

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ШАТУН-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ КОМПРЕСОРА З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПАРАМЕТРІВ РІЗАННЯ

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МПм-61
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

Кришталович Ярослав Михайлович

Керівник

(підпис)

Пилипець М.І.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2021

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« »

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

2021р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня МАГІСТР

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кришталовичу Ярославу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення деталей шатун-поршневої групи компресора з оптимізацією параметрів різання

Керівник роботи Пилипець Михайло Ількович д.т.н., проф.

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

Затверджені наказом ректора від «___» _____ 20__ року № _____.

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Креслення шатун-поршневої групи; Креслення деталей; Річна програма випуску N=26250 шт; Заводський технологічний процес виготовлення деталей;

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Науково-дослідна частина. Технологічно-конструкторська частина. Проектна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) свердління отворів; інструментальні налагодження на фрезерування; приспособлення для перевірки міжосьової віддалі; пристосування спеціальне; графіки дослідження режимів різання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці.	Ткаченко І.Г., к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях.	Стадник І.Я., д.т.н., проф.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина.	10.09.2021 р.	
2	Науково-дослідна частина	30.09.2021 р.	
3	Технологічно-конструкторська частина.	30.10.2021 р.	
4	Проектна частина.	20.10.2021 р.	
5	Графічна частина	30.11.2021 р.	

Студент

_____ (підпис)

Кришталович Я.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Пилипець М.І.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Титульна сторінка	1
Завдання на кваліфікаційну роботу (двосторонній бланк)	2
ЗМІСТ	4
РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.	
Актуальність теми роботи	7
1.2. Методи вирішення поставленої проблеми	9
1.3. Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	11
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	15
2.1. Характеристика об'єкту або предмету дослідження	15
2.2. Оброблення результатів досліджень	17
2.3. Аналіз і узагальнення отриманої інформації	25
2.4. Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	27
3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	28
3.1. Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва	28
3.2. Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу	30
3.3. Визначення кількості обладнання	60
3.4. Конструювання спеціального оснащення та інструменту	64
4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	74
4.1. Визначення основних і допоміжних площ цеху	74
4.2. Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	81
ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	96
ДОДАТКИ	97

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 97 сторінок та додатки (специфікації складальних креслень, комплекти технологічної документації), графічна частина проекту складається з 6 листів формату А1.

Ключові слова: технологічний процес, технологічна операція, технологічний перехід, технологічне оснащення, інструмент, припуск, поверхня, режим різання, бази, базування, похибки, допуск.

Згідно із завданням необхідно спроектувати технологічний процес виготовлення деталей шатуно-поршневої групи компресора, для чого спроектовано технологічний процес і оптимізовано режими різання за критеріями собівартості обробки.

Річна програма випуску $N=26250$ шт.

В пояснювальній записці приводяться всі необхідні розрахунки, вона містить необхідні розділи і повністю відповідає встановленим вимогам.

У аналітичній частині проекту проводиться аналіз технічних умов, виходячи із службового призначення виробу, заводського технологічного процесу, сучасних досягнень в галузі виготовлення подібних виробів, на основі чого формується задача, яка вирішується в подальших розділах проекту.

У науково-дослідній частині приводяться результати оптимізації режимів різання за критеріями собівартості обробки.

У технологічно-конструкторській частині проекту виконані необхідні для розроблення технологічного процесу розрахунки, вибрано заготовки для деталей шатуно-поршневої групи компресора, встановлюється необхідна кількість переходів для обробки кожної поверхні, визначається оптимальна структура технологічного процесу, який детально розробляється.

Розробляються механізовані пристрої для фрезерування, свердління, розточування, а також контрольний пристрій.

У проектній частині визначено площі основних і допоміжних ділянок, розроблено план компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці.

Розроблені питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВСТУП

Машинобудівна промисловість грає важливу роль в розвитку виробничих потужностей держави. Від ступеня її розвитку залежить забезпечення постійного технічного прогресу народного господарства. Прикладна механіка – одна з провідних у машинобудівній галузі. Перспективи розвитку машинобудування пов'язані з впровадженням у виробництво інформаційних технологій і комп'ютерних систем.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що випускається, багато в чому залежать від випереджаючого розвитку виробництва нового устаткування, машин, верстатів і апаратів, від всемірного упровадження методів техніко-економічного аналізу.

В Україні створена могутня машинобудівна промисловість, що забезпечує всі галузі високоефективним устаткуванням. Технологи-машинобудівники виконують велику роботу з вдосконалення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості і матеріаломісткості їх виготовлення, упровадження поточкових методів роботи, механізації і автоматизації виробництва, а також скорочення технологічної підготовки виробництва нових об'єктів.

Від технології виробництва багато в чому залежать надійність роботи машин, а також економіка їх експлуатації. Вдосконалення технології машинобудування визначається потребами виробництва, необхідних суспільству машин. Розвиток нових технологічних методів сприяє конструюванню досконаліших машин, зниженню собівартості і зменшенню витрат праці на їх виготовлення.

Темою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення технології виробництва деталей модернізованого компресора ХШВ6-6,5-1М, з дослідженням та оптимізацією режимів різання. Деякі технологічні та конструкторські розробки, що наведені у проекті, мають реальний характер і можуть бути рекомендованими до впровадження у виробництво.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

Вибір оптимальних режимів різання та технологій, особливо у випадку обробки на багатофункціональних верстатах присвячені численні дослідження. В процесі обробки на таких верстатах значний вплив на якість оброблення мають складові сили різання, що виникають в процесі оброблення [1]. У роботах [2-6] оцінка оброблюваності проводилася шляхом свердління. В результаті цих досліджень були розроблені рекомендації щодо вибору режимів різання для конкретних матеріалів і деталей. При механічній обробці матеріал деталі піддається силовому та тепловому впливу в результаті тертя між інструментом і деталлю [7]. При силовому впливі в оброблюваному матеріалі виникають внутрішні напруження, виникає пластична деформація, матеріал зміцнюється, отримує наклеп. Підвищення температури в зоні різання може викликати зміни в оброблюваному матеріалі, що призводять до зниження твердості [8]. Застосування раціональних параметрів обробки неможливо без всебічного вивчення та проведення виробничих випробувань. Адже максимальне зниження трудомісткості механічного оброблення буде досягнуте при використанні оптимальних параметрів режиму різання.

Більшість публікацій вирішує питання на емпіричному рівні - шляхом підбору для конкретних оброблюваних матеріалів найвигідніших режимів різання. Тим більшу цінність набувають роботи, в яких містяться висновки про фізичні закономірності і відмінності процесу різання для досягнення різної точності. Тому при знайомстві з літературними джерелами таких публікацій приділялася особлива увага. Результати раніше виконаних досліджень процесів різання висвітлені в роботах таких вчених Я. Л. Гуревича, Н. Н. Зорева, А. Д. Макарова, П. Г. Петрухи, В. Н. Подураєва, Н. І. Резникова, Н. В. Талантова, Н. І. Ташлицької, А. Ш. Шифріна і багатьох інших, але ці дослідження направлені на періоди стійкості різальних інструментів їх збереження. Задачею нашого

дослідження є зменшення собівартості оброблення запропонованих деталей шатуна, пальця і поршня, які є складовими шатунно-поршневого вузла (рис.1.1-1.4)



a)

б)

Рисунок 1.1 - Шатун (а – різноманітні моделі шатунів; б – схема шатунно-поршневого вузла)

Деталі шатун – рис 1.2 і поршень – рис.1.4 виготовляється з вуглецевої сталі 35Л (ГОСТ 977-88) за допомогою лиття, палець – рис.1.3 виготовляється з прокату сталь ШХ15 (ГОСТ 801-47).

Ø15,3±0,2 мм, через утруднений доступ інструмента в зону обробки. Однак усі перераховані вище елементи конструкції обумовлені її застосуванням, отже, вони не можуть бути змінені. Не технологічний допуск на поверхню 14, що змушує виконати розмір за 12 квалітетом точності. У даному випадку, без шкоди в якості роботи шатунно-поршневого вузла дану поверхню можна виконати з вільним допуском (за 14 квалітетом точності) і меншими параметрами шорсткості.

Заготовка пальця прокат, тому конфігурація контуру не викликає труднощів при її одержанні. Отже всі поверхні, крім зовнішньої, будуть отримані методами механічної обробки. Не технологічними можна вважати отвори Ø3 мм і Ø1,5^{+0,06} мм унаслідок важкого базування заготовки для їхнього одержання, а також фаску в 60°. Однак, всі елементи конструкції обумовлені її застосуванням, тому зміні не підлягають.

Заготовка поршня отримується за допомогою лиття, конфігурація зовнішнього контуру не викликає труднощів при одержанні заготовки. Через малі габарити деталі такі елементи як отвори, а також елементи у виді канавок будемо одержувати механічною обробкою, щоб уникнути дефектів заготовки при остиганні. Внутрішню порожнину одержуємо за допомогою модельного стрижня, однак для неї потрібна додаткова обробка через присутність ливарних ухилів. Нетехнологічними в цій конструкції, у першу чергу, порожнина в поршні, виконана у виді складної поверхні, а також малий наскрізний отвір Ø1,6^{+0,06} мм і Ø2,5 мм. Однак знову, всі елементи конструкції обумовлені її застосуванням, і, отже, зміні не підлягають.

Виконавши кількісну оцінку технологічності деталей, можна зробити висновок про достатню їх технологічність. Параметри визнані нетехнологічними зміні не підлягають через конструктивне розуміння. Загальна кількість нетехнологічних параметрів невелика.

1.4 Сучасні досягнення в галузі технології виготовлення подібних виробів, порівняльний аналіз

Досягнення високих показників у машинобудуванні ґрунтується на врахуванні та використанні основних напрямів технології й організації виробництва:

1. Вдосконалення форм і методів організації технологічних процесів на основі використання досягнень науки і техніки, наукової організації праці, комплексної механізації та автоматизації.

2. Максимальне скорочення процесів оброблення металів за рахунок використання заготовок, що за формами, розмірами і якістю поверхонь наближаються до готових деталей. Такі заготовки підвищують техніко-економічну ефективність за рахунок зменшення витрати металу, зниження трудомісткості механічного оброблення і зменшення потреби у верстатах та електроенергії, металорізальному інструменті, що знижує собівартість виготовлення виробів.

3. Застосування для механічного оброблення високопродуктивного технологічного обладнання і оснащення: агрегатних і багатопозиційних верстатів; верстатів з ЧПК; металокерамічного та алмазного інструменту; інструменту із звичайних інструментальних матеріалів з різноманітними покриттями, стійкими до спрацювання; швидкодіючих пристроїв та інших технічних нововведень, спрямованих на інтенсифікацію режимів оброблення.

4. Пошуки засобів і методів підвищення точності форм і розмірів деталей та якості їх поверхонь з метою підвищення надійності і довговічності продукції, яка виготовляється.

1.5 Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу

Таким чином, проаналізувавши заводський варіант технологічного процесу механічного оброблення деталей шатунно-поршневої групи, робимо висновок про необхідність модернізації існуючого технологічного процесу. Ця модернізація полягає у наступному:

- 1) зміна структури технологічного процесу;
- 2) заміна швидкорізального інструменту на більш прогресивний твердосплавний;
- 3) вибір оптимального, з точки зору мінімальної собівартості і максимальної продуктивності, технологічного обладнання;
- 4) вибір заготовок з мінімальною собівартістю отримання;
- 5) розроблення технологічного оснащення для збільшення продуктивності і зменшення собівартості оброблення;

Напрямами наступних досліджень буде оптимізація режимів різання за критеріями собівартості оброблення і наступне розроблення технологічного процесу оброблення заданих деталей.

РОЗДІЛ 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика об'єкту або предмету дослідження

Актуальність теми: Задача машинобудування випуск надійної продукції з низькою собівартістю. В процесі механічного оброблення деталей необхідно досягати високих показників якості деталі. При проектуванні технологічного процесу, особливо на багатоцільових верстатах, де виконуються программно-комбіновані операції, можна встановити режими різання, які забезпечать необхідні параметри точності але приведуть до зменшення основного технологічного часу оброблення, до збільшення витрат інструменту внаслідок зниження його стійкості. А все це, в свою чергу, позначиться на величині поточних витрат.

Сучасні системи автоматизованого програмування (САП) повинні вирішувати оптимізаційні задачі, що стосуються організації процесу механічного оброблення матеріалів. Основне завдання оптимізації процесу різання полягає у виборі таких умов оброблення, за яких необхідні показники якості деталі отримують при мінімальних затратах живої або опрідметненої праці. Величина цих показників багато в чому визначається режимами різання. При проектуванні технологічного процесу можуть бути встановлені режими різання, які при необхідному забезпеченні параметрів точності зменшують основний технологічний час оброблення, збільшують витрату інструменту внаслідок зниження його стійкості. Це, в свою чергу, позначиться на величині поточних витрат. Отже, для організації раціональних умов оброблення необхідно виявити вплив технологічних чинників на параметри, що формують собівартість продукції. Таким чином оптимізація режимів різання при обробленні на багатоцільових верстатах є актуальною задачею, що визначила напрямок досліджень даної магістерської роботи.

Мета і задачі досліджень.

Метою роботи є зниження собівартості оброблення на багатофункціональних верстатах шляхом оптимізації режимів різання.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено наступні задачі:

1. Дослідити стан питання оптимізації режимів різання.
2. Проаналізувати особливості оброблення на багатофункціональних верстатах.
3. Розробити цільові функції для оптимізації режимів різання з урахуванням собівартості оброблення.
4. Розробити блок схеми і програму в середовищі MATHCAD для оптимізації режимів механічного оброблення.

Об'єкт дослідження - процес механічного оброблення на багатофункціональних верстатах.

Предмет дослідження - оптимізація режимів різання при обробленні на багатофункціональних верстатах.

Методи дослідження. Теоретичні, статистичні дослідження, розробка практичних рекомендацій проводились на основі положень теорії різання та технології машинобудування. Обробка результатів дослідження проводилась з використанням стандартних програм ЕОМ.

Наукова новина одержаних результатів:

- доведено, що оптимізація режимів різання при обробці може здійснюватися з урахуванням собівартості оброблення;
- розроблено математичне моделювання процесу різання для визначення очікуваних характеристик точності обумовлених дією різних факторів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що визначені режими різання при обробленні на багатофункціональних верстатах сприяють зниженню собівартості на даних верстатах. При впровадженні результатів роботи у виробництво можна досягти економічного ефекту.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення і результати магістерської роботи доповідались на IV Міжнародній студентській

науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» ТНТУ імені Івана Пулюя (2021 рік), X Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій” (2021 рік).

2.2. Оброблення результатів досліджень

Оптимізація режимів різання за критеріями собівартості оброблення

Витрати, утворюючі собівартість продукції (роботи), групуються відповідно до їх економічного вмісту за наступними елементами: матеріальні (за вирахуванням вартості поворотних відходів); витрат на оплату праці; відрахування на соціальні потреби; амортизація основних фондів; інші витрати [15].

Розглянемо методику раціональної організації процесу оброблення на прикладі програмно-комбінованої операції, що виконується на багатоцільових верстатах. У цих умовах собівартість оброблення можна визначити таким чином [15]:

$$\sum_{i+1}^p C_{nep} = \sum_1^p (t_{0i}q_{3i} + t_{Ti}q_{1i} + t_y q_{1i} + t_{ynp}q_{2i} + C_{Hi}) \quad (2.1)$$

де i - число переходів;

t_{0i} - основний технологічний час i -того переходу,

t_{Ti} - час технічного обслуговування,

t_{yi} - час установки і знімання деталі з верстата;

q_i - величини, що враховують витрати, віднесені до 1 хв. роботи верстата на i -м переході;

C_{Hi} — витрати на наладку верстата, віднесені до однієї деталі.

У залежності (2.1) для кожного переходу:

$$q_1 = C_a + C_3;$$

$$q_2 = C_a + C_3 + C_{ел.х} + C_p;$$

$$q_3 = C_a + C_3 + C_{ел.р} + C_{ел.х} + C_p + C_i,$$

де C_a , C_3 , $C_{ел.х}$, $C_{ел.р}$, C_p , C_i - витрати на амортизацію, заробітну плату, електроенергію, що витрачається на здійснення робочого i -ого переходу, поточний ремонт обладнання, на ріжучий інструмент відповідно, віднесені до 1 хв. роботи верстата.

З залежності (2.1) виходить, що при незмінних t_T , t_y , t_{ynp} собівартість оброблення залежить від основного технологічного часу, який визначається режимами різання.

В процесі проектування переходів програмно-комбінованої операції необхідно вирішити завдання оптимізації швидкості різання v і подачі S за критеріями собівартості оброблення. Рішення цієї задачі дозволяє виявити зону пошуку раціональних режимів різання.

З умови мінімуму собівартості оброблення можна записати:

$$C_{\min} = \left\{ \frac{\partial C}{\partial v} = 0 \text{ і } \frac{\partial C}{\partial S} = 0 \right\}, \quad (2.2)$$

де $\partial C/\partial v$ і $\partial C/\partial S$ — частинні похідні собівартості оброблення за швидкістю різання і подачі.

Формула (2.2) має безліч рішень, що означає можливість появи різних поєднань швидкостей різання v і подачі S , при яких собівартість буде мінімальною (рис. 2.1).

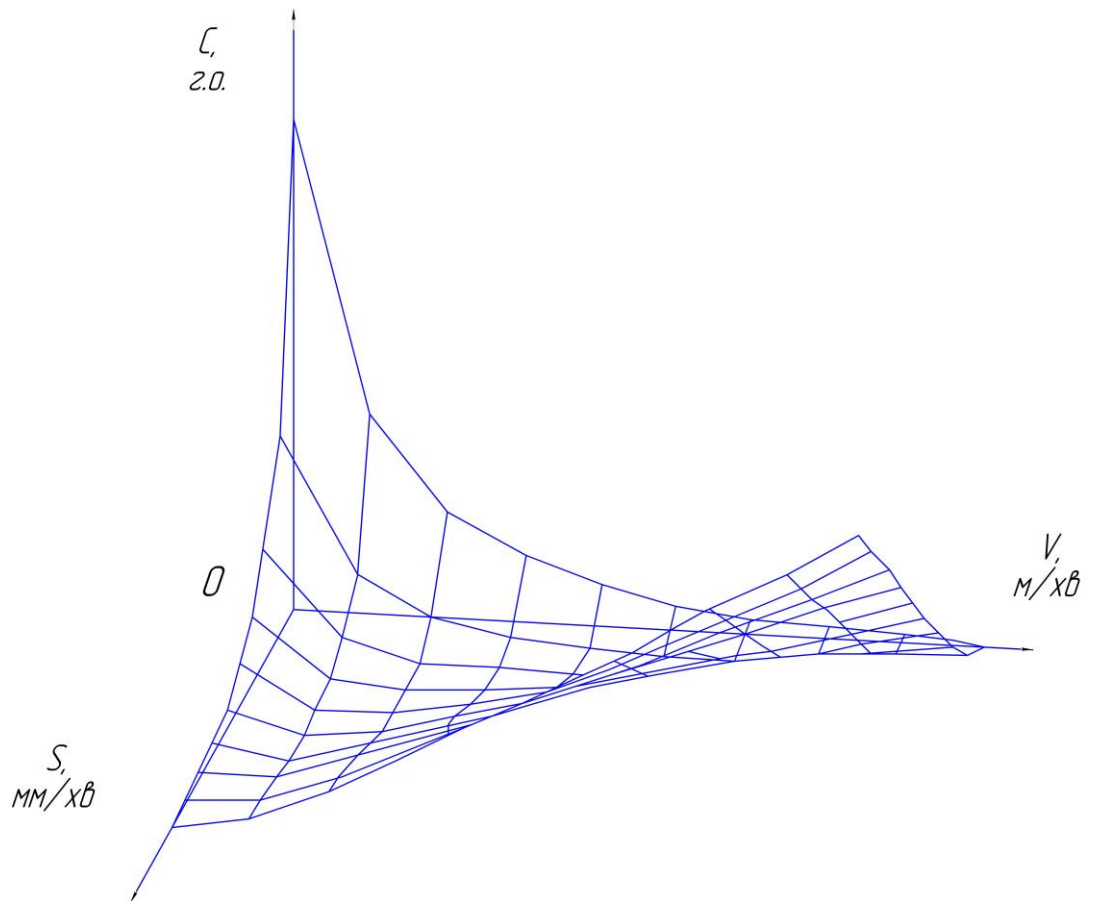


Рисунок 2.1 – Поєднань швидкостей різання v і подачі S , при яких мінімальна собівартість

На рис. 2.2 показана крива, отримана перетином функції відсікаючої, проведеної через точку мінімуму, знайденої за формулою (2.2), паралельно подачі.

У зв'язку з інваріантністю визначення мінімуму собівартості оброблення і зважаючи на відсутність раціональних методик підбору подачі і швидкості різання і за критерієм собівартості необхідно обмеження на поєднання режимів різання за максимальною потужністю верстата і шорсткістю оброблюваної поверхні.

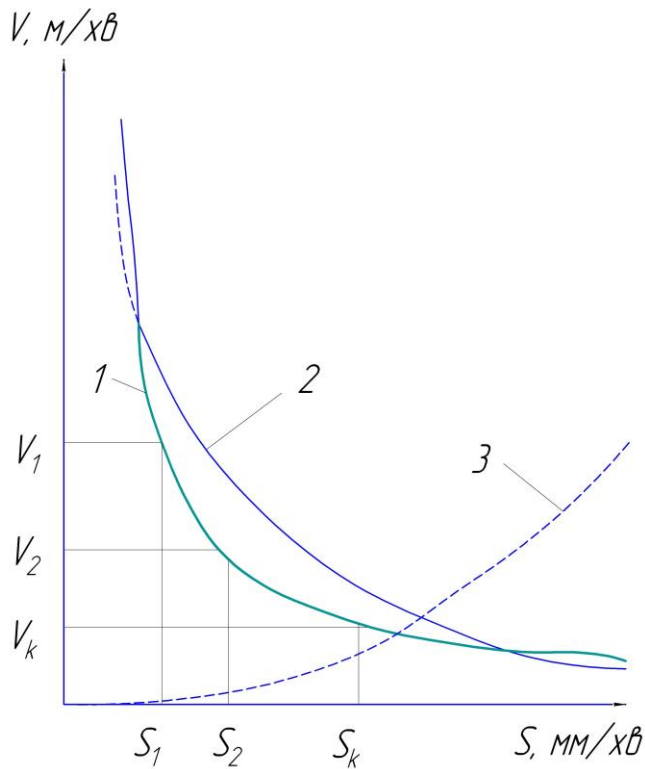


Рисунок 2.2 - Вибір режимів оброблення, відповідних мінімуму собівартості C , різних обмежень: 1 — мінімальна собівартість; 2 — максимальна потужність верстата; 3 — шорсткість обробленої поверхні (оптимальна подача і швидкість різання: або v_2 або S_k)

На рис. 2.2 лінією 3 показана область пошуку оптимальних режимів різання прийнятих обмежень.

Для того, щоб ще більш звужити зону пошуку, треба внести обмеження і за точністними характеристиками. Очікувані характеристики точності можна визначити за допомогою математичного моделювання процесу різання, обумовленого дією різних факторів.

Як приклад приведемо методику оцінки точності оброблення розточуваних отворів на окремих переходах програмно-комбінованої операції (рис.2.3).

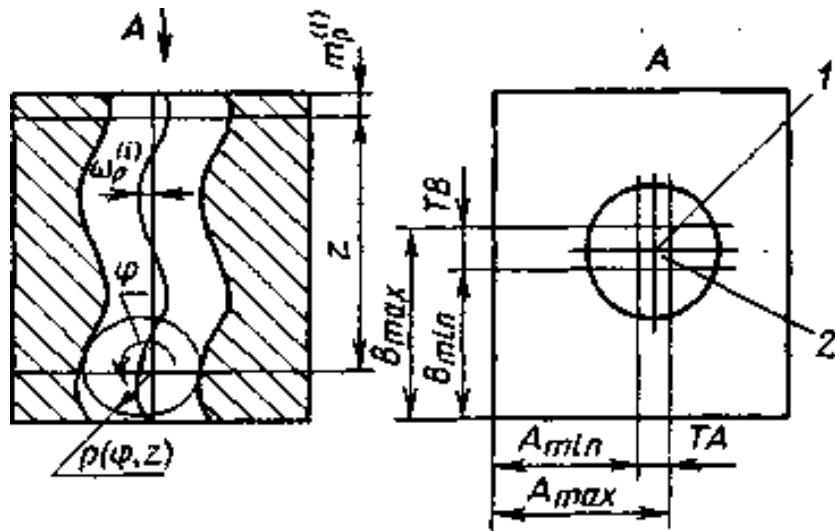


Рисунок 2.3 – Схема до розрахунку радіус-вектора:

1 — вісь обертання інструменту; 2 — область положення осей отвору

Положення отвору, отриманого в процесі оброблення, визначається полем розсіяння радіус-вектора. Радіус-вектор (рис. 2.3), що описує отвір з хвилеподібною центральною лінією, можна визначити таким чином [17]:

$$\rho(\varphi, z) = \sqrt{r^2 + \omega_p^2 \cos^2 \left(\frac{2\pi p}{L} z + m_p \right) + 2r\omega_p \cos \left(\frac{2\pi p}{L} z + m_p \right) \cos \varphi}, \quad (2.3)$$

де r — радіус середнього кола; ω_p — амплітуда і фаза z -ої гармоніки; L — довжина отвору; m — віддаль, що визначає положення даного перетину; φ — кут повороту радіус-вектора.

Початковими даними для розрахунку служать: R — радіус отвору; T_B , T_Δ — поля допусків розмірів, що координують положення осі отвору в заготовці; R_3 — радіус отвору в заготовці; S — хвилинна подача; v — швидкість різання; коефіцієнти і показники для розрахунку сил різання; креслення оброблювання. Алгоритм розрахунку радіус-вектора і його поля розсіяння при розточуванні отвору представлений на рис. 2.4.

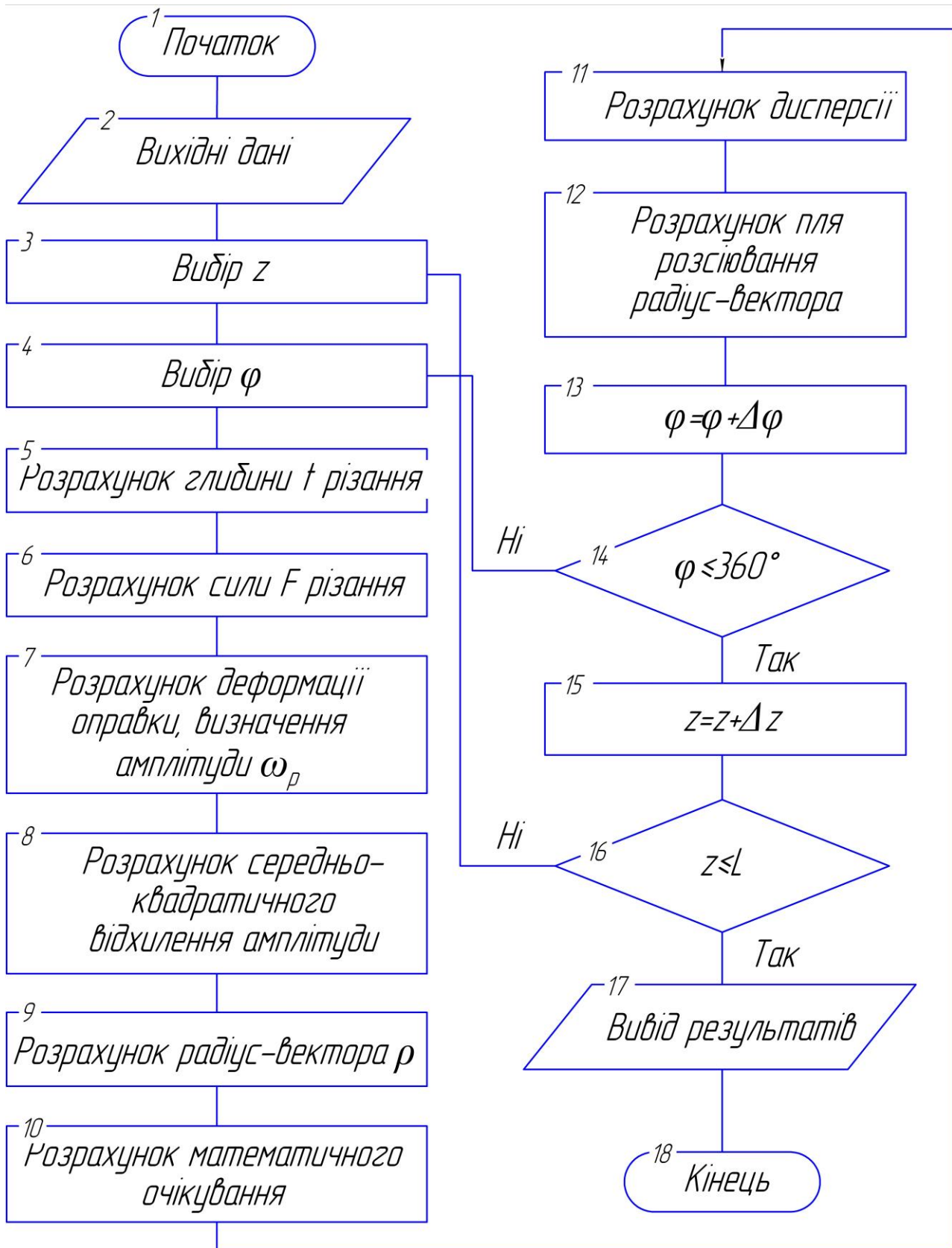


Рисунок 2.4 - Алгоритм розрахунку радіус-вектора і його поля розсіяння

Після введення початкових даних вибирається положення радіус-вектора, яке задається поперечним перетином (оператор 3) і початковою точкою в ньому оператор 4). Після цього визначається глибина різання (оператор 5)

$$t(\varphi) = R - \frac{R_1 \sin[\varphi + \arctg(TB/TA)] + \arcsin\left\{\frac{\sqrt{TA^2 + TB^2} \sin[\varphi + \arctg(TB/TA)]}{R_1}\right\}}{\sin[\varphi + \arctg(TB/TA)]} \quad (2.4)$$

Далі відповідно до алгоритму обчислюються: сила різання $F_{(t)}$ (оператор 6); деформації розточувального отвору або амплітуди переміщень ω_p (оператор 7); середнє квадратичне відхилення амплітуди (оператор 8).

$$\omega_p = x; \cos\left(\frac{2\pi p}{L} z + m_p\right) = y; \quad (2.5)$$

Потім розраховуються радіус-вектор ρ (оператор 9); математичне очікування і дисперсія функції $\rho_{(\varphi,z)}$ (оператори 7 і 12).

$$\rho(x, y) = \sqrt{x^2 y^2 + 2rxy \cos \varphi + r^2} \quad (2.6)$$

Для зручності розрахунку математичне очікування і дисперсію у формулі (2.3) позначимо: M і D .

Вважатимемо, що амплітуда підкоряється розподіленню Релея [17], тобто має щільність

$$x: f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0 \\ \frac{x}{\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$$

а фаза розподілена рівномірно [17] в інтервалі від Pr до i має щільність

$$y: f(y) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{1-y^2}} & \text{при } |y| < 1 \\ 0 & \text{при } |y| > 1 \end{cases}$$

Для цих умов, застосовуючи до випадкової функції (2.3) операції математичного очікування і дисперсії, отримаємо математичне очікування:

$$M = \int_0^{\infty} \int_{-1}^1 \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + 2rxy \cos \varphi + r^2}}{\sqrt{1-y^2}} \frac{x}{\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx dy; \quad (2.7)$$

дисперсію:

$$D = \int_0^{\infty} \int_{-1}^1 \frac{x^2 + y^2 + 2rxy \cos \varphi + r^2}{\sqrt{1-y^2}} \frac{x}{\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx dy - M^2; \quad (2.8)$$

Для обчислення цих інтегралів можна застосувати аналог формули прямокутників:

$$\int_b^a \int_d^c f(x, y) \approx \frac{(b-a)(d-c)}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} z_{ij} \quad (2.9)$$

де a, b, c, d — числа інтервалів розбиття за осями Ox і Oy .

Далі розраховуємо поле розсіяння радіус-вектора (оператор I_2):

$$\Delta = 2z_p \sigma,$$

де σ — квадрат нормованого розподілу.

За приведеним алгоритмом проводять обчислення для всього заданого числа крапок в першому поперечному перетині. Після чого переходять до наступного поперечного перетину і операції повторюють до тих пір, поки не розглянуть необхідне число поперечних перетинів і крапок в них (оператори $I3+I6$).

2.3. Аналіз і узагальнення отриманої інформації

Розглянута математична модель підсумовує поля допусків розмірів, що координують положення осі отвору, з врахуванням деформації центральної лінії отвору і поля допуску радіусу отвору в заготовці. При цьому сумарна очікувана похибка розглядається у вигляді випадкової функції в різних точках обробленої поверхні отвору, значно звужуючи зону пошуку раціональних режимів різання. Такий підхід дає можливість точнішого рішення поставленої задачі і прогнозування точності при різних режимах різання. Отримані дані входять в модель оптимізації режимів різання.

Узагальнений алгоритм пошуку оптимальних режимів різання приведений на рис. 2.5.

В процесі розрахунку можливі два варіанти. Якщо очікувана похибка оброблення перевищує задану кресленням, то в математичну модель розрахунку точності оброблення вводяться методом перебору інші значення і з визначеної заздалегідь зони пошуку (див. рис. 2.2). Якщо розрахункове значення, що характеризує точність оброблення, не перевищує заданого, то слід розрахувати очікувану собівартість оброблення, яка матиме мінімальне значення.

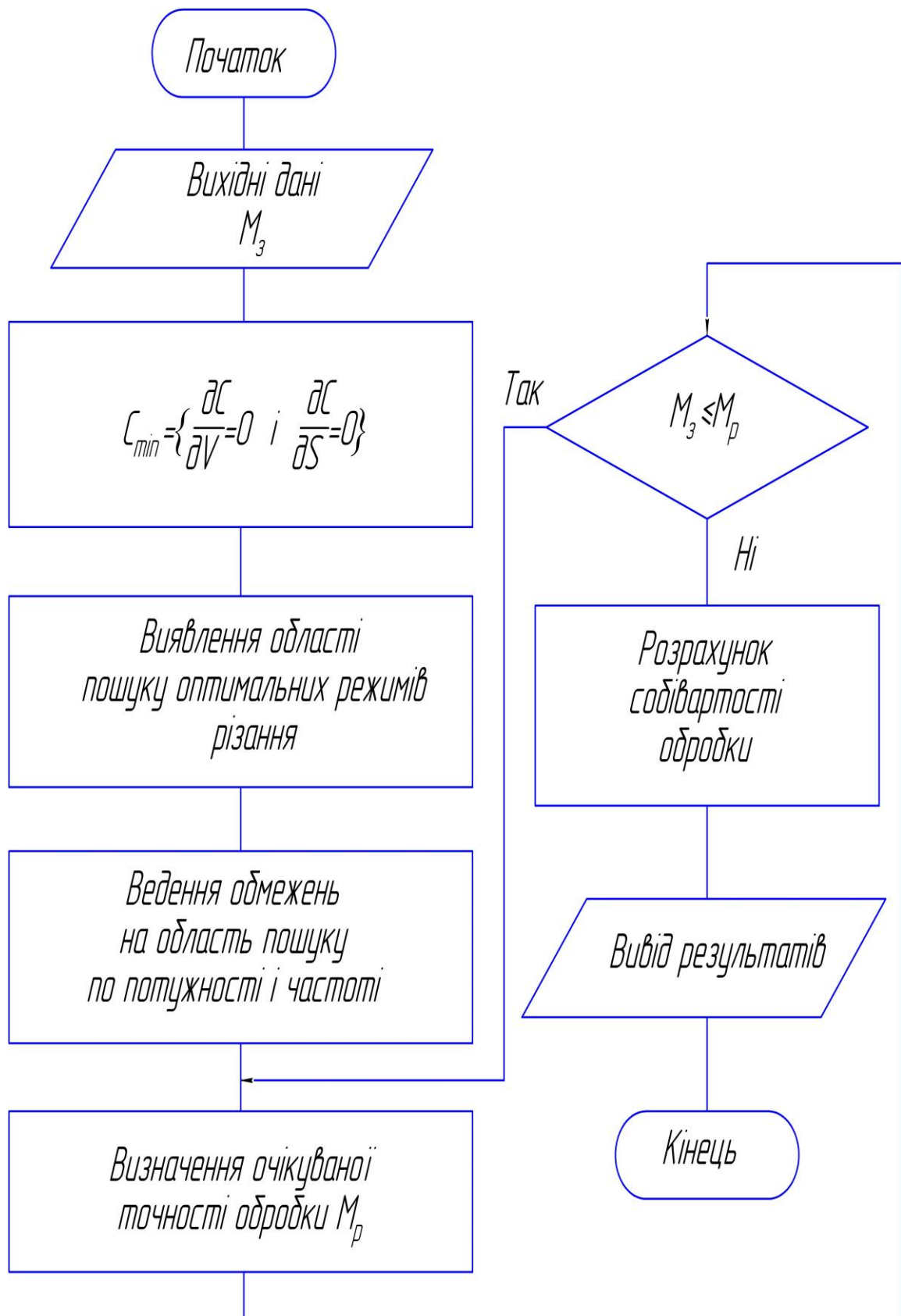


Рисунок 2.5 - Алгоритм пошуку оптимальних значень режимів різання

2.4. Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

На основі приведеного алгоритму розроблена програма в середовищі MATHCAD і проаналізовано процес оптимізації режимів механічного оброблення для двох параметрів на ЕОМ класу Pentium.

Отримані результати можна використовувати для вибору оптимальних режимів різання в процесі механічного оброблення.

3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва

Об'єктом виконання роботи є шатунно-поршневий вузол (рис.3.1), технології виготовлення деталей якого потрібно розробити.

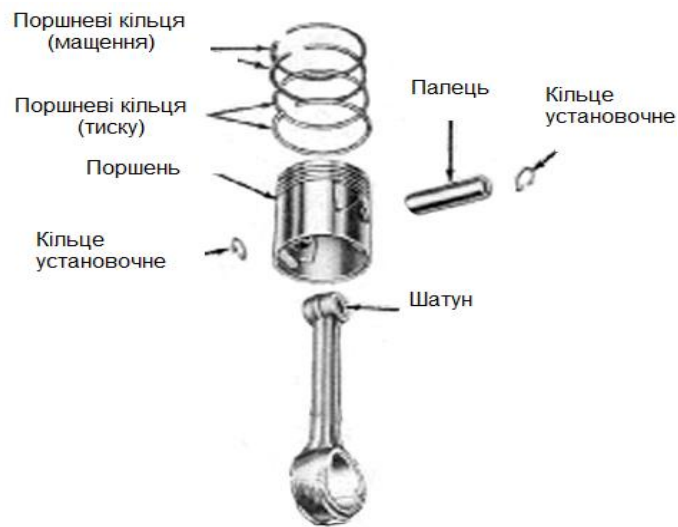


Рисунок 3.1 - Схема шатунно-поршневого вузла

Ескізи деталей, із пронумерованими поверхнями приведені на рис.3.2, 3.3, 3.4.

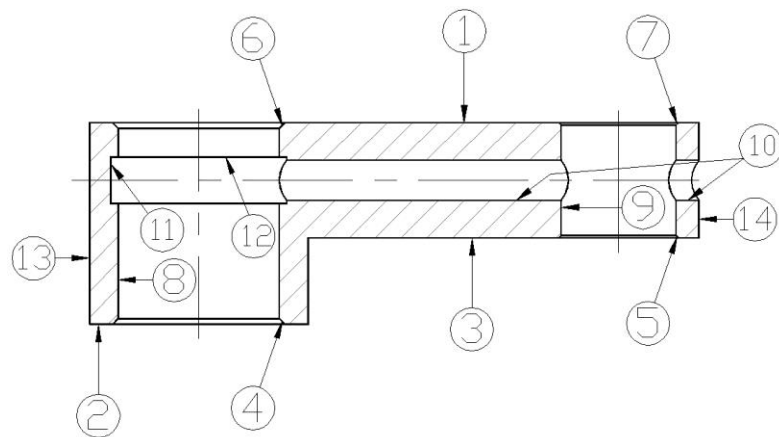


Рисунок 3.2 - Поверхні шатуна

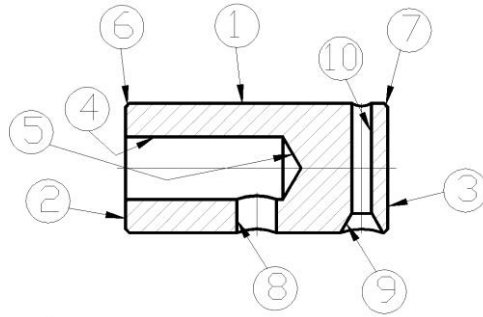


Рисунок 3.3 - Поверхні пальця

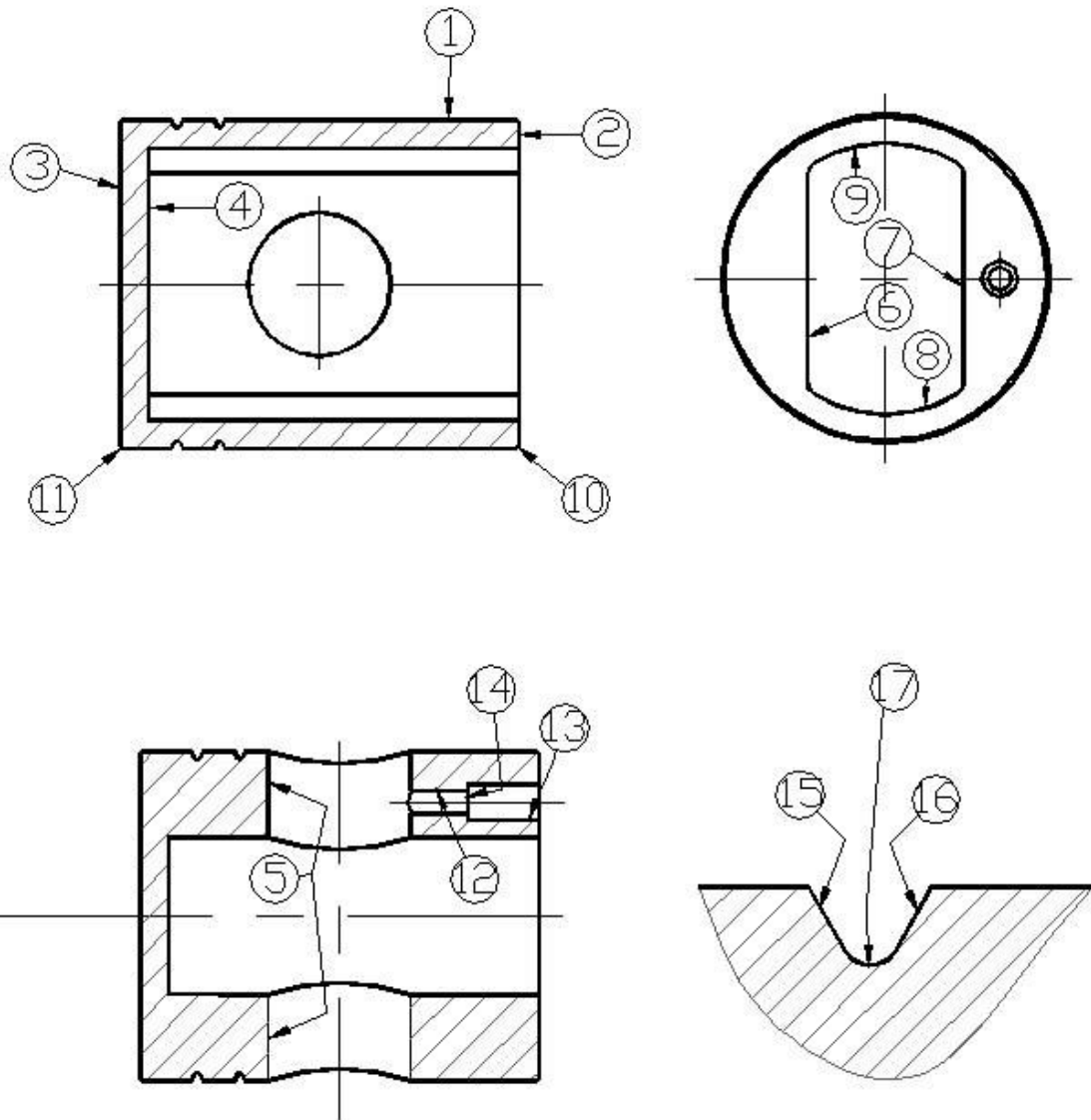


Рисунок 3.4 - Поверхні поршня

Для шатуна: поверхні 4, 5, 6, 7 – фаски; поверхні 11+12 – канавка.
 Типорозміри формуються групами (4,6), (5,7) і (11,12).

Для пальця: поверхні 6, 7 – фаски; поверхня 9 – спеціальна фаска. Типорозміри формуються групами (6,7) і (9).

Для поршня: поверхні 10, 11 – фаски; дві непозначені фаски в поверхонь 5 – фаски; два комплекти поверхонь 15+16+17 – канавки. Типорозміри формуються групами (10,11) і (15,16,17).

3.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу

3.2.1 Визначення типу виробництва проводять, беручи за основу габарити, масу і річний об'єм випуску виробу. Існує два методи визначення типу виробництва: аналітичний метод, за допомогою формул і табличний метод.

При аналітичному методі згідно з ГОСТ 3.1108-74 однією з основних характеристик типу виробництва являється коефіцієнт закріплення операцій ($K_{з.о}$), який показує відношення числа всіх різних технологічних операцій, що виконуються протягом року, до числа робочих місць:

$$K_{з.о} = O/P, \quad (3.1)$$

де O - кількість операцій; P - кількість робочих місць.

Проведені розрахунки показують що тип виробництва багатосерійний. Для такого виробництва вибираємо групову форму виробництва.

3.2.2. Вибір технологічних баз

Для виконання операцій ТП пропонуються наступні схеми базування для шатуна приведенні у таблиці 3.3, для пальця у таблиці 3.4, для поршня у таблиці 3.5.

Таблиця 3.3 - Варіанти базування шатуна

Варі-ант	Схема базування	Переваги	Недоліки
1	2	3	4

1		<p>1. Безпосередньо витримується розмір А</p> <p>2. Простота конструкції пристосування</p> <p>3. Міцне положення деталі при обробці (затиск призмою)</p>	-
2		<p>1. Безпосередньо витримується розмір А</p>	<p>1. Неміцне положення деталі (затиск тільки з однієї сторони) 3</p> <p>2. Складна конструкція пристосув.</p>
3		<p>1. Забезпечується співвісність отвору і корпусу</p>	-
4		<p>1. Забезпечується співвісність отвору і корпусу</p>	<p>1. Неміцне положення деталі (затиск тільки з однієї сторони) 3</p> <p>2. Складна конструкція пристосування</p>

5		1. Проста конструкція пристосування	1. На поверхні малого отвору не забезпечується рівномірний припуск
6		1. Безпосередньо видерживається розмір А	1. Складна конструкція пристосування
7		1. Співвісність осей отвору і симетрії деталі	1. Висока складність пристосування (призма повинна бути виконана з отвором і втулкою) 2. Необхідність частішої заміни втулки разом з настановною призмою

8		<p>1. Простота пристосування</p>	<p>1. Недостатня фіксація заготовки 2. На поверхні отвору не забезпечується рівномірний припуск</p>
---	--	----------------------------------	---

Таблиця 3.4 - Варіанти базування пальця

Варіант	Схема базування	Переваги	Недоліки
1		<p>1. Безпосередньо видерживається розмір А</p>	<p>1. Необхідність передбачити упор</p>
2		<p>1. Простота конструкції пристосування</p>	<p>1. Довжина оброблюваної поверхні заготовлі непостійна</p>
3		<p>1. Безпосередньо видерживається розмір А 2. Співвісність</p>	<p>1. Необхідність передбачити упор</p>

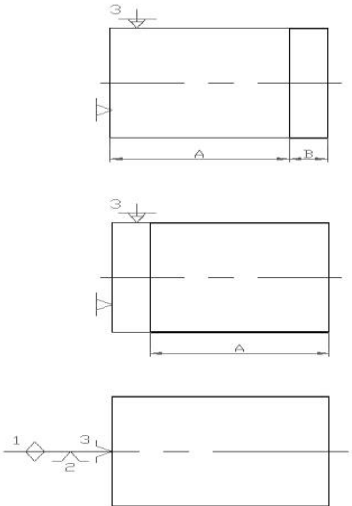
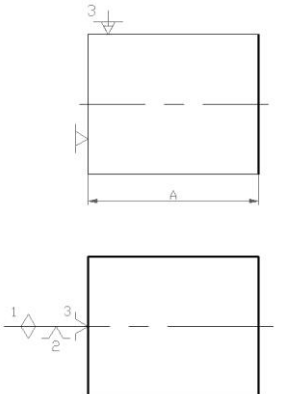
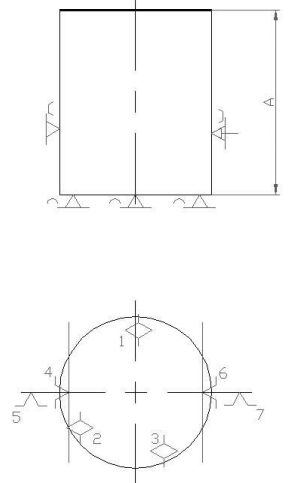
		осей отвору і заготівлі	
--	--	-------------------------	--

4		<p>1. Безпосередньо вдерживається розмір А</p> <p>2. Співвісність осей отвору і заготівлі</p>	<p>1. Складність конструкції пристосування</p>
5		<p>1. Безпосередньо вдерживається розмір А</p>	<p>1. Необхідність передбачити упор</p>
6		<p>1. Простота конструкції пристосування</p>	<p>1. Габаритний розмір заготівлі непостійний</p>

7		1. Безпосередньо видерживається розмір А	-
		1. Безпосередньо видерживається розмір А 2. Перетинання осей отвору і заготівлі	1. Неміцне положення деталі
9		1. Вільний доступ до оброблюваної поверхні 2. Самоподача	-

Таблиця 3.5 - Варіанти базування поршня

Варіант	Схема базування	Переваги	Недоліки
1		1. Безпосередньо видерживається розмір А	1. Необхідність передбачити додаткову чорнову базу для нерухомого центра, що потім видалити

2		1. Простота конструкції	1. Діаметр оброблюваної поверхні заготовлі непостійна (довжина обробки $A+Y$) 2. Необхідність переустановки
3		1. Безпосередньо видерживається розмір A 2. Простота конструкції	-
4		1. Безпосередньо видерживається розмір A	1. Складність конструкції

5		<p>1. Безпосередньо вдерживаються розміри А и В</p>	<p>1. Мала твердість заготовлі</p>
6		<p>1. Безпосередньо вдерживається розмір А</p>	<p>1. Можливе відхилення від перпендикулярності осі отвору від осі заготовлі 2. Мала площа для затиску</p>

7		<p>1. Безпосередньо вдерживається розмір А</p>	<p>1. Діаметр оброблюваної поверхні заготовлі непостійний 2. Неміцне положення деталі 3. Незручність підведення інструмента</p>
8		<p>1. Безпосередньо вдерживається розмір А 2. Перпендикулярність осей отвору і заготовлі</p>	<p>1. Недостатня стійкість деталі</p>

9		1. Простота конструкції пристосування	1. Діаметр оброблених поверхонь заготовлі непостійний 2. Глибина отвору непостійна
10		1. Безпосередньо вдерживається розмір А	1. Глибина отвору непостійна 2. Складність підведення інструмента
11		1. Простота конструкції пристосування	1. Розмір А непостійний

12		1. Безпосередньо вдерживається розмір А	1. Необхідно передбачити упор заднім центром
13		1. Вільний доступ до оброблюваної поверхні 2. Самоподача	-

3.2.3 Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки деталі

Складемо декілька маршрутів обробки поверхонь для кожної деталі. Результати запишемо в таблицю 3.6. При виборі маршруту обробки

елементарних поверхонь використовуємо таблиці економічної точності та шорсткості поверхонь (табл.4.10÷4,14 [7], і рис. 3.1.1÷3.1.3 [8]).

Таблиця 3.6 - Вихідні параметри і варіанти маршруту обробки поверхонь (МОП)

Поверхня	Вид поверхні	Вихідні параметри		1 варіант	2 варіант	3 варіант
		Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм			
ШАТУН						
1	Плоска	12	5	1. Стругання одноразове	1. Фрезерування одноразове	1. Протягання чорнове
4, 5, 6, 7	Конічна внутрішня	14	5	1. Цекування	1. Точіння одноразове	-
8	Циліндрична внутрішня	6	0,63	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розточування 4. Хонінгування 4. Хонінгування	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розгортання 4. Шліфування попереднє 5. Шліфування чистове	1. Свердління 2.Рзсвердлювання 3. Протягання чорнове 4. Протягання чистове

9	Циліндрична внутрішня	7	0,63	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розточування 4. Хонінгування 4. Хонінгування	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розгортання 4. Шліфування попереднє 5. Шліфування чистове	1. Свердління 2. Розсвердлювання 3. Протягання чорнове 4. Протягання чистове
10	Циліндрична внутрішня	14	5	1. Свердління	-	-
11, 12	Циліндрична внутрішня	13	5	1. Розточування	1. Фрезерування внутрішнє	-
ПАЛЕЦЬ						
1	Циліндрична зовнішня	6	0,16	1. Обточування одноразове 2. Обточування чистове 3. Обточування тонке 4. Шліфування тонке	1. Обточування одноразове 2. Обточування чистове 3. Шліфування чистове 4. Шліфування тонке	1. Обточування одноразове 2. Шліфування попереднє 3. Шліфування чистове 4. Шліфування тонке
2, 3	Плоска	11	16	1. Точіння одноразове/Точіння одноразове	1. Фрезерування одноразове	1. Стругання
4, 5	Циліндрична внутрішня	14	12,5	1. Свердління	-	-

6, 7	Циліндрична зовнішня	14	12,5	1. Точіння	1.Фрезерування контурне	-
8, 10	Циліндрична внутрішня	14	12,5	1. Свердління	-	-
9	Конічна внутрішня	14	12,5	1. Цекування	1. Розточування	-

ПОРШЕНЬ						
1	Циліндрична зовнішня	6	0,16	1. Обточування одноразове 2. Обточування чистове 3. Обточування тонке 4. Шліфування тонке	1. Обточування одноразове 2. Обточування чистове 3. Шліфування чистове 4. Шліфування тонке	1. Обточування одноразове 2. Шліфування попереднє 3. Шліфування чистове 4. Шліфування тонке
2, 3	Плоска	14	3,2	1. Точіння одноразове/Точіння одноразове	1. Фрезерування одноразове	1. Стругання
6, 7, 8, 9, 4	Циліндрична внутрішня	14	25	1. Фрезерування внутрішнє	-	-
5	Циліндрична внутрішня	6	0,63	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розточування 4. Хонінгування	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розгортання 4. Шліфування попереднє 5. Шліфування чистове	1. Свердління 2.Розсвердлювання 3. Протягання чорнове 4. Протягання чистове

10, 11	Циліндрична зовнішня	14	5	1. Точіння	1. Фрезерування контурне	-
12	Циліндрична внутрішня	11	5	1. Свердління	-	-
13, 14	Циліндрична внутрішня закрита	14	3,2	1. Свердління	-	-
15, 16, 17	Циліндрична зовнішня закрита	11	3,2	1. Точіння однократне	1. Фрезерування однократне	-

Маршрутну схему поетапної механічної обробки поверхонь деталей зведено в табл.3.7 відповідно до укрупненої схеми раціональної послідовності етапів обробки (табл. 4.8., стор.81 [7]).

Таблиця 3.7 – Маршрутна схема поетапної механічної обробки поверхонь

Квалітет точності	Номер поверхні																	Номер і етап
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ШАТУН																		
17	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨				Заготівельна
16	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨					
15	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨					
14	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨					
13	▨			▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨					Е2. Чорновий попередній	
12	▨			▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨						
11								▨	▨								Е6. Чистовий	

Операція 020. Свердління отвору 9 на вертикально-свердлильному верстаті.

Операція 025. Зенкерування отвору 9 і виконання фаски 7 на вертикально-свердлильному верстаті за допомогою комбінованого інструмента.

Операція 030. Свердління отвору 10 на вертикально-свердлильному верстаті.

Операція 035. Розточування отвору 8 і виконання фаски 4 на вертикально розточувальному верстаті за допомогою додаткової подачі.

Операція 040. Розточування канавки 11+12 на вертикально-розточувальному верстаті.

Операція 045. Розточування отвору 9 і виконання фаски 5 на вертикально-розточувальному верстаті за допомогою додаткової подачі.

Операція 050. Притуплення крайок.

Операція 055. Хонінгування отвору 8 на вертикально-хонінгувальному верстаті.

Операція 060. Хонінгування отвору 8 на вертикально-хонінгувальному верстаті.

Операція 065. Хонінгування отвору 9 на вертикально-хонінгувальному верстаті.

Операція 070. Хонінгування отвору 9 на вертикально-хонінгувальному верстаті.

Операція 075. Миття.

Операція 080. Контроль.

3.2.4 Визначення припусків на обробку

У ході виробництва деталей буде застосовуватися метод автоматичного одержання розмірів, тобто обробка на попередньо налаштованих верстатах.

Припуски на обробку визначаємо розрахунково-аналітичним методом, отримані результати для однієї зовнішньої і однієї внутрішньої поверхні приведені в табл.3.8 для торців шатуна, 3.9 для отвора.

Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку торців шатуна рисунок 3.4, Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $d=14+0,015$ мм - рисунок 3.5.

Таблиця 3.8 - Карта розрахунків припусків на обробку торців шатуна фрезеруванням

Назва деталі – шатун. Матеріал – сталь 35Л											
Елементарна поверхня для розрахунку припуску – торець шатуна 1, $L=10\pm 0,180$ мм											
Технологічний маршрут обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск Z_{min} , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення T_d , мкм	Приняті розміри за переходами, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
	Rz	h	Δ_Σ	ϵ				L_{max}	L_{min}	Z_{max}	Z_{min}
Виливок	40	260	1085	-	-	11,295	1032	12,327	11,295	-	-
Фрезерування в прохід поверхні 1	30	30	76	90	1475	9,820	90	9,910	9,820	2417	1475
Загальні припуски Z_o										2417	1475

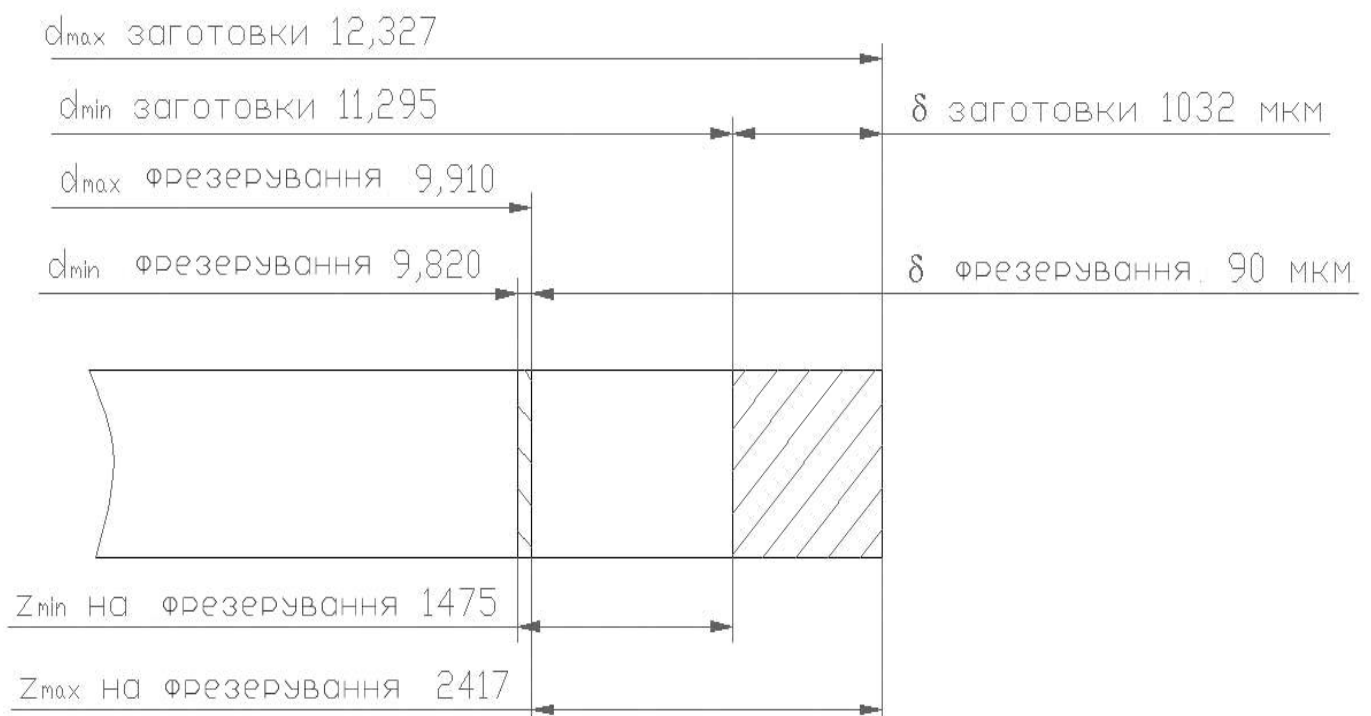


Рисунок 3.4 - Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку торців шатуна

Таблиця 3.9 - Карта розрахунків припусків на обробку отвору діаметром 14,015мм

Технологічний маршрут обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення Td , мкм	Приняті розміри за переходами, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ε				d_{max}	d_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Свердління	40	60	99	70	-	3,265	180	3,265	3,085	-	-
Зенкерування	30	40	25	3,5	399	3,664	43	3,664	3,621	536	399
Розточування	20	25	15	0,2	190	3,854	27	3,854	3,827	207	191
Хонінгування 1	3,2	5	12	0	120	3,974	18	3,974	3,956	129	120
Хонінгування 2	2,5	3	6	0	41	4,015	18	4,015	3,997	41	41
Загальні припуски Z_o										913	751

За результатами розрахунків будемо схему графічного розташування припусків.

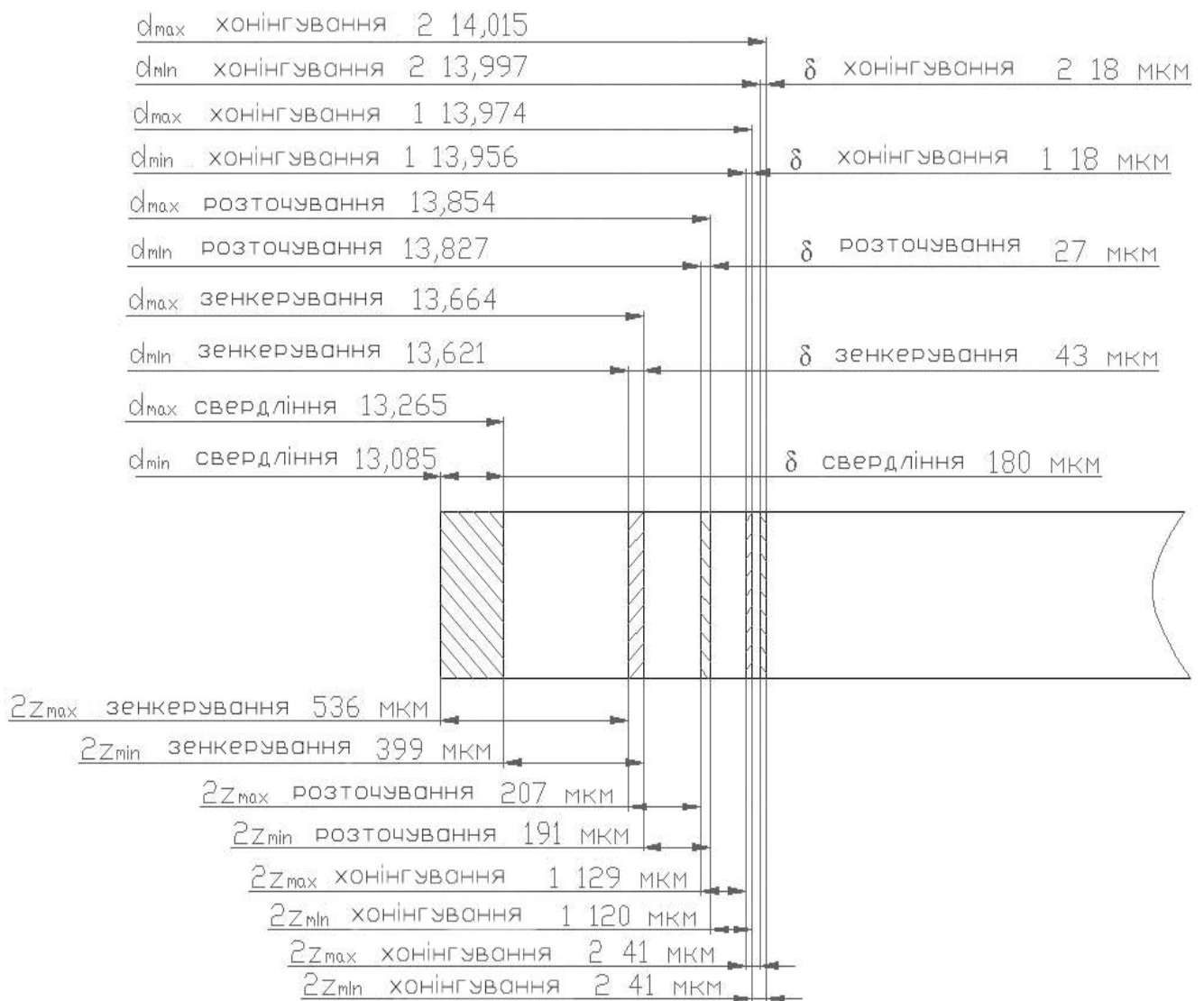


Рисунок 3.5 - Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $d=14+0,015$ мм

3.2.5 Вибір технологічного устаткування, пристосувань, різального, допоміжного і контрольного інструментів

3.2.5.1 Вибір технологічного устаткування

Устаткування на етапі проектування вибираємо паралельно з розробкою МОП і МОД, відповідно до типу виробництва. Відповідно до рекомендацій [7] і класифікації верстатів, для серійного типу виробництва устаткування широкого призначення (універсальні верстати).

При виборі устаткування будемо користуватися каталогами металорізального устаткування. Обране устаткування і його характеристики записуємо в таблицю 3.17.

Таблиця 3.17 - Технологічне устаткування

№ операції	Операція	Модель верстата	Габаритні розміри робочої зони, мм	Частоти обертання, хв ⁻¹	Потужність, кВт
ШАТУН					
005	Фрезерна	6P12	320x1250x490	31,5-1600	7,5
010	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
015	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
020	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
025	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
030	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
035	Розточувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
040	Розточувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
045	Розточувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
050	Слюсарна	2УМД	-	1400-6000	-
055	Хонінгувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
060	Хонінгувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
065	Хонінгувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
070	Хонінгувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2

ПАЛЕЦЬ					
005/1	Токарно-револьверна	1Е325	25x25x200	80-3150	3
005/2	Токарно-револьверна	1Е325	25x25x200	80-3150	3
005/3	Токарно-револьверна	1Е325	25x25x200	80-3150	3
005/4	Токарно-револьверна	1Е325	25x25x200	80-3150	3

005/5	Токарно-револьверна	1Е325	25x25x200	80-3150	3
010	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
015	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
020	Слюсарна	2УМД	-	1400-6000	-
025	Шліфувальна	3М182	25x25x100	17-150	7/0,25
030	Шліфувальна	3М182	25x25x100	17-150	7/0,25
ПОРШЕНЬ					
005	Токарна	1601	125x125x180	530...5360	0,6
007	Токарна	1601	125x125x180	530...5360	0,6
010	Токарна	1601	125x125x180	530...5360	0,6
015	Фрезерна	6Р10	160x630x360	50-2240	3
020	Копіювально-фрезерна	6Р10ДО	160x630x360	50-2240	3
025	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
030	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
035	Розточувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
040	Свердлильна	2Н118	320x360x650	180-2800	1,5
045	Слюсарна	2УМД	-	1400-6000	-
050	Хонінгувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
055	Хонінгувальна	2Е78П	500x1000x500	26-1200	2,2
060	Токарна	1601	125x125x180	530...5360	0,6
065	Шліфувальна	3М182	25x25x100	17-150	7/0,25
070	Шліфувальна	3М182	25x25x100	17-150	7/0,25

3.2.5.2 Вибір пристосувань

За рекомендаціями літ [7] для серійного виробництва підходять спеціальні нерозбірні пристосування (СНП) – пристосування, що компонуються з використанням стандартних деталей і вузлів загального призначення як

необоротні пристосування великого терміну служби для необоротних деталей і вузлів. Вони складаються з двох частин: уніфікованої базової частини і змінного налагодження. Пристосування цієї системи стійки до змін конструкцій оброблюваних заготовок і змін технологічного процесу. У випадку таких змін необхідно лише заміна змінного налагодження.

Дані про обране технологічне оснащення приведені в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18. Пристосування для виконання технологічних процесів оброблення деталей

№ операції	Операція	Пристосування	Позначення
ШАТУН			
005	Фрезерна	Лещата 8-ми місні спеціальні	
010	Свердлильна	Портальний скальчатий кондуктор з розсувними стійками	-
015	Свердлильна	Портальний скальчатий кондуктор з розсувними стійками	-
020	Свердлильна	Скальчатий кондуктор спеціальний	КР 05-005.06.00СК
025	Свердлильна	Скальчатий кондуктор спеціальний	КР 05-005.06.00СК
030	Свердлильна	Пристосування спеціальне 3-х місцеве	
035	Розточувальна	Тиски спеціальні	-
040	Розточувальна	Тиски спеціальні	-
045	Розточувальна	Тиски спеціальні	-
050	Слюсарна	Плоскогубци	-
055	Хонінгувальна	Пристосування спеціальне	-
060	Хонінгувальна	Пристосування спеціальне	-
065	Хонінгувальна	Пристосування спеціальне	-
070	Хонінгувальна	Пристосування спеціальне	-

ПАЛЕЦЬ			
005/1	Токарно-револьверна	Цанговий патрон + упор	-
005/2	Токарно-	Цанговий патрон	-

	револьверна		
005/3	Токарно-револьверна	Цанговий патрон	-
005/4	Токарно-револьверна	Цанговий патрон	-
005/5	Токарно-револьверна	Цанговий патрон	-
010	Свердлильна	Кондуктор спеціальний	-
015	Свердлильна	Кондуктор спеціальний	-
020	Слюсарна	Плоскогубци	-
025	Шліфувальна	-	-
030	Шліфувальна	-	-
ПОРШЕНЬ			
005	Токарна	Передній повідковий центр + задній обертовий центр	-
007	Токарна	Передній повідковий центр + задній обертовий центр	-
010	Токарна	3-х кулачковий патрон	-
015	Фрезерна	Тиски спеціальні	-
020	Копіювально-фрезерна	Тиски спеціальні	-
025	Свердлильна	Кондуктор спеціальний	-
030	Свердлильна	Кондуктор спеціальний	-
035	Розточувальна	Тиски спеціальні	-
040	Свердлильна	Кондуктор спеціальний	-
045	Слюсарна	Плоскогубци	-
050	Хонінгувальна	Пристосування спеціальне	-
055	Хонінгувальна	Пристосування спеціальне	К Р05-005.04.00СК
060	Токарна	3-х кулачковий патрон	-
065	Шліфувальна	-	-
070	Шліфувальна	-	-

3.2.5.3 Вибір різального і допоміжного інструмента

При виборі ріжучого інструменту, враховуємо характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідна якість поверхні і точність обробки.

Оскільки тип виробництва є серійним, то використання спеціального комбінованого інструмента обґрунтовано тільки в крайніх випадках, щоб не збільшувати собівартість продукції. Використання стандартного інструмента економічно більш вигідно, тому що він у 5 - 10 разів дешевше спеціального.

Обраний ріжучий і допоміжний інструмент даний у таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 - Різальний і допоміжний інструмент

№ операції	Операція	Різальний інструмент	Параметри	Допоміжний інструмент	Параметри
ШАТУН					
005	Фрезерна	Фреза хвостова 0075-0222 ГОСТ 7063-72	D=75 мм; L=222 мм; Z=5	Оправка ГОСТ 3158-63	Конус Морзе 3
010	Свердлильна	Свердел 2301-0042 ГОСТ 10903-77	D=13 мм; L=182 мм;	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
015	Свердлильна	Комбінований зенкер-цековка	D=13 мм; L=182 мм;	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
020	Свердлильна	Свердел 2301-0024 ГОСТ 10903-77	D=9,30 мм; L=162 мм;	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
025	Свердлильна	Комбінований зенкер-цековка	D=9,80 мм; L=168 мм;	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
030	Свердлильна	Свердел 2301-0024 ГОСТ 886-77	D=3,50 мм; L=112 мм;	Патрон 4-1-A10 ГОСТ 15930-79	-
035	Розточувальна	Різець оснащений композитом	D=14 мм; L=50 мм;	Оправка пружна ГОСТ 18063-72	Vх=20x36 мм;
040	Розточувальна	Різець оснащений композитом	D=14 мм; L=50 мм;	Оправка пружна ГОСТ 18063-72	Vх=20x36 мм;
045	Розточувальна	Різець оснащений композитом	D=10 мм; L=50 мм;	Оправка пружна ГОСТ 18063-72	Vх=20x36 мм;
050	Слюсарна	Головка шліфувальна ГСв	D=6 мм; L=10 мм;	-	-
055	Хонінгувальна	Алмазні бруски АС6	V=8 мм, L=9 мм, t=2 мм	Головка для хонінгування малих отворів	-
060	Хонінгувальна	Алмазні бруски АС6	V=8 мм, L=9 мм, t=2 мм	Головка для хонінгування малих отворів	-
065	Хонінгувальна	Алмазні бруски АС6	V=8 мм, L=9 мм, t=2 мм	Головка для хонінгування малих отворів	-
070	Хонінгувальна	Алмазні бруски АС6	V=8 мм, L=9 мм, t=2 мм	Головка для хонінгування малих отворів	-

ПАЛЕЦЬ					
005/1	Токарно-револьверна	Різець прохідний відігнутий ГОСТ 18868-73	D=20 мм	-	-
005/2	Токарно-револьверна	Різець прохідний відігнутий ГОСТ 18868-73	D=20 мм	-	-
005/3	Токарно-револьверна	Різець прохідний відігнутий ГОСТ 18868-73	D=20 мм	-	-
005/4	Токарно-револьверна	Свердел 2301-3001 ГОСТ 886-77	D=5 мм; L=52 мм;	-	-
005/5	Токарно-револьверна	Різець відрізний ГОСТ 18874-73	D=20 мм; a=5 мм	-	-
010	Свердлильна	Свердел 2301-0014 ГОСТ 886-77	D=1,50 мм; L=70 мм;	Патрон 4-1-A10 ГОСТ 15930-79	
015	Свердлильна	Свердел 2301-0020 ГОСТ 886-77	D=3,00 мм; L=100 мм;	Патрон 4-1-A10 ГОСТ 15930-79	
020	Слюсарна	Головка шліфувальна ГСв	D=6 мм; L=10 мм;	-	-
025	Шліфувальна	Коло 15A12CTB	$\alpha=0^\circ$	Коло 15A16TB	$\alpha=1,5^\circ$
030	Шліфувальна	Коло 15A12CTB	$\alpha=0^\circ$	Коло 15A16TB	$\alpha=1,5^\circ$
ПОРШЕНЬ					
005	Токарна	Різець прохідний відігнутий ГОСТ 18868-73	V=16 мм, H=10 мм	-	-
007	Токарна	Різець прохідний відігнутий ГОСТ 18868-73	V=16 мм, H=10 мм	-	-
010	Токарна	Різець прохідний відігнутий ГОСТ 18868-73	V=16 мм, H=10 мм	-	-
015	Фрезерна	Кінцева твердосплавна фреза ГОСТ 17025-71	D=11 мм; L=79 мм;	Оправка ГОСТ 3158-63	Конус Морзе 1
020	Копіювально-фрезерна	Кінцева твердосплавна фреза ГОСТ 17025-71	D=11 мм; L=79 мм;	Оправка ГОСТ 3158-63	Конус Морзе 1
025	Свердлильна	Свердел 2301-0024 ГОСТ 10903-77	D=9,30 мм; L=162 мм;	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
030	Свердлильна	Зенкер 2320-2555 ГОСТ 12489-71	D=9,80 мм; L=168 мм;	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
035	Розточувальна	Різець оснащений композитом	D=10 мм; L=50 мм;	Оправка пружна ГОСТ 18063-72	Vх=20x36 мм;
040	Свердлильна	Комбінований свердел	D ₁ =2,5 мм; D ₂ =1,6 мм	Патрон 4-1-Y10 ГОСТ 15935-79	Конус Морзе 1
045	Слюсарна	Головка шліфувальна ГСв	D=6 мм; L=10 мм;	-	-
050	Хонінгувальна	Алмазні бруски АС6	V=8 мм, L=9 мм, t=2 мм	Головка для хонінгування малих отворів	-
055	Хонінгувальна	Алмазні бруски АС6	V=8 мм, L=9 мм, t=2 мм	Головка для хонінгування малих отворів	-
060	Токарна	Різець із пластиною з твердого сплаву ГОСТ 18878-73	V=16 мм, H=10 мм	-	-
065	Шліфувальна	Коло 15A12CTB	$\alpha=0^\circ$	Коло 15A16TB	$\alpha=1,5^\circ$

070	Шліфувальна	Коло 15A12CTB	$\alpha=0^\circ$	Коло 15A16TB	$\alpha=1,5^\circ$
-----	-------------	---------------	------------------	--------------	--------------------

3.2.5.4 Вибір методів і пристосувань для технічного контролю

Вибір методів і способів технічного контролю базується на забезпеченні заданих показників процесу контролю й аналізі витрат на його реалізацію у встановлений проміжок часу при заданій якості виробів. Обов'язковими показниками контролю є точність вимірів, ймовірність, трудомісткість і вартість контролю.

Обрані варіанти вимірювальних пристосувань приведені в таблиці 3.20.

Таблиця 3.20 - Вимірювальні пристосування

№ операції	Операція	Пристосування	Точність виміру / межа виміру, мм
ШАТУН			
005	Фрезерна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
010	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
015	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
020	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
025	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
030	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
035	Розточувальна	Калібр пробка ГОСТ 14815-69	IT8
040	Розточувальна	Мікрометричний нутромер ГОСТ 10-75	0,05/75÷17 5
045	Розточувальна	Калібр пробка ГОСТ 14815-69	IT8
050	Слюсарна	-	-
055	Хонінгувальна	Калібр пробка ГОСТ 14815-69	IT6
060	Хонінгувальна		
065	Хонінгувальна	Калібр пробка ГОСТ 14815-69	IT6

070	Хонінгувальна		
-----	---------------	--	--

Продовження табл. 3.20

ПАЛЕЦЬ			
005/1	Токарно-револьверна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
005/2	Токарно-револьверна	-	-
005/3	Токарно-револьверна	-	-
005/4	Токарно-револьверна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
005/5	Токарно-револьверна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
010	Свердлильна	Калібр пробка ГОСТ 14807-69	IT8
015	Свердлильна	Калібр пробка ГОСТ 14807-69	IT8
020	Слюсарна	-	-
025	Шліфувальна	Калібр-скоба ГОСТ 18355-73	IT6
030	Шліфувальна		
ПОРШЕНЬ			
005	Токарна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
007	Токарна		
010	Токарна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
015	Фрезерна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
020	Копіювально-фрезерна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
025	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
030	Свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89	0,1/0÷125
035	Розточувальна	Калібр пробка ГОСТ 14815-69	IT8
040	Свердлильна	Калібр пробка ГОСТ 14807-69	IT8
045	Слюсарна	-	-
050	Хонінгувальна	Калібр пробка ГОСТ 14815-69	IT6

055	Хонінгувальна		
060	Токарна	Калібр-скоба ГОСТ 18355-73	IT8

3.2.6 Розрахунок режимів різання за операціями

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи: глибину різання t , мм; подачу s , мм/об; швидкість різання v , м/хв; частоту обертання n , об/хв або число подвійних ходів n , хід/хв.

Елементи режимів різання підбираються так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції.

Результати вибору режимів різання для всіх інших операцій приведені в таблиці 3.21. У графі кількість оборотів зазначена стандартне число, відповідно до паспорта верстата.

Таблиця 3.21 - Зведена таблиця режимів різання

Поверхня	Операція	l , мм	t , мм	s , мм/об	v , м/хв	n , об/хв	$P_z(P_o)$, Н	N_e , кВт
1	Фрезерування	53	1,295	1	118	500	3830	7,3
4	Розточування	0,5	0,5	0,05	65	1200	2	0,002
5	Розточування	0,2	0,2	0,05	65	1200	2	0,002
6	Розточування	0,5	0,5	0,05	65	1200	2	0,002
7	Розточування	0,2	0,2	0,05	65	1200	2	0,002

	я							
8	Свердління	17,5	6,8	0,3	16	400	(2906)	0,43
	Зенкерування	17,5	0,13	0,55	45	1000	(29)	0,1
	Розточування	17,5	0,072	0,05	65	1200	2	0,002
	Хонінгування	10,5	0,45	-	16	-	-	-
	Хонінгування	10,5	0,40	-	24	-	-	-
9	Свердління	10	4,8	0,22	18	630	(1651)	0,43
	Зенкерування	10	0,123	0,55	45	1400	(27)	0,09
	Розточування	10	0,071	0,05	65	1400	2	0,002
	Хонінгування	3	0,21	-	16	-	-	-
	Хонінгування	3	0,20	-	24	-	-	-
10	Свердління	35	1,75	0,09	28	2500	(332)	0,12
11	Розточування	5	0,65	0,07	70	1200	14	0,016

Результати вибору режимів різання для операцій хонінгування приведені в таблиці 3.22.

Таблиця 3.22 - Карта режимів різання для операцій хонінгування.

Поверхня	t , мм	l , мм	$V_{пр}$, м/хв	$V_{ер}$, м/хв
8	0,045	10,5	8	16

9	0,021	3	8	16
8	0,040	10,5	8	24
9	0,020	3	8	24

3.2.7 Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Отримані результати виконаних розрахунків зводимо в табл. 3.24.

Таблиця 3.24 - Норми часу на виконання операцій технологічного процесу

Операція	$l_0=l+l_{ep}+l_n$, мм	t_0 , XB.	$t_{n.з.}$, XB.	t_{ep} , XB.	t_{en} , XB.	t_{eus} , XB.	t_e , XB.	$a_{обс}$, %	$a_{отл}$, %	$T_{ш}$, XB.	H_{ep} , XB.
ШАТУН											
005	300	0,6	17	1	0,02	0,007	1,02 7	2,5	4	2,798	2,831
010	17,5+0,2+0,2	0,149	13	0,068	0,02	0,01	0,11	6		1,334	1,359
015	17,5+0,2+0,2	0,032	13	0,068	0,02	0,01	0,11	6		1,210	1,235
020	10+0,2+0,2	0,075	13	0,068	0,02	0,01	0,11	6		1,249	1,274
025	10+0,2+0,2	0,013	13	0,068	0,02	0,01	0,11	6		1,190	1,215
030	35 (2 хода)	0,199	13	0,068	0,02	0,01	0,11	6		1,387	1,412
035	17,5+0,1+0,1	0,295	18	0,045	0,02	0,09	0,155	6		1,537	1,572
040	5	0,059	18	0,045	0,02	0,09	0,155	6		1,287	1,322
045	10+0,1+0,1	0,17	18	0,045	0,02	0,09	0,155	6		1,404	1,439
050	-	-	10	-	-	-	-	6		1	1,019
055	17,5+1+1	1,112	17	0,038	0,02	-	0,058	6		2,3	2,333
060	17,5+1+1	1,112	-	0,038	0,03	0,011	0,178	6		2,427	2,46
065	10+1+1	0,48	17	0,038	0,02	-	0,058	6		1,63	1,663
070	10+1+1	0,48	-	0,038	0,03	0,011	0,178	6		1,757	1,79

ПАЛЕЦ										
005 /1	$t_o=0,17d \cdot 10^{-3}$	0,034	14	0,035	0,035	-	0,07	6	1,170	1,197
005 /2	$t_o=0,19d^2 \cdot 10^{-3}$	0,019	-	-	0,015	-	0,015	6	1,096	1,096
005 /3	$t_o=0,037D^2 - d^2 \cdot 10^{-3}$	0,001	-	-	0,015	-	0,015	6	1,077	1,077
005 /4	$t_o=0,52d \cdot 10^{-3}$	0,031	-	-	0,015	-	0,015	6	1,109	1,109
005 /4	$t_o=0,19d^2 \cdot 10^{-3}$	0,019	-	-	0,015	0,01* 3	0,045	6	1,127	1,127
010	$t_o=0,52d \cdot 10^{-3}$	0,008* 2	13	0,068	0,02	0,015	0,103	6	1,186	1,211
015	$t_o=0,52d \cdot 10^{-3}$	0,004	13	0,068	0,02	0,015	0,103	6	1,173	1,198
020	-	-	10	-	-	-	-	6	1	1,019
025	$t_o=0,15d \cdot 10^{-3}$	0,03	18	0,028	0,05	-	0,078	6	1,172	1,206
030	$t_o=0,15d \cdot 10^{-3}$	0,03	18	0,028	0,05	0,007	0,086	6	1,182	1,216
ПОРШЕНЬ										
005	$t_o=0,17d \cdot 10^{-3}$	0,109	13	0,07	0,035	-	0,105	6	1,287	1,312
007	$t_o=0,17d \cdot 10^{-3}$	0,109	-	-	0,035	0,007	0,042	6	1,22	1,22
010	$t_o=0,19d^2 \cdot 10^{-3}$	0,1	16	0,31	0,035	0,015	0,36	6	1,548	1,579
015	$t_o=6l \cdot 10^{-3}$	0,114	17	0,07	0,05	0,011	0,131	6	1,32	1,353
020	$t_o=4l_k \cdot 10^{-3}$	1,532	17	0,07	0,05	0,011	0,131	6	1,822	1,855
025	$t_o=0,52d \cdot 10^{-3}$	0,12	13	0,038	0,02	0,011	0,069	6	1,26	1,285
030	$t_o=0,52d \cdot 10^{-3}$	0,12	13	0,038	0,02	0,015	0,073	6	1,264	1,289
035	$t_o=0,18d \cdot 10^{-3}$	0,041	18	0,038	0,035	0,015	0,088	6	1,197	1,232
040	$t_o=0,52d \cdot 10^{-3}$	0,011* 2	13	0,038	0,02	0,015	0,073	6	1,161	1,186
045	-	-	10	-	-	-	-	6	1	1,019

050	$t_o=1,8d \cdot 1 \cdot 10^{-3}$	0,414	17	0,038	0,02	-	0,058	6	1,56	1,593
055	$t_o=1,8d \cdot 1 \cdot 10^{-3}$	0,414	-	-	0,03	0,015	0,045	6	1,546	1,546
060	$t_o=0,037D^2-d^2 \cdot 10^{-3}$	0,001	16	0,31	0,035	0,007	0,352	6	1,434	1,465
065	$t_o=0,15d \cdot 1 \cdot 10^{-3}$	0,097	18	0,028	0,05	-	0,078	6	1,245	1,28
070	$t_o=0,15d \cdot 1 \cdot 10^{-3}$	0,097	-	0,028	0,05	0,007	0,085	6	1,253	1,253

3.3 Визначення кількості обладнання

Правильний вибір устаткування визначає його раціональне використання в часі. При виборі верстатів для розробленого технологічного процесу цей фактор повинний враховуватися таким чином, щоб виключити їхні простої. З цією метою визначимо критерії, що показують ступінь використання кожного верстата окремо і всіх разом узятих за розробленими технологічними процесами. Отримані результати зводимо в табл. 3.25.

Таблиця 3.25 - Розрахунок завантаження устаткування

№ опер.	Операція	Модель верстата	H_{ep} , хв	m_p , шт.	m_n , шт.	η_z , %	t_o , хв	H_{ep} , хв	η_{np} , %
ШАТУН									
005	Фрезерна	6P12	2,831	0,38	1	38,5	0,6	2,831	21,2
010	Свердлильна	2Н118	1,359	0,35	1	35,3	0,181	2,594	6,9
015			1,235	3					
020	Свердлильна	2Н118	1,274	0,33	1	33,8	0,088	2,489	3,5
025			1,215	8					
030	Свердлильна	2Н118	1,412	0,19	1	19,2	0,199	1,412	14,1
035	Розточувальна	2Е78П	1,57	0,3	1	39,3	0,354	2,894	12,2

Продовження табл. 3.25

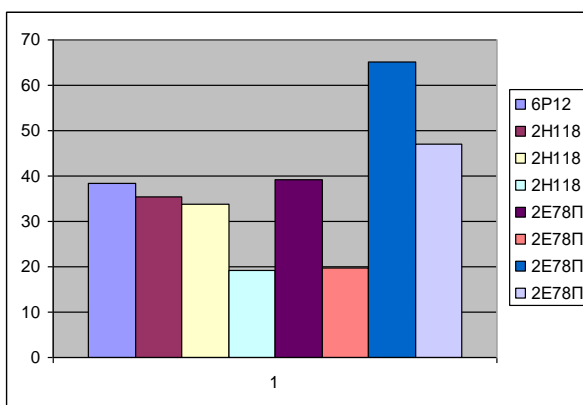
040			1,32 2						
045	Розточуваль на	2Е78 П	1,43 9	0,1 96	1	19 ,6	0,17	1,4 39	11, 8
050	Слюсарна	2УМД	1,019	0,13 8	1	13, 8	-	-	-
055	Хонінгувальн	2Е78П	2,333	0,65	1	65, 2	2,224	4,79 3	46,4
060	а		2,46	2					
065	Хонінгувальн	2Е78П	1,663	0,47	1	47	0,96	3,45 3	27,8
070	а		1,79						
ПАЛЕЦЬ									
005	Токарно- револьверна	1Е325	1,197	0,762	1	76,2	0,104	5,606	1,8
			1,096						
			1,077						
			1,109						
			1,127						
010	Свердлильна	2Н118	1,211	0,165	1	16,5	0,02	2,409	1
015			1,198						
020	Слюсарна	2УМД	1,019	0,138	1	13,8	-	-	-
025	Шліфовальна	3М182	1,206	0,329	1	32,9	0,06	2,422	2,5
030			1,216						
ПОРШЕНЬ									
005	Токарна	1601	1,312	0,344	1	34,4	2,218	2,532	87,6
007			1,22						
010	Токарна	1601	1,579	0,215	1	21,5	0,1	1,579	6,3
015	Фрезерна	6Р10	1,353	0,184	1	18,4	0,114	1,353	8,4
020	Копіювально- фрезерна	6Р10К	1,855	0,252	1	25,2	1,532	1,855	82,6
025	Свердлильна	2Н118	1,285	0,35	1	35	0,24	2,574	9,3
030			1,289						
035	Разточна	2Е78П	1,232	0,167	1	16,7	0,041	1,232	3,3
040	Свердлильна	2Н118	1,186	0,161	1	16,1	0,022	1,186	1,8
045	Слюсарна	2УМД	1,019	0,138	1	13,8	-	-	-

050	Хонінговальн а	2Е78П	1,593	0,427	1	42,7	0,828	3,139	26,4
055			1,546						
060	Токарна	1601	1,465	0,199	1	19,9	0,001	1,465	1
065	Шліфувальна	3М182	1,28	0,344	1	34,4	0,056	2,533	2,2
070			1,253						

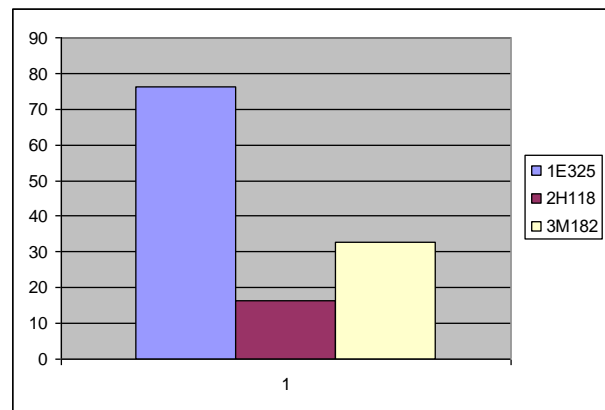
Коефіцієнт завантаження верстата η_3 визначається як відношення розрахункової кількості верстатів m_p , зайнятих на даній операції процесу до прийнятого (фактичному) числу верстатів m_n : $\eta_3 = \frac{m_p}{m_n}$. У свою чергу розрахункова кількість верстатів визначається як: $m_p = \frac{N \cdot H_{ep}}{60F_o \cdot \eta_3}$, де N – річна програма, шт; $\eta_3=0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування.

Коефіцієнт використання устаткування за основним часом $\eta_{про}$ свідчить про діл машинного часу в загальному часі роботи верстата. Він визначається як відношення основного часу до штучно-калькуляційному: $\eta_o = \frac{T_o}{T_{ук}}$.

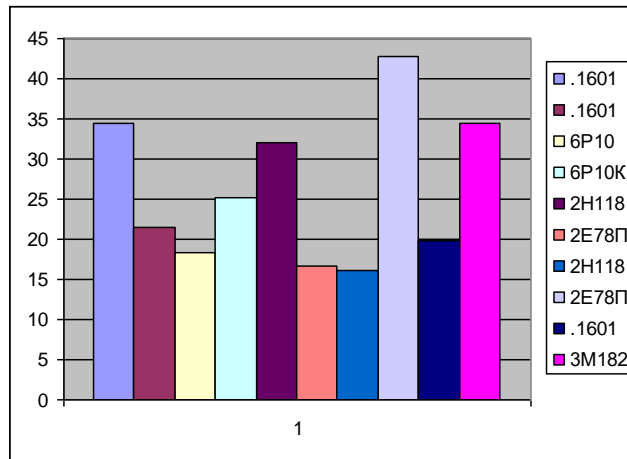
За результатами виконаних розрахунків будемо графіки завантаження (рис.3.13) та використання за основним часом (рис.3.14).



а)



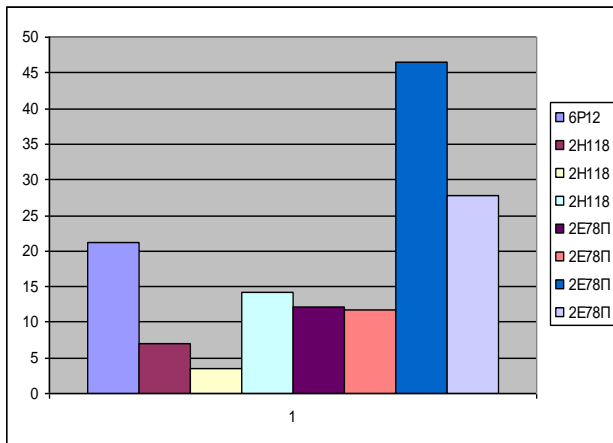
б)



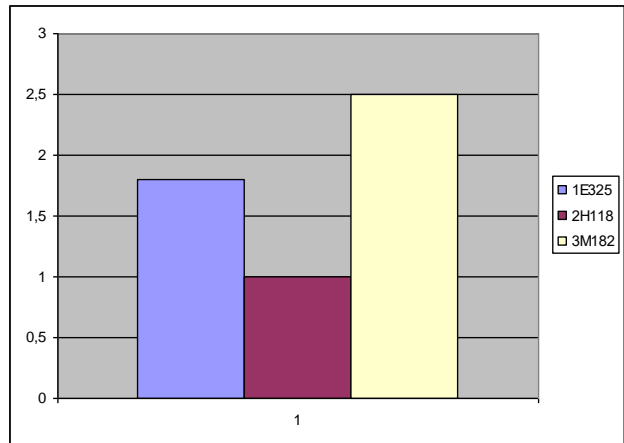
в)

Рисунок 3.13 - Графіки завантаження устаткування для виробництва деталей

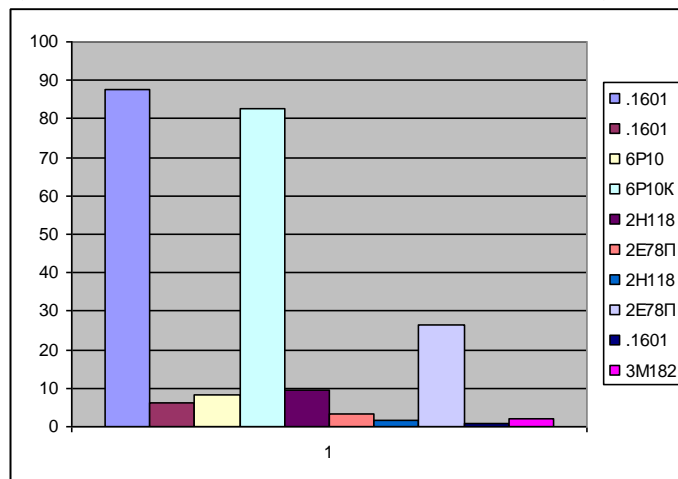
а – шатун, б – палець, в – поршень



а)



б)



в)

Рисунок 3.14 - Графіки використання устаткування за основним часом для виробництва деталей

а – шатун, б – палець, в – поршень

3.4 Конструювання спеціального оснащення та інструменту

3.4.1 Опис роботи пристосування

Конструктивна схема основних елементів пристосування показана на рис.

3.1.

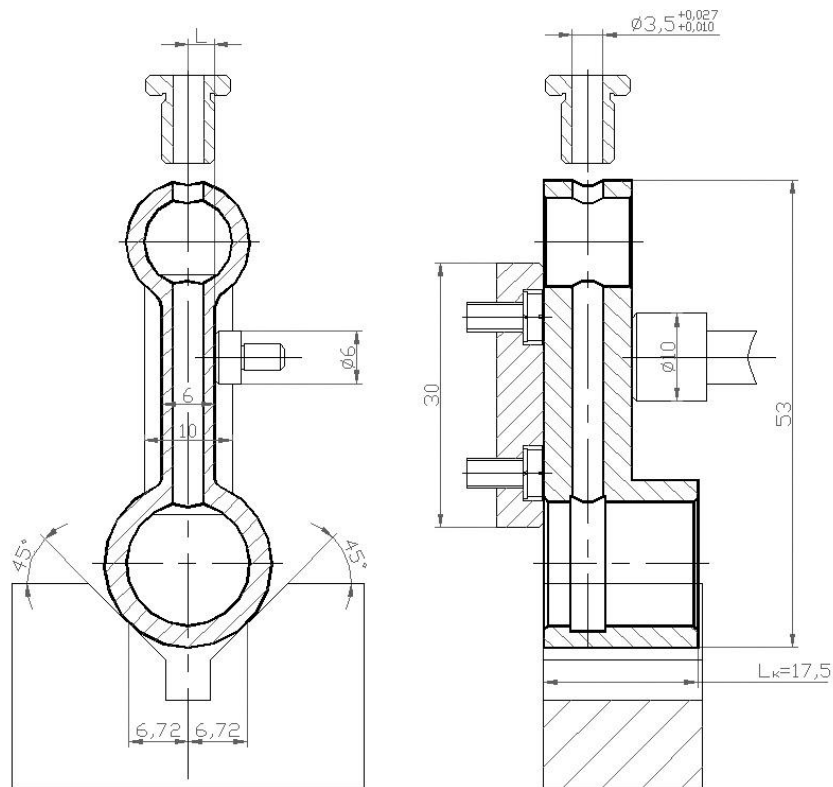


Рисунок 3.1 - Конструктивна схема пристосування

Заготовка встановлюється більшою бобишкою у призму вертикально, щоб «піймати» центр нижнього отвору. Для сполучення вертикальної осі з віссю центрів верхнього і нижнього отворів шатун додатково спирається своєю шийкою на настановний палець діаметром 6 мм. Якість поверхонь узятих за бази задовільне, причому цей параметр незначно впливає на установку заготовки в призму.

Варто вказати, оскільки затиск заготовки відбувається в площині перпендикулярній до розглянутого, то необхідність у притисненні заготовки до настановного пальця (діаметра 6 мм) відпадає й у результаті установки

операторові досить дотримувати заготовку пальцем під час закріплення заготовки гвинтом. Розрахунок показує, що зусилля затиску невелике, так що закріплення заготовки з «притримуванням» не представляє великих навантажень. Базування в площині закріплення заготовки відбувається чистою базою (профрезерована поверхня 1) на настановну пластину 30x10 мм. Притиск здійснюється за чисто обробленою поверхнею 2 притискним елементом із плоскою голівкою.

3.4.2 Розрахунок допустимої похибки виготовлення пристосування

Щоб обробити деталь на верстаті, необхідно витримати задану точність розмірів, форми поверхонь і їхнього взаємного розташування. В умовах серійного виробництва точність забезпечується автоматично на попередньо налаштованих верстатах. При такому методі обробки для установки оброблюваної деталі в ряді випадків використовуються багатомісні пристосування. Щоб визначити похибку пристосування, треба враховувати метод обробки, тип пристосування, конструкцію інструмента і спосіб його зв'язку з верстатом. Для розрахунку точності пристосування можна скористатися рівнянням:

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{вст}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{zn}^2 + (k_2 \omega)^2},$$

де δ – допуск на відповідний розмір розташування оброблених поверхонь заготовки, за кресленнями ($\delta = 300$ мкм); k – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілу окремих складових ($k=1,2$, стор.162, [3]); k_1 – коефіцієнт, прийнятий у випадках, коли похибка базування не дорівнює нулеві ($k_1=0,8$, стор.162, [3]); ε_{δ} – похибка базування заготовки в пристосуванні.

Схема базування подана на рис. 3.4.2. Базування здійснюється у призму і настановному пальці. Похибка розташування осі отвору, що просвердлюється, при установці на призму (нижня крапка осі) дорівнює нулеві. Верхня крапка осі виставляється за допомогою настановного пальця. Оскільки базування на

розмір L у поздовжній площині деталі (мал.3.4.2.а), то похибка базування при обробці розміру L буде дорівнювати половині поля допуску на розмір ширини шейки, рівний 6 мм. за п.3 визначаємо допуск на розмір шийки як 560 мкм, отже похибка базування дорівнює $\varepsilon_6 = \frac{Td}{2} = 280$ мкм.;

ε_3 – похибка, що виникає в результаті деформації заготовки і пристосування при закріпленні. При обраній схемі закріплення сила затиску Q діє перпендикулярно розмірові L , що витримується, отже всі деформації від затиску заготовки не впливають на остаточний розмір. Тобто $\varepsilon_3=0$ мкм;

$\varepsilon_{вст}$ – похибка установки пристосування на верстаті. Похибку установки виходячи зі схеми (рис. 3.4.2) визначимо з формули:

$$\varepsilon_{вст} = \frac{L_k \cdot s}{l} = \frac{17,5 \cdot 0,07}{130} = 0,942 \text{ мм,}$$

де $L_k = 17,5$ мм – довжина контакту деталі з настановним елементом пристосування; $s=0,07$ мм – найбільший зазор між направляючим болтом пристосування і столом верстата (технічні вимоги на пристосування, зазначені в кресленні); l – відстань між направляючими болтами пристосування, рівна відстані між направляючими пазами верстата, для верстата 2Н118 $l=130$ мм(табл.11, стор.20, [8]).

$\varepsilon_{зН} = 0,04$ мм – похибка, що виникає в результаті зносу деталей пристосування [3] для механізмів із гвинтовими затисками;

$\varepsilon_n = 0,017$ мм – похибка установки і зсуву що ріже і допоміжного інструмента на верстаті, викликувана неточністю виготовлення направляючих елементів (конструктивний допуск на внутрішній діаметр кондукторної бистросменной втулки для свердління отвору 3,5 мм) [2];

k_2 – коефіцієнт, що рекомендується приймати рівним 0,6 (стор.162, [3]);

$\omega=0,1$ мм – значення похибки обробки виходячи з економічної точності для даного методу [2].

У такий спосіб

$$\varepsilon_{np} = 0,3 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,28)^2 + 0^2 + 0,942^2 + 0,04^2 + 0,017^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,017 \text{ мм}$$

Знайдені значення похибки записуємо в технічні вимоги на кресленні загального виду пристосування.

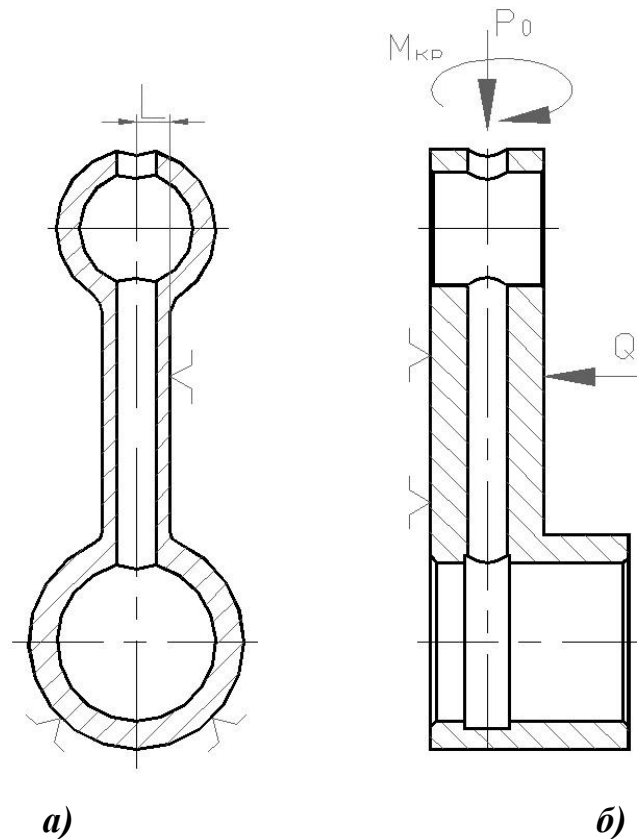


Рис. 3.4.2. Схема базування

3.4.3 Розрахунок сили закріплення

Схема установки заготовки в пристосуванні приведена на рис. 3.4.2. Опис роботи пристосування в п. 3.4.2. Розрахунок сили затиску зводиться до рішення задачі статичної рівноваги заготовки, що знаходиться під дією прикладених до неї зовнішніх сил, а також моментів, що виникають у результаті дії цих сил. Осьова складова сили різання при свердлінні визначена в п.2.8 і складає $P_o=332\text{Н}$ крутний момент, $M_{кр}=0,4\text{ Нм}$ (табл.2.15). При дії цих сил на заготовку при даній схемі закріплення і базування діє момент, що намагається зрушити заготовку уздовж осі X (рис. 3.4.3). З боку опори на заготовку діє сила тертя

F_{mp1} . При використанні притиску, у місці контакту притиску з заготовкою, також діє сила тертя F_{mp2} . Затиск впливає на заготовку із силою Q , а опора протидіє їй нормальною силою N , рівною за модулем Q і протилежно спрямованою. У такий спосіб система знаходиться в рівновазі. Складемо рівняння моментів, що діють навколо осі розглянутого отвору:

$$M_{кр} = F_{mp1} \cdot 5 + F_{mp2} \cdot 5;$$

у свою чергу

$$F_{mp1} = Q \cdot f_{mp}, \text{ а } F_{mp2} = N \cdot f_{mp} \text{ або } F_{mp2} = -Q \cdot f_{mp}$$

(тут знак «-» означає лише, що F_{mp2} спрямована протилежно F_{mp1}). З врахуванням вищеведеного рівняння моментів приймає вид:

$$M_{кр} = Q \cdot f_{mp} \cdot 5 + Q \cdot f_{mp} \cdot 5 \text{ або } M_{кр} = 2(Q \cdot f_{mp} \cdot 5).$$

З рівняння моментів виразимо силу затиску

$$Q = \frac{M_{кр}}{2(f_{mp} \cdot 5)},$$

де f_{mp} – коефіцієнт тертя матеріалів деталі і пристосування і дорівнює 0,1 при контакті з обробленими поверхнями (затиск) і настановними пластинами [2].

У такий спосіб

$$Q = \frac{0,4}{2(0,1 \cdot 0,005)} = 400 \text{ Н.}$$

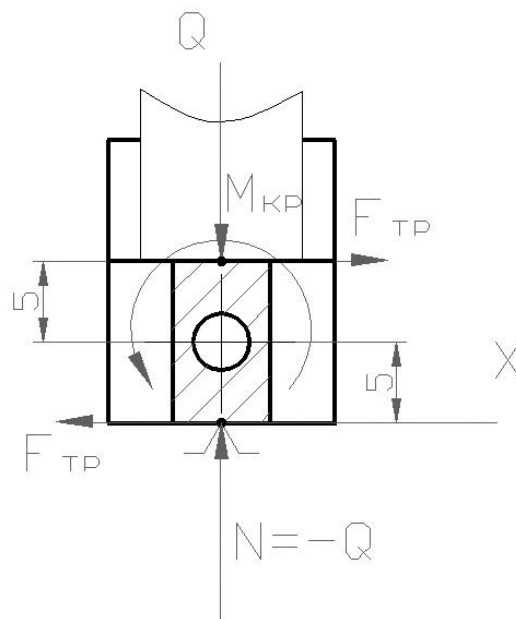


Рис. 3.4.3 Схема дії сил при закріпленні.

Щоб забезпечити надійність затиску, сили різання збільшують на коефіцієнт запасу k , що визначається в залежності від умов обробки як

$$k = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6,$$

де $k_1=1,15$ – коефіцієнт, що враховує тип обробки (свердління); $k_2=1,2$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки (чорновий); $k_3=1$ – коефіцієнт враховуючий вид процесу (не переривчасте різання); $k_4=1,3$ – коефіцієнт враховуючий тип приводу (ручний); $k_5=1$ – коефіцієнт, що враховує розташування органів керування (зручне); $k_6=1,5$ – враховуючий вид опорних елементів (пластини).

Підставивши значення визначаємо коефіцієнт запасу

$$k = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,691$$

Тоді сила затиску дорівнює

$$Q = k \cdot 400 = 1076 \text{ Н.}$$

Для визначення зусилля на рукоятці затиску пристосування скористаємося формулою

$$W = \frac{Q r_{cp} \operatorname{tg}(\psi + \varphi_{np})}{l_p},$$

тобто розглядаючи тертя тільки в різьбі, де $r_{cp}=20$ мм – середній радіус різьблення; $\psi=45^\circ$ – кут підйому різьби, що знаходиться зі співвідношення

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{P}{2\pi r_{cp}};$$

$P=1$ мм – крок різьби; $\varphi_{np}=6^\circ 40'$ – приведений кут тертя.

У механізмів із трикутною різьбою гайка переміщається наче по V-подібному жолобі. Поверхня тертя при цьому більше, ніж при переміщенні площиною (за інших рівних умов). У такому випадку користуємося приведеним коефіцієнтом тертя f_{np} , вираженим через коефіцієнт тертя f_{mp} при плоскому контакті:

$$f_{np} = \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}},$$

де $\alpha=60^\circ$ - кут при вершині профілю метричної різьби. Таким чином

$$f_{np} = \frac{0,1}{\cos 30^\circ} = 0,115,$$

а

$$\varphi_{np} = \arctg(0,115);$$

$l_p=55$ мм – довжина важеля рукоятки затиску.

У такий спосіб

$$W = \frac{1076 \cdot 20 \operatorname{tg}(45^\circ + 6^\circ 40')}{55} = 56 \text{ Н або } 6 \text{ кг},$$

що не представляє особливих зусиль.

3.4.1.4. Розрахунок різьбового з'єднання на міцність

Визначимо момент при затягуванні різьбового з'єднання як

$$M_k = W \cdot l_p = 56 \cdot 0,055 = 3,08 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначимо найбільші дотичні напруження в нарізній частині як:

$$\tau_1 = \frac{M_k}{0,2d_1^3} = \frac{3,08}{0,2 \cdot 0,018753^3} = 2,33 \text{ МПа},$$

де $d_1=18,753$ мм – внутрішній діаметр різьби (табл.4, стор.503, [10]).

Визначимо стискаючі напруги діючі на стрижень як

$$\sigma_1 = \frac{Q}{F_c} = \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}} = \frac{1076}{3,141 \frac{0,02^2}{4}} = 342 \text{ Па}$$

Визначимо найбільшу приведену напругу в стрижні:

$$\sigma_{1np} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{342^2 + 3(2,33 \cdot 10^6)^2} = 4,04 \text{ МПа}$$

Визначимо запас за пластичними деформаціями (зминання) як

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{1np}} = \frac{340}{4,04} = 84,$$

що значно більше чим мінімальне значення запасу $n=2,5$. $\sigma_T=340$ МПа – границя текучості матеріалу стрижня (сталь 45).

Визначимо запас статичної міцності як

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{\sigma}}{\sigma_{1np}} = \frac{570}{4,04} = 141,$$

що значно більше чим мінімальне значення запасу $n_{\sigma}=4$. $\sigma_T=570$ МПа – межа міцності матеріалу стрижня (сталь 45).

3.4.2. Розрахунок контрольного пристосування

Контрольні пристосування призначені для перевірки точності виконання розмірів і технічних умов на виготовлення деталей і вузлів машин. Великою перевагою контрольних пристосувань є можливість визначення дійсних розмірів деталей. На спроектованому контрольному пристосуванні перевіряється міжосьова відстань для основних отворів $35\pm 0,3$ мм. Стандартне пристосування для контролю представлено на рис. 3.4.4.

3.4.2.1. Опис роботи пристосування

Готова деталь установлюється на пристосування, базуючи за основними отворами за допомогою циліндричних настановних пальців. При цьому один з пальців (для більшого отвору) виконаний нерухомим, а інший кріпиться до рухливої плити, на якій встановлений індикатор годинного типу. Рухлива плита, разом з індикатором, при відсутності деталі на пристосуванні, за допомогою упора виставлена на контрольований міжосьовий розмір. Таким чином, при приміщенні деталі на пристосування, індикатор годинного типу може контролювати відхилення розміру, що перевіряється, від еталона.



Рис. 3.4.4. Стандартні пристосування для контролю міжосьової відстані.

Посадка на настановні пальці здійснюється з зазором, для полегшення установки. Діапазон розміру міжосьової відстані перевіряється за допомогою переміщення рухливої плити разом з індикатором за допомогою ручки. Так при крайньому правому положенні контролюється мінімальна міжосьова відстань, при цьому ідеальний контакт настановного пальця і внутрішньої поверхні отвору відбувається за лінією симетрії, що знаходиться на осі, деталі. При крайньому лівому положенні плити контролюється максимальна міжосьова відстань, знову при зсуві лінії контакту на вісь симетрії деталі.

3.4.2.2. Точність роботи пристосування

Точність показань контрольних пристосувань у значній мірі залежить від прийнятого методу вимірювання. У нашому випадку це відносне вимірювання.

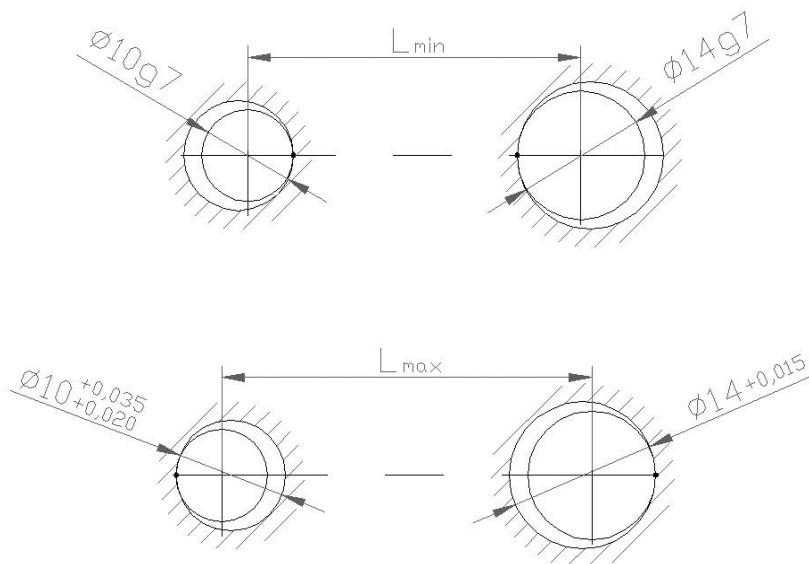


Рис. 3.4.5. Схема вимірювання

Для визначення точності показань контрольних пристосувань з обліком усіх розглянутих похибок здійснюється підсумовування систематичних похибок з випадковими незалежними похибками. Дослідження показують, що незалежні випадкові похибки процесу вимірювання, у тому числі нормального розподілу. При цих умовах для визначення сумарної похибки підсумовують значення окремих похибок. Формула для визначення сумарної похибки приймає вид

$$\sigma_{\text{сум}} = \sqrt{\sigma_{\delta}^2 + \sigma_y^2 + \sigma_n^2 + \sigma_u^2},$$

де σ_{δ} – похибка базування деталі в контрольному пристосуванні. За даною схемою базування (рис. 3.4.5) і умовою вимірювання крайніх значень міжосьової відстані (при збігу крапок ліній контакту з віссю симетрії) похибка базування буде дорівнює 0 мкм;

σ_y – похибка установки деталі на пристосування, викликана перекосом осей пальців або отворів. У даному випадку, коли в ході виміру до важеля пристосування прикладається сила для сполучення ліній контактів з віссю симетрії, похибка установки дорівнює тільки похибці непаралельності осей настановних пальців. Для механізмів такого класу похибка непаралельності складає 10 мкм [14];

σ_n – похибка вимірювального приладу. У нашому випадку дорівнює 3 мкм (ROSH Precision dial gauge model C40, ціна поділки 0,01 мм);

σ_i – похибка, властива даному методу вимірювання залежить від багатьох факторів, у тому числі від методу вимірювання, конструктивних особливостей пристосування, умов експлуатації, кваліфікації контролерів і т.д. У нашому випадку нормативно похибка виміру на даному контрольному пристосуванні при відносному методі вимірюванні складає 1 мкм [18].

У такий спосіб похибка контрольного пристосування дорівнює

$$\sigma_{\text{сум}} = \sqrt{0^2 + 10^2 + 3^2 + 1^2} = 10,4 \text{ мкм.}$$

Тобто складає 1/3 від вимірюваного параметра, що задовольняє вимогам точності.

4. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення основних і допоміжних площ цеху

4.1.1 Робочий склад цеху і визначення його чисельності

Загальна кількість, що беруть участь у роботі механічного цеху складають:

- а) виробничі робітники (головним чином верстатники);
- б) допоміжні робітники;
- в) молодший обслуговуючий персонал;
- г) службовці, інженерні працівники і конторський персонал.

Для серійного виробництва визначення кількості виробничих робітників проводимо по заданій кількості верстатів. Формула для розрахунку має такий вигляд:

$$R_{\text{см}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot m \cdot S_{\text{нр}} \cdot \eta_{\text{з}}}{F_{\text{д.р.}} \cdot S_{\text{р}}},$$

де $F_{\text{д}} = \Phi \cdot H = 260 \cdot 8 = 2080$ год – дійсний річний фонд часу верстата;

$\Phi=260$ – кількість робочих днів у році;

$H=8$ ч – тривалість робочої зміни;

$m=2$ – число робочих змін;

$S_{np}=21$ – фактична кількість верстатів (з розрахунків);

$\eta_z = 0,85$ – коефіцієнт завантаження устаткування (проектувальне значення);

$F_{d.p.} = F_p \cdot k_p = 2070 \cdot 0,89 = 1840$ ч – дійсний річний фонд часу робітника;

$F_p=2070$ ч – номінальний річний фонд часу робітника при 41-годинному робочому тижні;

$k_p=0,89$ – коефіцієнт, що враховує час відпустки (18 робочих днів);

$s_p=1$ – коефіцієнт многостаночности (для універсального устаткування).

Таким чином, число виробничих робітників складає

$$R_{cm} = \frac{2080 \cdot 2 \cdot 21 \cdot 0,85}{1840 \cdot 1} = 40 \text{ чол.}$$

Кількість виробничих робітників-слюсарів у механічному цеху приймається для серійного виробництва як 4% від загальної кількості робітників. Таким чином, кількість слюсарів у цеху 2 чол, а верстатників – 38 чол.

Допоміжні робітники (наладчики, мастильники, лимарі, електромонтери, роздавальники інструмента, бракувальники, заточники) при проектуванні визначаються в процентному співвідношенні від загального числа виробничих робітників як 20%.

Таким чином, кількість допоміжних робітників складає 8 чол.

Молодший обслуговуючий персонал (прибиральники, кур'єри, телефоністи) складає 2% від загальної кількості виробничих робітників. У такий спосіб кількість молодшого обслуговуючого персоналу дорівнює 1 чол.

Цехи, що служать, поділяються на двох категорій: інженерно-технічні працівники і лічильно-конторський персонал. Інженерно-технічні працівники складають 12% або 5 чол, а лічильно-конторський персонал – 2% або 1 чол.

Таким чином, загальна кількість робітників у цеху складає 55 чоловік.

Таблиця 4.1 - Відомість робочого персоналу

№	Категорія працюючих	Усього чол.	% от $R_{ст}$	за змінами	
				перша	друга
1	Виробничі робітники	40	100	22	18
2	Допоміжні робітники	8	20	5	3
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2	1	-
4	Інженерно-технічні працівники	5	12	3	2
5	Лічильно-конторський персонал	1	2	1	-
Усього в цеху		55		32	23

4.2 Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на дільниці

4.2.1 Визначення розмірів і площі цеху

При детальному проектуванні виробнича (верстатна) площа визначається на підставі планування шляхом розробки плану розташування всього устаткування, робочих місць, конвеєрних і інших пристроїв, складових місць заготівель, проїздів і ін.

На підставі планування уточнюються прийняті ширина, довжина і число прольотів. Ширина прольотів (відстань між осями колон у поперечному напрямку) залежить від габаритних розмірів застосовуваного устаткування і засобів транспорту. Для легкого машинобудування застосовується ширина прольотів у 18 м. Ширина всіх прольотів механічних цехів приймається однакової.

Відстань між осями колон у подовжньому напрямку називане кроком колон, приймаємо 6 м, для даного матеріалу (залізобетон), конструкції будинку і навантажень на нього.

Відстані між осями колон поперечному і подовжньому напрямках утворюють сітку колон. Приймаємо сітку колон як 18х6 м.

Довжина прольоту визначається (вважаючи по його подовжній осі) сумою розмірів послідовно розташованих виробничих і допоміжних приміщень, проходів і інших ділянок цеху. Довжина прольотів повинна бути кратна розмірові кроку колон і однакової для всіх прольотів.

Площа цеху визначимо приблизно з урахуванням питомої площі, займаної усіма верстатами. Питома площа для малих верстатів складає 12 м². Таким чином, приблизна площа цеху, з урахуванням додаткової площі (коефіцієнт, рівний 1,3) складе

$$A_c = A_{yo} \cdot k \cdot S_{np} = 12 \cdot 1,3 \cdot 21 = 328 \text{ м}^2.$$

При проектуванні робочих місць вирішується питання наукової організації праці, зовнішнього та внутрішнього планування робочих місць, створення необхідних умов виробничого процесу і нормальних умов праці.

Зовнішнє планування робочого місця - це розташування основного виробничого обладнання, спеціального оснащення, підйимально-транспортних засобів, тощо.

Внутрішнє планування робочого місця - це розміщення різального, контрольного та допоміжного інструменту, пристроїв та предметів догляду за обладнанням.

Під робочим місцем верстатника розуміють обмежену зону виробничого майданчика, що призначена для виконання операції механічної обробки одним робітником. Ця зона оснащена обладнанням, необхідним для виконання даної операції, а також організаційним оснащенням (тумбочкою, тарою для заготовок стелажми).

Найважливішою умовою раціональної організації робочого місця є спеціалізація закріплення певної операції за окремим верстатом з використанням спеціального оснащення.

Робочі місця оснащені інструментальними шафами, які розміщені справа від робітника. В шафах зберігається інструмент для налагодження та обслуговування, а також допоміжні інструменти та приладдя (щітки, гачки для стружки і т.д.).

Зліва розміщено стелажі для зберігання інструменту, який використовуємо в процесі роботи, а також тара для заготовок.

Для нормальних умов і безпеки праці робочі місця оснащені пересувними рейками з місцевим освітленням.

Планування робочого місця повинно виходити з вимог, організації раціонального технологічного процесу, засновуватись на даних про зони досягнення рук робітника у вертикальній і горизонтальній площинах. Вони дозволяють знайти найбільш вигідне розташування всіх предметів відносно до зросту робітника. Дотримання цих зон звільнить робітника від зайвих рухів і кроків. Все це викличе мінімум часу, зменшить втомлюваність і підвищить продуктивність праці.

Вся система обслуговування робочого місця заготовками, електроенергією, стисненим повітрям, мастильно-охолоджуючими рідинами, технологічним оснащенням, забезпечення постійного налагодження обладнання (проведення планово-попереджувальних ремонтів), організація систематичного контролю за якістю робіт, постійне підтримання на робочих місцях безпечних умов праці носить попереджувально-профілактичний характер.

4.1.2. Розроблення робочого місця верстатника

Основне технологічне устаткування розташоване згідно з СН 181-70. На одного робітника припадає не менше 4,5 м² виробничої площі. Всі механізми і

вузли розміщено на ділянці таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до них при потребі ремонту, налагодження тощо.

Планування робочих місць розробляють, виходячи з вимог організації технологічного процесу. Основні зони розташування заготовок, різального та контрольного інструменту розміщено так, щоб позбавити робітника від потреби робити зайві рухи.

Кожне робоче місце оснащено тумбочкою, стелажми для різального та контрольного інструменту, тарою для заготовок і оброблених деталей. Схема планування робочого місця показана на рис. 4.1.

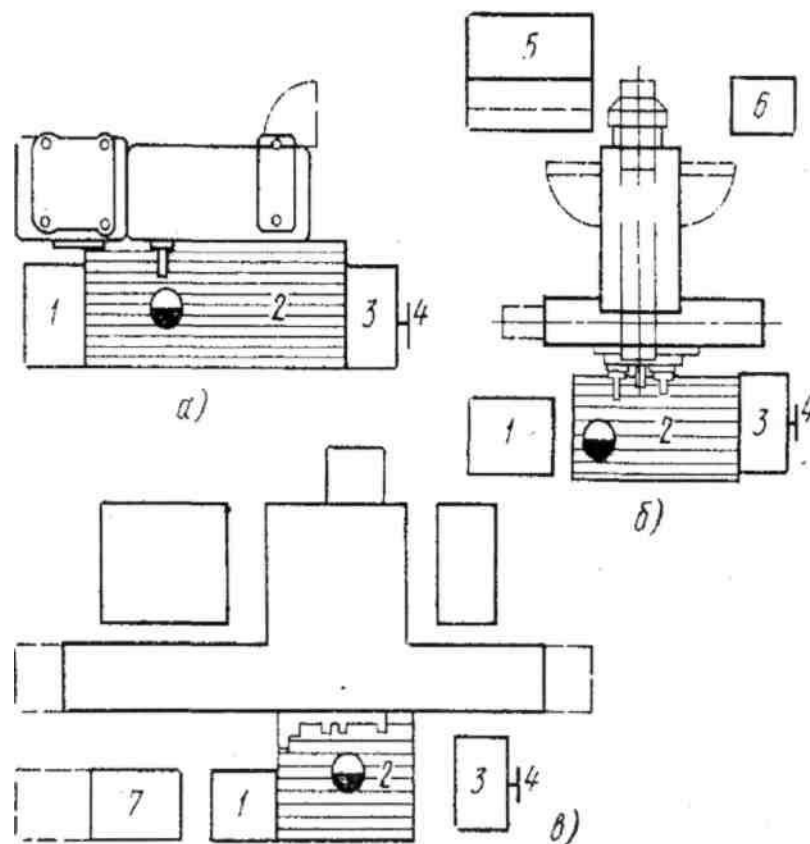


Рисунок 4.1 - Планування робочих місць: а - токаря ; б - фрезерувальника ; в - шліфувальника ;

1 - приймальний столик; 2 - решітка для ніг; 3 - інструментальна тумба; 4- планшет для креслень; 5 - стелаж для пристроїв; 6 - стелаж для оправок; 7 - стелаж для зберігання готових деталей.

4.2. Енергоємність цеху

Річні витрати електроенергії на силові установки в механічному цеху визначимо за формулою:

$$W_2 = \sum N \cdot F_o \cdot m \cdot \eta_3 \text{ кВт.г}$$

де $\sum N = k_c \cdot \sum W = 0,45 \cdot 27299,5 = 12285$ кВт – сумарна ефективна потужність устаткування;

$k_c = 0,45$ – коефіцієнт, що враховує недовантаження по потужності і неодночасність роботи устаткування;

$\sum W = 27299,5$ кВт – сумарна паспортна потужність устаткування.

Таким чином, річні витрати електроенергії в цеху складуть

$$W_2 = 12285 \cdot 2080 \cdot 2 \cdot 0,85 = 43439760 \text{ кВт.г}$$

Річні витрати на освітлення виробничих приміщень визначається в середньому як $W_{o.c.} = 15$ Вт на 1 м^2 площі.

Таким чином, річні витрати на електроенергію складуть

$$W_o = W_{o.c.} \cdot A_y \cdot F_o = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 328 \cdot 2080 = 10234 \text{ кВт.г}$$

Загальні витрати електроенергії визначимо як

$$W = W_o + W_2 = 10234 + 43439760 = 43449994 \text{ кВт.г}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів проєктованого об'єкта

В процесі експлуатації проєктованого цеху з механічного оброблення різанням деталей можливі наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- фізичні перевантаження;
- нервові і психічні перевантаження;
- висока напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- системи, що знаходяться під тиском (пневмо- і гідроприводи верстатів і верстатних пристосувань);
- підвішені частини виробничого устаткування (верстатів, вантажопідйомного устаткування);
- гострі крайки, задирки, шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів і устаткування;
- недостатно природного світла;
- конструкції верстатних пристосувань;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- небезпека загоряння допоміжних матеріалів (наприклад: промаслене дрантя і т.п.).

5.2. Заходи щодо усунення впливу на працюючих небезпечних і зниженню шкідливих виробничих факторів

При розробленні технологічного процесу механічного оброблення і відповідного оснащення були забезпечені вимоги безпеки за ГОСТ 12.3.002-75 і ГОСТ 12.2.003-74 наступним чином:

- **Захист від фізичних перевантажень**

Відповідно до ГОСТ 12.3.020-80 переміщення вантажів у технологічному процесі масою більш 20кг чи на відстань більш 25м варто робити за допомогою підйомно-транспортних засобів механізації.

Загороджуючі пристрої, що знімаються частіше одного разу в зміну, повинні мати масу не більш 6 кг і кріплення, не потребує застосування ключів і викруток. Загороджуючі пристрої, що відкривається повинні, при усталеному русі, переміщатися з зусиллям не більш 40 Н. Зусилля на рукоятках і важелях (маховиках) які включаються не більш 5 разів у зміну, не повинне перевищувати 150 Н, що включаються не більш 25 разів – до 80 Н.

Необхідне зусилля ривка на затискних важелях і рукоятках різного призначення на затискних важелях і рукоятках різного призначення в моменти кінця чи затиску початку не повинний перевищувати 500 Н.

У переміщуваних вручну знімних пристосуваннях і інструментах, що мають масу більш 16 кг і незручних для захоплення руками, мають пристрою (наприклад, рукоятка для такого захоплення).

- Захист від нервово-психічних перевантажень

Робочі місця задовольняють ергономічним вимогам при виконанні робіт сидячи і стоячи за ГОСТ 12.2.032-78, ГОСТ 12.2.033-78. Символи органів керування виконують відповідно до вимог ГОСТ 12.4.040-78. Органи ручного керування виконані і розташовані так, щоб користування було зручно. Лімби, шкали, написи і символи чітко виконані, не стираються, читаються добре на відстані не менш 500 мм.

Зусилля на рукоятках і важелях (маховиках) органів керування рухами складальних одиниць при постійному ручному керуванні не перевищують 40 Н, для фрикційних муфт головного привода на початку і в кінці переміщення – не більш 80 Н.

- Захист від поразки електричним струмом

Кожен верстат має вхідний вимикач ручної дії, розміщений у безпечному і зручному для обслуговування місці. Вимикач призначений для підключення

електроустаткування до живильної мережі, а також для відключення від мережі на час перерви в роботі чи в аварійних ситуаціях.

Кожен верстат має кнопку аварійного відключення – червоного кольору, установлену таким чином, щоб була ясно видна і доступна працюючому з його робочого місця. Струмоведучі частини виробничого устаткування повинні бути ізольовані чи обгороджені, або знаходиться в недоступних для людей місцях.

Електроустаткування, що має відкриті струмоведучі частини повинне бути розміщене у середині корпусів (шаф) із дверима, що защіпаються. Дверцята шаф електроустаткування мають блокування, що відключає електрощиток при їхньому відкриванні.

Електроустаткування оснащено нульовим захистом, що виключає, незалежно від положення органів керування верстатів, мимовільне включення устаткування при відновленні раптово зниклої напруги.

Металеві частини виробничого устаткування надійно заземлені. Опір пристрою, що заземлює, повинне бути не більш 4 Ом.

На кожному робочому місці біля верстата на підлозі є дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони і не менш 0,6 м від виступаючих частин верстата за шириною.

- Захист від підвищеної запиленості і загазованості робочої зони.

У проєктованому цеху механічного оброблення можливе виділення в повітря робочої зони чавунного і сталевого пилу, газовиділення, застосовуваних СОЖ і абразивного пилу. Відповідно до ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ. «Воздух рабочей среды. Общие санитарно-гигиенические требования», гранично-допустима концентрація цих речовин (ГДК) не перевищує наступних величин:

Чавун – до 6 мг/м³;

Сталь – до 6 мг/м³;

Карборунд – до 6 мг/м³;

Луги їдкі - до 0,5 мг/м³.

Для зниження концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в проекті цеху передбачена природна і механічна вентиляція.

При різанні чавуну на шліфувальних операціях проектом передбачена можливість відсмоктування з зони оброблення забрудненого повітря, за допомогою пилестружкоприймачів, рекомендованих ГОСТ 12.2.009-80. Для оброблення металів різанням використовують ЗОР, дозволені для застосування міністерством охорони здоров'я.

- Захист від підвішаних частин

Ширина цехових проходів і проїздів, відстані між металорізальними верстатами й елементами будинків у пропонованому проекті цеху установлені відповідно до ГОСТ 12.2.009-80.ССБТ. «Станки металлорежущие. Общие требования безопасности», а також ГОСТ 12.2.062-81.ССБТ. «Оборудование производственное. Ограждения защитные.» і ГОСТ 12.3.025-60.ССБТ. «Обработка материалов резкой. Требования безопасности».

Проходи і проїзди в цеху і на ділянках передбачено позначати розмежувальними лініями білого кольору шириною не менш 100мм.

Для захисту від травмування підвішеними частинами виробничого устаткування застосовані огороження, застерігаюче фарбування, блокуючі запобіжні пристрої з дистанційним керуванням.

Зони обробки, відкриті передачі, вали, муфти й інші рухливі частини устаткування, що представляють небезпеку травмування мають огороження у виді кожухів, екранів, щитків.

У захисному положенні огороження утримуються від мимовільного переміщення. Огороження, що відкриваються нагору, фіксуються у відкритому положенні.

Міцність огорожень установлена з урахуванням навантаження, визначеного за умовами впливу на огороження працюючого та рухомих частин устаткування.

Стійки мають запобіжні пристрої від перевантаження, здатного викликати поломку верстата і травмування. Як запобіжні пристрої застосовані запобіжні кулькові і фрикційні муфти за ГОСТ 15.620-77 і ГОСТ 15.822-77. Верстата мають

пристрої що запобігають мимовільне опускання шпинделів, кронштейнів головок, бабок, рукавів (у радіально-свердлильних верстатах), поперечок і інших рухомих частин.

Переміщення рухомих частин у верстатах з автоматичним циклом обробки обмежується в крайніх положеннях пристроями, що виключають їхній перебіг за межі припустимих відхилень.

Пристрої для закріплення на верстатах патронів, планшайб, оправлень, насадних головок інструмента й інших знімних елементів виключають мимовільне ослаблення при роботі закріплюючих пристроїв і згвинчування знімних елементів реверсування обертання.

В процесі роботи найбільш виступаючі за габарити станин зовнішні торці рухомих частин, що переміщуються зі швидкістю більш 150мм/хв, виділені сигнальним кольором за ГОСТ 12.4.026-76 шляхом нанесення покриття смужкою жовтого кольору по контурі чи на всю поверхню.

Внутрішні поверхні дверцят, що закривають місця розташування елементів верстатів, що рухаються, (наприклад шестірень, шківів), що вимагають періодичного доступу до них при заміні ременів, налагодженню і т.п. і здатних при русі травмувати працюючого фарбують в жовтий колір.

З зовнішньої сторони огорожень нанесений попереджуючий знак небезпеки за ГОСТ 12.4.026-76 (жовтого кольору рівносторонній трикутник з вершиною догори з чорною облямівкою і чорним знаком оклику в середині). Під знаком установлені таблички за ГОСТ 12.4.026-76 з написом, що пояснює – «При включеному верстаті не відкривати!».

Поверхні сходу стружки, чи ЗОР та ін. пофарбовані в червоний чи жовтий кольори.

Корпуса кранів керування пневмо- і гідроприводів пристосувань мають замітне фарбування.

- Захист від травмування гострими крайками, задирками і шорсткостями поверхонь заготовок, інструментів і устаткування

Відповідно до ГОСТ 12.2.009-60.ССБТ. «Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности» і ГОСТ 12.2.029-77.ССБТ. «Приспособления станочные. Общие требования безопасности» поверхні верстатів, захисних пристроїв, органів керування, верстатних пристосувань не мають гострих крайок і задирок, здатних травмувати працюючого.

Небезпечні зони обробки у верстатах мають огороження. При обробці різанням заготовок що виходять за межі устаткування встановлюються переносні огороження і знак безпеки за ГОСТ 12.4.026-76.

Рукоятки (важелі) затисків багатофункціональних пристосувань, застосовуваних на верстатах, що мають час обробки, сполучений з часом завантаження деталей, розташовуються в зоні оператора в якій не можливе травмування інструментом, стружкою, виключає вплив ЗОР. Переміщення рукояток при затиску і знятті виробу не спрямовані убік інструмента. Контроль оброблюваних деталей на верстатах і зняття деталей для контролю повинні виконуватися лише при відключених механізмах обертання чи переміщення заготовок, інструмента і пристосувань.

- Заходи щодо забезпечення достатнього освітлення природним і штучним світлом

Згідно СНиП II-4-79 «Нормы проектирования естественного и искусственного освещения» для механічних цехів встановлюються норми штучного освітлення:

Місцеве освітлення робочих місць – 2000 лк;

Загальне освітлення цеху – 200 лк.

Достатня освітленість робочих місць досягається правильним вибором типів світильників, їхньою кількістю і розташуванням. Верстати забезпечені пристроями місцевого освітлення.

- Безпека верстатних пристосувань

Регламентується ГОСТ 12.2.029-77 ССБТ. «Приспособления станочные. Общие требования безопасности».

Конструкції пристосувань забезпечують надійне і зручне закріплення з верстатом і налагоджувальними елементами. Спосіб закріплення виключає можливість мимовільного ослаблення кріплення і зсуву пристосування чи його налагоджувальних елементів у процесі експлуатації. Пристосування, установлені на обертові поверхні, повинні бути надійно орієнтовані щодо осі обертання. Обертові пристосування піддаються спеціальному, обов'язковому статичному чи динамічному балансуванню. Конструкції пристосувань забезпечують безпеку встановлення і зняття оброблюваних заготовок. У пристосуваннях усунута можливість мимовільного затиску заготовок при встановленні їх на настановні пальці. Зазор між затиском і заготовкою не перевищує 5 мм, або передбачені інші заходи, що забезпечують безпеку робіт.

Установку на пристосування пружини стиску з відношенням висоти пружини до зовнішнього діаметра більш 2,5 необхідно здійснювати на оправленнях чи у спеціальних гільзах.

У пристосуваннях, призначених для обробки заготовок масою понад 12 кг, повинна передбачатися можливість вільної закладки і знімання пристроїв, що захоплюють, для переміщення їх за допомогою вантажопідйомних механізмів.

Пристосування масою до 16 кг, установлені на устаткування без застосування засобів механізації, мають пристрої і поверхні, що забезпечують безпеку і зручність їхньої установки і зняття.

Пристосування масою понад 16 кг мають пристрої (рим-болти, цапфи і т.д.) що забезпечують стійкість при переміщенні їх вантажопіднімальними механізмами. Маса встановлюваного вручну пристосування разом із закріпленою заготовкою не перевищує 16 кг.

Механізм затиску заготовок виключає мимовільне розкріплення заготовки при обробці. Сумарні розрахункові зусилля затискних елементів пристосувань (якщо вони не встановлені стандартами) перевищують максимальні сили різання не менш чим у 2,5 рази. При одночасному закріпленні декількох заготовок затиск їх рівнозахідний. При використанні пневматичних приводів виключена можливість відкидання на робітника стружки і пилу відпрацьованим повітрям.

- Захист від підвищеного рівня шуму і вібрації

Регламентується ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум.» і ГОСТ 12.1.012-78 ССБТ. «Вибрация. Общие требования».

У проєктованому цеху механічної обробки деталей різанням, джерелом виробничих шумів і вібрації є приводи металорізальних верстатів і вантажопідйомного устаткування.

Заходи, що знижують рівень шуму до припустимих меж закладені в конструкцію сучасного металорізального устаткування, відповідно до ГОСТ 12.2.1077-85 ССБТ. «Шум. Станки металлорежущие. Общие требования». Припустимі шумові характеристики ПДУ = 80 дБА.

- Пожежна безпека

Регламентується ГОСТ 12.1.004-85 «ССБТ. Пожарная безопасность».

У механічних цехах, подібних проєктованому, (укомплектованих в основному металорізальними верстатами) пожежна небезпека виникає внаслідок короткого замикання й утворення великих перехідних опорів. Крім того, скупчення на території цеху промасленого дрантя і паперу може з'явитися причиною самозаймання і пожежі.

Запобігання пожежі досягається наступними заходами:

- ліквідація умов для самозаймання матеріалів, що застосовуються, (наприклад, дрантя);

- при огляді баків і будь-яких ємкостей категорично забороняється користатися відкритим вогнем, тому що в них може утворитися вибухова суміш;

- необхідно завжди пам'ятати про можливість вибуху і загоряння при фарбуванні устаткування пульверизатором і при ремонтних роботах із застосуванням зварювальної техніки. Ці роботи варто виконувати з дотриманням заходів пожежної безпеки;

- паління дозволяється в спеціально відведених місцях, обладнаних з дотриманням протипожежних заходів;

- дотримання заходів правильної експлуатації електромереж і недопущення перевантаження електроустаткування.

Пожежний захист забезпечується:

- максимально можливим застосуванням негорючих і трудно запалюваних матеріалів;

- запобіганням поширення пожежі за межі вогнища (протипожежні перешкоди, вогнезагороджуючі пристрої);

- застосуванням засобів пожежогасіння;

- застосуванням конструкцій об'єктів з високими межами вогнестійкості;

- евакуації людей;

- застосуванням засобів колективного й індивідуального захисту людей;

- застосуванням засобів пожежної безпеки – сигналізації;

- організація пожежної охорони об'єкта.

Технологічні планування на проєктовані цехи обробки різанням необхідно погоджувати з територіальними органами державного санітарного і пожежного нагляду.

5.3. Розрахунок тепловиділення в механічних цехах

Тепловиділення в механічному цеху складаються із суми наступних тепловиділень:

- Робітники;

- Сонячна радіація;

- Електродвигуни машин.

Тепловиділення від людей при роботі середньої ваги і при температурі навколишнього середовища приблизно 20°C визначимо (за табл. 11, стор. 174 [9]) за формулою

$$W_1 = W_{ч.н.у.} \cdot n = 80 \cdot 22 = 1760 \text{ ккал/год,}$$

де $W_{ч.н.у.}=80$ ккал/год – питоме тепловиділення людини при фізичній роботі за нормальних умов; $n=22$ – кількість робітників у найбільш завантаженій першій зміні (див. табл.7.1).

Тепловиділення від сонячної радіації визначимо за формулою

$$W_2 = F_{ост} q_{ост} K_{ост},$$

де $F_{ост}=80$ м² – площа остекленої поверхні; $q_{ост}=125$ ккал/год – тепловиділення через скляну поверхню для країн сходу при широті 45° (для Одеси) (за табл. 10, стор. 173 [9]); $K_{ост}=1,15$ – коефіцієнт остекління при використанні подвійного скла в одній рамі.

У такий спосіб

$$W_2 = 80 \cdot 125 \cdot 1,15 = 11500 \text{ ккал/год.}$$

Тепловиділення від машин, оснащених електродвигунами визначимо за формулою:

$$W_3 = 860 \sum N \cdot \mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4, 56158 \text{ ккал/година}$$

де

$$\sum N = (7,5 + 1,5 \cdot 3 + 2,2 \cdot 4 + 0,6) + (3 + 1,5 + 0,6 + 7) + (0,6 \cdot 3 + 7,5 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2 + 2,2 \cdot 2 + 0,6 + 7) = 65,3$$

квт – потужність усіх верстатів без обліку піднімальних механізмів (тому що маса деталі менш 20 кг);

μ_1 – коефіцієнт використання настановної потужності електродвигунів;

μ_2 – коефіцієнт завантаження;

μ_3 – коефіцієнт одночасності роботи електродвигунів;

μ_4 – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

добуток усіх чотирьох коефіцієнтів μ для механічних і механоскладальних цехів можна прийняти 0,25 [9].

У такий спосіб

$$W_3 = 860 \cdot 65,3 \cdot 0,25 = 14039,5 \text{ ккал/год.}$$

Сумарні тепловиділення в механічному цеху рівні

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 1760 + 11500 + 14039,5 = 27299,5 \text{ ккал/год.}$$

5.4 Забезпечення і захист інженерно-технічного комплексу у надзвичайному стані

5.4.1 Підвищення стійкості будівель і споруд

Інженерно-технічний комплекс будь-якого підприємства включає в себе будівлі і споруди, технологічне обладнання і комунікації електросітки, теплової сітки, водопровід, каналізація і газопровід.

Від стійкості будівель і споруд залежить в основному стійкість всього об'єкта.

Підвищення стійкості будівель і споруд досягається встановленням допоміжного зв'язку, конструкцією каркасів, рам, підкосів, контрфорсів, опорів для зменшення пройому несучих конструкцій, а також за рахунок застосування більш стійких матеріалів.

Низькі споруди для підвищення їх стійкості частково обсіпають ґрунтом. Такий спосіб підвищення стійкості можна застосовувати для напівпідвальних

приміщень і різних споруд. Високі споруди (труби, вишки, башні, колони) закріплюють стяжками, розрахованими на необхідне навантаження.

Захист ємкостей для зберігання легко запалювальних рідин може здійснюватися створенням підземних сховищ, заглибленням їх в ґрунт або обвалюванням, а збільшення механічної міцності ємкостей встановленням ребер жорсткості. При обвалюванні висота земляного валу розраховується на утримання повного об'єму рідини, яка може витекти із зруйнованої ємкості.

5.4.2. Захист технологічного обладнання

Надійно захистити все технологічне обладнання від дії ударної хвилі практично неможливо, тому що доводити міцність споруд до захисних властивостей сховищ економічно недоцільно. Захист обладнання необхідний в наступних випадках:

- обладнання яке після руйнування решти підприємства може випускати особливо важливу продукцію;
- обладнання яке важко відновлюється;
- унікальне обладнання яке потрібно зберегти для подальшого використання.

Захист обладнання входить в загальний комплекс інженерно-технічних заходів для підвищення стійкості роботи підприємства. Щоб попередити ушкодження обладнання уламками конструкцій які розвалюються, треба проводити раціональну компоновку обладнання при об'ємно-планувальному вирішенні підприємства.

При реконструкції та розширення промислових об'єктів потрібно дотримуватися наступних вимог:

- важке обладнання розміщувати на нижніх поверхах;
- найбільш цінне і нестійке до ударів обладнання розміщувати в приміщеннях з підвищеними міцносними характеристиками, або в спеціальних захисних спорудах;

- більш міцне цінне обладнання – в окремо побудованих корпусах павільйонного типу, які мають полегшені і важко запалюванні

огороджувальні конструкції, руйнування яких не принесе пошкодження обладнання;

- міцне закріплення верстатів на фундаментах;

- спорудження контрфорсів, які підвищують стійкість верстатного обладнання до дії швидкісного напору повітря ударної хвилі.

Крім перерахованих заходів, потрібно створювати запаси деталей і вузлів технологічного обладнання які найшвидше виходять із ладу (секції конвеєрів, пультів керування, електрообладнання та інші), а також в мирний час виготовляти захисні конструкції (кожухи, камери, дашки, навіси) і застосовувати їх в час загрози нападу противника для попередження поломки обладнання при руйнуванні конструкцій споруд.

5.4.3. Підвищення надійності постачання електроенергією, паром, водою і газом

Для сучасних підприємств характерна велика кількість комунікацій для подачі води, пару, електроенергії, газу, які розташовані на високих естакадах або зовнішніх стінах будівель, що підлягають постійному нагляду і ремонту але з другої сторони це знижує їх стійкість.

Для підвищення надійності комунікацій потрібно:

- заглиблювати основні комунально-енергетичні сітки і технологічні комунікації або розміщати їх на низьких естакадах і обвалювати ґрунтом;

- збільшувати механічну стійкість трубопроводів за рахунок ребер жорсткості, хомутів, з'єднуючих два-три трубопроводи в один.

Система електропостачання є дуже важливою на підприємстві. Підвищення стійкості цієї системи досягається проведенням, як загальноміських, так і об'єктних інженерно-технічних заходів.

Для запобігання виходу із ладу електричних ліній встановлюють пристрої автоматичного вимикання підчас перенавантаження.

При пошкодженні джерела газопостачання або газопроводу рекомендують мати підземні ємкості – газгольдери постійного об'єму.

Газові лінії прокладають під землею і підводять до об'єкту з двох напрямків. Паралельні газопроводи з'єднують між собою, а всю система газопостачання закольцовують, що дозволяє відключати пошкоджені ділянки і скористатися іншою лінією.

Лінії водопостачання прокладають в землі і комплектують засувами для відключення окремих ділянок під час аварії.

При виборі схеми заводського водопостачання необхідно врахувати можливість повторного використання води. Це зменшує загальні потреби підприємства у воді.

Для того щоб підвищити стійкість каналізації об'єкту потрібно створювати окремі системи каналізації: одну для стічних, другу для заводських і господарських стоків.

Висновок по розділу

Спроектований механічний цех відповідає вимогам охорони праці і пожежної безпеки. Передбачені заходи забезпечують зниження рівня травматизму, створюють нормальні умови праці, знижують захворюваність працюючих і сприяють підвищенню загальної ефективності виробництва та захисту в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра, згідно з завданням, розроблено технологію виготовлення деталей шатун-поршневої групи компресора. Охарактеризовано службове призначення і технічні вимоги на задані деталі, зроблено аналіз базового технологічного процесу виготовлення шатуна, пальця та поршня.

Забезпечено зниження собівартості оброблення на багатофункціональних верстатах дослідженням шляхів призначення оптимальних параметрів режимів різання шляхом їх оптимізації.

Розроблено цільові функції для оптимізації режимів різання з урахуванням собівартості оброблення та блок схеми і програму в середовищі MATHCAD для її виконання.

Для розроблення ТП встановлено тип і організаційну форму виробництва, вибрано способи отримання заготовок проведено структурний аналіз і синтез кількох варіантів технологічного процесу і встановлено оптимальний.

Встановлено припуски та міжопераційні розміри, визначено режими різання та технологічне оснащення, встановлено контрольні, допоміжні та транспортні операції, проведено нормування.

Розроблено ряд пристосувань, організаційні питання, заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Рычков Д.А. Оптимизация выбора режущего инструмента на основе методов сравнительного анализа. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2010, №5-2.
2. Беркун М.Н., Волчок И.П., Живица И.В., Топал В.И. Влияние термической обработки на свойства высокохромистого чугуна – *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1971. № 1. С. 64–66.
3. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны. М: Машиностроение, 2010. 280 с.
4. Кириллов А.А., Белов В.Д., Рожкова Е.В. Структурно и неструктурно чувствительные свойства хромистых чугунок. *Черные металлы*. 2007. № 9. С. 7–13.
5. Чабак Ю.Г., Ефременко В.Г., Кравцов А.С. Новые подходы к выбору режима смягчающей термической обработки высокохромистых чугунок. *Проблемы и перспективы развития ж.-д. трансп.: тез. докл. 73 междунар. науч.-практ. конф. Днепропетровск: ДНУЖТ, 2013. С. 282–283.*
6. Чабак, Ю. Г. Влияние режима отжига на микроструктуру и твердость высокохромистых чугунов с повышенным содержанием аустенитообразующих элементов. *Стр-во, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. Днепропетровск: ПГАСА, 2013. Вып. 67. С. 188–192.*
7. Вакуленко І.О., Кадильникова Т.М, Пройдак С.В. Технологія механічної обробки металевих матеріалів. Дніпропетровськ: Стандарт-Сервіс, 2014. 176 с.
8. Нетребко В.В. Влияние марганца на структуру высокохромистых чугунок. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2012. Вип. 42. С. 167–169.
9. Lipatov, A. A. Determining the cutting forces at there artoolsurface / A. A. Lipatov, Y. L. Chigirinskii, S. I. Kormilitsyn // *Russian Engineering Research*. – 2010. – Vol. 30, № 11. – P. 1158–1160

10. Кришталович Я.М. Оптимізація режимів різання на багатоцільових верстатах Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль 24-25 листопада 2021 року С. 48-49
11. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
12. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування : навч. посібник / В. Д. Рудь. – К. : ІСДО, 1996 – 300 с.
13. Допуски и посадки: Справочник /Ю.Е. Кирилюк. –К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987.
14. Дичковський М. Г. Проектування технологічної оснастки. Курс лекцій : Навчальний посібник / Дичковський М.Г. . — Тернопіль : ТНТУ , 2012 — 156 с.
15. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка верстатного обладнання. Курс лекцій : Навчальний посібник / Дичковський М.Г. . — Тернопіль : ТНТУ , 2012 — 215 с.
16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Встановлення заготовок у пристосуваннях : Навчально-методичний посібник / Дичковський М.Г. . — Тернопіль : ТНТУ , 2013 — 222 с.
17. Патент 85167 UA, МПК В24В 39/00. Пристрій для оброблення плоских поверхонь вібраційним обкочуванням [Текст] / Дичковський Михайло Григорович, Кривий Петро Дмитрович, Кашуба Назар Петрович (Україна) - опубл. 11.11.2013.
18. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка : Навчально-методичний посібник / Дичковський М.Г. . — Тернопіль : ТНТУ , 2014 — 243 с.
19. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок» для студентів спеціальностей 1201 і 1202 всіх форм навчання / Скл. М.І. Пилипець, М.Р. Паньків. – Тернопіль: ТПІ, 1992.

20. Кришталович Я. Аналіз характеру закручування стружки в процесі розточування навитих заготовок. Матеріали IV Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 квітня 2021 р.), 2021.- С. 92.