *Для виключення можливості отримання механічних травм виробничого персоналу прийняті:*

Організаційні заходи: проведення інструктажу по техніки безпеки, використання виробничого устаткування і перевірку знань і атестація персоналу, згідно з НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання и Перевірки знань з питань охорони праці", ГОСТ 12.2.003-91. "ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки ", ГОСТ 12.3.002-75. ССБТ "Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки", а також ДСТУ EN 547-1-2001 "Безпечність машин. Розміри людського тіла. Частина 1. Принципи визначення Розмірів отворів для доступу до робочих Місць у машинах" і ДСТУ EN 294-2001 "Безпечність машин. Безпечні відстані для Запобігання можливості досягання Небезпечна зон руками".

Технічні заходи: використання кожухів, якими закривають обертаються або переміщаються частини пресів. Їх роблять відкидними для змінних зубчастих передач і ремінних передач. Також всі частини преса, які знаходяться зовні корпусу, захищаються огорожами, згідно з ГОСТ 12.2.062-81. " ССБТ. Обладнання виробниче. Огородження захисні ". Огородження обов'язково повинні мати пристосування, які забезпечать їх безпечне відкривання, зняття і переміщення. Якщо необхідно спостерігати за виконанням процесу в огорожах роблять вікна. В проекті цеху заходи безпеки відповідають ГОСТ 12.3.026 – 81 "Роботи ковальсько-пресові. Вимоги безпеки". Так само гострі кромки, задирки на заготовках і матеріалах при штампуванні на окремих операціях (вирубка, відрізка, пробивання і т.д.), можуть призвести до травм верхніх кінцівок. Для цього слід використовувати засоби індивідуального захисту або спеціальну екіпіровку, згідно ГОСТ 12.4.010-75 " ССБТ. Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови" и НПАОП 0.00-4.26-96 "Положення про порядок забезпечення ПРАЦІВНИКІВ

спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими Засоби індивідуального захисту".

д) Для мінімізації наслідків такого фактора як тяжкість праці передбачено:

- використання засобів автоматизації та механізації виробничих процесів;
- використання оптимального розподілу робочого часу і перерви (10-15хв. В годину).

### 5.3. Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

е) Для забезпечення належних метеорологічних умов (або мікроклімату), згідно з СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія » на виробництві визначають наступні параметри: температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря, які наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - оптимальні фізичні параметри повітряного середовища цеху

Пора року	Температура повітря, С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний	18-20	60-40	0,2
Теплий	21-23	60-40	0,2

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, проектом передбачається влаштування системи опалення. Розрахунок необхідної кількості повітря для цього періоду в приміщеннях:

$$L = l \times n, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L = 30 \times 2 = 60, \text{ м}^3/\text{ч},$$

де  $l$  – мінімальна подача повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (при вільному об'ємі приміщення на одного співробітника до  $20\text{м}^3$  –  $l=30\text{м}^3/\text{ч}$ ),

$n$  – кількість робітників в приміщенні.

У теплу пору року використовується приточно-витяжна вентиляція.

Для ефективної роботи системи вентиляції, згідно ГОСТ 12.4.021-75. " ССБТ. Системи вентиляційні. Загальні вимоги " и СНиП 2.04.05-91" Опалення, вентиляція і кондиціювання повітря. Норми проектування. ", Необхідно виконувати наступні санітарно-гігієнічні вимоги:

- Кількість припливного повітря має майже відповідати кількості повітря, що видаляється. Різниця між ними повинна бути мінімальна. Розрахунок

кількості повітря для асиміляції тепла: 
$$L = \frac{Q}{c\gamma(t_{\text{в}} - t_{\text{п}})}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L = \frac{10000}{1 \times 1.18(38 - 27)} = 770.42 \text{ м}^3/\text{ч},$$

де  $Q$  – надлишок теплоти в виробничому приміщенні, кВт;

$C$  - масова теплоємність припливного повітря, яка дорівнює  $1\text{кДж}/(\text{кг}^0\text{С})$ ;

$V$  - Щільність приточного повітря, що дорівнює  $1,18\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$t_{\text{в}}$  - температура видаляемого з приміщення повітря,  $^{\circ}\text{С}$ ;

$t_{\text{п}}$  - температура (зовнішнього) повітря,  $^{\circ}\text{С}$ .

- Припливні і витяжні системи в приміщенні повинні бути правильно розміщені, тобто свіже повітря повинен подаватися в ту частину приміщення, де кількість шкідливих речовин мінімально, а віддалятися з тих цехів, де виділення шкідливих речовин максимального.

- Система вентиляції не повинна викликати перегрів або переохолодження робітників.

- Система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях.

- Система вентиляції повинна бути електро- і вибухобезпечною.

ж) Для забезпечення необхідного рівня освітлення передбачається дотримання вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування». Там, де це необхідно - в місцях особливо напруженої і кропіткої роботи (на пресах дрібного штампування), необхідно встановити прилади індивідуального освітлення (світильники, лампи та ін.)

При проектуванні природного і штучного освітлення у виробничих приміщеннях слід керуватися вимогами будівельних норм і правил з проектування освітлення, згідно з СНиП 11-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" (див. табл. 4.2).

Таблиця 5.2 – Норми освітлення в листоштампувальних цехах (СНиП 11-4-79).

Характеристика робіт	Розміри об'єкту, мм	Разряд зорових робіт	Освітлення	
			Комбіноване	Загальне
Висока точність	0,1 – 0,3	2	5000	400
Точна	0,3 – 0,1	3	4000	350
Мала точність	1 – 10	4	350	150
Груба	Більш 10	5	100	100

з) Нормування шуму і виробничих вібрацій в листоштампувальних цехах виробляється на підставі ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ "Шум. Общие требования безопасности" Загальні вимоги безпеки и ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ " Вибраційна безпека. Загальні вимоги ".

#### 5.4. Заходи з пожежної безпеки

і) Проектований цех холодного штампування, згідно з НАПББ 03.002 - 2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежно небезпеки", відноситься до категорії "Д" з пожежної безпеки та відповідно до ДБН В.1.1.7-2002 " Пожежна безпека об'єктів будівництва "- до II ступеня вогнестійкості.

Площа цеху становить 9152 м<sup>2</sup>. Виходячи з цього, згідно з НАПБ.03.001-2004 "Типові норми належності вогнегасників", вибираємо 6 порошкових вогнегасника, ємністю 5 кг кожен, на першу 1000 м<sup>2</sup> площі і на кожні наступні 500 м<sup>2</sup> - 4 вогнегасника, ємністю 5 кг кожен.

При проектуванні будівлі цеху, також потрібно передбачити наявність евакуаційних виходів з будинку. Потрібно проектувати один евакуаційний вихід з приміщення, яке розташоване на будь-якому поверсі (за винятком підвального і цокольного), якщо відстань від найбільш віддаленого робочого місця до цього виходу не більше 25 метрів і число працюючих в зміні не більш 50 осіб - для приміщень з виробництвом категорії Д. З приміщень розташованих на всіх поверхах дозволяється передбачити інший запасний вихід на зовнішні сходи.

Причинами пожежі в цеху можуть бути коротке замикання в електричній системі, розлив і загоряння хімічних речовин і ін. Тому, згідно з НАПБ.03.001-2004 "Типові норми належності вогнегасників", встановлюємо пожежний щит, який складається з двох вогнегасника типу ВП-2А і ВВК -2, ящика з піском і совкової лопати. Вогнегасника ВВК-2 відноситься до вуглекислотним, які використовуються для гасіння електроустановок під напругою, а також різних речовин. Вогнегасника ВП-2А - порошковий і служить для гасіння дерева, пластмаси і лужних металів. Пісок використовують в місцях розлиття хімічних речовин.

Для того, щоб уникнути виникнення пожеж необхідно стежити за справністю електросистем, проводити щоденне прибирання робочих місць від мастильних і обтиральних матеріалів, не дозволяти куріння в робочому приміщенні, а також проводити профілактичні роботи. У проектованому цеху відповідальним за проведення інструктажу з пожежної безпеки є майстер.

### **5.5 Заходи безпеки при надзвичайних ситуаціях**

к) Під стійкістю роботи об'єкта народного господарства розуміється здатність об'єкта випускати встановлені види продукції в обсягах і номенклатурі, передбачених відповідними планами (для об'єктів, що не виробляють матеріальні цінності, - транспорт, зв'язок та ін. - виконувати свої функції), в умовах НС, а також пристосованість цього об'єкта до відновлення у разі пошкодження.

Згідно з ДСТУ 3891-99 "Безпека з питань у надзвичайних ситуаціях", заходи щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта перш за все повинні бути спрямовані на захист робітників і службовців від наслідків НС. Вони тісно пов'язані з заходами з підготовки та проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт в осередках ураження.

Для всіх промислових об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні фактори, що впливають на підготовку об'єкта до роботи в умовах надзвичайних ситуаціях. До цих факторів належать:

- район розташування об'єкта;
- внутрішнє планування і забудова території об'єкта;
- системи енергопостачання; технологічний процес;
- виробничі зв'язки об'єкта;
- системи управління;

- підготовленість об'єкта до відновлення виробництва і ін.

Важливе значення в підвищенні стійкості має проведення інженерно-технічних заходів.

Основні заходи у вирішенні завдань підвищення стійкості роботи промислових об'єктів:

- захист робітників і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів і вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів щодо зменшення ймовірності виникнення вторинних факторів ураження і збитків від них;
- підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкта.

При проектуванні і будівництві нових цехів підвищення стійкості може бути досягнуто застосуванням для несучих, конструкцій високоміцних і легких матеріалів (сталей підвищеної міцності, алюмінієвих сплавів).

Підвищення стійкості устаткування досягається шляхом посилення його найбільш слабких елементів, а також створенням запасів цих елементів, окремих вузлів і деталей, матеріалів та інструментів для ремонту і відновлення пошкодженого обладнання.

Велике значення має міцне закріплення на фундаментах верстатів, установок та іншого обладнання, що мають велику висоту і малу площу опори; пристрій розтяжок і додаткових опор підвищує їх стійкість на перекидання.

Необхідна умова надійності технологічного процесу - стійкість системи управління і безперебійне забезпечення усіма видами енергопостачання. У разі виходу з ладу технічних засобів АСУ ТП передбачається перехід на ручне керування технологічним процесом в цілому або окремими його ділянками.

Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари шляхом прокладки декількох підвідних електро-, газо-, водо- та парозабезпечуючих комунікацій і подальшого їх закріплення.

Водопостачання об'єкта буде більш стійким і надійним в тому випадку, якщо об'єкт живиться від декількох систем або від двох-трьох незалежних вододжерел, віддалених один від одного на безпечну відстань.

Готовність об'єкта в короткі терміни відновити випуск продукції - важливий показник стійкості його роботи. Чим вище ця готовність, тим швидше може бути відновлено виробництво продукції після поразки об'єкта, тим стійкіше і надійніше оцінюється його робота в умовах НС.

Передбачені заходи з охорони праці, виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки відповідають вимогам ГОСТ, СНиП, ДБН, методичних вказівок і забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу, а так само стійку роботу об'єкта і безпеку персоналу в умовах надзвичайної ситуації.

Таким чином, в проекті розглянуті основні заходи з охорони праці властиві цехам:

Для виключення можливості механічних травм вжиті заходи з проведення інструктажу, перевірки знань і атестація персоналу, згідно з НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання и Перевірки знань з питань охорони праці", використання кожухів закривають обертові частини пресів і огорож , згідно з ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ "Обладнання виробниче. Огородження захисні". Щоб уникнути травми верхніх кінцівок об гострі кромки, і задирки на заготовках і матеріалах при штампуванні, слід використовувати засоби індивідуального захисту, згідно ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ "Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови" та НПАОП 0.00-4.26-96 "Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засоби індивідуального захисту".

Для виключення можливості ураження електричним струмом вжиті заходи по проведенню навчань правилам електробезпеки, перевірки знань і атестація персоналу, згідно НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання и Перевірки знань з питань охорони праці" і ДНАОП 1.1.10 -1.01 -2000 "Правила безпечної ЕКСПЛУАТАЦІЇ електроустановок", використання захисного заземлення, ізоляційних шлангів для проводів, а також підставок і ізоляційних килимків.

Для виключення можливості захаращеності робочого місця, вжиті заходи з проведення інструктажу по техніки безпеки, згідно з НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання и Перевірки знань з питань охорони праці", дотримання порядку на робочому місці, згідно з ГОСТ 12.2 .032-78. ССБТ "Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги" та ГОСТ 12.2.033-84. ССБТ "Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги", щоб робочий процес проходив більш ефективно.

Для мінімізації напруги, інтенсивності та монотонності праці, вжиті заходи з проведення інструктажу по техніки безпеки, згідно з НПАОП 0.00.-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання и Перевірки знань з питань охорони праці" та встановлення певної кількості відпочинків та перерв .

Для забезпечення належних метеорологічних умов визначають наступні параметри, згідно з ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень": температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря (див. Табл. 1).

Для ефективної роботи системи вентиляції необхідно, відповідно до ГОСТ 12.4.021-75. ССБТ "Системи вентиляційні. Загальні вимоги" та СНиП 2.04.05-91 "Отоплення, вентиляція і кондиціонування необхідно, щоб кількість припливного повітря практично відповідати кількості повітря, що видаляється. Система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях і не повинна викликати перегрів або переохолодження робочих .

Для захисту працівників від підвищеного шуму рекомендується забезпечувати робочих беруші, згідно з ГОСТ 12.4.051-87. ССБТ "Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні вимоги та методи випробувань", а так само встановлювати обладнання на вібропоглинаючий фундамент.

При проектуванні природного і штучного освітлення у виробничих приміщеннях слід керуватися вимогами будівельних норм і правил з проектування освітлення, згідно з СНиП 11-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування". Для того, щоб уникнути виникнення пожеж необхідно стежити за справністю електричних систем, проводити щоденне прибирання робочих місць від мастильних і обтиральних матеріалів, не дозволяти куріння в робочому приміщенні, а також проводити профілактичні роботи. Будинок має відповідати певній категорії з пожежної безпеки, згідно з НАПББ 03.002 - 2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою" і ДБН В.1.1.7-2002 "Пожежна безпека об'єктів будівництва". Під стійкістю роботи об'єкта народного господарства розуміється здатність об'єкта випускати встановлені види продукції в обсягах і номенклатурі, передбачених відповідними планами. Підвищення стійкості устаткування досягається шляхом посилення його найбільш слабких елементів. Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари. Згідно з ДСТУ 3891-99 "Безпека з питань у надзвичайних ситуаціях", заходи щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта перш за все повинні бути спрямовані на захист робітників і службовців від наслідків надзвичайних ситуацій.

## Перелік використаної літератури

1. Исаченков Е.И. Штамповка резиной и жидкостью. - М.: Машиностроение, 1967. - 367 с.
2. Комаров Д. Штамповка листовых и трубчатых деталей полиуретаном. - М.: Машиностроение, 1968. - 84 с.
3. Глушечков В.А. Технология и оборудование специальных видов листовой штамповки: учеб. / В.А. Глушечков. - Самара: Изд-во СГАУ, 2013. - 174 с.
4. Явтушенко А. В. Методические указания к выполнению курсовых проектов по курсу «Проектирование и расчет кривошипных прессов». – З. ЗНТУ, 2004. – 259 с.
5. <https://quintustechnologies.com/metal-forming/>
6. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку. – М. Машиностроение, 1964. – 82 с.
7. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке. - Л.: Машиностроение, 1979 . - 513 с.
8. Попов, Е.А. Технология и автоматизация листовой штамповки. - М.: Изд-во МГТУ, 2003. - 480 с.
9. Бутузов, Е.А. Специальные виды штамповки. - М.: Высшая школа, 1962. - 206 с.
10. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка. - Л.: Машиностроение, 1980. - 432 с.
11. Ходырев, В.А. Применение полиуретана в листоштамповочном производстве. - Пермь, 1973. - 220 с.
12. Горбунов, М.Н. Штамповка деталей из труб. - М.: Машгиз, 1960. - 186 с.

13. Живов Л.И., Овчинников А. Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы. – 2-е изд, перераб. и доп.– К.: Вища школа, 1981.– 376 с.