**Міністерство освіти і науки України**
**Запорізький національний університет**
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні**

Кафедра металургійних технологій екології та техногенної безпеки

# Кваліфікаційна робота / проєкт

рівень вищої освіти___перший (бакалаврський) рівень_____
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка технологічного процесу листового штампування деталі «Манжета» за допомогою формувальних операцій зі сплава ОТ4 авіаційного двигуна»

Виконав: студент __4__курсу, групи 6.1361-омт

Серединський Дем'ян Валерійович _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності (напряму підготовки)

___136 Металургія_____ _____
(шифр і назва)

спеціалізація

_____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

_____Обробка металів тиском_____
(шифр і назва)

Керівник Явтушенко А.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Нестеренко Т.М..
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2025 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра _____металургійних технологій екології та техногенної безпеки_____
Рівень вищої освіти _____перший бакалаврський рівень_____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Напрям підготовки / Спеціальність __136 Металургія_____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____обробка металів тиском_____
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
**Завідувач кафедри___*МТЕТБ*_____**
**_____*Ю.О. Бєлоконь***

“27” _____12_____2024 року

# З А В Д А Н Н Я
## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТУ

_____Серединський Дем’ян Валерійович_____
(прізвище, ім’я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи) «Розробка технологічного процесу листового штампування деталі «Манжета» за допомогою формувальних операцій зі сплава ОТ4 для авіаційного двигуна»
_____
керівник проекту (роботи)_Явтушенко Анна Володимирівна, к.т.н., доцент_____
( прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “27” 12 2024 року № 2031-с
2. Строк подання студентом проекту (роботи)___14.06.2025 р._____
3. Вихідні дані до проекту (роботи)__Креслення деталі згідно ДСТУ.
_____
_____
_____
_____
_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)__Реферат; Вступ; 1 Загальна частина; 2 Технологічна частина; 3 Механічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Перелік джерел посилання._____

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

Презентація до 14 слайдів (Мета та завдання роботи, Креслення готової деталі, Технологічний процес виготовлення, Креслення штампу вирубного, Загальний вид кривошипного пресу, матриця вирубна, пуансон-матриця, План дільниці, Висновки).

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата завдання прийняв |
|---|---|---|
| 1 | Явтушенко А.В., доцент, к.т.н. | |
| 2 | Явтушенко А.В., доцент, к.т.н. | |
| 3 | Явтушенко А.В., доцент, к.т.н. | |
| 4 | Явтушенко А.В., доцент, к.т.н. | |
| Нормоконтроль | Карпенко Г.В., доцент, к.т.н. | |
| | | |
| | | |

7. Дата видачі завдання 10 лютого 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту ( роботи ) | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Загальна характеристика цеху | 03.03.25 | |
| 2 | Технологічна частина | 01.04.25 | |
| 3 | Механічна частина | 01.05.25 | |
| 4 | Охорона праці та техногенна безпека | 25.05.25 | |
| 5 | Реферат, Вступ, Висновки | 01.06.25 | |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 07.06.25 | |
| 7 | Підготовка презентаційного матеріалу | 14.06.25 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**Студент** _____ **Д.В. Серединський**
( підпис ) (прізвище та ініціали)

**Керівник проєкту (роботи)** _____ **А.В. Явтушенко**
( підпис ) (прізвище та ініціали)

# РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: _93_ с., _14_ рис.,_6_ табл.; використано літературних джерела _13_.

ПРЕС, ПУАНСОН, МАТРИЦЯ, ПРИТИСК, ТРАФАРЕТ, БЛОК, ЦЕХ ДРІБНОГО ШТАМПУВАННЯ, ШТАМП, ТИТАН

Об’єкт дослідження – листоштампувальний цех моторобудівного заводу.

Мета роботи – розробка технології листової штамповки для деталі "Манжета", яка виготовляється з титанового сплаву ОТ4.

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків в штампувальному виробництві.

У даній кваліфікаційній роботі був розроблений технологічний процес для деталі "Манжета". Для виготовлення цієї деталі був застосований листовий титан.

Рекомендації по впровадженню – результати роботи рекомендується застосувати на моторобудівних заводах, в цехах холодного штампування.

У технологічній частині проекту розрахований технологічний процес штампування. Виконано організаційно-технічні розрахунки по ділянці: вибрано обладнання виробниче і допоміжне, розраховано чисельність робітників і службовців, озраховано кількість основних і допоміжних матеріалів необхідних ділянці, розраховано і розроблено компонування ділянки. У конструкторській частині проведено розрахунок і проектування технологічного процесу штампування на базі преса моделі КД2326Е зусиллям 400 кН. У розділі охорони праці і оцінки техногенних обставин були визначені шкідливі чинники виробництва і вказані шляхи поліпшення умов праці.

Розроблення всіх частин проекту проводили з урахуванням вимог і норм охорони праці, техніки безпеки та цивільної оборони.

# REFERENCE

The explanatory note to the qualification work contains 83 pages, 14 figures, 6 tables, 21 references.

The object of research is a sheet metal stamping shop of a motor-building plant.

Purpose - to develop a sheet forging technology for the "Cuff" part, which is made of titanium alloy OT4.

Calculation method - standard calculation methods in stamping production.

In this qualification work, a technological process for the "Cuff" part was developed. For the manufacture of this part, titanium sheet was used.

Recommendations for implementation - it is recommended to apply the results of the work at motor-building plants, in cold stamping shops.

In the technological part of the project, the technological process of stamping was calculated. Organisational and technical calculations for the site were carried out: production and auxiliary equipment was selected, the number of workers and employees was calculated, the amount of basic and auxiliary materials required for the site was calculated, and the site layout was calculated and developed. In the design part, we calculated and designed the technological process of stamping on the basis of a press model KD2326E with a force of 400 kN. In the occupational health and safety section, hazardous factors were identified and ways to improve working conditions were specified.

All parts of the project were developed with due regard to the requirements and standards of labour protection, safety and civil defence.

PRESS, PUNCH, DIE, CLAMPING, STENCIL, BLOCK, SMALL STAMPING SHOP, STAMP, TITANIUM

# ЗМІСТ

Реферат 4
Перелік скорочень 9
Вступ 10
1. Загальна частина 11
1.1 Застосування титану в літакобудуванні 12
1.2 Обробка титану та його сплавів 14
1.3 Тип виробництва, склад дільниці 17
1.4 Загальна характеристика виробничого процесу на дільниці 18
2 Технологічна частина 19
2.1 Аналіз технологічності деталі 19
2.2 Розробка креслення штамповок і технічних умов на їх Виготовлення 20
2.3 Розробка технологічних процесів штампування 21
2.3.1 Розробка маршрутної технології (вибір переходів штампування) 21
2.3.2 Визначення форми і розмірів заготовки 22
2.3.3 Розкрій вихідного матеріалу 23
2.3.4 Аналіз напружено-деформованого стану напівфабрикатів 25
2.3.5 Розрахунок технологічних операцій (розмірів напівфабрикатів, зусилля і роботи деформування) 26
2.3.6 Вибір технологічного обладнання 28
2.3.7 Розрахунок трудомісткості виготовлення штампування 29
2.3.8 Аналіз можливих видів браку готової продукції та способів його запобігання. Методи і способи контролю якості готової продукції 31
2.4 Проектування технологічного оснащення 34
2.4.1 Розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриць 34
2.4.2 Визначення габаритних розмірів робочих

деталей штампа 35
2.4.3 Визначення центру тиску штампа 36
2.4.4 Вибір, розрахунок кількості та розташування кріпильних деталей штампа 37
3. Механічна частина 39
3.1 Кривошипні преси 39
3.1.1 Завдання на проектування. Основні параметри та розміри згідно стандартів 39
3.1.2 Обґрунтування конструкції преса, короткий опис пристрою. Синтез головного виконавчого механізму (ГВМ) 40
3.1.3 Кінематичний аналіз ГВМу 41
3.1.4 Статика ГВМу 44
3.1.5 Розрахунок припустимих зусиль за міцністю головного вала і зубчастої передачі 46
3.1.6 Розрахунок установчої потужності електродвигуна і моменту інерції маховика 47
3.1.7 Перевірочний розрахунок муфти і гальма 53
3.2 Технічна характеристика 55
3.3 Техніка безпеки під час роботи ковальсько-штампувального обладнання 57
3.4 Розрахунок виробничих потужностей, матеріалів та енергоносіїв 59
3.4.1 Розрахунок кількості виробничого обладнання та визначення його типорозмірів 59
3.4.2 Вибір типу і кількості підйомно-транспортного обладнання 62
3.4.3 Розрахунок кількості основних і допоміжних матеріалів на програму 62
3.4.4 Вибір і розрахунок кількості енергоносіїв 65
3.5 Розроблення компановочного плану ділянки 67

3.5.1 Обґрунтування складу і взаємного розташування виробничих і допоміжних відділень і дільниць 67
3.5.2 Характер вантажних і людських потоків на ділянці 67
3.5.3 Розрахунок виробничих і допоміжних площ 68
3.5.4 Елементи будівельної частини 68
3.6 Організація виробництва та управління 69
3.6.1 Характеристика організаційних форм виробничого процесу на ділянці 69
3.7 Організація контролю та управління якістю 71
4. Охорона праці та навколишнього середовища 73
4.1 Значення охорони праці та навколишнього середовища 73
4.2 Заходи з техніки безпеки 74
4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці 76
4.4 Заходи з пожежної безпеки 80
Перелік джерел посилання 81
Додатки 83

# ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АУП - адміністративно-управлінський персонал

БТіЗ - бюро праці та зарплати

ГІМ - головний виконавчий механізм

ЗНТУ - Запорізький національний технічний університет

ІТП - інженерно-технічні працівники

КВМ - коефіцієнт використання металу

ВАТ - відкрите акціонерне товариство

ПДБ - планово-диспетчерське бюро

ПЗ - пояснювальна записка

УКП - універсальний кривошипний прес

ШІХ - штампо-інструментальне господарство

кап. - капітальний

кат. - категорія

рем. - ремонт

тек. - поточний

госп. - господарська

# ВСТУП

Обробка металів тиском належить до числа прогресивних і високопродуктивних процесів технології машинобудування. Процеси кування і штампування займають провідне місце в технологічному циклі виготовлення багатьох виробів. Вони не тільки забезпечують отримання заготовок високої якості й точності, але в багатьох випадках є завершальними операціями.

Подальше вдосконалення технології в ковальсько-штампувальному виробництві полягає в максимальному наближенні штампованих виробів за розмірами, конфігурацією та якістю поверхні до остаточних розмірів деталей, які потребують мінімального механічного оброблення у вигляді доводочних операцій, а в деяких випадках повністю виключають механічне оброблення.

Поєднання зазначеного напряму розвитку обробки металів тиском з комплексною механізацією та автоматизацією виробництва дає змогу забезпечити різке підвищення продуктивності праці.

Автоматизація по праву вважається одним із найважливіших напрямів технічного прогресу. Без автоматизації неможливі високі темпи зростання продуктивності праці.

Технічна необхідність автоматизації зумовлена наявністю протиріччя, що дедалі збільшується, між обмеженими можливостями оператора і дедалі зростаючими швидкостями та силовими параметрами обладнання. Пошук шляхів зростання продуктивності, боротьба за підвищення ефективності виробництва, за зниження собівартості призводять до економічної необхідності автоматизації. А оскільки автоматизація змінює характер праці, зближує фізичну працю з розумовою, підвищує культурно-технічний рівень працюючих, то виникає соціальна необхідність автоматизації.

# 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Титан і його сплави знаходять дедалі ширше застосування в різних галузях промисловості. Порівняно висока вартість титану та його сплавів компенсується високими експлуатаційними характеристиками металу, в деяких випадках титанові сплави є єдиним матеріалом, з якого можна виготовити працездатну конструкцію. Титанові сплави в промисловому масштабі вперше були використані в конструкціях авіаційних двигунів, що дало змогу зменшити масу двигунів на 100-500 кг. З титанових сплавів виготовляють диски і лопатки компресора, деталі повітрозбірника, корпусні та кріпильні деталі. Титанові сплави дедалі більше використовують для виготовлення планера літака, де ще донедавна домінуючими були алюмінієві сплави. Збільшення швидкостей польоту літальних апаратів призвело до підвищення температури обшивки, унаслідок чого алюмінієві сплави перестали задовольняти вимогам, що висуваються авіаційною технікою надзвукових швидкостей. Висока антикорозійна стійкість на основі титану зумовлює використання їх у хімічному машинобудуванні. З титану виготовляють компресори і насоси для перекачування таких агресивних середовищ, як сірчана і соляна кислота та їхні солі. Титанові вентилі для подачі агресивних рідин під тиском 2 кгс/мм$^2$ працюють понад 1700 год, тоді як подібні вентилі з корозійностійкої сталі потребують заміни через кожні 70 год роботи. З титану виготовляють обладнання хлорної промисловості, оскільки він є єдиним корозійностійким матеріалом у середовищах вологого хлору, водних і кислих розчинів хлору, а також теплообмінники, які працюють у корозійно-активних середовищах, наприклад, у азотній кислоті, що не димить. У титанових теплообмінниках, що працюють у 65 %-вій азотній кислоті, швидкість корозії за 160°С зменшується в 60 разів порівняно зі швидкістю корозії в теплообмінниках із корозійностійкої сталі, що дає змогу зменшувати товщину стінки теплообмінника. На поверхні титану не утворюється накип. Тому використання теплообмінників із титану доцільне,

незважаючи на низьку теплопровідність останнього. Завдяки високій корозійній стійкості в морській воді титан і його сплави застосовують у суднобудуванні для виготовлення гребних гвинтів, обшивки морських суден і підводних човнів. На титан і його сплави не налипають черепашки. У хімічній і нафтохімічній промисловості титан рекомендується використовувати для роботи більш ніж у 130 агресивних середовищах. Титанові сплави широко застосовують для виготовлення різних видів медичного інструменту. Гарне поєднання таких якостей, як корозійна стійкість, біологічна інертність, міцність, твердість і еластичність, виявлено на сплавах ВТ5, ВТ6, ВТ6С. Області застосування титану постійно розширюються. Опубліковані дані про застосування титану і його сплавів у ядерній техніці, електроніці, виробництві опріснювальних установок, автомобілебудуванні.

## 1.1. Застосування титану в літакобудуванні

Авіаційна промисловість була першим споживачем титану. Створення літальних апаратів зі швидкостями, близькими до швидкості звуку і такими, що перевершують її, визначило низку технічних та економічних вимог до конструкційних матеріалів, що йдуть на виготовлення корпусу літака і його обшивки, а також двигунів, які неможливо було задовольнити без застосування матеріалів на основі титану. Мала питома вага і висока міцність (особливо за підвищених температур) титану і його сплавів роблять їх вельми цінними авіаційними матеріалами. У галузі літакобудування і виробництва авіаційних двигунів титан дедалі більше витісняє алюміній і нержавіючу сталь. З підвищенням температури алюміній швидко втрачає свою міцність. З іншого боку, титан має явну перевагу щодо міцності при температурі до 430°С, а підвищені температури такого порядку виникають при великих швидкостях завдяки аеродинамічному нагріванню. Перевага заміни сталі титаном в авіації полягає в зниженні ваги без втрати міцності. Загальне зниження ваги з підвищенням показників за підвищених температур дає змогу збільшити корисне навантаження, дальність дії та маневреність літаків. Цим

пояснюються зусилля, спрямовані на розширення застосування титану в літакобудуванні у виробництві двигунів, будівництві фюзеляжів, виготовленні обшивки і навіть кріпильних деталей. При будівництві реактивних двигунів титан застосовується переважно для виготовлення лопаток компресора, дисків турбіни і багатьох інших штампованих деталей. Тут титан витісняє нержавіючу і термічно оброблювану леговану сталі. Економія у вазі двигуна в один кілограм дає змогу заощаджувати до 10 кг у загальній вазі літака завдяки полегшенню фюзеляжу. Надалі заплановано застосовувати листовий титан для виготовлення кожухів камер згоряння двигуна. У конструкції літака титан знаходить широке застосування для деталей фюзеляжу, що працюють за підвищених температур. Листовий титан застосовується для виготовлення всіляких кожухів, захисних оболонок кабелів і напрямних для снарядів. З листів легованого титану виготовляють різні елементи жорсткості, шпангоути фюзеляжу, нервюри тощо.Кожухи, закрилки, захисні оболонки для кабелів і напрямні для снарядів виготовляють із нелегованого титану. Легований титан застосовується для виготовлення каркаса фюзеляжу, шпангоутів, трубопроводів і протипожежних перегородок. Деталі роторів авіадвигунів, що обертаються, відчувають у польоті колосальне навантаження. Їм доводиться працювати в умовах високих температур і динамічних впливів. Від їхньої надійності залежать безпека літака і життя людей, що перебувають на борту повітряного судна. Отже, титан, який використовується в цих відповідальних вузлах, має бути не просто міцним, а суперміцним. Титан набуває дедалі більшого застосування під час будівництва літаків F-86 і F-100. У майбутньому з титану робитимуть стулки шасі, трубопроводи гідросистем, вихлопні патрубки і сопла, лонжерони, закрилки, відкидні стійки і т. д. Титан можна застосовувати для виготовлення броньових плит, лопатей пропелера і снарядних ящиків.Наразі титан застосовують у конструкції літаків військової авіації: Дуглас Х-3 для обшивки, Ріпаблік F-84F, Кертісс-Райт J-65 і Боїнг B-52, а також застосовують титан під час будівництва цивільних літаків DC-7.

Фірма "Дуглас" заміною алюмінієвих сплавів і неіржавіючої сталі титаном під час виготовлення мотогондоли і протипожежних перегородок уже домоглася економії у вазі конструкції літака близько 90 кг. Наразі вага титанових деталей у цьому літаку становить 2%, до того ж цю цифру передбачається довести до 20% загальної ваги літака. Зростає споживання титану в цивільному літакобудуванні. І зрозуміло чому: титан поєднує в собі основні параметри ефективності літака - ваги, надійності, вартості обслуговування і прибутку від експлуатації. Це головні критерії для авіаперевізників. Нині розробники авіатехніки перебудовують усю матеріалознавчу концепцію будівництва літаків, активно залучаючи та використовуючи композиційні матеріали на основі вуглеволокна і титанові сплави. Перші замінюють алюміній і сталь, другі корозійностійкі і винятково міцні. Причин переходу на композиційні матеріали кілька. По-перше, намітилося швидке зростання пасажирських і вантажних перевезень, обсяг яких, за прогнозами спеціалізованої аналітичної групи Airline Monitor, у період з 2008 до 2026 року збільшиться втричі, що потребуватиме вдвічі збільшити парк магістральних авіалайнерів. По-друге, в умовах високих цін на паливо літакобудівним компаніям доводиться розробляти і готувати серійний випуск економічних моделей авіалайнерів. Оскільки з композитами "уживається" тільки титан, попит цивільного літакобудування на титанові напівфабрикати зросте до 2026 року приблизно вдвічі.

## 1.2. Обробка титану та його сплавів

Обробка титану та його сплавів має багато важливих особливостей. Титан і його сплави вимагають вузького діапазону температури для обробки. Титан може нагріватися в електричних або полум'яних печах, де він ізолюється від прямого контакту з вогнем. Температура алотропічного перетворення для чистого титану дорівнює 882-885 °С. а-титан пластичніший за р-титан, що пояснюється особливостями кристалічної структури. Домішки в титані (кисень, азот, водень тощо) значно погіршують його пластичність. Усе

це слід враховувати під час розроблення технології кування, штампування, пресування і прокатки технічного титану. Через високі значення межі міцності та плинності, а також низькі антифрикційні властивості холодна пластична деформація титанових листів є більш важкою операцією, ніж сталевих. Зважаючи на велику міцність титану і підвищені сили тертя, потрібне потужніше обладнання і відбувається швидкий знос штампів. На заготовках під штампування не допускаються щербини, вибоїни, зарізи тощо, оскільки титан дуже чутливий до концентраторів напружень, які під час деформування можуть призвести до тріщин і розривів. Краї заготовок доводиться ретельно зачищати і заокруглювати. Під час нагрівання заготовок необхідно враховувати можливу анізотропію властивостей титанових листів [1]. Внаслідок зростання зерен за високих температур (особливо вище 870 °С) пластичність титану знижується. Тому більшу частину операцій з обробки титану і його сплавів проводять за температури 790 °С, щоб не знижувати їхні механічні властивості. Для поліпшення властивостей готову поковку піддають відпалу. Титан і його сплави обробляють вільним куванням на тому ж обладнанні, що і сталь, але за меншої швидкості деформації. Об'ємне штампування титану відрізняється від об'ємного штампування сталі. Під час побудови штампів для титану необхідно застосовувати великі ухили (10 %) і великі радіуси в переходах. Заготовки з титану і його сплавів нагріваються до 870-980 °С, що забезпечує хороше заповнення штампів. Прокатка титану і його сплавів для виготовлення листів, фасонних профілів з прокату і труб.

Обладнання для прокатки титану таке ж, як і для прокатки сталі. Листи виходять гарячою і холодною прокаткою заготовок. Товсті та щільні листи прокочують із кованих сутунок на лінійних і безперервних станціях. При прокатці товстих листів заготовки нагрівають до 1050-1100 °С, а тонкі - не вище за 1000 °С. Прості профілі (коло, квадрат, куточок) прокочують на сортових верстатах за тією ж технологічною схемою, як і нержавіючу сталь [2]. При штампуванні застосовують виколотку як допоміжну операцію. Виконують вибивання на пневматичних вибивальних молотах і ручним

способом за допомогою молотка і спеціального інструменту. Вибивання пластичних титанових сплавів (ВТ1-0, ОТ4-0) можна проводити в холодному стані проміжними відпалами або з нагріванням до 300-500 °С і остаточним відпалом після виготовлення. Решта сплавів для вибивання вимагають обов'язкового нагріву па 550-700 °С. Витяжку титану зазвичай супроводжують використанням графітового мастила (50 % графіту і 50 % масла). При пресуванні титанових сплавів мастилом служить суміш, що містить графіт, слюду та інші добавки. Матриці, виготовлені з карбіду титану, усувають налипання металу на їхню поверхню і забезпечують хорошу якість виробів.7.4. Особенности штамповки деталей из титана и его сплавов. У разі складної конфігурації деталі з ВТ1-1, ОТ4 і ОТ4-І штампують із підігрівом заготовки. Нагрівання, що виконується у встановлених на робочому місці електропечах, дає змогу скоротити кількість переходів. У процесі штампування заготовку, у міру охолодження, повторно нагрівають. Повторні нагрівання іноді повторюють до чотирьох разів. Сплав ВТ1 найбільш пластичний за 350-400° С, а ОТ4 і ОТ4-1 – за 500-650° С. З поправкою на теплові втрати під час транспортування заготовки від печі до штампа початкова температура нагріву (температура під час виймання з пері) для заготовок зі сплаву ВТ1 береться рівною 600° С, а для заготовок з ОТ4 і ОТ4-1 - 700° С. Для зменшення теплових втрат заготовки під час зіткнення зі штампом його підігрівають до 250° С. На ділянках деталі, які отримують при штампі великі місцеві деформації, застосовується місцевий нагрер заготовки газовими пальниками. Для полегшення перетікання металу робочі поверхні штампа змащують. Перед калібруванням деталь повторно нагрівають (той нагрів є одночасно відпалом), а для зменшення повідки під час охолодження залишають охолоджуватися в штампі протягом 3-5 хв. Попри змащення на поверхні деталей залишаються сліди цинку, які видаляють травленням в азотній кислоті.

## 1.3. Тип виробництва, склад ділянки

У представленому дипломному проекті розглядається дільниця листового штампування механічного цеху. Тип виробництва - серійний. За габаритами деталей, що штампуються, листоштампувальна дільниця належить до дільниць середнього і дрібного штампування. Дільниця входить до складу цеху, у якому є також: заготівельна дільниця, штампо-ремонтна дільниця, ремонтно-механічне відділення, що здійснює ремонт устаткування, дільниця енергетика, а також склади і комори.

На ділянці використовується універсальне обладнання - кривошипні преси з елементами автоматизації та механізації. До додаткового обладнання належать мостові крани.

Основними операціями на ділянці є: вирубка, пробивання, витяжка, відбортовка, згинання тощо. Для цих операцій використовуються штампи простої, послідовної та суміщеної дії. Під час проектування дільниці враховували наявність елементів автоматизації та зменшення трудомісткості завдяки використанню штампів послідовної та суміщеної дії. Застосування автоматизації на ділянці дало змогу зменшити кількість робітників на ділянці та підняти продуктивність. Характер вантажопотоків на проектованій ділянці прямоточний.

Основними видами енергії, які використовуються в цеху, є електроенергія, вода, стиснене повітря. Електроенергія використовується для приводу основного і додаткового обладнання, підйомно-транспортних механізмів, пристроїв механізації та автоматизації, а також освітлення. Стиснене повітря використовується для автоматичних і механічних пристроїв, для муфт включення кривошипних пресів. Стиснене повітря подається з центральної заводської компресорної станції.

## 1.4. Загальна характеристика виробничого процесу на дільниці

Вибір варіанта технологічного процесу листового штампування і заготівельних робіт залежить від обсягу випуску, типу виробництва, форм виробів, матеріалу, спеціальних умов.

На дільниці виготовляють деталі різних конфігурацій і призначення для авіаційних двигунів: манжети, футорки, накладки, замки, кронштейни, шайби. Деталі виготовляються з таких матеріалів: сталь якісна, нержавіюча, жароміцна; титан, мідь, латунь, товщиною від 0,2 до 3 мм. Перелічені марки металу надходять на дільницю у вигляді листів, смуг, стрічок. Під час розроблення технологічного процесу дуже важливо розглянути деталь з точки зору її технологічності. Незначні зміни конструкції і форми деталі можуть значно спростити технологічний процес, знизити використання металу і трудомісткість. На дільниці використовуються елементи автоматизації та механізації, шиберні живильники для штучних заготовок з ручним приводом, перекладачі різних типів.

# 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 2.1. Аналіз технологічності деталей

Деталь 3178579022 «Манжета».

Креслення вихідної деталі представлено на малюнку 3.1.

Деталь використовується для кріплення зовнішнього кожуха двигуна двигуна. З'єднання з основною деталлю здійснюється точковим зварюванням.

Матеріал деталі – ОТ4.

Для розроблення креслення штампованої деталі й надалі техпроцесу штампування проводимо аналіз деталі на технологічність.

Шорсткість поверхні деталі:

основна поверхня - допускається в стані постачання;

інша поверхня контуру - Ra = 12,5 мкм.

Допуск на висоту деталі 12±0,87 мм - досяжний ±0,4.

Радіуси сполучення між лінійною ділянкою і відбортованим отвором R10±1,5 мм - рекомендований 5 мм.

Розміри за зовнішнім контуром: 54-0,5 і 87-0,5 - досяжно ±0,3

Розміри контуру відбортованого отвору 13,4+0,6 і 53+0,6 - досяжно ±0,4 і ±0,5 відповідно.

Радіуси сполучення лінійних ділянок контуру R6±1,0 і R27±0,3

Товщина матеріалу деталі - 2 мм.

Порівнюючи дані вимоги за якістю з досяжними під час холодного штампування, викладені в /6/, отримуємо:

1. Вимоги щодо шорсткості задоволені;
2. Вимоги щодо точності задоволені;
3. Радіус згину досяжний без введення переходу калібрування;
4. Радіуси сполучення лінійних ділянок контуру перевершують мінімально допустимі.

Отже, параметри вихідної деталі відповідають параметрам штампованої деталі і, тому, креслення вихідної деталі приймаємо за креслення штампованої деталі.

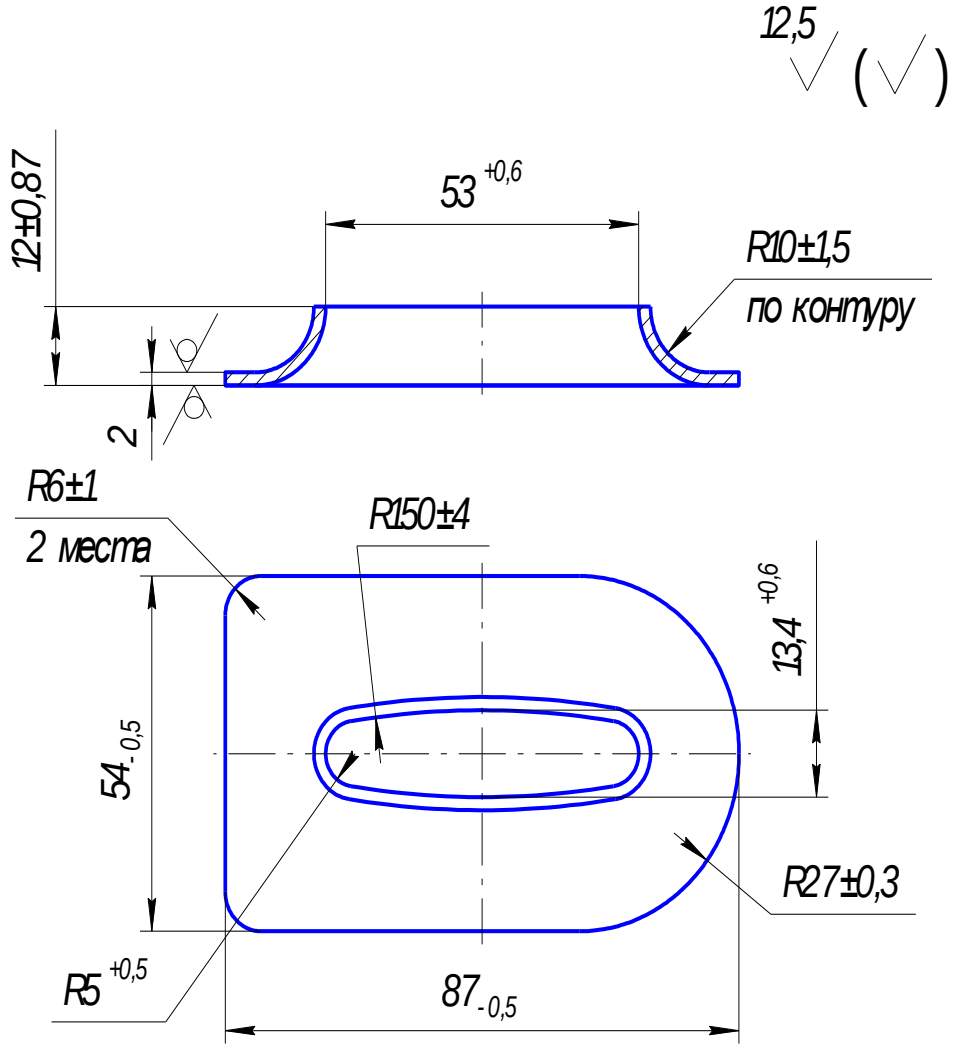



Рисунок 2.1 – Креслення вихідної деталі

## 2.2 Розробка креслень штамповок і технічних умов на їх виготовлення

Оскільки на підставі аналізу деталі на технологічність параметри вихідної деталі відповідають параметрам штампованої деталі і, тому, креслення вихідної деталі приймаємо за креслення штампованої деталі.

Деталь утворюється шляхом формування, відбортовки попередньо пробитого отвору і вирубки, тому приймаємо габаритні розміри деталі за розміри плоскої заготовки, а оскільки, припускаючи, що деталь штампується в стрічці, збільшуємо розміри на величину перемичок 2,0 крайньої і 2,5 між деталями, то габаритні розміри плоскої заготовки 58х89,5 мм. Площа готової деталі 4850 мм². Таким чином, КІМ знайдемо зі співвідношення площ:

$$КІМ = \frac{F_д}{F_з} = \frac{4850}{58 \cdot 89.5} = 0.93 \qquad (2.1)$$

де $F_з$ – площа плоскої заготовки;

$F_д$ – площа деталі.

## 2.3 Розроблення технологічних процесів штампування

### 2.3.1 Розробка маршрутної технології (вибір переходів штампування)

Перевіряємо можливість приєднання техпроцесу розкрою до техпроцесу штампування.

Заготівля за габаритами відповідає дрібній габаритній групі, потрібна висока продуктивність штампування, формозміна відбувається завдяки формуванню, пробиванню, відбортовуванню, отже, переходи однотипні та можна виконати штампування в стрічці.

У зв'язку з тим, що штампування виконують у стрічці, застосовуємо тимчасові упори для встановлення деталі на початку процесу штампування, далі фіксування стрічки виконуємо за упорами.

За умовами технологічності послідовність переходів може бути такою:

1-й перехід - формування;

2-й перехід - пробивання отвору;

3-й перехід - відбортовка;

4-й перехід - вирубка.

2.3.2 Визначення форми та розмірів заготовок

Деталь має форму пластини з відбортованим отвором за формою наближеною до еліпса. Перевіримо можливість отримання отвору з такими параметрами відбортовки. Під час відбортовки некруглих отворів граничні коефіцієнти відбортовки дещо менші, ніж для круглих, завдяки розвантажувальному впливу середніх ділянок, тому використовуємо коефіцієнти відбортовки для круглих отворів для ділянки з меншим радіусом. Для цього визначимо ступінь деформації під час відбортовки /11 стор.83/:

$$\kappa_{отб} = \frac{d}{D} = \frac{2.84}{12} = 0.24 < 0.72, \qquad (2.2)$$

де $d$ - діаметр отвору до відбортовки;

$D$ - діаметр відбортованого отвору.

Для деталей з відбортовкою в плоскій частині діаметр отвору під відбортовку знайдемо за формулою:

$$d = D_1 - (\pi \cdot (r + \frac{S}{2}) + 2 \cdot h) = 37.4 - (3.14 \cdot (10 + 1) + 2 \cdot 0) = 2.84, \qquad (2.3)$$

де $D_1$ - діаметр відбортованого отвору;

$r$ – радіус матриці на переході відбортовки;

$S$ - товщина матеріалу.

Оскільки коефіцієнт відбортовки менший за допустимий, то необхідна попередня витяжка або формування.

1-й перехід – формування.

Можливість формування без розривів матеріалу визначимо за величиною відносного подовження матеріалу в зоні найбільшої деформації за формулою /11 стор.81/:

$$\frac{l_1 - l}{l} \cdot 100 = \frac{43.45 - 37.21}{37.21} \cdot 100 = 16.77 \le 0.75 \cdot \delta = 0.75 \cdot 34 = 25.5 \qquad (3.4)$$

де $l_1$ - довжина матеріалу за обраним перерізом після формування;

$l$ - довжина тієї ж ділянки до формування.

Оскільки умова (2.4) виконується, то формування можна виконати без розриву матеріалу. Ескіз деталі після першого переходу представлений на аркуші.

2-й перехід - пробивання отвору:

Визначимо розміри отвору під відбортовку за формулою /7 стор.221/:

$$l = L + 1.14 \cdot r - 2 \cdot h = 55 + 1.14 \cdot 2 - 2 \cdot 2 = 53.28 \text{ мм}, \quad (3.5)$$

$$l_1 = L_1 + 1.14 \cdot r - 2 \cdot h = 15.4 + 1.14 \cdot 2 - 2 \cdot 2 = 13.68 \text{мм}, \quad (3.6)$$

де $l$ і $l$ - розміри отвору, що пробивається;

$L$ і $L_1$ - розміри відбортованого отвору;

$r$ – радіус заокруглення біля дна відформованого отвору;

$h$ – висота відбортовки.

3-й перехід - відбортовка.

Розміри відбортованого отвору відповідають розмірам отвору готової деталі. Ескіз деталі після третього переходу представлений на аркуші.

4-й перехід - вирубка.

Розміри на переході відповідають зовнішнім розмірам отвору готової деталі. Ескіз деталі після четвертого переходу представлений на аркуші.

### 2.3.3 Розкрій вихідного матеріалу

Виконаємо розрахунок оптимального розкрою для листів *A x B = 1250 x 2500* і *A x B = 1000 x 2000* за заводського варіанта виготовлення деталі «Манжета». Початкову заготовку a x b = 87,5 x 110мм розташовуватимемо уздовж або впоперек більшого боку листа. Варіанти розкрою наведені на рисунку 2.2.

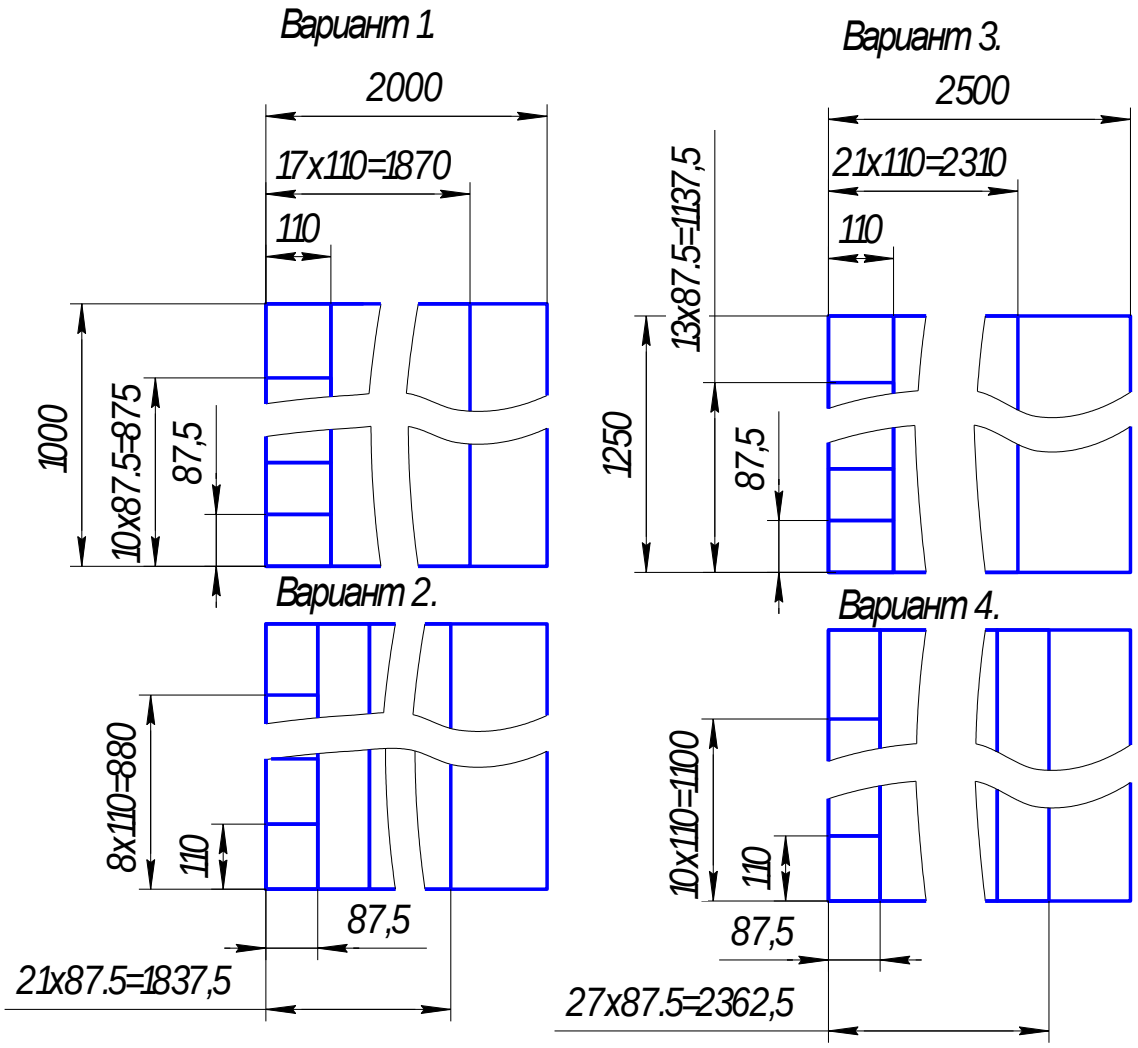



Рисунок 2.2 – Варіанти заводського розкрою

Коефіцієнт використання матеріалу для 4-х варіантів знайдемо за формулою

$$КВМ = \frac{F_Д}{F_З} = \frac{a \cdot n \cdot b \cdot m}{A \cdot B} \qquad (2.7)$$

де n і m - число деталей у смузі та число смуг у листі відповідно.

Отримаємо такі коефіцієнти використання матеріалу:

варіант 1: КВМ = 0,82;

варіант 2: КВМ = 0,82;

варіант 3: КВМ = 0,84;

варіант 4: КВМ = 0,83.

Найраціональніше використання листа 1250х2500 з розташуванням заготовки довгою стороною уздовж довгої сторони.

Вихідний матеріал для штампування приймаємо стрічку - як найбільш технологічний. Коефіцієнт використання матеріалу розрахований у пункті 2.2.

Під час штампування з листа коефіцієнт використання матеріалу буде нижчим через наявність додаткової витрати матеріалу на некратність наприкінці кожного листа під час різання аркушів на смуги і наприкінці кожної смуги.

### 2.3.4 Аналіз напружено-деформованого стану напівфабрикатів

Оскільки деталь (манжета) являє собою овальну формовану порожнину з плоским фланцем і заокругленими кутами, то розглядатимемо переріз меншої осі, оскільки там виникають більші деформації порівняно з більшою віссю. Схему деформації заготовки під час формування представлено на рис. 2.3.

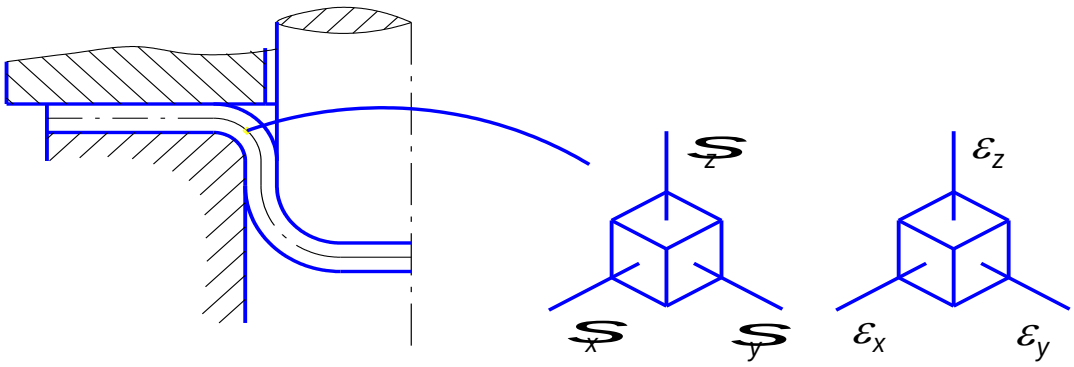



Рисунок 2.3 – Схема деформації заготовки під час формування

Під час формування пластичну деформацію отримує частина заготовки, розташована над отвором матриці. У процесі деформування, у міру опускання пуансона, заготівля отримує вигин на крайках пуансона і матриці. Потім у міру втягування заготовки в матрицю відбувається розтягування меридіальних

елементів заготівлі, які розташовані під пуансоном на його округлих краях, а також частини заготовки, яка перебуває під плоскою частиною пуансона.

У процесі такого переміщення частина заготовки, розташована над площиною поверхні матриці, перебуває під дією розтягувальних напружень, спрямованих у радіальному напрямку.

Відповідно до характеру прикладання зовнішніх сил і характеру деформації заготовки, кожен елемент на початку деформації перебуває під впливом розтягувальних напружень $\sigma_\rho$ і $\sigma_\theta$. Внаслідок наявності нехтування малими нормальними і дотичними напруженнями на поверхні заготовки, в осередку деформації схема напруженого стану близька до плоскої, а напруження $\sigma_\rho$ і $\sigma_\theta$ можна вважати головними нормальними напруженнями.

2.3.5 Розрахунок технологічних операцій (розмірів напівфабрикатів, зусилля і роботи деформування)

Розміри напівфабрикатів за переходами розраховані в п.2.3.2.

Визначимо зусилля штампування і роботу деформування за переходами:

1-й перехід - формування.

Зусилля формування визначимо за формулою /7 стор.216/:

$$P_1 = L \cdot s \cdot \sigma_B \cdot K = 0.054 \cdot 0.002 \cdot 323.6 \cdot 10^6 \cdot 0.85 = 29706 H \approx 30\,\text{кН}, \quad (2.8)$$

де $L$ - довжина ребра;

$s$ - товщина штампуваного матеріалу;

$\sigma$в - межа міцності;

$K$ - коефіцієнт, що залежить від ширини і глибини ребра (К=0,7...1).

Роботу деформування визначимо за формулою

$$A_1 = P_1 \cdot \frac{h_n}{1000} = 30 \cdot \frac{8}{1000} = 0.24\,\text{кДж}, \quad (2.9)$$

де hп - робочий хід пуансона.

2-й перехід - пробивання:

Зусилля пробивання визначимо за формулою /7 стор.16/:

$$P_2 = L \cdot s \cdot \sigma_{ср} = 0.1123 \cdot 0.002 \cdot 245.2 \cdot 10^6 = 55072H \approx 56\,\text{кН}, \qquad (2.10)$$

де L - довжина периметра різання;

s - товщина штампуваного матеріалу;

σср - опір зрізу.

Зусилля зняття смуги з пуансона і зусилля проштовхування відходу через матрицю знайдемо за формулами:

$$\begin{aligned} P_{сн} &= k_{сн} \cdot P_1 = 0.08 \cdot 56 = 4.5кН \\ P_{пр} &= k_{пр} \cdot P_1 = 0.1 \cdot 56 = 5.6кН \end{aligned} \qquad (2.11)$$

де ксн і кпр - коефіцієнт для зусилля при знятті і проштовхуванні смуги і відходу.

Роботу різання визначимо за формулою:

$$A_2 = P_2 \cdot \frac{h_n}{1000} = 49 \cdot \frac{2}{1000} = 0.098 \text{ кДж}, \qquad (2.12)$$

де hп - робочий хід пуансона.

3-й перехід – відбортовка.

Зусилля відбортовки визначимо за формулою:

$$P_3 = L \cdot s \cdot \sigma_в \cdot (1-к) = 0.1177 \cdot 0.002 \cdot 323.6 \cdot 10^6 \cdot (1-0.82) = 13711H \approx 14\,\text{кН}, \qquad (2.13)$$

де L - довжина периметра відбортованого отвору;

s - товщина штампуваного матеріалу;

σв - межа міцності;

к - коефіцієнт відбортовки.

$$к = \frac{d}{D} = \frac{8.28}{10} = 0.82 > 0.72, \qquad (2.14)$$

де d - діаметр отвору до відбортовки;

D - діаметр відбортованого отвору.

Роботу деформування визначимо за формулою:

$$A_3 = P_3 \cdot \frac{h_n}{1000} = 14 \cdot \frac{2}{1000} = 0.028 \text{ кДж}, \qquad (2.15)$$

де hп - робочий хід пуансона.

4-й перехід - вирубка:

Зусилля вирубки визначимо за формулою /7 стор.16/

$$P_4 = L \cdot s \cdot \sigma_{ср} = 0.2536 \cdot 0.002 \cdot 245.2 \cdot 10^6 = 124365H \approx 125 \text{ кН}, \qquad (2.16)$$

де L - довжина периметра різання;

s - товщина штампуваного матеріалу;

σср - опір зрізу.

Зусилля зняття смуги з пуансона і зусилля проштовхування деталі через матрицю знайдемо за формулами:

$$\begin{aligned} P_{сн} &= k_{сн} \cdot P_4 = 0.08 \cdot 125 = 10кН \\ P_{пр} &= k_{пр} \cdot P_4 = 0.1 \cdot 56 = 12.5кН \end{aligned} \qquad (2.17)$$

де $к_{сн}$ і $к_{пр}$ - коефіцієнт для зусилля при знятті і проштовхуванні смуги і відходу.

Роботу різання визначимо за формулою:

$$A_4 = P_4 \cdot \frac{h_n}{1000} = 125 \cdot \frac{2}{1000} = 0.25 \text{кДж}, \qquad (2.18)$$

де *hn* - робочий хід пуансона.

Сумарне зусилля за переходами:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \Sigma P_{сн} + \Sigma P_{пр} = 30 + 56 + 14 + +125 + 14.5 + 18.1 = 275.6 кН \qquad (2.19)$$

Сумарна робота по переходах:

$$A = A1 + A2 + A3 + A4 = 0.24 + 0.098 + 0.028 + 0.25 = 0.616 кДж. \qquad (2.20)$$

2.3.6 Вибір технологічного обладнання

За сумарним зусиллям вибираємо попередньо обладнання:

прес однокривошипний відкритий нахиляємий простої дії моделі КД2326Е

Технічна характеристика преса моделі КД2326Е /1 стор.476/

| | |
|---|---|
| Номінальне зусилля Р | 400 кН; |
| Хід повзуна регульований S | |
| найбільший, не менше | 80 мм; |
| найменший, не більше | 10 мм; |

| | |
|---|---|
| Частота ходів повзуна | |
| безперервних нерегульованих, не менше | 140 хв-1; |
| Розміри столу, не менше | |
| довжина L | 600 мм; |
| ширина B | 400 мм; |
| Розміри отвору в столі | |
| довжина L | 300 мм; |
| ширина B | 200 мм; |
| діаметр D | 250 мм; |
| Відстань від осі повзуна до станини C, не менше | 220 мм; |
| Закрита висота преса | 280 мм; |
| Відстань між стійками у світлі A, не менше | 280 мм; |
| Регулювання відстані між столом і повзуном преса, не менше | 65 мм; |
| Товщина підштампової плити h | 80 мм; |
| Номінальна потужність двигуна Nдв | 4.5 кВт. |

### 2.3.7 Розрахунок трудомісткості виготовлення штампування

Для розрахунку трудомісткості виготовлення штампування визначимо штучний час. Норма штучного часу Тш на холодне штампування деталей з листового матеріалу на пресах визначається /11 стор.162/:

$$T_{ш} = T_{о} + T_{в} + T_{обс.} + T_{отд.} \quad (2.21)$$

де *То* - основний час;

*Тв* - допоміжний час;

*Тобс* - час організаційного та технічного обслуговування робочого місця;

*Тотд* - час на природні потреби та відпочинок.

Оскільки *Тобс* і *Тотд* зазвичай виражають у відсотках від суми *То* + *Тв* =*Топ* (оперативний час), то формула (2.18) набуде вигляду:

$$T_{ш} = T_{оп} \cdot (1 + \frac{K}{100}) \qquad (2.22)$$

З однієї смуги довжиною 1000 мм отримуємо: $\frac{1000}{89,5} = 11,2 \approx 11$ деталей.

Для виконання програми штампування деталі «Манжета» необхідно: смуг $\frac{74800}{11} = 6800$ смуг.

Оперативний час знайдемо як суму часів на виконання різних операцій штампувальником за /2/:

1 Згідно з картою 111 позиції 2 індексу «д» час на установку в штамп 100 смуг дорівнює 2,75 на 6800 смуг: $\frac{2,75 \cdot 6800}{100} = 187$ хв.

2 Час на просування смуги на крок штампування згідно з картою 112 позиції 3 індексу «с» дорівнює 0,91 на 100 пересувань, для одержання 74800 деталей знадобиться: $\frac{0,91 \cdot 74800}{100} = 680,68$ хв.

3 Час на увімкнення преса з урахуванням роботи механізму (муфта фрикційна) і числа подвійних ходів повзуна 140 хв-1 згідно з картою 7 аркуш 3 позиції 45 індексу «а» дорівнює 1,8 на 100 увімкнень, для одержання 74800 деталей знадобиться: $\frac{1,8 \cdot 74800}{100} = 1346,4$ хв.

4 Час на видалення 100 штук відходів смуг згідно з картою 114 позиції 2 індексу «д» дорівнює 1,91 на 100 смуг, для одержання 74800 деталей знадобиться: $\frac{1,91 \cdot 74800}{100} = 1428,68$ хв.

Підсумувавши, отримаємо

Топ = 187 + 680,68 + 1346,4 + 1428,68 = 3642,76 хв. (2.23)

Згідно з картою 3 для серійного виробництва час на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби під час штампування деталей зі смуги за зусилля преса до 50 тс становить К = 12 відсотків від оперативного часу, тому знайдемо штучний час на річну програму:

$$T_{ш} = T_{оп} \cdot (1 + \frac{K}{100}) = 3642{,}76 \cdot (1 + \frac{12}{100}) = 4079{,}89 \text{ хв.} \quad (2.24)$$

На 100 деталей штучний час 5,4544 хв.

2.3.8 Аналіз можливих видів браку готової продукції та способів його запобігання. Методи і способи контролю якості продукції

Брак під час штампування може виникнути внаслідок неправильного встановлення штампів, недоброякісного матеріалу, несправності штампів, недотримання технології, помилок робітника, недбалого транспортування напівфабрикатів і готової продукції.

Брак під час штампування поділяють на виправний, що характеризується дрібними дефектами деталі, які піддаються виправленню, і невиправний (остаточний), що характеризується великими дефектами, які або не піддаються виправленню, або їх економічно недоцільно виправляти.

Брак, що виникає в процесі виробництва, підрозділяється на такі види.

Брак пов'язаний з формуванням деталі. Цей вид браку зумовлюється складністю деталі, що не піддається формоутворенню в штампі, внаслідок чого проводяться ручні роботи з остаточного доведення її форми.

Іноді через особливості форми і глибини витяжки штампуємий метал зазнає значних місцевих розтягувань, що призводить до розривів металу.

Брак за матеріалом. Брак за вихідним матеріалом обумовлюється невідповідністю матеріалу технічним вимогам за механічними властивостями, штампуваністю, товщиною і якістю поверхні.

Низькі механічні властивості штампуваного металу є однією з основних причин, що спричиняють тріщини і розриви під час глибокого витягування (пружність під час згинання та ін.).

Брак, пов'язаний з відступом від технології. Цей вид браку викликається пропуском операції або порушенням послідовності операцій, невідповідністю марки матеріалу і розмірів заготовки, неправильним регулюванням закритої висоти преса, застосуванням мастила іншого складу.

Результатом пропуску таких операцій, як окремі переходи витяжки, міжопераційний відпал, вальцювання заготовок тощо, є розриви і тріщини на деталях, що призводять до остаточного браку.

Брак, пов'язаний з якістю виготовлення і ремонтом штампів. Цей вид браку з'являється внаслідок відступів, допущених під час виготовлення або ремонту штампів. Так, наприклад, неточне встановлення фіксувальних пристроїв у штампі спричиняє порушення геометрії деталі; недостатня твердість робочих частин штампа призводить до швидкого затуплення їх або налипання часток металу, що штампується, на стінки матриці та, як наслідок цього, до задирок на поверхні деталей, що штампуються; нерівномірний зазор між пуансоном і матрицею призводить до утворення на деталях задирок; малий радіус заокруглення витяжної кромки матриці може з'явитися причиною потоншання стінок і відриву дна деталей; за недостатнього тиску складкотримача утворюються гофри і складки на деталях.

Заходи щодо запобігання браку такі:

-суворе дотримання технічних умов на штампований матеріал;

-точне дотримання технологічного процесу;

-утримання штампів та іншого оснащення в справному стані;

-належна організація робочих місць;

-дотримання правил зберігання і транспортування напівфабрикатів і готової продукції;

-технічний контроль у процесі виробництва.

Організація технічного контролю.

Для запобігання браку дуже важливо організувати службу технічного контролю так, щоб якість деталей контролювалася на всіх стадіях виробництва, а не тільки в готовому вигляді.

Технічний контроль у цехах холодного штампування здійснюється такими шляхами:

-контролем матеріалів, що надходять на завод, представниками відділу технічного контролю;

-контролем за встановленням і налагодженням штампів перед початком серійного штампування;

-контролем у процесі штампування якості напівфабрикатів за всіма операціями технологічного процесу;

-контролем якості готової продукції. Цей вид контролю може бути стовідсотковим або вибірковим. У разі вибіркового контролю в технологічній карті вказується мінімальний відсоток деталей, що підлягають перевірці.

Контроль у процесі штампування. Контроль у процесі штампування, здійснюваний періодично (летючий контроль), доручають кваліфікованим працівникам, які володіють широкими знаннями і великим досвідом у галузі технології холодного штампування. Контролер зобов'язаний добре знати призначення деталей, технічні умови на їхнє приймання і ті вимоги, які пред'являються до деталей під час подальшої обробки та складання.

В обов'язки контролера входить:

-перевірка правильності встановлення і налагодження штампів;

-перевірка правильності поданої заготовки або напівфабрикату;

-перевірка перших штампованих деталей;

-періодичний контроль у процесі штампування.

Періодична перевірка оброблюваних деталей проводиться через певні проміжки часу, тривалість яких залежить від складності технологічного процесу. Чим складніший технологічний процес, тим частіше повинна здійснюватися перевірка.

Залежно від того, штампують деталь за потоковим принципом чи штампують її з тривалими в часі перервами між операціями, умови роботи контролера змінюються.

У першому випадку всі штампи встановлені на преси і працюють одночасно. Контролер повинен прийняти установку і налагодження штампів, перевірити перші деталі і дозволити виробництво заданої партії деталей. Потім контролер періодично в процесі штампування перевіряє деталі з останнього штампа.

У другому випадку, навпаки, потрібно безперервно перевіряти переходи на всіх операціях штампування. У разі виявлення браку контролер установлює причину браку і вимагає її усунення. Лише після усунення причини браку контролер дає дозвіл на продовження штампування.

## 2.4 Проектування технологічного оснащення

### 2.4.1 Розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриць.

1-й перехід: формування.

Розміри формувального пуансона і матриці відповідають розмірам відформованої деталі з відповідними допусками.

2-й перехід: пробивання.

Розміри матриці для пробивання овального отвору в дні відформованої деталі визначимо за формулами /8 стор.59/:

розмір $d_1 = 11{,}68+0{,}6$мм.

$$d_M^1 = (d^1 + П_u + z)^{+\delta_M} = (11{,}68 + 0{,}5 + 0{,}14)^{+0{,}14} = 12{,}32^{+0{,}14}\ \text{мм} \qquad (2.25)$$

де $П_i$ - припуск на знос;

$z$ - зазор між пуансоном і матрицею;

$\delta_M$ - допуск на виготовлення матриці.

розмір $d_2 = 51{,}28+0{,}6$ мм.

$$d_M^2 = (d^2 + П_u + z)^{+\delta_M} = (51{,}28 + 0{,}5 + 0{,}14)^{+0{,}14} = 51{,}92^{+0{,}14}\ \text{мм} \qquad (2.26)$$

Розміри пуансона отримуємо шляхом доопрацювання по матриці із зазором $0{,}14^{+0{,}050}$ мм.

3-й перехід: відбортовка.

Під час відбортовки отвору в нашому випадку відбувається інтенсивніше зношування пуансона, ніж матриці, через тертя його об деталь у процесі штампування, тому більшу частину допуску на відбортовувати отвір закладаємо в припуску на зношування пуансона. Розміри матриці отримаємо

за аналогією з визначенням виконавчих розмірів для матриці під час пробивання, з урахуванням товщини матеріалу, за формулою

розмір $d_1 = 13,4+0,6$ мм.

$$d_м^1 = (d^1 + П_и + z)^{+\delta_M} = (13,4 + 0,5 + 2)^{+0,2} = 15,9^{+0,2} \text{ мм.} \quad (2.27)$$

розмір $d_2 = 53+0,6$ мм.

$$d_м^2 = (d^2 + П_и + z)^{+\delta_M} = (53 + 0,5 + 2)^{+0,2} = 55,5^{+0,2} \text{ мм.} \quad (2.28)$$

Розміри пуансона отримуємо шляхом доопрацювання по матриці із зазором $2,14^{+0,050}$ мм.

4-й перехід: вирубка.

Розміри матриці для вирубки деталі визначимо за формулами:

розмір $L_1 = 54^{-0.5}$ мм.

$$L_M^1 = (L^1 - П_и)^{+\delta_M} = (54 - 0,4)^{+0,12} = 53,6^{+0,14} \text{мм.} \quad (2.29)$$

розмір $L^2 = 87_{-0.5}$ мм.

$$L_M^2 = (L^2 - П_и)^{+\delta_M} = (87 - 0,4)^{+0,12} = 86,6^{+0,14} \text{ мм.} \quad (2.30)$$

Розміри пуансона отримуємо шляхом доопрацювання по матриці із зазором $0,14^{+0,050}$ мм.

### 2.4.2 Визначення габаритних розмірів робочих деталей штампа

Товщину матриці наближено визначимо за формулою /8 стор.62/:

$$H_м = s + \sqrt{a+b} + 7 = 2 + \sqrt{55+350} + 7 = 29.12 \text{ мм} \approx 32 \text{ мм} \quad (2.31)$$

де $s$ - товщина матеріалу штампуваної деталі;

$a$ і $b$ - розміри робочої зони матриці.

Габаритні розміри матриці визначаємо за найбільшими розмірами робочої зони a x b ≈ 350 x 55 мм за формулами:

$$A = a + (2,5...4,0) \cdot H_M = 350 + 2,5 \cdot 32 = 430 \approx 440 \text{ мм} \quad (2.32)$$

$$B = b + (2,5...4,0) \cdot H_M = 54 + 2,5 \cdot 32 = 134 \approx 140 \text{ мм} \quad (2.33)$$

Після визначення габаритних розмірів матриці проводимо розрахунок на міцність, вважаючи, що сила, яка розпирає матрицю в небезпечному перерізі,

становить не менше 40 відсотків технологічного зусилля, за формулою /6 стор. 79/:

$$[\sigma_p] = 250МПа \geq \frac{0{,}4 \cdot P}{F} = \frac{0.4 \cdot 275600}{(140-54) \cdot 32} = 37.4МПа \qquad (2.34)$$

де /$\sigma_р$/ - допустима напруга на розрив для сталей У10А в загартованому стані;

Р - технологічне зусилля;

F - площа небезпечного перерізу.

Визначимо вільну довжину пуансона з розрахунку на про-дольний вигин за формулою /7 стор. 459/:

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot n \cdot P}} = \sqrt{\frac{3{,}14^2 \cdot 2.2 \cdot 10^6 \cdot 8{,}16}{4 \cdot 3 \cdot 5600}} = 51 \text{ мм} \qquad (2.35)$$

де Е - модуль пружності, кгс/см2;

J - момент інерції перерізу, см4;

Р - зусилля на переході пробивка;

n - коефіцієнт безпеки.

Для перерізу з формою еліпса момент інерції визначимо як:

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot n \cdot P}} = \sqrt{\frac{3{,}14^2 \cdot 2.2 \cdot 10^6 \cdot 8{,}16}{4 \cdot 3 \cdot 5600}} = 51 \qquad (2.36)$$

де *a* і *b* - велика і мала осі відповідно;

*Jx* і *Jy* - моменти інерції за віссю х і за віссю у відповідно.

Таким чином, зі співвідношення (2.35) бачимо, що пуансон завдовжки 120 мм під дією зусилля 56 кН не втратить стійкість.

### 2.4.3 Визначення центру тиску штампа

Для правильної врівноваженої роботи штампа необхідно, щоб центр тиску збігався з віссю хвостовика. Для знаходження центру тиску використовуємо аналітичний спосіб /7 стор.452/. Напрямок осей беремо по сторонах пуансонотримача (рисунок 2.4).

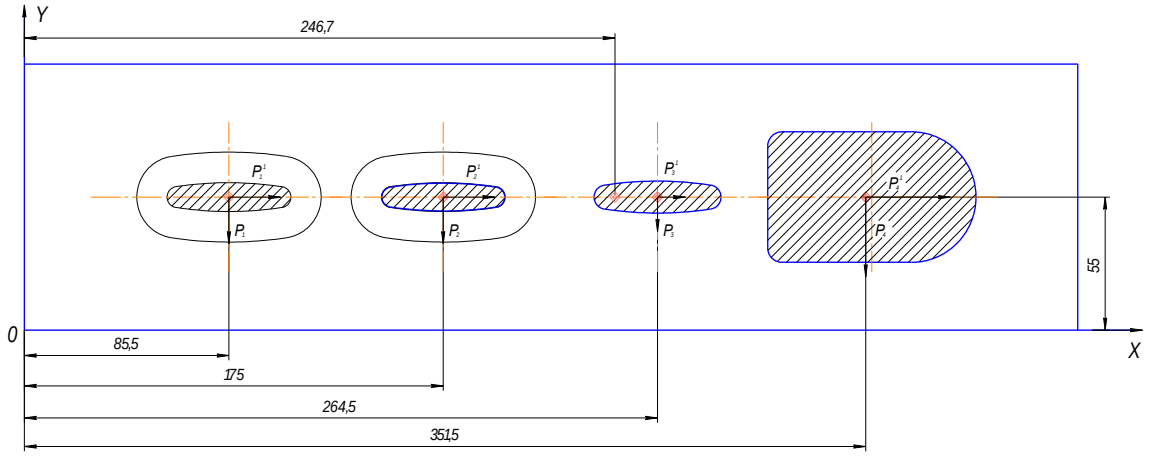



Рисунок 2.4 – Центр тиску штампа

Рівняння моментів відносно осі Y дає:

$$x = \frac{P_1 \cdot 85{,}5 + P_2 \cdot 175 + P_3 \cdot 264{,}5 + P_4 \cdot 315{,}5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4} = \\ = \frac{30 \cdot 85{,}5 + 56 \cdot 175 + 14 \cdot 264{,}5 + 125 \cdot 315{,}5}{30 + 56 + 14 + 125} = 246{,}7 \, мм. \quad (2.37)$$

Рівняння моментів відносно осі X дає:

$$y = \frac{P_1 \cdot 85{,}5 + P_2 \cdot 175 + P_3 \cdot 264{,}5 + P_4 \cdot 315{,}5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4} = 55 \text{ мм} \quad (2.38)$$

2.4.4 Вибір, розрахунок кількості та розташування кріпильних деталей

За габаритами матриці і технологічним зусиллям приймаємо 8 гвинтів М12 і два штифти ∅10 /6 стор.75/.

Відстань від краю матриці до осі гвинта по довжині матриці для гвинта М12 – 15 мм.

Відстань від краю матриці до осі гвинта по довжині матриці для гвинта М12 – 15 мм.

Відстань між гвинтом і штифтом – 25 мм.

2.4.5 Розробка складальних креслень штампового оснащення

За габаритами матриці вибираємо розміри нижньої плити штампа /6 стор. 441/: 560х330х56 мм. Товщина верхньої плити 45 мм. Закрита висота преса 280 мм; регулювання закритої висоти 65 мм. Висота пакета при відомих розмірах плит 114...179 мм (приймаємо 150 мм.).

Для таких типорозмірів плит вибираємо колонки діаметром 40 і 36 мм, висотою 220 мм і діагональне розташування колонок.

Для преса КД2326Е вибираємо хвостовик із буртиком за ГОСТ 16715-71 діаметром 50 мм і загальною висотою 105 мм.

Для зняття смуги з пуансонів застосовуємо гумовий буфер. Зусилля, яке необхідно розвинути буферу, дорівнює сумі зусилля зняття матеріалу на 2-му переході (пробивання) і 4-му переході (ви-вирубка) і дорівнює $Р_{бф}$ = 14.5 кН. Корисну площу буфера визначимо зі співвідношення

$$F_{бф} = \frac{P_{бф} \cdot \eta}{1.7} = \frac{14500 \cdot 1.07}{1.7} = 9126 \text{ мм}^2 \qquad (2.39)$$

При ширині знімача 140 мм отримаємо довжину буфера 65 мм.

Для повного зняття деталі з пуансонів необхідно забезпечити хід знімача h = 15 мм, ураховуючи, що повне стиснення гуми - 30 відсотків, визначимо мінімальну висоту буфера:

$$H_{бф}^{\min} = \frac{h}{0.3} = 50 \text{ мм} \qquad (2.40)$$

# 3. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

## 3.1 Кривошипні преси

### 3.1.1 Завдання на проектування. Основні параметри та розміри згідно зі стандартами

Провести перевірочний розрахунок відкритого кривошипного преса моделі КД2326, номінальним зусиллям 400 кН.

Прес є типовим на проектованій ділянці. Основні параметри і розміри, необхідні для розрахунку преса:

| | |
|---|---|
| Номінальне зусилля P | 400 кН; |
| Хід повзуна регульований S | |
| найбільший, не менше | 80 мм; |
| найменший, не більше | 10 мм; |
| Частота ходів повзуна | |
| безперервних нерегульованих, не менше | 140 хв-1; |
| Розміри столу, не менше | |
| довжина L | 600 мм; |
| ширина B | 400 мм; |
| Розміри отвору в столі | |
| довжина L | 300 мм; |
| ширина B | 200 мм; |
| діаметр D | 250 мм; |
| Відстань від осі повзуна до станини C, не менше | 220 мм; |
| Закрита висота преса | 280 мм; |
| Відстань між стійками у світлі A, не менше | 280 мм; |
| Регулювання відстані між столом і повзуном преса, не менше | 65 мм; |
| Товщина підштампової плити h | 80 мм; |

Номінальна потужність двигуна Nдв 4.5 кВт.

3.1.2 Обґрунтування конструкції преса, короткий опис пристрою. Синтез головного виконавчого механізму (ГВМ).

Універсальний кривошипний прес моделі КД2326Е призначений для виконання різних операцій холодного штампування: вирубування, пробивання, згинання, витяжки тощо, і складається з: станини чавунної, двостійкової, нахиленої, відлитої за одне ціле зі столом, С-подібної форми; повзуна литого чавунного, висота штампового простору регулюється вручну гвинтом шатуна, а величина ходу повзуна - поворотом ексцентрикової втулки на кривошипному валу; привід преса від індивідуального електродвигуна через клиноремінну передачу рух передається на маховик, що знаходиться на кривошипному валу; муфта і гальмо преса пневмофрикційні, жорстко зблоковані між собою і розташовані в маховику преса; врівноважувачі повзуна пневматичні.

Схему головного виконавчого механізму представлено на рисунку 3.1.

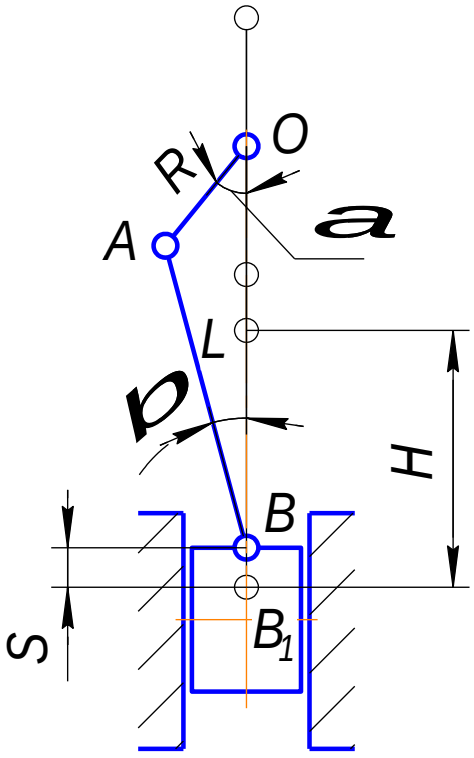



Рисунок 3.1 - Схема головного виконавчого механізму

Оскільки маємо центральний механізм, то довжину кривошипа OA=R визначимо як половину максимального ходу H:

$$R = \frac{H}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ мм} \qquad (3.1)$$

Довжину важеля AB=L визначимо за коефіцієнтом шатуна:

$$L = \frac{R}{\lambda} = \frac{40}{0{,}075} = 533 \text{ мм} \qquad (3.2)$$

де λ - коефіцієнт шатуна. λ=0,065...0,085 /5 стор.6/.

### 3.1.3 Кінематичний аналіз ГВМа

Для визначення основних кінематичних параметрів прес-са - шляху S, швидкості V, прискорення J використовуємо методику, наведену в /5/. Зазначені кінематичні величини розраховуємо для діапазону кутів $0...180^0$ через $10^0$ (табл. 3.1) за допомогою ЕОМ за такими залежностями:

$$\begin{aligned} S &= R \cdot [(1 - \cos\alpha) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin^2 \alpha]; \\ V &= \omega \cdot R \cdot (\sin\alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha); \\ J &= \omega^2 \cdot R \cdot (\cos\alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha), \end{aligned} \qquad (3.3)$$

де R - радіус кривошипа;

$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 140}{30} = 14.7$ хв$^{-1}$ - кутова швидкість ведучого вала;

n - частота обертання ведучого вала;

λ - коефіцієнт шатуна.

Таблиця 3.1- Кінематичні параметри преса

| **α, град.** | **S, мм.** | **V, мм/мин.** | **J, мм$^2$/мин.** |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 0 | 0 | -9242.34 |
| 10 | 0.65292 | 109.354 | -9072.83 |
| 20 | 2.587762 | 214.7067 | -8572.98 |
| 30 | 5.733984 | 312.2602 | -7768.08 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 40 | 9.977986 | 398.6074 | -6698.05 |
| 50 | 15.16873 | 470.889 | -5414.41 |
| 60 | 21.125 | 526.9087 | -3976.35 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 70 | 27.64373 | 565.2002 | -2446.57 |
| 80 | 34.50884 | 585.0428 | -887.017 |
| 90 | 41.5 | 586.4306 | 644.8142 |
| 100 | 48.4007 | 570 | 2098.871 |
| 110 | 55.00534 | 536.9289 | 3434.482 |
| 120 | 61.125 | 488.8189 | 4621.168 |
| 130 | 66.59174 | 427.5749 | 5638.351 |
| 140 | 71.26154 | 355.2933 | 6474.113 |
| 150 | 75.01602 | 274.1704 | 7123.265 |
| 160 | 77.76317 | 186.4354 | 7585.072 |
| 170 | 79.43754 | 94.31119 | 7860.979 |
| 180 | 80 | 0 | 7952.708 |

Результати розрахунків S=f(α), V=f(α), J=f(α) наведені на рисунках 3.2, 3.3, 3.4 відповідно

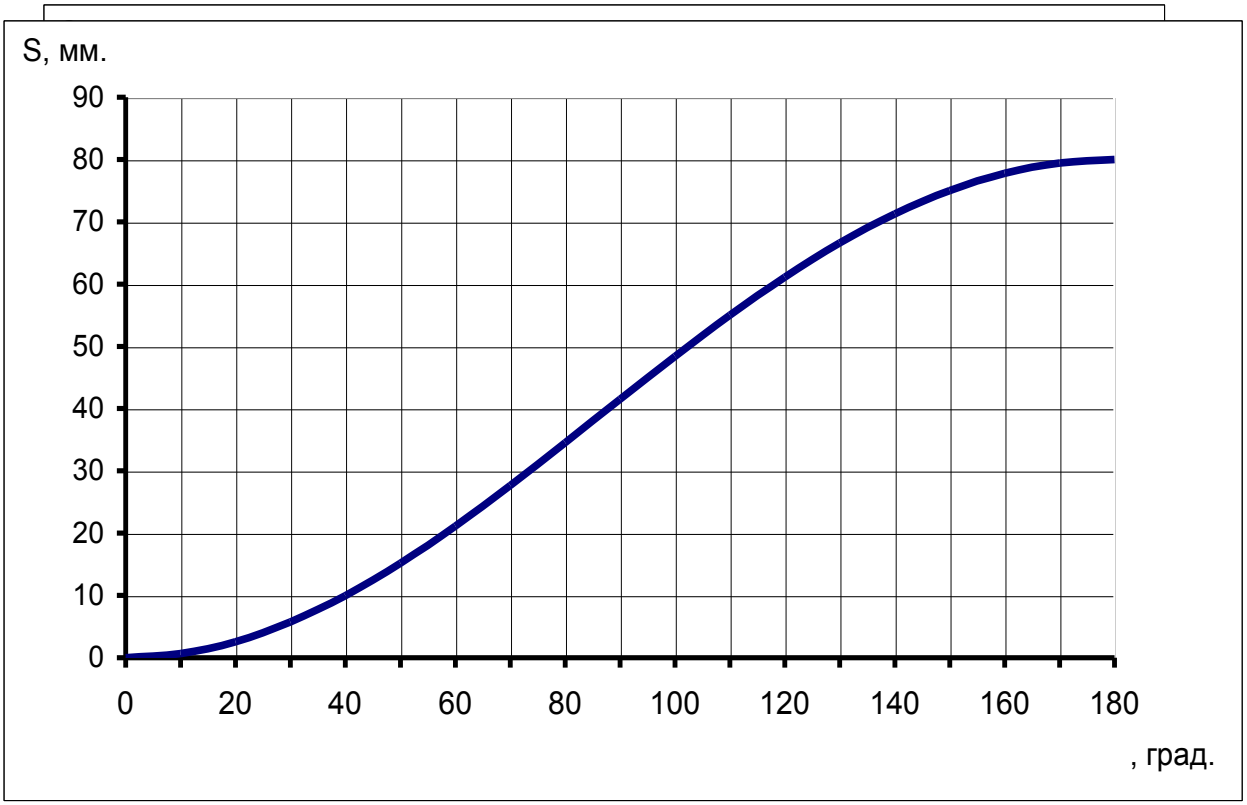



Рисунок 3.2 – Графік залежності ходу повзуна від кута повороту кривошипного вала

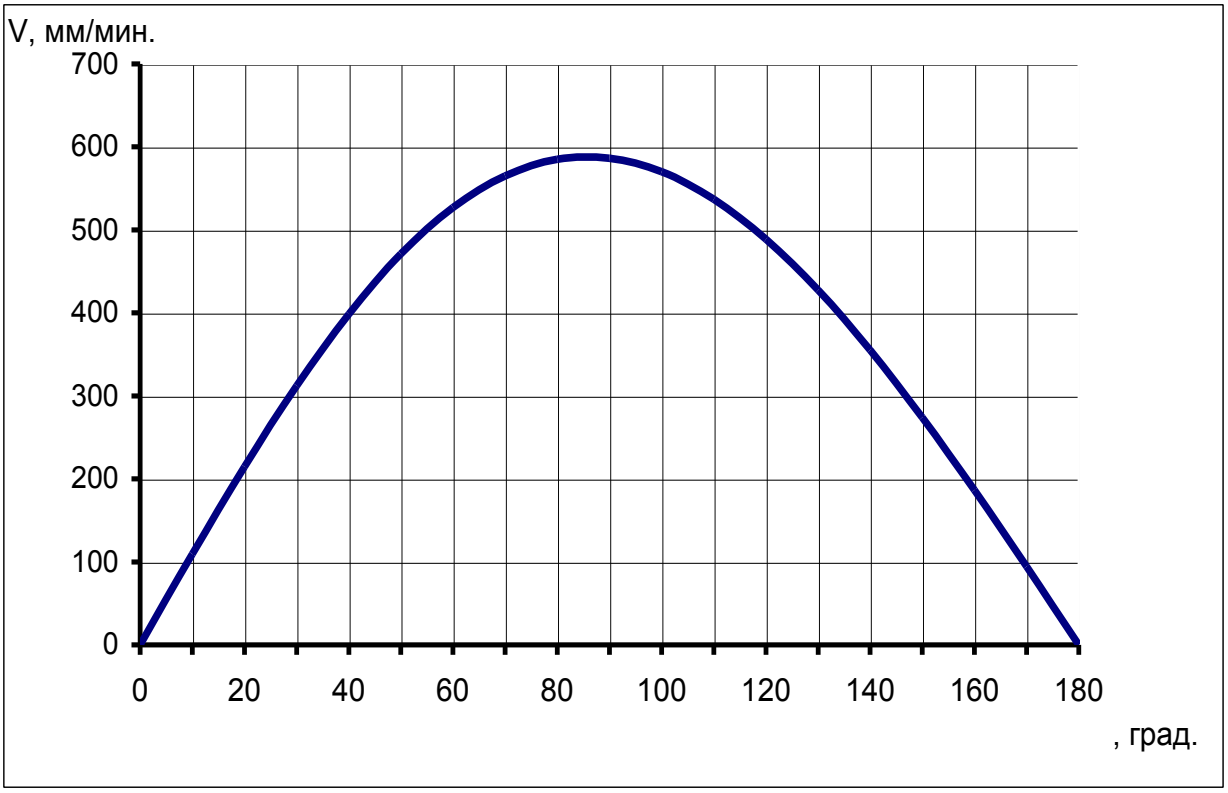



Рисунок 3.3 – Графік залежності швидкості повзуна від кута повороту кривошипного вала

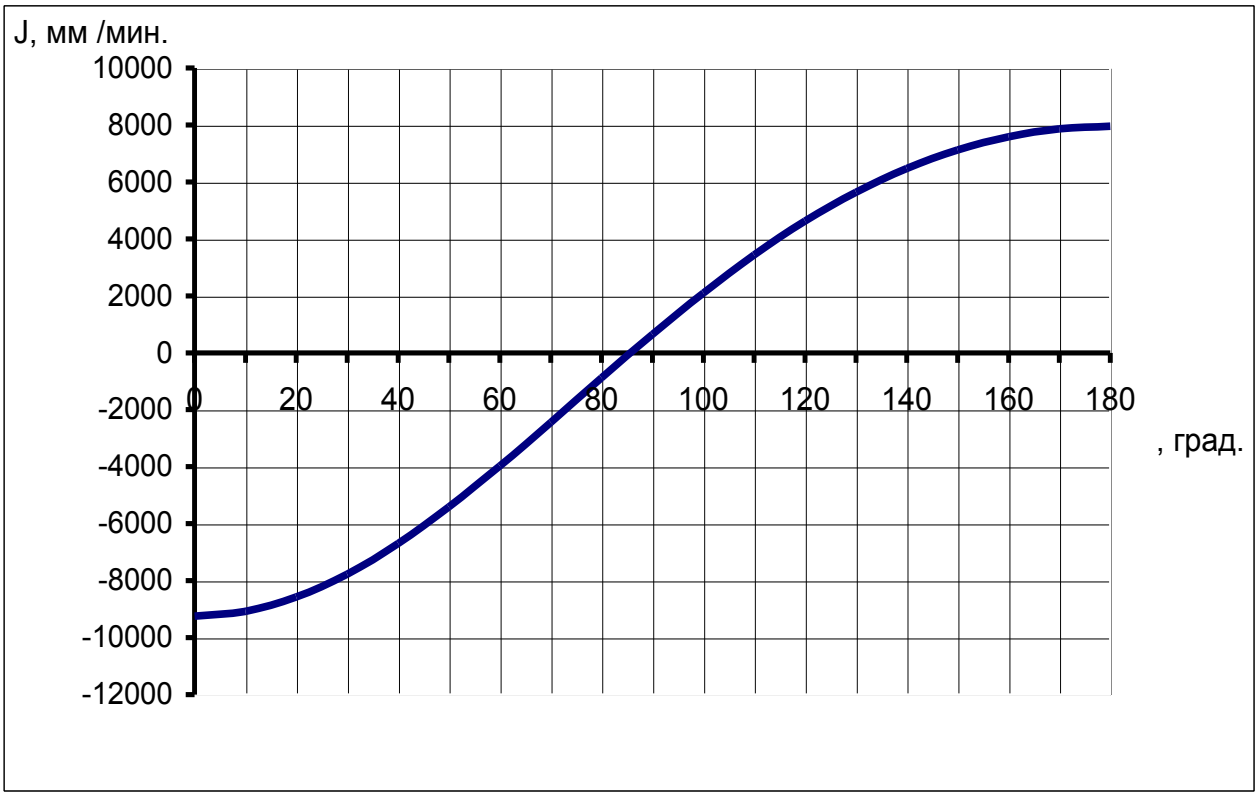



Рисунок 3.4 – График зависимости ускорения ползуна от угла поворота кривошипного вала

3.1.4 Статика ГВМа

Мета цього розрахунку - визначення допустимих зусиль на повзуні за міцністю головного вала і зубчастої передачі.

Визначення наведеного плеча mк сили Р, що діє на повзуні, виконуємо за такою формулою /5 стор. 7/:

$$m_K = m_R^{\alpha} + m_R^{f} \tag{3.4}$$

де $m_R^{\alpha}$ - ідеальне наведене плече сили,

$m_R^{f}$ - наведене відносне плече сили.

$$m_K^{\alpha} = R \cdot (\sin\alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha) \tag{3.5}$$

$$m_K^{f} = \mu \cdot ((1+\lambda) \cdot r_A + \lambda \cdot r_B + r_O) = 0{,}05 \cdot ((1+0{,}075) \cdot 0{,}21 + \\ + 0{,}075 \cdot 0{,}12 + 0{,}14) = 0{,}01874 м \tag{3.6}$$

де R - радіус кривошипа;

λ - коефіцієнт шатуна;

$r_A$ и $r_B$ - відповідно радіуси малої та великої головки шатуна;

$r_O$ - радіус підшипників опор головного вала в двостійковому пресі;

μ = 0,05 – приведений коефіцієнт тертя за консистентного мастила.

Визначене значення $m_к$ залежно від кута повороту кривошипа заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Наведене плече і зусилля, що допускається на повзуні преса за міцністю вала

| α, град. | $m_K$, м. | $P_{доп}^{вал}$, Н. |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 0 | 0,018738 | 8,022832 |
| 10 | 0,026196 | 7,244798 |
| 20 | 0,033382 | 6,623568 |
| 30 | 0,040037 | 6,135081 |
| 40 | 0,045926 | 5,75843 |
| 50 | 0,050856 | 5,476575 |
| 60 | 0,054678 | 5,276225 |

| | | |
|---|---|---|
| 70 | 0,057289 | 5,147426 |
| 80 | 0,058643 | 5,083101 |
| 90 | 0,058738 | 5,078662 |
| 100 | 0,057617 | 5,131719 |
| 110 | 0,055361 | 5,241908 |
| 120 | 0,052079 | 5,410832 |
| 130 | 0,047902 | 5,642102 |
| 140 | 0,042972 | 5,941483 |
| 150 | 0,037438 | 6,317116 |
| 160 | 0,031454 | 6,779756 |
| 170 | 0,02517 | 7,34294 |
| 180 | 0,018738 | 8,022832 |

Результати розрахунків $m_к$=f(α), $m_R^{\alpha}$=f(α), $m_R^{f}$=f(α) наведено на рисунку 3.5.

Результати розрахунків $P_{доп}^{вал}$=f(α) наведено на малюнку 3.6.

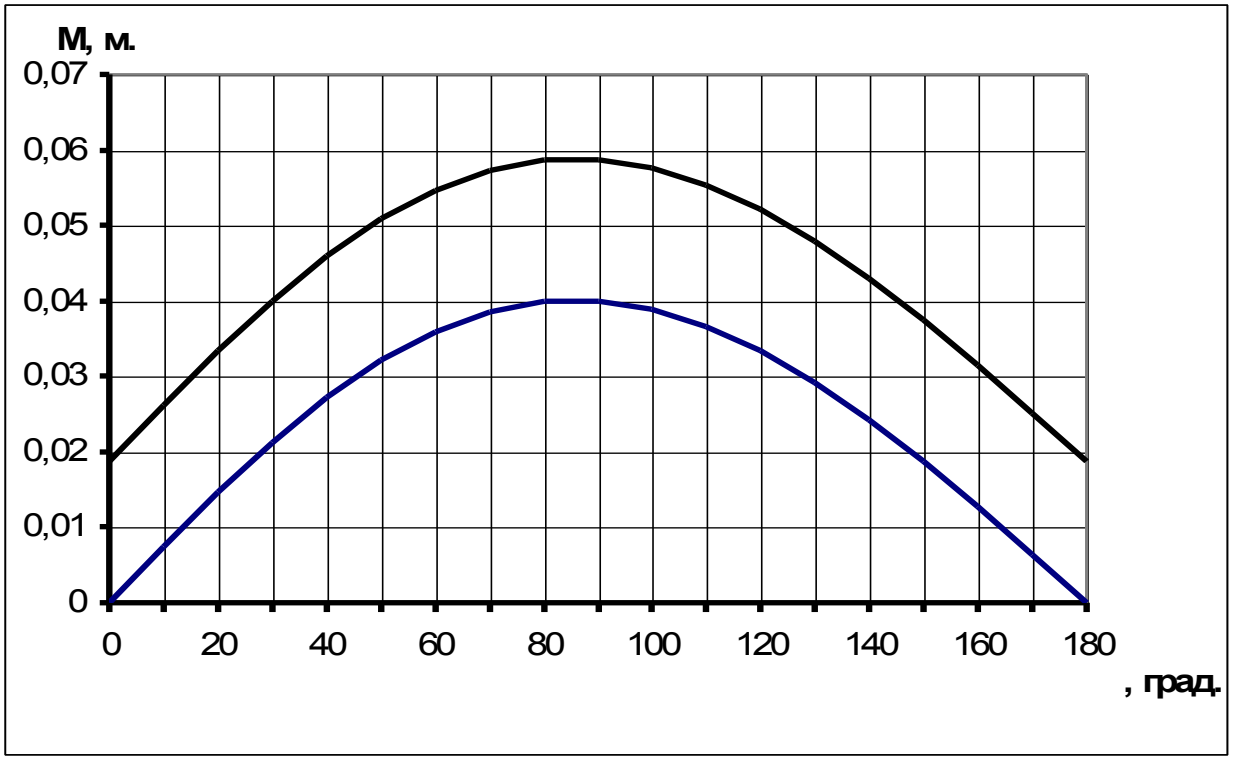



Рисунок 3.5 – Графік залежності приведеного плеча сили від кута повороту кривошипного вала

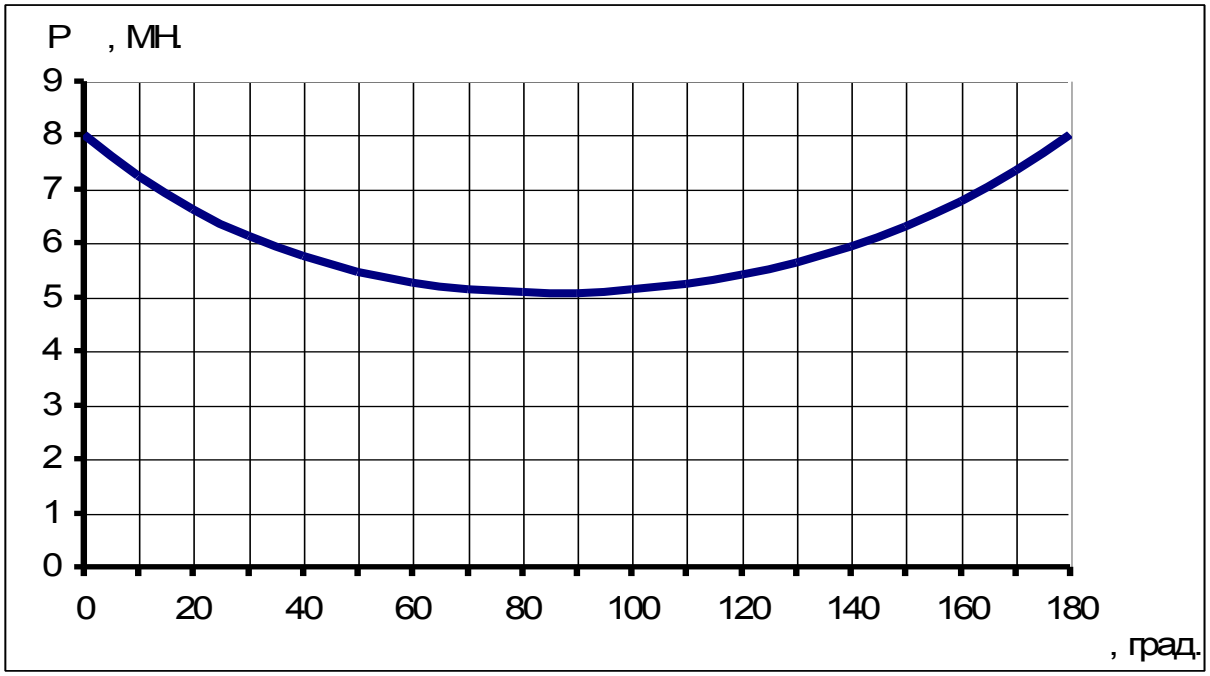



Рисунок 3.6 – Графік залежності допустимого зусилля на повзуні від кута повороту кривошипного вала

3.1.5 Розрахунок допустимих зусиль за міцністю головного вала і зубчастої передачі.

Розрахунок проводимо на підставі розрахунків на міцність головного вала. Зусилля, що допускається міцністю вала, визначаємо в найнебезпечнішому перерізі А-А, рисунок 3.7. за формулами

$$P_D = \frac{0{,}1 \cdot d_O^3 \cdot \sigma_{-1u}}{n \cdot k \cdot \sqrt{0.004 \cdot l_0^2 \cdot \Phi_\sigma^B + \Phi_\tau^B \cdot (0{,}5 \cdot m_к + 0{,}085 \cdot d_0)^2}} \qquad (3.5)$$

де $d_0$ - діаметр вала в небезпечному перерізі;

$\sigma_{-1u}$ - межа втоми матеріалу під час вигину (для сталі 45 дорівнює 280 МПа);

n = 1,3 - коефіцієнт запасу міцності;

k = 0,8 - коефіцієнт еквівалентного навантаження;

$l_0$ - довжина підшипника ковзання;

$\Phi_{\sigma}^{B}$ и $\Phi_{\tau}^{B}$ - коефіцієнти, що залежать від типу вала.

Визначене значення $P_D$ залежно від кута повороту кривошипа заносимо в таблицю 4.2.

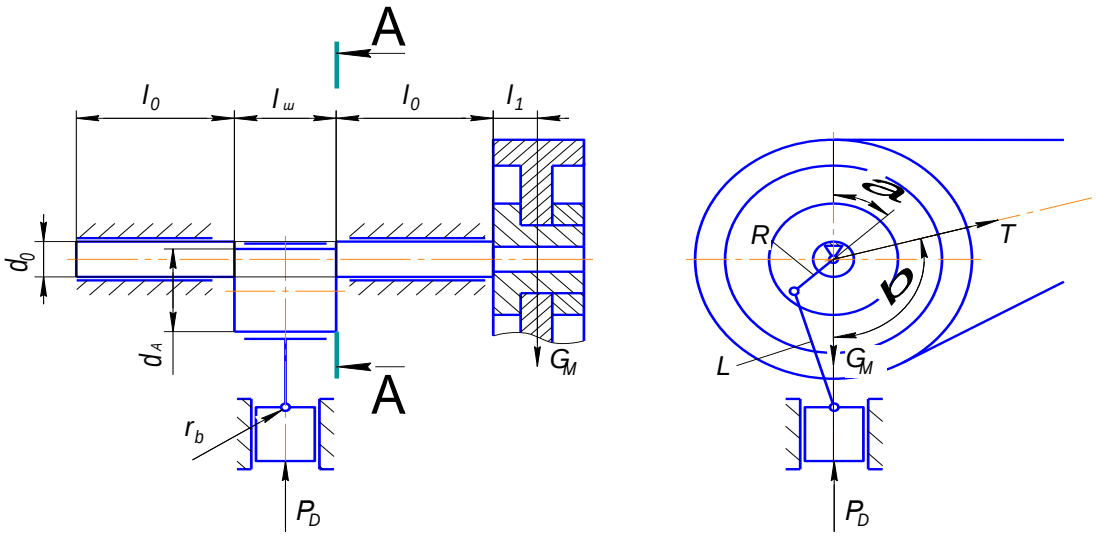



Рисунок 3.7 – Головний вал

3.1.6 Розрахунок установчої потужності електродвигуна і моменту інерції маховика.

Основне завдання енергетичних розрахунків кривошипного преса полягає у визначенні витрати енергії на здійснення одного технологічного циклу, розрахунку необхідної потужності електродвигуна, необхідного моменту інерції маховика і визначенні коефіцієнтів корисної дії преса.

Баланс енергії в приводі кривошипного преса за один технологічний цикл складається з роботи, що витрачається на тертя між дисками муфти під час її увімкнення та на розгін нерухомих ведених частин привода і ГВМу, роботи на холосте переміщення механізмів преса та роботи на здійснення робочого ходу.

$$A_ц = A_в + A_х + A_р \qquad (3.6)$$

Для практичних розрахунків витрати енергії Ав і Ах знаходять за наближеною формулою як частку від роботи пластичної деформації, що витрачається в процесі формозміни

$$A_{в(х)} = к_{в(х)} \cdot A_д \quad (3.7)$$

де $к_{в(х)}$ – коефіцієнти, які приймають залежно від типу преса; для проектованого преса $к_в$=0,5; $к_х$=1,2;

$A_д$ – робота пластичної деформації, яка визначається за формулою

$$A_д = к_р \cdot P_н \cdot h_{max}, \quad (3.8)$$

де $к_р$ – коефіцієнт, що залежить від типу преса, приймається залежно від виду технологічної операції, $к_р$ =0,72.

$h_{max}$ – база деформації, $h_{max}$ = 1.2 мм (см. нижче).

Для прийнятих значень коефіцієнтів і бази деформації знаходимо

$A_д = 0,72 \cdot 400 \cdot 0,00120 = 0,36$ кДж;

$A_в = 0,5 \cdot 0,3628 = 0,18144$ кДж;

$A_х = 1,2 \cdot 0,3628 = 0,43$ кДж.

Енергія в період робочого ходу витрачається на пластичну деформацію металу $A_д$, на тертя в зчленуваннях ГВМу $A_{тр}$ і на пружну деформацію системи прес-штамп $A_у$

$$A_р = A_д + A_{тр} + A_у \quad (3.9)$$

Нині прийнято таку методику визначення витрати енергії на робочий хід преса.

Виходячи зі статистичних даних по завантаженню кривошипних пресів, встановлено типові графіки зусиль деформації для найхарактерніших операцій, що виконуються на цьому типі преса.

Вибір типу графіка під час розрахунку преса конкретного технологічного призначення визначається переважною технологічною операцією, характерною для цього преса.

При витяжці $P_д^{max}$ знаходять після вписування цього графіка в графік допустимих навантажень на повзуні, а $\Delta h_{max}$ відповідає робочому ходу повзуна, взятому за цикловою діаграмою преса.

База деформації визначається за фактичним переміщенням повзуна в період робочого ходу. База деформації розраховується як частина товщини металу, що вирубується

$h_{max} = k \cdot t_c$ (3.10)

де к – поправочний коефіцієнт;

$t_c$ – товщина вирубуваного листа або задирки під час обрізання.

Для вирубки, пробивання і холодної обрізки задирок к = 0,4…0,5. Приймаємо к = 0,4.

Номінальна товщина вирубуваних листів tc проектованого преса приймаємо рівною 3 мм.

$h_{max} = 0{,}4 \cdot 3 = 1{,}2$ мм.

Під час визначення кінця робочого ходу для цих операцій слід забезпечити заходження $h_{зах}$ пуансона в матрицю на 1...2 мм для проштовхування виробу. Отже, кінець робочого ходу відбувається при недоході повзуна до крайнього нижнього положення на величину:

$S_{кр} = t_c – h_{max} + h_{зах}$ ,

$S_{зах} = 3 – 1{,}2 + 1{,}5 = 3{,}3$ мм.

Пружна податливість системи пресштамп змінює форму графіка зусиль деформації, при чому чим нижча жорсткість системи, тим сильнішими будуть зміни. Змінений графік зусиль деформації, що враховує пружну деформацію системи, називають навантажувальним графіком, який наведено на малюнку.

Жорсткість преса С приймають на підставі практичних даних для кожного типу преса, або визначають за емпіричною залежністю

$C = K \cdot \sqrt{\ } P_н$ (3.12)

С = 0,3479 МН/м

де К – коефіцієнт пропорційності, що приймається залежно від типу преса. Для преса, що проектується К = 0,55

Після побудови навантажувального графіка в координатах $P_д = f(S)$ його необхідно перетворити на графік $P_д = f(a)$, де а - кут повороту ведучого вала. Графіки зусилля пластичної деформації, пружної деформації та навантажувальний графік наведено на рисунку 4.8.

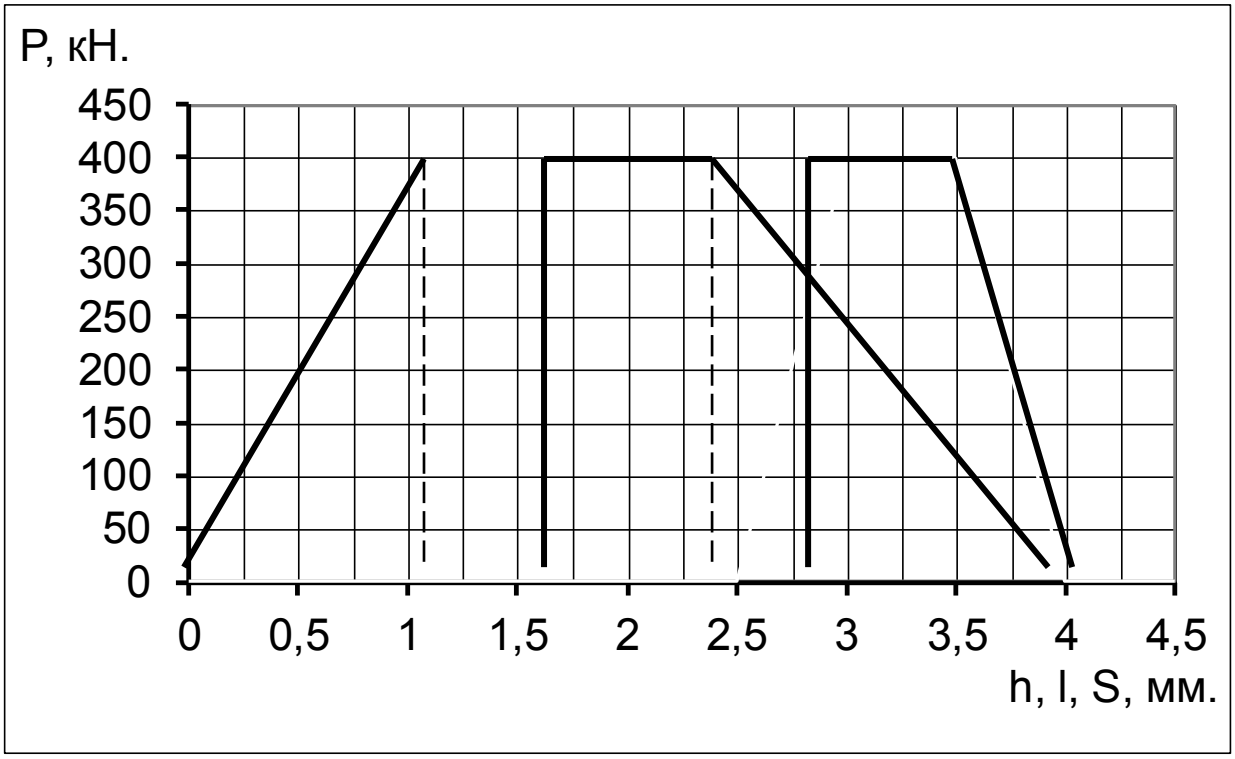



Рисунок 3.8 – Графік залежності зусилля від пластичної деформації та навантажувальний графік.

За відомою залежністю будується діаграма крутних моментів

$$M = P_д \cdot m_к. \qquad (3.13)$$

Графік крутних моментів представлений на рисунку 4.9.

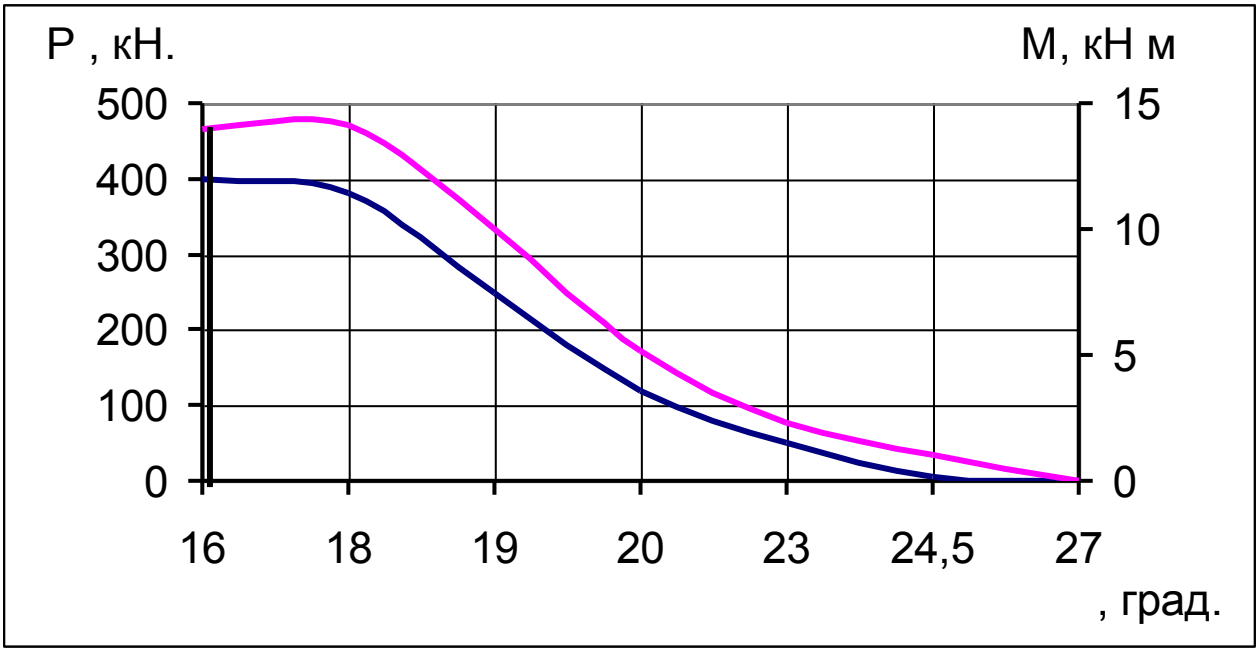



Рисунок 3.9 – Графік зусилля на повзуні та крутного моменту

Планіметруючи діаграму M = f(a) на ділянці робочого ходу, знаходимо величину витрати енергії на здійснення робочого ходу.

$$Ap = F_м \cdot \mu_м \cdot \mu_a = 33 \cdot 2 \cdot 1 = 0{,}66 \text{ кДж}, \quad (3.14)$$

де $F_м$ – площа, обмежена кривою крутного моменту й осями координат, $мм^2$;

$\mu_м$ – масштаб крутного моменту;

$\mu_a$ – масштаб кутів повороту головного вала.

У таблиці 4.3 подано результати розрахунків зусилля і крутного моменту

Таблиця 3.3 – Розрахунок зусиль і крутного моменту

| h, мм. | 6 | 5 | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2,3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$, град | 27 | 24,5 | 23 | 20 | 19 | 18 | 16 |
| $m_к$, мм. | 55 | 51 | 46 | 43 | 40 | 37 | 35 |
| $P_д$, кН. | 0 | 0 | 50 | 120 | 250 | 380 | 400 |
| M, кН м | 0 | 0 | 2,3 | 5,16 | 10 | 14,1 | 14 |

Потужність двигуна визначається за формулою 4.15.

$$N_н = (к \cdot (A_р/\eta_о + A_в/\eta_м) + A_х) / t_ц \quad (3.15)$$

$$N_н = (1{,}3 \cdot (0{,}66/0{,}98 + 0{,}18144/0{,}98))/0{,}417 = 3{,}98 \text{ кВт}$$

де к - коефіцієнт запасу;

$\eta_о$ - загальний ККД приводу, у цьому випадку він дорівнює 0,98 - клиноремінна передача;

$\eta_м$ – ККД передачі від муфти до двигуна, 098.

Час технологічного циклу визначаємо за формулою 4.16.

$$t_ц = t_{дх} / P_u \quad (3.16)$$

$t_ц = 60/(80 \cdot 0{,}3) = 2{,}5$ с. = 0,417 мин.

де $к_е = 1{,}5$ – коефіцієнт запасу;

$A_ц$ – витрата енергії приводом преса за цикл, кДж;

$t_{цт}$ - час циклу, с.

Витрату енергії приводом преса за цикл визначимо зі співвідношення

$A_ц = 1,27$ кДж

де $A_{вк} = 0,1 \cdot P_н \cdot S_{max} = 0,1 \cdot 0,4 \cdot 0,08 = 0,0032$ кДж – витрата енергії на ввімкнення муфти і розгін ведених частин приводу;

$A_{хх} = 0,05 \cdot P_н \cdot S_{max} = 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,08 = 0,0016$ кДж - витрата енергії під час холостого ходу механізмів преса.

За каталогом вибираємо найближчий двигун більшої потужності, двигун номінальною потужністю 4,5 кВ.

Для розрахунку моменту інерції маховика попередньо необхідно провести розрахунок і вибір допоміжних величин. Знайдемо коефіцієнт форми графіка навантаження

$$\kappa_ф = \sqrt{(1-\frac{\alpha_p \cdot p_u}{2 \cdot \pi})^2 + (2 - 6 \cdot p_u + 3 \cdot p_u^2) \cdot \frac{A_{вк}}{A_{рх}} + (\frac{A_{вк}}{A_{рх}})^2} \qquad (3.17)$$

де $\alpha_p = \arccos(1-2 \cdot a) = \arccos(1-2 \cdot 0,16) = 0,82$ рад – кут робочого ходу;

$p_u = 0,3$ – коефіцієнт використання ходів повзуна.

Ковзання ременів передачі S = 0,04, звідси коефіцієнт нерівномірності ходу $\delta = 2 \cdot \kappa_э \cdot \varepsilon_э \cdot (s_э + s_p) = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,95 \cdot (0,03 + 0,04) = 0,1995$ (3.18)

де $к_э = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$s_e = 0,03$ – номінальне ковзання;

$\varepsilon_e = 0,95$ – допоміжний коефіцієнт.

Підставивши у формулу (3.8) отримаємо

$$\kappa_ф = \sqrt{(1-\frac{0,82 \cdot 0,3}{2 \cdot 3,14})^2 + (2 - 6 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,3^2) \cdot \frac{0,0032}{0,616} + (\frac{0,0032}{0,616})^2} = 0,96$$

Тоді момент інерції маховика визначимо за формулою

$$J_м = \frac{\kappa_ф \cdot A_{рх} \cdot (\delta + 2)^2}{4 \cdot \omega_м^2 \cdot \delta} = \frac{0,96 \cdot 0,616 \cdot (0,199 + 2)^2}{4 \cdot 14,7^2 \cdot 0,199} = 0,0166 \text{ кГм} \qquad (3.19)$$

Після вибору розмірів маховика, що забезпечують необхідний момент інерції, перевіряється максимальна лінійна швидкість обода, яка обмежується умовами міцності обода під дією відцентрових сил

$$V = ( D_м \cdot \omega_м )/2 \le [ V] \quad (3.20)$$

де $D_м$ – діаметр обода маховика;

$\omega_м$ – число обертів маховика.

$V = (1,2 \cdot 9,42) / 2 = 5,65 \le [ V ]$

Потужність двигуна перевіряється за часом розгону маховика

$$t_р = (1,2 \cdot J_м \cdot \omega_м^2 ) / N_н = 1,2 \quad (3.21)$$

$t_р = 1,55$ с

Енергетичним коефіцієнтом корисної дії технологічної машини називається відношення корисно витраченої роботи на подолання технологічних опорів до витраченої роботи протягом певного періоду часу.

Стосовно кривошипних пресів, як і всіх ковальсько-штампувальних машин, корисно використовуваною технологічною роботою є робота пластичної деформації.

Ефективність приводу кривошипного преса оцінюють за величиною середнього ККД технологічного циклу, інакше цикловим ККД.

$$\eta_ц = A_д / A_ц = 0,36 / 1,27 = 0,2835 \quad (3.22)$$

Оцінювання енергетичної досконалості ГІМ проводиться за величиною робочого ходу, що являє собою ККД механізму за локальний період робочого ходу

$$\eta_р = A_д / A_р = 0,36 / 0,66 = 0,54 \quad (3.23)$$

Значення ККД перебувають у межах, допустимих для кривошипних пресів.

3.1.7 Перевірочний розрахунок муфти або гальма

Перевірочний розрахунок призначений для виявлення придатності встановленої на пресі муфти до роботи в конкретних умовах силового навантаження.

Розрахунковий момент муфти:

$$M_{рас.м} = к_{м} \cdot M_{кр} \quad (3.24)$$

де $к_м = \beta \cdot к_п \cdot к_{тех} = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 1,1495$ – показник моменту муфти; $M_{кр}$ – максимальний крутний момент, узятий за графіком малюнок 3.5 $M_{кр} = f(\alpha)$ $M_{кр} = 40$ Н · м.

$\beta = 1,1...1,2 = 1,1$ – коефіцієнт запасу зчеплення;

к = 1,05...1,25 = 1,1 – коефіцієнт, що залежить від тиску в пневмосистемі та режиму роботи муфти;

к = 0,95 – коефіцієнт, що враховує динаміку протікання технологічних операцій.

Підставивши у формулу (3.24) отримаємо

$$M_{рас.м} = 1,1495 \cdot 40 = 45,980 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Середній радіус тертя муфти, тобто відстань від осі муфти до середини вставки накладок визначимо зі співвідношення

$$R_{ср} = \frac{M_{рас.м}}{\mu \cdot \delta_{ср} \cdot q_{ф} \cdot F_{тр}} = \frac{45,980}{0,42 \cdot 1,03 \cdot 0,6 \cdot} = 177,1 \quad (3.26)$$

где $\mu = 0,42$ – коэффициент трения на фрикционных контактах муфты;

$\delta_{ср} = 1,03$ – коэффициент формы поверхностей трения;

$q_{ф} = 0,6$ – приведений фактичний тиск на поверхнях тертя;

$F_{тр} = m \cdot F_{накл} = (\pi/4) \cdot (0,6^2 – 0,46^2) = 0,116$ м – сумарна площа тертя.

m – число поверхонь тертя.

Визначимо приведений термін служби фрикційних матеріалів за формулою:

$$T = (0,95 \cdot 10^{-4} \cdot N) / (n_{см} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n_{вк}) \quad (3.27)$$

де $N = (10^4 \cdot h \cdot F_{тр}) / (J_л \cdot b_q \cdot A_{тр}) = (10^4 \cdot 1 \cdot 0,116) / (0,05 \cdot 2 \cdot 0,00135) = 4296 \cdot 10^4$ – число циклів навантаження до повного зносу фрикційних елементів;

$n_{см} = 2$ – число змін роботи преса;

$k_1 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує простої обладнання, пов'язані з ремонтом і переналагодженням оснащення

$k_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує роботу преса протягом заданого часу з різною частотою вмикань;

$n_{вк} = 20$ – число вмикань вузла за хвилину;

h – загальний ресурс на знос;

$J_л = 0,05$ – лінійна інтенсивність зносу;

$b_q = 2$ – відносний показник зносу;

$A_{тр} = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot n_м = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00166 \cdot 140 = 0,00135$ – робота на тертя.

Підставивши у формулу (3.27) отримаємо:

$T = (0,95 \cdot 4296) / (2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 20) = 188$ мес $\geq (6 – 8)$ мес.

## 3.2 Технічна характеристика

Технічна характеристика преса моделі КД2326Е /1 стор.476/

| | |
|---|---|
| Номінальне зусилля | 400 кН; |
| Хід повзуна регульований | |
| найбільший, не менше | 80 мм; |
| найменший, не більше | 10 мм; |
| Частота ходів повзуна | |
| безперервних нерегульованих, не менше | 140 хв-1; |
| Розміри столу, не менше | |
| Довжина | 600 мм; |
| Ширина | 400 мм; |
| Розміри отвору в столі | |
| довжина | 300 мм; |
| ширина | 200 мм; |
| діаметр | 250 мм; |
| Відстань від осі повзуна до станини, не менше | 220 мм; |

| | |
|---|---|
| Закрита висота преса | 280 мм; |
| Відстань між стійками у світлі, не менше | 280 мм; |
| Регулювання відстані між столом і повзуном преса, не менше | 65 мм; |
| Товщина підштампової плити | 80 мм; |
| Номінальна потужність двигуна | 4.5 кВт; |
| Маса преса | 3110 кг; |
| Максимальний момент інерції | 0,0166 кГм. |

## 3.3 Техніка безпеки під час роботи на ковальсько-штампувальному обладнанні

Під час проєктування і виготовлення нових машин, а також модернізації чинних, необхідно враховувати вимоги безпечної експлуатації, монтажу і демонтажу обладнання та оснащення.

Сучасний прес є складною машиною, що налічує понад десяток вузлів і кілька сотень деталей. Поряд зі звичайними для кожної машини вузлами - двигуном, передавальними механізмами (приводом) і виконавчим механізмом - у пресі є вузли для керування, налагодження, контролю та забезпечення безпеки обслуговувального персоналу, а також допоміжні вузли, що розширюють можливості преса або покращують умови роботи деталей інших відповідальних вузлів.

Під час роботи на кривошипних пресах випадки травматизму частіші, ніж на іншому обладнанні.

Кожний прес, на якому проводиться робота поодинокими ходами, повинен мати пристрій, що унеможливлює травмування рук у небезпечній зоні: дворучне увімкнення, фотозахист, рухому огорожу або інший пристрій.

Конструкція і розташування механізмів і вузлів машин повинні забезпечувати зручне і безпечне їх обслуговування. У конструкції станини необхідно передбачати зручне для обслуговування розташування органів керування, прорізи і привалочні місця для встановлення пристроїв механізації та автоматизації. Щоб уникнути поранення робітників, кромки зовнішніх граней частин станини, що виступають, слід закруглити за радіусом не менше 10 мм, а кромки граней інших виступаючих частин не менше 2 мм, знімати фаски відповідних розмірів.

Рухомі та обертові частини обладнання, розташовані нижче 2500 мм від рівня підлоги або доступні для випадкового дотику з робочих майданчиків, повинні мати огородження.

Преси необхідно забезпечувати запобіжниками, що запобігають поломці при перевантаженні, вимірювачами зусиль, що виникають у процесі штампування.

Засоби захисту пресів від перевантажень можна поділити на дві групи: пристрої, що запобігають перевантаженню, і запобіжні пристрої.

У розрахованому пресі передбачені такі режими роботи: поодинокі ходи з дворучним керуванням і керуванням від педалі. Прес має вбудований у повзун запобіжник за зусиллям у вигляді зрізної шайби. Неправильне встановлення повзуна спричиняє поломку деталей штампа і, як наслідок, травмування обслуговуючого персоналу, тому система регулювання міжштампового простору повинна відповідати вимогам, що забезпечують безпеку як регулювання, так і подальшої роботи на машині.

Прес також обладнаний врівноважувачами, що запобігають опусканню повзуна під дією власної ваги і ваги штампа, прикріпленого до нього, у разі поломки гальма, а також у разі обриву шатуна.

З метою забезпечення безпечних умов праці під час ремонтних робіт, установлення штампа на кривошипних пресах застосовують блоки безпеки, тобто підставки під повзун. Змащування основних поверхонь, що труться, на пресі має бути обов’язковим.

## 3.4 Розрахунок виробничих потужностей, матеріалів та енергоносіїв

### 3.4.1 Розрахунок кількості виробничого обладнання та визначення його типорозмірів

Зазвичай у цехах листового штампування використовується обладнання різного типорозміру і різних конструкцій. Вибір пресів проектованої дільниці здійснюємо згідно з такими умовами:

-номінальне зусилля преса має бути більшим, ніж розрахункове зусилля для операції, що виконується на цьому пресі;

-хід повзуна повинен забезпечувати, по-перше, виконання технологічної операції, по-друге, заготівля повинна лягати в штамп і вийматися з нього вільно;

-розміри столу мають бути не меншими, ніж розміри штампів;

-Надійність і працездатність;

-легкість в експлуатації та ремонті.

Оскільки номенклатура проектованої дільниці дуже різноманітна, а також кожна деталь має свою програму, то для визначення складу і розрахунку кількості виробничого обладнання приймаємо детальний метод розрахунку. Для розрахунку вибираємо 12 деталей, які є типовими представниками номенклатури дільниці. Для кожного типорозміру обладнання знаходимо його кількість за формулою (5.1).

До складу основних фондів дільниці входить пресове обладнання, будівля, цінний інструмент, виробничий і господарський інвентар.

Розрахункову кількість пресового обладнання для штампування знайдемо за формулою

$$n_{об.р.і} = \frac{N_р \cdot t_{ст} \cdot к_{ш.і}}{Ф_{до} \cdot к_{зі}} \qquad (3.1)$$

де $N_{р.}$ – річна виробнича програма випуску деталей на цьому обладнанні;

$t_{ст}$ – станкоємність виконання штампувальних операцій для однієї деталі;

t – трудомісткість виконання штампувальних операцій;

Н = 1,2 – норма обслуговування обладнання, або коефіцієнт щільності бригад;

$к_{ші}$ = 1,05 – коефіцієнт, що враховує витрати часу на переналагодження штампів;

$к_{зі}$ = 0,85 – коефіцієнт завантаження обладнання.

Для деталі "Манжета" потрібна кількість обладнання:

$$n_o = \frac{74800 \cdot 0{,}02275 \cdot 1{,}05}{4015 \cdot 0{,}85} = 0{,}52$$

За даними практики маємо прив'язку деталей до обладнання і трудомісткість їх виробництва на кожному типі обладнання.

Таблиця 3.4 - Вихідні дані для розрахунку кількості обладнання

| № п/п | Найменування деталі | Тип обладнання | Трудомісткість, хв. |
|---|---|---|---|
| 1 | Кронштейн | КД2122 | 0,092 |
| 2 | Кронштейн | КД2124 | 0,084 |
| 3 | Пружина | КД2124 | 0,085 |
| 4 | Заклепка | КД2122 | 0,062 |
| 5 | Шайба упорная | КД2122 | 0,091 |
| 6 | Кольцо | КД2122 | 0,042 |
| 7 | Колпачок | КД2128 | 0,061 |
| 8 | Щиток ролика | КД2124 | 0,02 |
| 9 | Пластина | КД2124 | 0,018 |
| 10 | Стакан | КД2126 | 0,087 |
| 11 | Конус | КД2122 | 0,091 |

Для обладнання зусиллям 160 кН (типу КД2122) маємо

$$n_1^1 = \frac{37400 \cdot 0{,}092 \cdot 1{,}05}{4015 \cdot 0{,}85} = 1{,}06$$

$$n_1^3 = \frac{224400 \cdot 0{,}062 \cdot 1{,}05}{4015 \cdot 0{,}85} = 4{,}28$$

$$n_1^4 = \frac{112200 \cdot 0{,}091 \cdot 1{,}05}{4015 \cdot 0{,}85} = 3{,}14$$

$$n_1^5 = \frac{74800 \cdot 0{,}042 \cdot 1{,}05}{4015 \cdot 0{,}85} = 0{,}97$$

$$n_1^7 = \frac{14960 \cdot 0{,}024 \cdot 1{,}05}{4015 \cdot 0{,}85} = 0{,}11$$

$$n_1^{10} = \frac{29920 \cdot 0,091 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 0,84$$

$$n_1 = n_1^1 + n_1^3 + n_1^4 + n_1^5 + n_1^7 + n_1^{10} = 1,06 + 4,28 + 3,14 + 0,97 + 0,11 + 0,84 = 10,4$$

Приймаємо 10 шт.

Для обладнання зусиллям 250 кН (типу КД2124) маємо

$$n_2^1 = \frac{37400 \cdot 0,084 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 0,97$$

$$n_2^2 = \frac{37400 \cdot 0,085 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 0,98$$

$$n_2^7 = \frac{14900 \cdot 0,02 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 0,09$$

$$n_2^{11} = \frac{37400 \cdot 0,074 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 0,85$$

$$n_2 = n_2^1 + n_2^2 + n_2^7 + n_2^{11} = 0,97 + 0,98 + 0,09 + 0,85 = 2,89$$

Приймаємо 3 шт.

Для обладнання зусиллям 400 кН (типу КД2326) маємо

$$n_3^9 = \frac{14960 \cdot 0,087 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 0,4$$

$$n_3 = n_0 + n_3^9 = 0,52 + 0,4 = 0,94$$

Приймаємо 1 шт.

Для обладнання зусиллям 630 кН (типу КД2128) маємо

$$n_4^6 = \frac{112200 \cdot 0,061 \cdot 1,05}{4015 \cdot 0,85} = 2,1$$

$$n_4 = n_4^6 = 2,1$$

Приймаємо 2 шт.

### 3.4.2 Вибір типу і кількості підйомно-транспортного обладнання

Для транспортування і підйому вантажів у цехах застосовують різноманітні пристрої та обладнання.

Універсальними підйомно-транспортними пристроями в різних цехах і складах, що використовуються для вантажів різного призначення, є мостові крани і кран-балки. Під час вибору типу будівлі для цеху або складу необхідно враховувати наявність мостових кранів або кран-балок, оскільки підкранові шляхи (підкранові балки) безпосередньо пов'язані з конструкцією будівлі.

Підвісна кран-балка може займати всю ширину прольоту або тільки частину. По ширині прольоту можуть бути розміщені також дві підвісні кран-балки з перехідним містком між ними, призначеним для передачі вантажів від однієї кран-балки до іншої.

Необхідна кількість кран-балок у цеху або на складі може бути визначена розрахунком виходячи з вантажообігу. На підставі практичних даних орієнтовно можна приймати, що у цехів одна кран-балка припадає на кожні 60 метрів довжини прольоту. Виходячи з вище сказаного, приймаємо одну кран-балку вантажопідйомністю 5 тон.

### 3.4.3 Розрахунок кількості основних і допоміжних матеріалів на програму

Деталі на проєктованій ділянці виготовляють із таких матеріалів: сталь якісна, нержавіюча, жароміцна; титан, мідь, латунь, товщиною від 0,2 до 3 мм. Перераховані марки металу надходять на ділянку у вигляді листів, смуг, стрічок.

Для розрахунку кількості матеріалу необхідно визначитися з масою деталей комплекту і коефіцієнтом використання металу. Ці дані отримані в місці проходження практики і представлені у вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 3.5 Маса деталей комплекту на програму

| № п/п | Найменування деталі | Матеріал, позначення | Маса однієї деталі, | Маса деталей на | Маса відходу однієї | Маса відходу на програму, |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | кг | прогр., т | деталі, кг | т |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Манжета | ОТ4 | 0.075 | 6.88 | 0.016 | 1.27 |
| 2 | Кронштейн | Сталь12Х18Н10Т | 0.125 | 5.98 | 0.035 | 1.309 |
| 3 | Пружина | Сталь ХИ60ВТ | 0.356 | 19.30 | 0.16 | 5.984 |
| 4 | Заклепка | Сталь Х17Н2 | 0.08 | 19.07 | 0.005 | 1.122 |
| 5 | Упорна шайба | Сталь12Х18Н10Т | 0.152 | 19.85 | 0.025 | 2.805 |
| 6 | Кільце | Сталь12Х18Н10Т | 0.257 | 22.06 | 0.038 | 2.84 |
| 7 | Шапка | Сталь ХН75Т | 0.343 | 46.90 | 0.075 | 8.415 |
| 8 | Щиток ролика | Сталь12Х18Н10Т | 0.273 | 5.04 | 0.064 | 0.96 |
| 9 | Тарілка | Сталь12Х18Н10Т | 0.112 | 13.46 | 0.008 | 0.89 |
| 10 | Стакан | Сталь12Х18Н10Т | 0.234 | 4.21 | 0.048 | 0.718 |
| 11 | Конус | Сталь12Х18Н10Т | 0.105 | 3.88 | 0.025 | 0.748 |
| 12 | Кронштейн | Сталь 08кп | 0.09 | 3.70 | 0.009 | 0.34 |
| Усього | | | | 170.33 | 0.508 | 27.401 |

Враховуючи коефіцієнт використання матеріалу, складаємо таблицю використання матеріалів на програму.

Таблиця 3.5 Використання матеріалів на програму

| № п/п | Марка матеріалу | Використання матеріалів на програму, т | Відхід матеріалів на програму, т |
|---|---|---|---|
| 1 | Сталь 08кп | 10.58 | 1.61 |
| 2 | Сталь 12Х18Н10Т | 74.48 | 10.27 |
| 3 | СтальХИ60ВТ | 19.30 | 5.984 |
| 4 | СтальХ17Н2 | 19.07 | 1.122 |
| 5 | СтальХН75Т | 46.90 | 8.415 |
| Усього | | 170.33 | 27.401 |

Допоміжні матеріали поділяються на три групи:

1) Для ремонту обладнання та оснащення;

2) Для очищення, промивання і змащення;

3) Для технологічних потреб.

Для технологічних потреб використовують мастило на основі мінеральних олій, воску, фосфатів цинку і тваринних жирів. За даними базового цеху на одну тонну продукції, що виготовляється, витрачають 1 кг технологічного мастила, тому на 142.929 т продукції беремо 140 кг мінерального масла.

На обслуговування обладнання використовується машинне масло, солідол, обтиральний матеріал.

### 3.4.4 Вибір і розрахунок кількості енергоносіїв

Джерелами або носіями енергії, використовуваної в ковальських і холодноштампувальних цехах для виробничих цілей, є електроенергія, пара, стиснене повітря, рідке і газоподібне паливо, кисень тощо.

Електроенергія в холодноштампувальному виробництві використовується для приводу основного і допоміжного устаткування,

підйомно-транспортних пристроїв, засобів автоматизації та механізації, різних пристосувань.

Електроенергія в цех надходить із центральної заводської трансформаторної підстанції (теплоелектростанції). Загальна встановлена потужність струмоприймачів по дільниці дорівнює сумі потужностей окремих одиниць струмоприймачів.

Потужність кожного струмоприймача беруть за паспортними даними і вказують у кіловатах (кВт).

Установлена потужність для кожної групи струмоприймачів становить

$N_у = \Sigma N_i$ ,

де $N_у$ – установленная мощность, кВт;

$N_i$ – мощность каждого токоприемника в отдельности, кВт. Споживана потужність завжди нижча за встановлену, бо не все обладнання використовується одночасно і не повністю завантажується на всю потужність. Споживана потужність підраховується за формулою$N_п = \Sigma N_i \cdot K_и$ ,

де $N_п$ – споживана потужність кожної групи, кВт;

$K_и$ – коефіцієнт попиту.

Річну витрату електроенергії по кожній групі струмоприймачів визначають за формулою

$W = N_п \cdot Ф_{об} \cdot \lambda$ ,

де W – річна витрата електроенергії, кВ·год.;

$Ф_{об}$ – ефективний річний фонд часу роботи обладнання за прийнятої для цієї групи струмоприймачів змінності, год.;

$\lambda$ - коефіцієнт завантаження обладнання, що приймається в середньому 0,8… 0,95.

Основними споживачами пари для виробничих цілей є ковальські цехи. У цехах листового штампування, холодного об'ємного штампування і холодного висаджування пара витрачається головним чином на нагрівання води, водних розчинів, у мийних установках, установках для фосфатування, у травильних відділеннях, майстерень з приготування технологічних змащувань.

Оскільки в цьому дипломному проекті розглядається ділянка для листового штампування, то розрахунок пари нам не потрібен.

Стиснене повітря на ділянці застосовується для приводу засобів автоматизації та механізації, як енергоносій для ввімкнення муфт кривошипних пресів, здування деталей зі штампів, обдування штампів.

Стиснене повітря подається в цехи з центральної заводської компресорної станції.

Річна витрата стисненого повітря розраховується за формулою

$Q = \eta \cdot \lambda \cdot \Phi_{об} \cdot \Sigma Q_ч$ ,

де $Q_ч$ – середньогодинна витрата кожного споживача, $м^2$;

$\Phi_{об}$ – ефективний річний фонд часу роботи обладнання за прийнятої змінності, год.;

$\lambda$ - коефіцієнт завантаження;

$\eta$ - коефіцієнт, що враховує втрати повітря внаслідок витоку, який приймають рівним 1,4... 1,5.

Крім технологічних цілей енергія на ділянці використовується також і на освітлення. Під час підрахунку потреби в електроенергії на освітлення можна прийняти, що в середньому необхідно на 1 $м^2$ площі.

## 3.5 Розроблення компонувального плану

Під компонуванням при технологічному проєктуванні розуміють розміщення площ, а під плануванням - розміщення обладнання.

### 3.5.1 Обґрунтування складу і взаємного розташування виробничих і допоміжних відділень і дільниць.

Під час розроблення компонування цеху необхідно передбачати таке розташування відділень, дільниць, допоміжних служб і складів, яке забезпечить максимальну прямолінійність основних технологічних і вантажних потоків. Під час визначення напрямку основних потоків

враховується розташування основних цехів - споживачів листових деталей щодо цеху листового штампування. Крім того, враховуються умови генерального плану заводу.

Оскільки в цьому проєкті розглядається дільниця листового штампування, що входить до складу цеху, то до складу дільниці входять тільки виробничі площі, а допоміжні, складські служби та дільниці перебувають у загальноцеховому підпорядкуванні.

### 3.5.2 Характер вантажних і людських потоків

Принципи планування цехів листового штампування залежать від низки технічних і економічних міркувань, що виникають під час проектування процесу виготовлення штампованих деталей. Одним із загальних принципів є принцип потокового руху заготовки і напівфабрикату в процесі обробки, оскільки відхилення від принципу потоковості зазвичай ускладнює організацію виробництва і впровадження засобів механізації та автоматизації в технологічні процеси. Робота потоком доцільна не тільки в умовах масового виробництва, а й в умовах роботи дрібними партіями, якщо створені можливості потокового проходження деталей по пресах. Планування цеху має забезпечити найзручніші умови для роботи та економного використання площі. Оскільки в проєкті розглядається штампувальна дільниця у складі цеху, то основне завдання компонування дільниці - раціональне розташування обладнання. Розташування обладнання залежить від низки чинників: обсягу і типу виробництва, номенклатури і габаритів деталей, прийнятої потоковості технологічного процесу, ступеня автоматизації і механізації, характеру використовуваного матеріалу тощо. Преси на ділянці можуть бути розміщені послідовно, фронтально, діагонально і в шаховому порядку. Оскільки на дільниці штампують переважно деталі дрібної габаритної групи, тип виробництва - серійний із різноманітною номенклатурою деталей за формою і

типом матеріалу, то преси розставляємо на дільниці - зусиллям до 250 кН у шаховому порядку, а понад 250 кН послідовно.

### 3.5.3 Розрахунок виробничих і допоміжних площ

$F_{уч} = \sum n_i \cdot q_i$ - виробнича площа ділянки, що проектується;

n - кількість штампувального обладнання кожного типорозміру;

q - норма виробничої площі на одиницю обладнання / 3 стор;

$$F_{уч} = 10 \cdot 8 + 3 \cdot 10 + 1 \cdot 10 + 2 \cdot 12 = 144 \text{м}^2.$$

Максимальна висота обладнання, що використовується в цеху, дорівнює 3 м, у цеху використовується кран-балка, тому будівельну висоту приймаємо 8,4 м.

### 3.5.4 Елементи будівельної частини

З метою забезпечення типізації та стандартизації під час проєктування, будівництва та виробництва будівельних матеріалів і конструкцій існує єдина модульна система, якою визначено основні положення щодо проєктування будівель і споруд. На базі єдиної модульної системи розроблено основні положення з уніфікації об'ємно-планувальних рішень, спрямовані на забезпечення єдності технічних рішень, здешевлення та прискорення будівництва шляхом застосування збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення, розміри яких нормалізовані.

Основними елементами будівлі є колони, фундаменти колон, підкранові балки, балки покриттів, підкроквяні балки, ферми покриттів, підкроквяні ферми, плити покриттів, підкроквяні ферми, плити покриттів, стінові панелі, світлоаераційні ліхтарі та підлоги. Вибір і застосування типів і розмірів основних елементів будівлі проведено за рекомендаціями /6 стор. 41/, з урахуванням складу цеху і типу обладнання в ньому.

## 3.6 Організація виробництва та управління

### 3.6.1 Характеристика організаційних форм виробничого процесу на дільниці

Наука управління серед різних методів виокремлює три основні методи управління: економічний, організаційно-розподільчий, соціологічний. Усі ці методи взаємно впливають і обслуговують один одного. Економічні методи базуються на використанні економічних інтересів колективу. Найвагомішими важелями економічного управління є: планування, госпрозрахунок, матеріальне стимулювання за поліпшення виробничих показників.

Організаційний вплив визначає основу системи управління, внутрішні відносини і взаємозв'язок окремих положень, прав та обов'язків. Розподілені методи розвивають, конкретизують форми наказу, розпорядження. Для успішного використання соціологічних методів управління начальник дільниці повинен вивчати соціальні явища, які відбуваються на дільниці, використовуючи соціологічні дослідження.

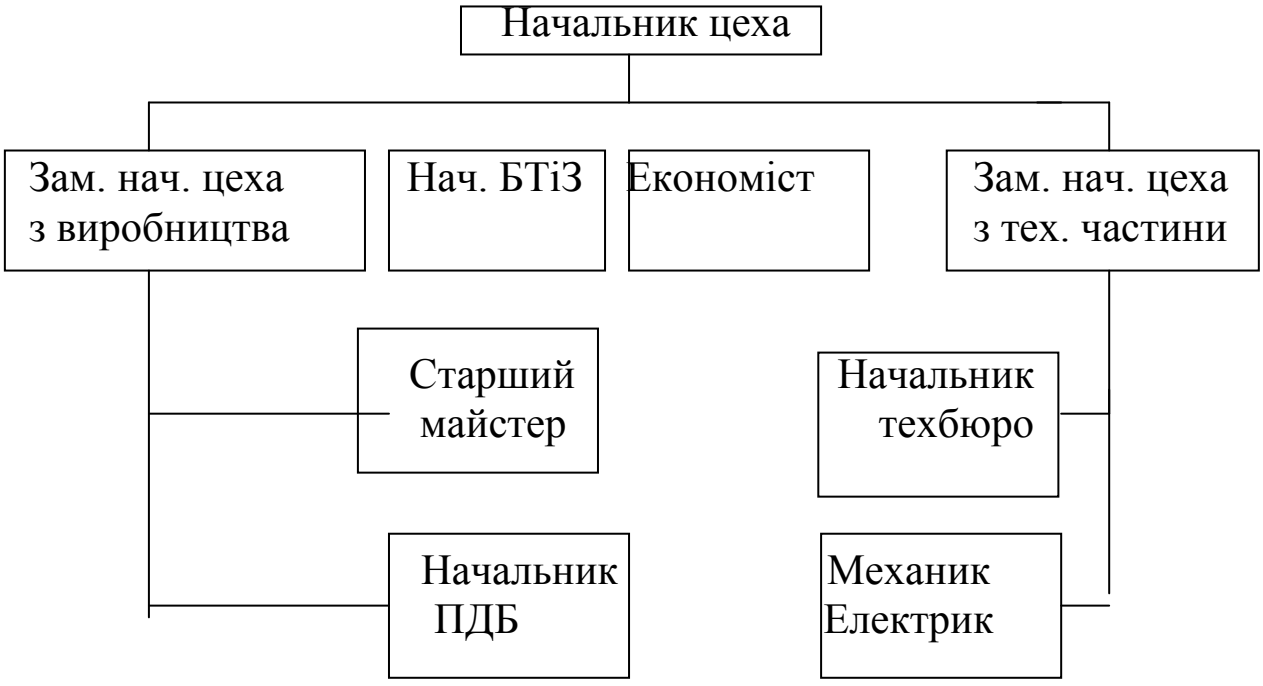



Рисунок 3.9 – Схема управління цехом

Начальник дільниці управляє роботою дільниці для забезпечення трудової та планової дисципліни, для раціонального використання резервів.

Дільниця входить до складу механічного цеху, у структурі якого займає певне місце.Заступник з технічної частини підпорядковується начальнику цеху і вирішує всі технічні питання в цеху. Йому підпорядковується служба механіка та енергетика. Заступник з виробництва здійснює керівництво роботою цеху з виконання виробничих завдань і підпорядковується начальнику цеху.

Технологічне бюро цеху розробляє техпроцеси і веде роботу з поліпшення діючих процесів, розробляє і впроваджує прогресивні методи, проводить інструктаж майстрів за правилами виконання техпроцесів.

Планово-економічне бюро бере участь у розробленні засобів, спрямованих на успішне виконання плану і зниження собівартості; розробляє і пропонує до розгляду і затвердження плановому відділу заводу проект перспективних річних, квартальних і місячних планів випуску по цеху, розробляє показники по дільницях і доводить їх до виконавців.

Бюро праці та заробітної плати виконує заходи щодо організації технічного нормування заробітної плати, контролює доцільність використання на виробництві фонду заробітної плати працівників.

Планово-диспетчерське бюро виконує оперативно-виробниче планування, забезпечує, регулює і контролює хід виконання планового завдання, складає виробниче завдання на дільницях по змінах, проводить відбіркову інвентаризацію всього незавершеного виробництва, складає щодобові звіти про виконання виробничих завдань по цеху.

## 3.7 Організація контролю та управління якістю

З метою усунення браку на виробництві створено систему управління якістю та організовано контроль продукції. Контроль готової продукції є

остаточним, він виявляє брак, пропущений раніше. Процес приймання готової продукції проводиться згідно з технологічною картою, в якій зазначено, що саме підлягає перевірці під час остаточного контролю і який відсоток деталей партії, що здається, піддається цьому виду контролю. У технологічній карті вказується призначений для контролю універсальний або спеціальний вимірювальний інструмент і контрольне пристосування.

Процес приймання готової продукції полягає в такому:

-зовнішній огляд з метою виявлення видимих оком дефектів (візуальний контроль);

перевірка розмірів і окремих елементів деталей - вибірковий контроль (2-5 відсотків від партії), а в разі особливо відповідальних деталей - 100-відсотковий контроль.

Відповідальні деталі після приймання таврують клеймом контролера, який проводив приймання. Це роблять для того, щоб виявити винуватця, який пропустив непридатні деталі, у разі виявлення браку під час складання або експлуатації.

На невідповідальних деталях клеймо не ставлять, а приймання фіксують у відповідних документах.

Під час контролю і приймання деталей найбільш уживаним універсальним вимірювальним інструментом є штангенциркуль, лінійка і щуп. Рідше застосовують кутомір, мікрометр, індикатор та інший інструмент.

Універсальний інструмент застосовується в тому випадку, коли перевірці піддають невелику кількість заготовок або деталей, або коли процес контролю досить простий і не вимагає виготовлення спеціального інструменту.

Застосування спеціального вимірювального інструменту спрощує процес контролю і знижує трудомісткість контрольних операцій, тому перевірку складних і просторових деталей у серійному і масовому виробництвах здійснюють за допомогою спеціальних шаблонів і пристосувань. Останні мають бути простими і зручними в експлуатації. З

метою успішної роботи апарату технічного контролю в цеху має бути організовано розмічально-вимірювальний пункт і еталонну кімнату.

На розмічально-вимірювальному пункті виконують:

- розмітку деталей, заміри, складання паспортів із зазначенням наявних відхилень від креслення і технічних умов на деталі, які вперше виготовляються у виробництві;

- визначення причин поганої збирання вузлів;

- періодичну контрольну розмітку деталей, що виготовляються невеликими серіями і не мають спеціального контрольного оснащення.

- В еталонній кімнаті зберігають зразки деталей, що штампуються, і їхні переходи. Ці зразки необхідно зберігати для переходів деталей, до якості яких висувають високі вимоги як за геометрією, так і за поверхнею.

# 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

## 4.1 Значення охорони праці та навколишнього середовища

Абсолютно нешкідливих і безпечних підприємств і виробництв не існує.

Завдання охорони праці - звести до мінімуму ймовірність нещасних випадків, захворювань працюючих з одночасним забезпеченням комфортних умов за максимальної продуктивності праці.

Важливе значення для забезпечення безпеки праці має

професійний добір з метою виявити осіб непридатних за своїми фізичними та антропометричними даними до участі в тому чи іншому виробничому процесі. На працюючих покладено обов'язок додержання інструкцій з охорони праці та техніки безпеки, встановлених вимог поводження з машинами та інструментами. Інструкції з охорони праці та техніки безпеки встановлюють правила виконання робіт і поведінки працюючих у виробничих приміщеннях і на робочих місцях.

Важливим завданням відділу охорони праці є залучення всього колективу до участі в розробленні та впровадженні заходів з охорони праці та до контролю за станом охорони праці на підприємстві.

Однак умови техніки безпеки та охорони праці обумовлюють не тільки методи безпечної роботи, а й встановлюють вимоги, які є обов'язковими до виконання під час проектування підприємств.

Під час проектування дільниці було прийнято технічні рішення і розроблено заходи, що забезпечують санітарно-гігієнічні умови в робочих приміщеннях і на робочих місцях, які не допускають забруднення довкілля, сприяють дотриманню правил техніки безпеки і вимогам пожежної профілактики. Під сказаним мається на увазі: санітарно-гігієнічні та протипожежні вимоги до будівлі, розміщення її на території підприємства; вимоги до освітленості робочих і службових приміщень; метеорологічних

умов усередині будівель і на робочих місцях; чистоти повітря, обмеження шуму й вібрацій; вимоги до вибору технологічних процесів, устаткування та різних механізмів, що забезпечують безпечні умови для роботи; застосування запобіжних пристроїв, які повністю унеможливлюють травматизм; розробка заходів щодо забезпечення безпеки праці; розробка заходів щодо запобігання травматизму; розробка заходів щодо запобігання травматизму.

У "Кодексі законів про працю України" передбачено обов'язкове розроблення безпечних і нешкідливих умов праці на стадії проєктування. Послідовно проводять лінію на значне зменшення ролі ручної праці, істотне скорочення і навіть ліквідацію монотонної, важкої фізичної та малокваліфікованої праці, забезпечення здорових санітарно-гігієнічних умов і впровадження сучасних засобів техніки безпеки, що усувають виробничий травматизм і професійні захворювання.

## 4.2 Заходи з техніки безпеки

Пресове обладнання холодноштампувальних дільниць щодо травматизму є найбільш небезпечним. Тому в проекті принципово вирішено всі питання, пов'язані з технікою безпеки.

Усі місця на дільниці, які є найбільш небезпечними щодо травматизму, огороджені, наприклад, автоматичні штампувальні комплекси, багатопозиційні преси-автомати. Преси мають кожухи, що захоплюють усі його зовнішні рухомі або обертові деталі та вузли, надійне пускове управління (кнопки, педалі), що не допускають можливість випадкового або мимовільного ввімкнення чи перемикання під час роботи. Станини обладнання, корпуси електродвигунів, пульти та прилади керування заземлені. Для місцевого освітлення в дільниці використовується напруга менше 42 В.

Безпека штампувального обладнання забезпечується правильністю вибору принципу його дії, кінематичної схеми, конструктивних рішень, спрямованих на забезпечення найбільшої безпеки працюючих. Захист має

бути, як правило, багатофункціональним (станина преса повинна забезпечувати не тільки огородження небезпечних елементів, а й знижувати рівень шуму і вібрації).

На безпеку машин величезний вплив має дотримання всіх характеристик міцності під час проєктування, виготовлення і складання. Конструктивна міцність обладнання визначається міцністю як матеріалу конструкції, так і її кріпильних з'єднань (зварні шви, гвинти, штифти). Велике значення має наявність на обладнанні контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв автоматичного регулювання, що дає змогу контролювати і своєчасно усувати відхилення в роботі обладнання.

На всіх пресах, що працюють в автоматичному режимі, передбачені загороджувальні сітки, при видаленні яких прес автоматично вимикається, тобто доступ у робочу зону під час роботи преса неможливий. Передбачені також дистанційні пульти керування роботою преса, винесені в безпечні місця, використовуються також дворучне ввімкнення.

Використовуване пресове обладнання відповідає ГОСТ 12.2.003-74 "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки". Огородження небезпечної зони виконано за ГОСТ 12.2.017-76 "Обладнання ковальсько-пресове. Общие требования безопасности" і ГОСТ 12.3.026-81 "Роботы ковальсько-прессовые. Вимоги безпеки".

На підйомно-транспортних механізмах (мостові крани, електровізки, електровізки, електрокари тощо) встановлено сигналізацію безпеки за ГОСТ 12.3.020-80 "Процеси переміщення вантажів на підприємстві. Вимоги безпеки".

Тара для вихідного металу, заготовок, напівфабрикатів, готових штамповок відповідає ГОСТ 12.3.010-82 "Тара виробнича. Безпека під час експлуатації".

Зберігання металу, заготовок, штампів, засобів механізації та автоматизації здійснено на спеціальних стелажах, піддонах, пристосуваннях, що виключають довільне падіння.

Дільниця належить до класу приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом до приміщень "з підвищеною небезпекою" відповідно до "Правил улаштування електроустановок ПУЕ-87".

Методи забезпечення електробезпеки огородження, робочої ізоляції струмоведучих частин, застосування знижених напруг, пристроїв захисного заземлення або занулення виконані відповідно до ГОСТ 12.1.019-79 "Электробезопасность".

Вибухобезпека забезпечена відповідно до вимог ГОСТ 12.1.010-76 "Вибухобезпека".

Слід зазначити, що в проектованій дільниці основний наголос на забезпечення безпечних умов праці, запобігання травматизму робиться на механізацію та автоматизацію виробничих процесів, які різко зменшують або повністю виключають необхідність безпосереднього контакту обслуговуючого персоналу з пресовим устаткуванням під час його роботи, запобігаючи тим самим проникненню рук робітника в небезпечні зони устаткування.

Особливе значення механізація має під час подавання заготовок у робочу зону штампа, яка є найнебезпечнішою зоною. Автоматизація і механізація полегшує умови праці, знижує стомлюваність або взагалі дає змогу здійснювати техпроцес без втручання людини, що вже саме по собі є умовою, яка сприяє запобіганню травматизму, оскільки втома знижує увагу робітника. Планування обладнання та організація технологічного процесу передбачає наявність незахаращених підходів, зручні проходи і проїзди.

## 4.3 Заходи щодо виробничої санітарії та гігієни праці

Найважливішими елементами, що забезпечують безпеку роботи і високу продуктивність праці, є освітленість, метеорологічні умови і чистота повітря в робочих приміщеннях.

Аналіз запропонованого в проєкті техпроцесу, пресового обладнання показує, що санітарний клас виробництва V відповідно до "Санітарних норм

проєктування промислових підприємств СН 245-71". Санітарно-захисна зона проєктованої ділянки встановлюється в розмірі 50 м від інших ділянок і житлового масиву.

Виробничий процес на ділянці належить до групи Іб - процес, що спричиняє забруднення одягу та рук, холодне листове штампування.

Оптимальні норми температури відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень встановлюються за ГОСТ 12.1.005-88 "Повітря робочої зони": категорія робіт - середньої тяжкості IIа, температура повітря 18...23 С. (залежно від пори року), відносна вологість 40...60%, швидкість руху повітря 0.2...0.3 м/с. Застосовано такі способи вентиляції: природна (провітрюванням), механічна (загальнообмінна, проточна і витяжна), а також кондиціонування повітря. Усі заходи щодо забезпечення нормальних умов повітряного середовища виконані згідно з вимогами СНиП .2.04.85-86 "Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря. Норми проектування".

Застосовано засоби індивідуального захисту: спецодяг, спецінструмент (гачки, пінцети), за необхідності - звукоізолюючі пристрої, респіратори та інше. Дотримуються правил обслуговування і ремонту обладнання.

Виробниче освітлення в проектованій дільниці передбачається як природне (через скління стін прольоту і світлові вставки в кришці будівлі), так і штучне. Освітленість на робочому місці виконано відповідно до СН і П II-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування".

Розрахунок освітленості приміщення проводимо на лампу ДРЛ – 500 з характеристикою:

потужність - 500 Вт.

світловий потік - 8000 лм.

діаметр лампи - 170 мм.

довжина лампи - 390 мм.

цоколь - Р40

Крім зазначеної кількості ламп на окремих робочих місцях, де це необхідно, встановлено також і місцеве освітлення.

Світильники місцевого освітлення оснащені відбивачами, виконаними з матеріалу, що не просвічує, із захисним кутом не менш як 30 град, а при розташуванні світильників нижче за рівень очей працюючого - не менш як 10 град. Крім робочого освітлення на ділянці передбачено аварійне освітлення, необхідне для освітлення в разі аварій і надзвичайних ситуацій.

Стомлюваність зору, а відтак і всього організму залежить не тільки від правильного освітлення, а також і від правильного колірного оздоблення приміщень і обладнання тощо. Темні тони погіршують освітленість, надмірно яскраві стомлюють очі, що веде до зниження продуктивності праці та підвищення рівня травматизму. Вибір раціонального колірного оздоблення виконується за СН181-70. Верх стін пофарбований у світлі тони, низ - у темний. Для нерухомих частин пресового обладнання встановлено зелено-блакитний колір, для рухомих - жовтий. Небезпечні щодо травматизму частини машин пофарбовані в червоний або помаранчевий колір. Рукоятки і кнопки управління - в червоний, помаранчевий і зелений. Знаки безпеки та сигнальні кольори виконуються за ГОСТ 15548-70.

Загальновідома шкідлива дія шумів і вібрацій на організм людини. Шуми і вібрації, що виникають на ділянці, пов'язані з виконанням технологічних процесів і є неминучими. Зниження рівнів шумів до допустимих меж і запобігання на робочих місцях вібраціям, що перевищують встановлені норми, здійснено згідно з ГОСТ 12.1.012-90 "Вібрація. Загальне освітлення" і ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. загальні вимоги безпеки". Це забезпечується: впровадженням автоматизації та механізації, що виключають необхідність перебування робітника в небезпечній зоні; зміною конструктивних параметрів пресів; заміною жорстких зв'язків на пружні (установлення устаткування на віброгасильні фундаменти, віброгасильні опори); розташування нижніх частин фундаменту устаткування нижче фундаменту стін, що зменшує вплив на них коливань.

Для індивідуального захисту від вібрацій можна віднести взуття з амортизуючою підошвою, для зниження впливу шуму застосовуються різні пробки, навушники, шоломи.

Охорона довкілля здійснюється з урахуванням специфіки виробництва на ділянці, що проектується. На ділянці встановлено пилоуловлювальні установки, відпрацьовані паливно-мастильні матеріали після відстою та очищення придатні для вторинного використання у виробництві. Злив відпрацьованих мастил проводиться в спеціальні відстійники. Вжито заходів, що унеможливлюють забруднення водойм або шкідливий на них вплив.

Адміністративно-побутові приміщення розташовані в окремій будівлі загальнокорпусного підпорядкування. Під час їх проєктування враховано вимоги СН і П.2.09.04-84 "Допоміжні будівлі та приміщення промислових підприємств", СН і П II-90-81 "Виробничі будівлі промислових підприємств", а також враховано СН 245-71 "Санітарні норми проєктування промислових підприємств". Усі санітарно-побутові приміщення мають не менше двох виходів, що відповідає вимогам пожежної безпеки. У гардеробних, туалетах, умивальних кімнатах, душових підлоги виконані з водостійких і нековзних матеріалів. Стіни облицьовані вологостійкими матеріалами, що піддаються миттю водою. Стелі душових пофарбовані олійною фарбою світлих тонів. У гардеробних передбачена кількість шаф, що замикаються, відповідно до списку працюючих.

Душові розміщені в приміщеннях суміжних із гардеробними. Туалети розташовані таким чином, що відстань до них не перевищує понад 75 м. А від робочого місця на території підприємства не більше 150 м. Умивальні кімнати відокремлені від гардеробних. Кількість умивальників прийнято 1 кран на 3...4 людини.

Обсяг виробничого приміщення в дільниці на кожного працюючого не менше 15 м;

конторських приміщень не менше 6 м;

не менше 8 м;

працівників 6 м

## 4.4 Заходи з пожежної безпеки

Проектування будівлі дільниці ведеться на основі СН і П II-90-81 "Проектування будівлі промислових підприємств. Норми проектування", СН і П II-2-80 "Протипожежні норми проектування будівель і споруд". Категорія виробництва за вибухо-пожежобезпечністю - "Д", оскільки речовини, які використовують у виробництві, обробляють у холодному стані, вони вогнетривкі.

Ступінь вогнестійкості будівельних конструкцій будівлі - II, тобто вона зібрана в основному з важкозаймистих матеріалів.

Під час проєктування передбачено шляхи евакуації на випадок пожежі - по проходах, проїздах, аварійні виходи. Шляхи евакуації розосереджені і найбільша відстань від найвіддаленішого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не перевищує 50 м.

Ширина пожежних проїздів дорівнює 4 м. Ширина проходів, що слугують для евакуації людей, 1 м., коридорів - 1.4 м., маршів і майданчиків сходів - 2 м., дверей - 2 м. Усі ворота і двері, що слугують для евакуації людей, відчиняються назовні.

Устаткування, силові та освітлювальні прилади і мережі відповідають вимогам пожежної безпеки. На ділянці встановлено засоби виявлення загорянь і пожеж, а також електричні оповіщувачі про пожежу.

Будівля забезпечена різним протипожежним інвентарем і вогнегасниками, є внутрішній пожежний водопровід. Проектування водопроводу виконано за СН і П II-Г.1-70.

# ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

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

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

4. Froes F. The Beta Titanium Alloys *J. Metals.*1985. 7, P. 28–32.

5. Liu B., Yang X. Development of international titanium industry, preparation technology and applications *Mater. Sci. Eng. Pow. Metall*. 2008.2, P. 67–73.

6. Бичков А. С. Концепція підвищення експлуатаційних характеристик конструкцій агрегатів вітчизняних цивільних літаків спеціальними методами порошкової металургії: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.07.02. Київ: 2019. 311 с.

7. Гриднєв В.М. Фізичні основи швидкісного термозміцнення титанових сплавів: Київ: Наук. Думка, 1986. 256 с.

8. Стеблюк В.І., Марченко В.Л., Бєлов В.В., Гривачевський А.Г. Технологія листового штампування. Курсове проектування. Київ: Вища школа. Головне видавництво, 1983. 280 с.

9. Трофименко В.В., Клименко О.П., Овчаренко В.І. Методичні вказівки з дисципліни “Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство” до виконання лабораторного практикуму з розділу “Обробка матеріалів тиском, частина І (отримання машинобудівних профілів)” для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2012. 24 с.

10. Yavtushenko A., Yavtushenko G., Protsenko V., Bondarenko Y., Vasilchenko T. Dynamics of Mechanical Press Drive. *Proceedings of the*

*International Conference on Modern Electrical and Energy Systems Mees*. 2019. P. 14–17.

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

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

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

# ДОДАТКИ

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Дубл. | | | |
| Взам. | | | |
| Ориг. | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **З Н У** | | | |
| Манжета | | | |

**Міністерство освіти та науки України**

**Запорізький національний університет**

**Інженерний-навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні**

**Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки**

**КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ**

**ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ**

**Перевірив** _____ **(А.В. Явтушенко)** **Зав. кафедрою**

**Техн.контроль** _____ **(Ю.О. Бєлоконь)** _____**( Ю.О. Бєлоконь )**

| | |
|---|---|
| ТА | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Дубл | | | |
| Взам. | | | |
| Ориг. | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Розробив | Серединський Д. | | | **З Н У** | |
| Перевірив | Явтушенко А.В. | | | | |
| | | | | | |
| | | | | Манжета | |
| Н.контр. | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| М 01 | | | | | | | | | | | |
| М 02 | Код | ОВ | МД | ОН | Н.витр. | КВМ | Код загот. | Профіль і розміри | | КД | МЗ |
| | кг | | | хвил. | | 0,65 | стрічка | 1.5×60 | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| А | Цех | Діл | Рм | Опер | Код найменування операції | Позначення документу | | | | | | | | | | | |
| Б | Код найменування обладнання | | | | | СМ | Проф | Р | УП | КВ | КОВД | ОН | ОП | Кшт | Тпз | Тшт | |
| А 03 | 01 | 02 | 1 | 10 | Вирубка-пробивка | А | штамп | 4 | хол. | 1 | 1 | хв. | | 1 | | 0,039 | |
| Б 04 | Прес кривошипний КД2128, Рн=630 кН | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | Штамп сумісної дії | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | Встановити стрічку в пристрій пресу | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | Включити прес | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | Штампувати | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | Просунути стрічку на крок 150 мм | | | | | | | | | | | | | | | 0,039 | |
| 10 | Видалити відхід | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| КТП | холодного штампування | | | | | | | | | | | | | | | | |

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

| | | | |
|---|---|---|---|
| Дубл. | | | |
| Взам. | | | |
| Ориг. | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| А | Цех | Діл | Рм | Опер | Код найменування операції | Позначення документу | | | | | | | | | | |
| Б | Код найменування обладнання | | | | | СМ | Проф | Р | УП | КВ | КОВД | ОН | ОП | Кшт | Тпз | Тшт |
| К/М | Найменування деталі, зб. Одиниці чи матеріалу | | | | | Позначення, код | | | | | | | | | | |
| А 01 | 01 | 02 | 2 | 20 | Гнуття | | | | | | | | | | | |
| Б 02 | Прес кривошипний К2130, Рн=100кН | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | Штамп для гнуття | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | Встановити заготовку в штамп | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | Включити прес | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | Штампувати | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | Видалити відхід | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| КТП | холодного штампування | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Дубл. | | | |
| Взам. | | | |
| Ориг. | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| А | Цех | Діл | Рм | Опер | Код найменування операції | Позначення документу | | | | | | |
| Б | Код найменування обладнання | | | | | СМ | Проф | Р | УП | КВ | КОВД | ОН | ОП | Кшт | Тпз | Тшт |
| К/М | Найменування деталі, зб. одиниці чи матеріалу | | | | | Позначення, код | | | | | | |
| А 01 | 01 | 02 | 03 | 30 | Обрізка | | | | | | | |
| Б 02 | Прес кривошипний КД2128, Рн=630кН | | | | | | | | | | | |
| 03 | Штамп для обрізки | | | | | | | | | | | |
| 04 | Встановити заготовку в штамп | | | | | | | | | | | |
| 05 | Включити прес | | | | | | | | | | | |
| 06 | Штампувати | | | | | | | | | | | |
| 07 | Видалити відхід | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | |
| КТП | холодного штампування | | | | | | | | | | | |

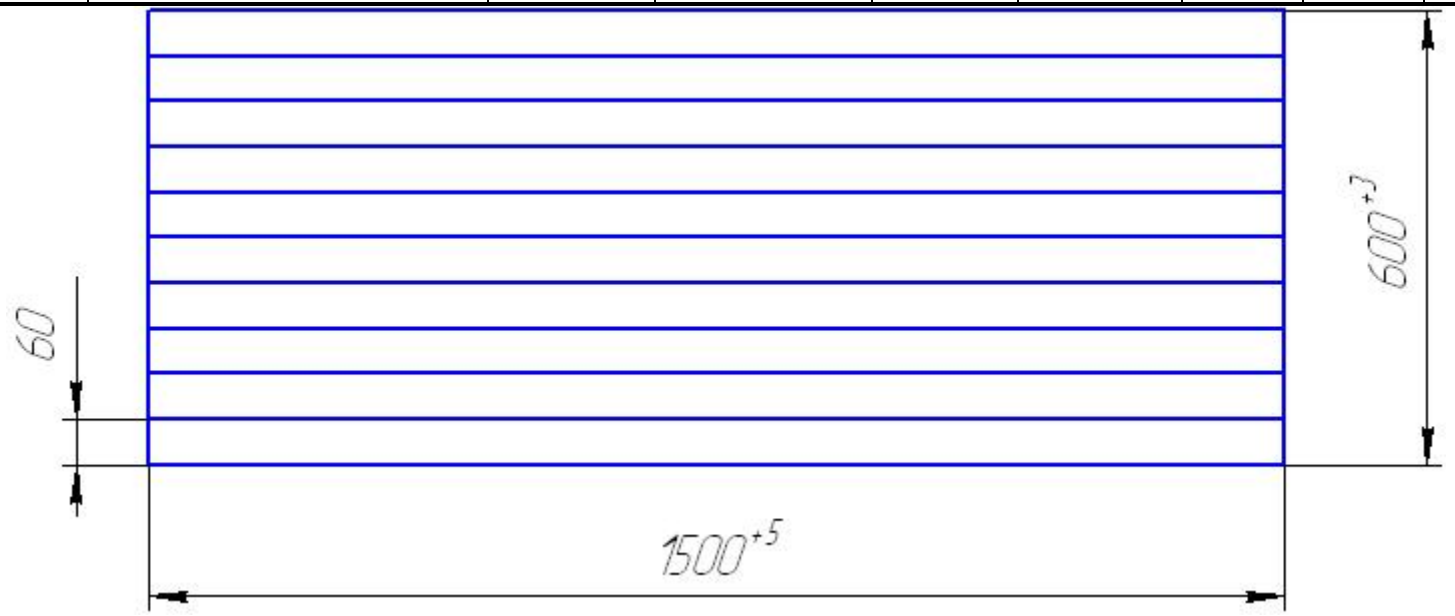
| | | | |
|---|---|---|---|
| Дубл | | | |
| Взам. | | | |
| Ориг. | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Розраб. | Серединський Д. | | | **З Н У** | | |
| Перевір. | Явтушенко А.В. | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Манжета | | |
| Н.контр. | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| М 01 | | | | | | | | | |
| М 02 | Код | ов | он | Код загот | Профіль і розміри | МЗ | КД | КЗ | КРМ |
| | хвил. | | кг | лист | 1.5×60 | 40 | 1074 | 1 | 0,65 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| М | НЭ | Позначення деталі | | МД | КДЗ | Довж. | Н. витр. | КВМ | З. відх | КВВ |
| Ц | НЭ | Позначення деталі | | Н. відх | КДВ | | | | | |

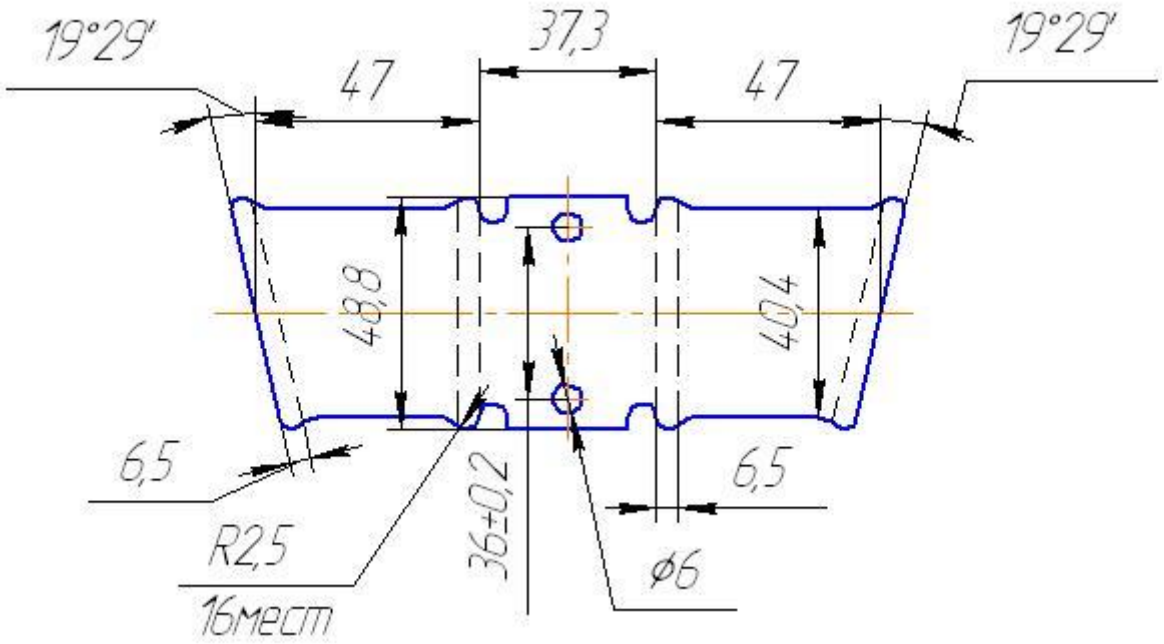
| | |
|---|---|
| М 03 | |
| Ц 04 | |
| 05 | |
| 06 | |
| 07 | |
| 08 | |
| 09 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |




| | | |
|---|---|---|
| КТІ | розкрою металу | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ориг. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Розраб. | Серединський Д. | | | **З Н У** | | | | | | | | | | | | | |
| Перевір. | Явтушенко А.В. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | Манжета | | | | | | | | | | | | | |

Вирубка-пробивка

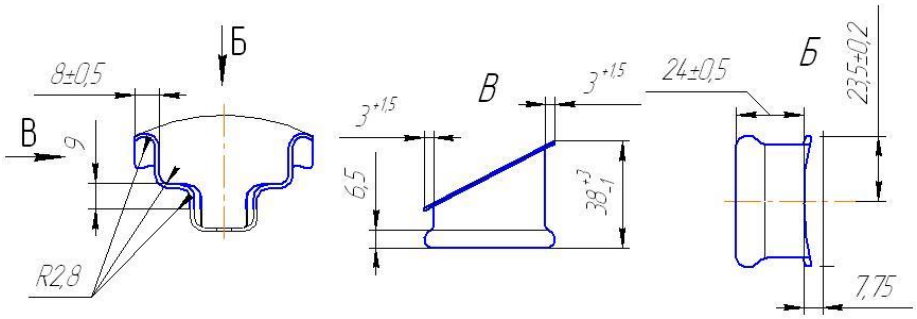



| КЕ | |
|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Дубл. | | | |
| Взам. | | | |
| Ориг. | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розраб. | Серединський Д. | | | **З Н У** | | | | | | |
| Перевір. | Явтушенко А.В. | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | | |

# Манжета




| Контролюємий параметр | | | Особливі вказівки |
|---|---|---|---|
| Найменування та позначення | Межові чи номінальні значення | Вимірені значення | |
| 2. Перевірити розмі- | 7,95-8,05 | 8,01 | Вибірково 0,5% на про- |
| ри 1 та 3 | 23,3-23,7 | 23,7 | тягу зміни |
| Калібром № 1501 | | | |
| | | | |
| 3. Перевірити | | | |
| Розміри | | | |
| 2 | 3+1,5 | 3 | Штангенциркулем |
| 4 | 24±0,5 | 24 | Штангенциркулем |

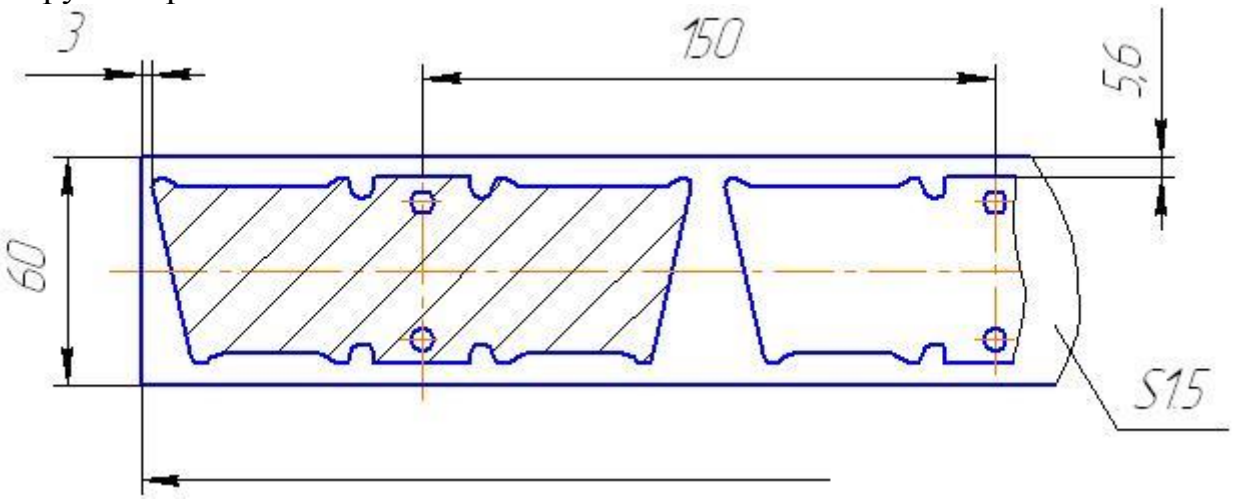
| Контролюємий параметр | | | |
|---|---|---|---|
| Найменування та позначення | Межові чи номінальні значення | Вимірені значення | |
| 1. Перевірить | Візуально | Подряпини | Контроль |
| зовнішнім | | відсутні | перших п`яти |
| оглядом наяв - | | | деталей - |
| ність подряпин | | | обов′язковий |
| та задирів на | | | |
| поверхнях | | | |

| Таб. номер | Дата і підпис | | | |
|---|---|---|---|---|
| | виконавця | керівника ділянки | Контролера ОТК | |
| | | | | |

| КВ | штампування |
|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ориг. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Розраб. | Серединський Д. | | | **З Н У** | | | | | | | | | | | | |
| Перевір. | Явтушенко А.В. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | Манжета | | | | | | | | | | | | |

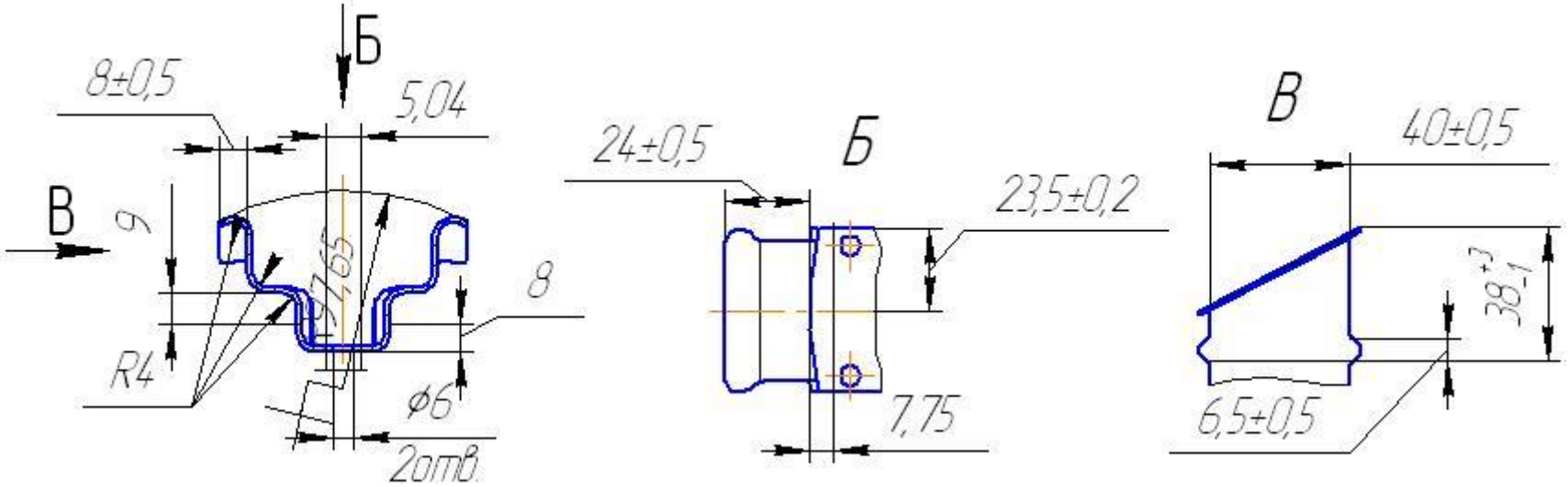
Вирубка-пробивка




| КЕ | |
|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ориг. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Розраб. | Серединський Д. | | | **З Н У** | | | | | | | | | | | | |
| Перевір. | Явтушенко А.В. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Манжета | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | |

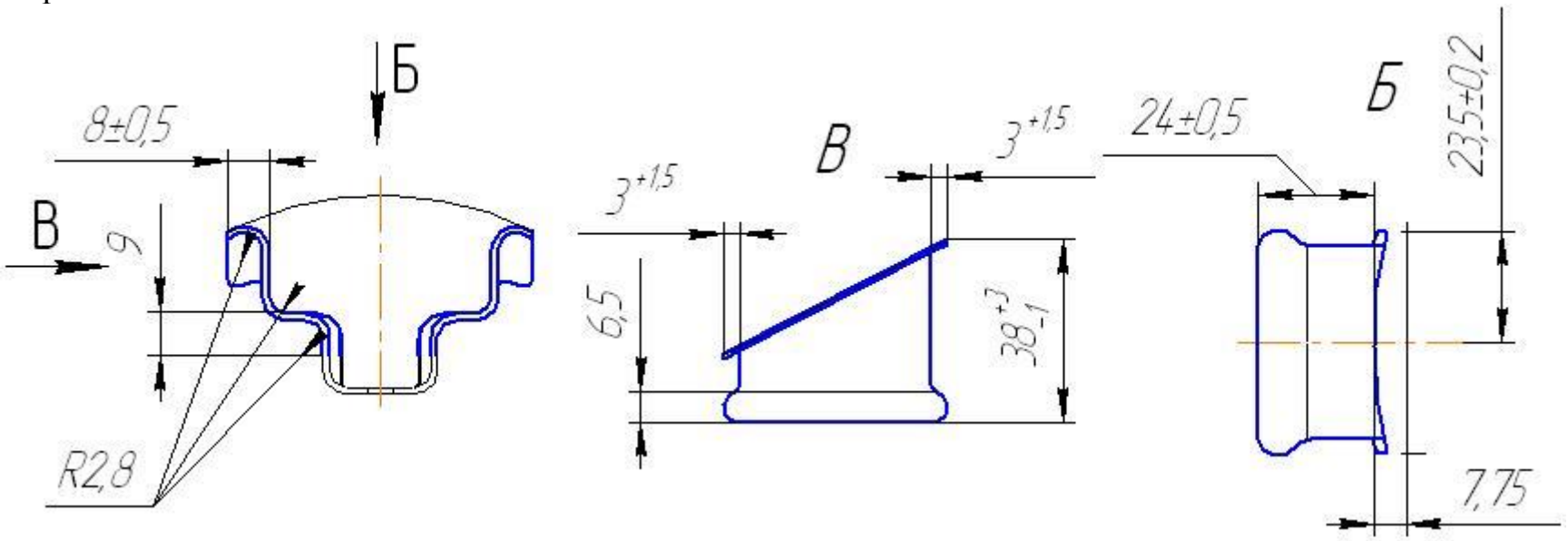
Гнуття




| КЕ | |
|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ориг. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Розраб. | Серединський Д. | | | **З Н У** | | | | | | | | | | | | |
| Перевір. | Явтушенко А.В. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Манжета | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | |

Обрізка




| КЕ | |
|---|---|