

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**

(повна назва інституту/факультету)

**Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів**

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

**Віталій ІВАНОВ**

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня «магістр»**

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**

(код та назва)

освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: **Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу**

**секції 156.10.088-01 шляхом оптимізації режимів різання на**

**токарно-карусельній операції**

Здобувача групи **ТМмдн-21к**

(шифр групи)

**Онищенко Юрія Миколайовича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

**Юрій ОНИЩЕНКО**

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник **канд. техн. наук, ст. викладач Анна НЕШТА**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант

з питань

охорони праці **ст. викладач, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер **доцент, канд. техн. наук, доцент Олександр ІВЧЕНКО**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

**Суми – 2023**

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

<i>Інститут, факультет</i>	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i>
<i>Кафедра</i>	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
<i>Освітньо-науковий рівень</i>	<i>другий (магістерський)</i>
<i>Спеціальність</i>	<i>131 «Прикладна механіка»</i>
	<i>(шифр і назва)</i>
<i>Освітня програма</i>	<i>«Технології машинобудування»</i>
	<i>(шифр і назва)</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«   »    грудня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

***Онищенко Юрій Миколайович***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу  
виготовлення корпусу секції 156.10.088-01 шляхом оптимізації режимів різання  
на токарно-карусельній операції

керівник проекту Нешта Анна Олександрівна, к.т.н. старший викладач

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» листопада 2023 року № 1382-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «17» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_

- Креслення деталі «Корпус секції».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталі корпусу секції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Виконати аналіз первинної інформації про деталь.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.

3. Розробити конструкцію верстатного пристрою та виконати його дослідження

4. Розглянути питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## 5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП та БВНС	Фалько В.В. ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

## 6. Дата видачі завдання «25» вересня 2023 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2023	Виконано
2	1. Виконати аналіз первинної інформації про деталь.	10.09.2023	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.	15.10.2023	Виконано
4	3. Розробити конструкцію верстатного пристрою та виконати його дослідження.	27.11.2023	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	03.12.2023	Виконано
6	Висновки.	11.12.2023	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2023	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2023	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Юрій ОНИЩЕНКО**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Анна НЕШТА**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 79 сторінках, включає 28 рисунків, 16 таблиць, бібліографії із 24 джерел.

Світові виробники різальних інструментів усе частіше підвищують експлуатаційні показники своєї продукції, що виражається у збільшенні параметрів режиму різання. Режим різання, що розрахований за традиційною методикою, яка основана на послідовному визначенні глибини різання, подачі та швидкості різання, не може бути оптимальним, тому що він розрахований в основному для максимального використання тільки різальних властивостей інструменту. Особливо це стосується різального інструменту із цільного твердого сплаву, адже він є дороговартісним і має використовуватись максимально ефективно, а отже розроблення методики оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції є актуальною задачею.

**Метою дослідження** є удосконалення методики оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції.

**Об'єкт дослідження:** токарно-карусельна операція оброблення корпусу секції.

**Предмет дослідження:** режими різання на токарно-карусельній операції оброблення деталі корпус секції.

**Наукова новизна:** розроблення методики порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу та приведення їх значень з максимальним наближенням до критерію оптимальності на карусельно-токарній операції. Встановлено оптимальні режими різання на карусельно-токарній операції оброблення деталі корпус секції, а також запропоновано залежності для їх розрахунку.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, корпус секції, оптимізація, токарно-карусельна операція, режим різання

## ABSTRACT

The explanatory note is made on 79 pages, includes 28 figures, 16 tables, bibliography from 24 sources.

World manufacturers of cutting tools are increasingly increasing the performance indicators of their products, which is expressed in an increase in the parameters of the cutting mode. The cutting mode calculated according to the traditional method, which is based on the sequential determination of the cutting depth, feed and cutting speed, cannot be optimal, because it is calculated mainly for the maximum use of only the cutting properties of the tool. This especially applies to a solid carbide cutting tool, because it is expensive and must be used as efficiently as possible, and therefore the development of a technique for optimizing cutting modes in a turning-carousel operation is an urgent task.

The purpose of the study is to improve the method of optimizing cutting modes on a turning-carousel operation.

**The object of the research:** turning-carousel operation of processing the body of the section.

**The subject of the study:** cutting modes on the turning-carousel operation of processing the part of the body section.

**Scientific novelty:** the development of a methodology for calculating the parameters of the processing mode for a specific transition and bringing their values as close as possible to the criterion of optimality in a carousel-turning operation. The optimal cutting modes for the carousel-turning operation of processing the part of the body section have been established, and dependencies for their calculation have also been proposed.

TECHNOLOGICAL PROCESS, section body, optimization, turning-carousel operation, cutting mode

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ 8	8
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації .....	8
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. визначення технологічних завдань щодо її виготовлення .....	9
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва.....	11
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	13
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі.....	14
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	15
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального .....	15
2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки .....	16
2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення .....	20
2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів .....	23
2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів .....	25
2.6 Розрахунок режимів різання .....	25
2.7 Проектування засобів технологічного оснащення .....	30
2.8 Висновки.....	39
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	40
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	55
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	58
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	59
ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	60

ДОДАТОК Г КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	61
ДОДАТОК Д КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ.....	62
ДОДАТОК Ж КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ .....	65
ДОДАТОК К ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	66

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У даний час в умовах швидкого впровадження інноваційних технологій у ма-шинобудуванні, використання металорізального обладнання, яке відповідає сучасним стандартам, є невід’ємною частиною кожного машинобудівного підприємства. Раціональний вибір верстатів та їх ефективне використання дозволяє випускати конкурентоспроможну продукцію.

Режими різання – це сукупність значень швидкості різання, подачі чи швидкості руху подачі та глибини різання. Від режимів різання залежить час обробки, якість обробленої поверхні, стійкість інструменту, необхідна потужність, а також інші супутні фактори.

Режими вираховуються за формулами аналітичним або табличним методами. Сучасні виробники різального інструменту у каталогах до своєї продукції надають рекомендаційні режими, але вони також мають бути скориговані у відповідності до конкретних умов обробки і умов організації виробництва.

При виборі режимів різання на основі емпіричних формул також не представляється можливим виявити залежності між безліччю факторів, що впливають, таких як вібрація, охолодження змащувально-охолоджувальними рідинами, геометричні форми ріжучих пластин і т.д. У зв'язку з цим розрахунок режимів різання за емпіричними формулами був прийнятний і досить ефективний для обмеженої номенклатури металорізальних верстатів та обмеженої номенклатури матеріалів ріжучих інструментів і оброблюваних матеріалів, а отже оптимізація режимів різання являє собою актуальну наукову й практичну задачу.

**Метою дослідження** є удосконалення методики оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції.

**Об’єкт дослідження:** токарно-карусельна операція оброблення корпусу секції.

**Предмет дослідження:** режими різання на токарно-карусельній операції оброблення деталі корпус секції.



**Наукова новизна:** розроблення методики порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу та приведення їх значень з максимальним наближенням до критерію оптимальності на карусельно-токарній операції. Встановлено оптимальні режими різання на карусельно-токарній операції оброблення деталі корпус секції, а також запропоновано залежності для їх розрахунку.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра.** Не має.

**Публікації.** Онищенко Ю.М., Нешта А.О. Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу секції 156.10.088-01 шляхом оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції. Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 6-7 грудня 2023 р., м. Одеса. – Одеса: 2023. С. 255-256.

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 79 сторінок, у тому числі 28 рисунків, 16 таблиць, бібліографії із 24 джерел на двох сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

#### 1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації

Деталь «Корпус секції» 156.10.088-01, креслення якої наведено в додатку А, що запропонована для кваліфікаційної роботи є однією з найважливіших деталей живильних насосів ПЭ 270-150-3М-С УХЛ4.

Живильні насоси ПЭ 270-150-3М-С УХЛ4 (табл. 1.1) призначені для живлення парогенераторів середнього та високого тиску живильною водою з температурою не більше 438К (165 °С), водневим показником рН 7 ... 9,5, вмістом твердих часток не більше 5 мг/л, розміром не більше 0,1 мм, а також інших нейтральних рідин схожих з живильною водою за в'язкістю та хімічної активності.

Насос типу ЦНС – відцентровий, горизонтальний секційний, однокорпусний з одностороннім розташуванням коліс, підшипниками ковзанні, автоматичним розвантажувальним пристроєм і кінцевими ущільненнями валу торцевими або сальниковими.

Вузол «Комплект корпусів секцій КС 156.10.088-01» є однією з основних складових насоса. Корпус секції, в сукупності з напрямним апаратом і кільцями ущільнювачів, служить для відводу, робочої рідини, в наступний ступень насоса.

Корпус секції необхідний для направлення, передачі потоку перекачуємого середовища від робочого колеса через апарат зворотній направляючий до колеса наступної ступені. До деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому. Експлуатується при температурі робочого середовища від 10 до 165°С з впливом агресивного перекачуємого середовищем, динамічними вібраціями і тиском.

## 1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Дана деталь «Корпус секції» 156.10.088-01 відноситься до корпусних деталей. Деталь сама по собі є достатньо жорсткою, так як має досить велику товщину стінок в районі поверхонь закріплення, тобто не буде деформуватися під дією сил закріплення. Внаслідок того, що деталь жорстка можна використовувати більш інтенсивні режими оброблення на чорнових операціях.

Згідно креслення секцію необхідно виготовляти із сталі 20X13 ГОСТ 5632-72. Сталь 20X13 призначено для роботи в корозійно-активних середовищах і при високих температурах (згідно ГОСТ 5632-72). Сталь 20X13 застосовується для виробів, які повинні володіти достатньо високою міцністю і одночасно достатнім запасом пластичності і ударної в'язкості. Її використовують також як жароміцний матеріал при температурах до 450÷550 °С. Хімічний склад даної марки сталі приведений у таблиці 1.1, а дані про механічні властивості у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20X13 ГОСТ 5632-88

Хімічний елемент	%
Кремній (Si), не більше	0,8
Мідь (Cu), не більше	0,30
Марганець (Mn), не більше	0,8
Нікель (Ni), не більше	0,6
Титан (Ti), не більше	0,2
Фосфор (P), не більше	0,030
Хром (Cr)	12,0÷14,0
Сірка (S), не більше	0,025

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 20X13 ГОСТ 25054-81

Термообробка, стан поставки	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{ув}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/м <sup>2</sup>
Поковки. Загартування 1000÷1050 °С, повітря або масло. Відпуск 660÷770 °С, повітря.	1000	41	588	14	40	39

Для аналізу в цьому пункті розглянемо поверхні:

– отвір  $\varnothing 510\text{H}7 \times 21$ , торець  $\varnothing 550/\varnothing 510\text{H}7$  з шорсткістю  $R_a\ 1,6\ \mu\text{m}$  і допуском на радіальне биття  $0,02\ \text{mm}$ . Жорсткі вимоги до цих поверхонь обумовлено тим, що за ними деталь базується в насосі;

– торець  $\varnothing 510\text{H}7/\varnothing 450\text{H}7$  з шорсткістю  $R_a\ 6,3\ \mu\text{m}$ . Цю поверхню можна виконати з шорсткістю  $R_a\ 12,5\ \mu\text{m}$ , так як ця поверхня вільна і не є відповідальною;

– отвір  $\varnothing 450\text{H}7 \times 47$ , торець  $\varnothing 402\ \varnothing\ 255\text{H}7$  з шорсткістю  $R_a\ 1,6\ \mu\text{m}$  і допуском на радіальне биття  $0,02\ \text{mm}$ ;

– торцева канавка з  $\varnothing\ 402 \times 1$  виконана з 14 квалітетом і шорсткістю  $R_a\ 12,5\ \mu\text{m}$ . Призначена для полегшення збірки. Покращення вимог економічно не вигідно;

– отвір  $\varnothing\ 255\text{H}7 \times 24$  з шорсткістю  $R_a\ 1,6\ \mu\text{m}$ , торець  $\varnothing 265\text{H}12/255\text{H}7$  з шорсткістю  $R_a\ 1,6\ \mu\text{m}$  і допуском на радіальне биття  $0,02\ \text{mm}$  і отвір  $\varnothing 265\text{H}12$  з шорсткістю  $R_a\ 3,2\ \mu\text{m}$ . Поверхні є допоміжною базою для ущільнювального кільця. Вимоги до розмірів повинні забезпечити щільне прилягання ущільнювального кільця до секції. Зменшення вимог до розміром призведе до потрапляння робочої рідини в порожнину наступної секції обходячи робоче колесо що призведе до зменшення ККД насоса;

– торець  $\varnothing 336\text{H}11/\varnothing 449$  виконаний з шорсткістю  $R_a\ 1,6\ \mu\text{m}$  і допуском на радіальне биття  $0,03\ \text{mm}$ . Поверхня є допоміжною конструкторської для направляючий апарат, розташований в наступному ступені. Зниження вимог призведе до зміщення направляючого апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться вібрація і шум, з'являться завихренні робочої рідини, що підвищить знако-перемінні циклічні навантаження, через що збільшиться знос поверхонь деталі. Не дотримуючись вимог деталь не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу;

– поверхня  $\varnothing 510\text{js}6 \times 20$  і торець  $550/\varnothing 510\text{js}6$  виконуються з шорсткістю  $R_a\ 1,6\ \mu\text{m}$  і допуском на радіальне биття  $0,02\ \text{mm}$ . Поверхні є допоміжною

конструкторською базою для секції наступному ступені , зниження вимог призведе до зміщення наступної секції щодо осі насоса , через це з'являться непотрібні зазори (через перекіс секції), що в свою чергу знизить герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може вивести з ладу весь насос. Також, зміщення від осі, призведе до появи шуму і вібрацій (при роботі насосу), це означає що підвищилось знако-перемінне циклічне навантаження, що призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насосу;

В цілому ж креслення виконане з усіма вимогами ЕСКД, за винятком деяких неточностей зазначених вище. На кресленні досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

### **1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва**

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ .

Виконаємо розрахунок  $K_{з.о.}$  програмним методом за допомогою ЕОМ, використовуючи у якості вхідних даних норми часу по виготовленню деталі із базового технологічного процесу на відповідних операціях (табл. 1.3). В таблиці час вказано лише на механічні операції. Річний обсяг випуку – 200 штук.

Таблиця 1.3 – Технологічний процес виготовлення деталі

<b>Номер операції</b>	<b>Найменування операції</b>	<b>Штучно-калькуляційний час, хв</b>
015	Токарно-карусельна	25
020	Токарно-карусельна	40
025	Токарно-карусельна з ЧПК	10
030	Комплексна на обробному центрі з ЧПК	35
035	Вертикально-свердлильна з ЧПК	140

За результатами розрахунку, які наведені в додатку Б, Кз.о. = 26, що говорить про те, що тип виробництва дрібносерійний, і раціонально обрати форму організації робіт – групову.

Цій формі організації робіт характерні особливості, а саме заготовки обробляються невеликими партіями, заготовки – в основному кування і лиття в піщано-глинисті форми (рідко точне лиття і штампування). Устаткування використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПК. Устаткування розставляються по технологічним групам. Різальний та вимірювальний інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному.

#### **1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі**

В даному пункті будемо розглядати оцінку технологічності деталі «Корпус секції» 156.10.088-01 саме в контексті майбутнього наукового дослідження, а саме чорнове оброблення внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь, тому розглянемо стандартні пункти аналізу технологічності які стосуються саме цього питання:

– за матеріалом деталі. Аналізуючи технологічність конструкції за застосовуваним матеріалом необхідно відзначити, що сталь 20X13 має ряд замінників, таких як: 12X13, 14X17H2; тому в випадку збою поставки цього матеріалу на виробництво, його можна легко замінити іншим. Цей матеріал є відносно нетехнологічним, через свою високу вартість у порівнянні з більш дешевими конструкційними сталями;

– за технологічністю геометричних форм поверхонь. Всі розглянуті поверхонь є простими (циліндричні внутрішні та зовнішні), що значно полегшує оброблення, так як в більшій мірі досягнута точність оброблення залежить від простоти конструкційних форм, тому при аналізі поверхонь можна сказати, що за цим показником деталь технологічна;

– за проставленням розмірів. Для всіх розглянутих поверхонь ( $\varnothing 560_{-0,7}$ ;  $\varnothing 507^{+0,7}$ ;  $\varnothing 447$ ;  $120 \pm 0,5$  мм;  $\varnothing 512_{-0,7}$ ;  $\varnothing 333^{+0,57}$ ;  $\varnothing 280^{+0,52}$ ;  $\varnothing 262^{+0,52}$ ;  $\varnothing 252^{+0,52}$ ;  $20^{+0,52}$ ) проставлені розміри, тому можна вважати, що деталь за цим пунктом є технологічною.

– за правильністю обґрунтування прийнятих значень граничних відхилень. На розглянутих поверхнях проставлені всі граничні відхилення за 12-м та 14-м квалітетом, що передбачає одну стадію оброблення, а це характеризує технологічність деталі за даним показником.

### 1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Даний пункт будемо виконувати на підставі базового технологічного процесу (табл. 1.4). У даному технологічному процесі послідовність механічного оброблення відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу, але є недоліки.

Таблиця 1.4 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Обладнання
1	2	3	5
005	Вхідний контроль	Перевірка наявності сертифікатних даних за гр. III 20x13 197...248НВ ГОСТ 25054-80	
010	Карусельна чорнова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00632	Токарно карусельний верстат 1541
015	Контроль ВТК		Стіл ВТК
020	Розмітка	Розмітити 1 отв. під рим-болт М16-6Н і 2 отв. М16-6Н на $\varnothing 560$	Плита розміточна
025	Свердлильна	Сверлити 3 отвори, нарізати різь М16-6Н, цекувати $\varnothing 42$	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
030	Слюсарна		Верстак
035	Маркування	Маркувати позначення креслення, марку матеріалу і номер маршрутного листа	
040	Карусельна чистова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00633	Токарно карусельний верстат 1541

045	Контроль ВТК		Стіл ВТК
050	Розмітка	Розмітити 1 отв. Ø10x10 на R180±0,3	Плита розміточна
055	Свердлильна	Точити 1 отв. Ø10x10, зенкувати фаски 1x45°	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
060	Слюсарна		Верстак

В даному пункті будемо розглядати саме недоліки типового технологічного процесу оброблення на 015 операції токарно-карусельній. Різальний інструмент, що використовується під час цієї операції застарілий, неекономічний та низькопродуктивний. Режими різання вибрані і підраховані правильно. Але через те, що устаткування і матеріали різальних інструментів на виробництві використовуються застарілі, то ці режими недоцільно застосовувати для сучасних верстатів, так як ці верстати дозволяють працювати на більш прогресивних і форсованих режимах. При зміні цих недоліків можна буде підвищити режими різання до оптимальних при тому, що токарно-карусельний верстат моделі 1541 дає можливість їх підвищити.

### **1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі**

Враховуючи проведений аналіз у попередніх пунктах, можна зробити проміжні висновки, щодо існуючої ситуації по технологічному процесу оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь Корпусу секції на токарно-карусельній операції, а саме:

- у базовому технологічному процесі застосовуються застарілі різальні та вимірювальні інструменти;
- матеріал деталі – корозійностійка важкооброблювана сталь, що накладає обмеження по режимам оброблення.

Враховуючи це, а також дрібносерійний тип виробництва пропонується:

- застосувати тврдосплавний різальний інструмент з покриттям для оброблення корозійностійких важкооброблюваних сталей з великим вмістом хрому.



## РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Вихідними даними для виконання цього етапу є знання про типові маршрути оброблення поверхонь або груп поверхонь.

У багатьох випадках укрупнені операції включають переходи, що не можна виконати з одного установа. Отже, необхідно прийняти рішення про принцип подальшого проектування – диференціації або концентрації побудови операцій.

При проектуванні маршрутного технологічного процесу необхідно врахувати:

- технологічні процеси рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів оброблення;
- в першу чергу обробляють бази для наступних операцій;
- потім обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;
- оброблення поверхонь, в яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

Для зручності наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Свердлильна

025 Токарна чистова

030 Свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Токарна чистова

025 Свердлильна

030 Свердлильна

035 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Ковка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Свердлильна

025 Свердлильна

030 Токарна чистова

035 Слюсарна

Маршрут №2 є більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в маршрутах №1 та №3 на подальшій токарній чистовій буде відбуватись оброблення з ударами, що призведе до поломки різального інструменту та небажаним дефектам поверхонь.

## **2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки**

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічного оброблення при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта

виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Секція», матеріал деталі – сталь 20Х13:

- лиття – не раціонально застосувати, так як для заданого обсягу випуску треба виготовляти спеціальні форми для лиття у кокіль, а потім піддавати деталь очистці піском під тиском та видаляти залишки литникових систем. При цьому способі отримання заготовки можуть з'явитись раковини та пори, що негативно вплине на працездатність шестерні, адже вона передає крутний момент у процесі роботи, а при цьому треба забезпечити ущільнення волокон матеріалу, що можливо лише при пластичному деформуванні.

- прокат – не раціонально застосовувати у дрібносерійному виробництві через те, що секція має досить великий наскрізний отвір і при застосуванні прокату багато матеріалу піде в стружку.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Проте штампування є дорого вартісним процесом, та раціонально застосовувати у великосерійному та масовому виробництві.

- кування на молотах – раціонально застосувати через достатньо великі габарити деталі та можливість отримання центрального отвору. А як було сказано у дрібносерійному виробництві потрібно прагнути до наближення форми заготовки до форми деталі.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Заводський метод отримання заготовки використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ( $K_3=0,3$ ), адже заводська заготовка не передбачує наявності

центрального отвору. Отже для умов дрібносерійного виробництва доцільним буде порівняння двох способів отримання заготовки – це поковка кована на молотах та поковка на пресах. В процесі розрахунків для обох варіантів будемо обирати заготовку з центральним отвором.

Собівартість заготовки кованої на молотах з використанням підкладних штампів розраховуємо за формулою:

$$S_{заг1} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн} \quad (2.1)$$

де  $C_i = 24000$  грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$  кг – маса заготовки;

$q = 110$  кг – маса готової деталі;

$K_m = 1,06$  – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$  – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_c = 1,0$  – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_n = 0,78$  – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_e = 1,0$  – коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$  грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{заг} = \left( \frac{24000}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \cdot \frac{3200}{1000} = 5505 \text{ грн}$$

Для порівняння розрахуємо собівартість заготовки отриманої куванням на пресі за формулою 2.1, тільки з іншими коефіцієнтами:

$C_i = 21500$  грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$  кг – маса заготовки;

$q = 110$  кг – маса готової деталі;

$K_m = 1,06$  – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$  – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_c = 1,0$  – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_n = 0,78$  – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_6 = 1,0$  – коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$  грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{заг} = \left( \frac{22500}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \frac{3200}{1000} = 5467 \text{ грн} .$$

Отже, порівнюючи вартість отримання заготовки, обираємо з економічної точки зору отримання заготовки вільним куванням на пресах у підкладних штампах за ГОСТ 7062-90, так як цим способом ми отримуємо більш дешевшу, ущільнену та зміцнену заготовку. Ескіз заготовки (рис. 2.1) та таблиця 2.1 з розрахунковими величинами представлені далі.

Таблиця 2.1 – Розміри поковки

Поверхня	Номинальний розмір	Припуск на розмір	Допуск і відхилення розміру заготовки	Розмір заготовки з допуском
$H_1$	140	14	$\pm 4$	$154 \pm 4$
$d_2$	$\text{Ø}560$	21	$\pm 5$	$\text{Ø}581 \pm 7$
$D_2$	$\text{Ø}255$	9	+3 -2	$\text{Ø}246 \pm 7$

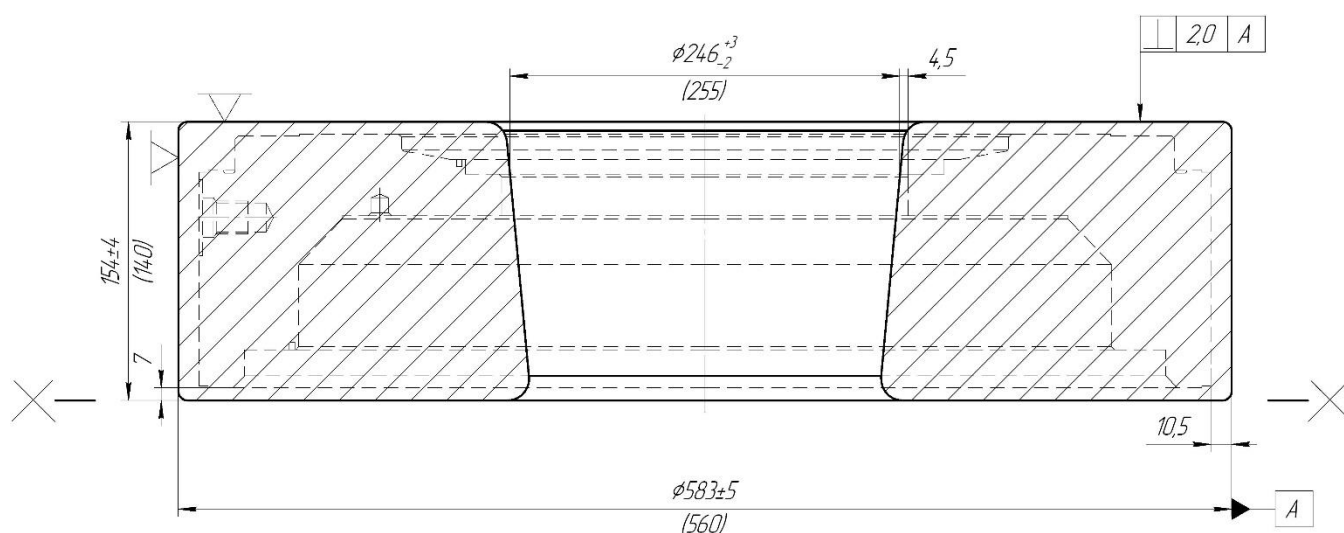


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

Призначаємо технічні вимоги до поковки:

1. Поковка Гр. III НВ 197...248 ГОСТ 8479-70;
2. Незазначені радіуси  $R5^{+1}$  мм;
3. Незазначені ухили 2-3°;
4. Матеріал замітник сталь 30X13 ГОСТ 5632-72;
5. Припуски на розміри за ГОСТ 7062-90;
6. Маркувати номер деталі шрифтом 5Пр3 ГОСТ 26.008-85.

### **2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення**

Для розгляду в цьому пункті магістерської роботи було прийнято 015 токарно-карусельну операцію технологічного процесу, так як далі на дану операцію буде здійснене дослідження з оптимізації режимів різання.

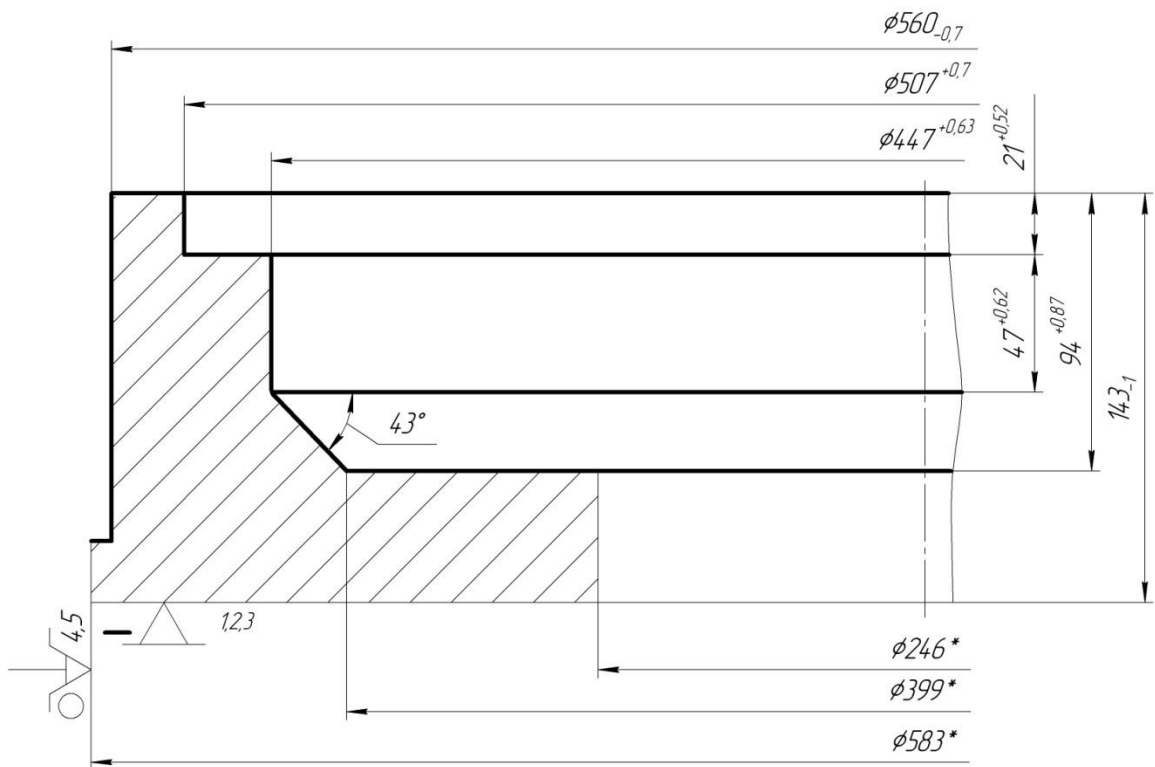
Точність діаметральних розмірів буде досягтися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата. Хоча базування і відбувається у чотирьохкулачковому патроні, але при цьому перша заготовка буде попередньо вивірятися по критерію радіального биття.

Схеми базування заготовки на токарно-карусельній чорновій операції 015 на двох установках приведені на рисунках 2.2, 2.3.

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування:

На установі А: приймаємо одну схему базування, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що лише дві циліндричні поверхні на даному установі можна використати як подвійно-опорну базу, а саме зовнішню та внутрішню циліндричну поверхні і одну поверхню як установчу базу – торець деталі. Так як розмір отвору не дозволяє розмістити там кулачки, то залишається лише один варіант схеми базування – по торцю і зовнішній циліндричній поверхні. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності.

## Установ А



## Установ Б

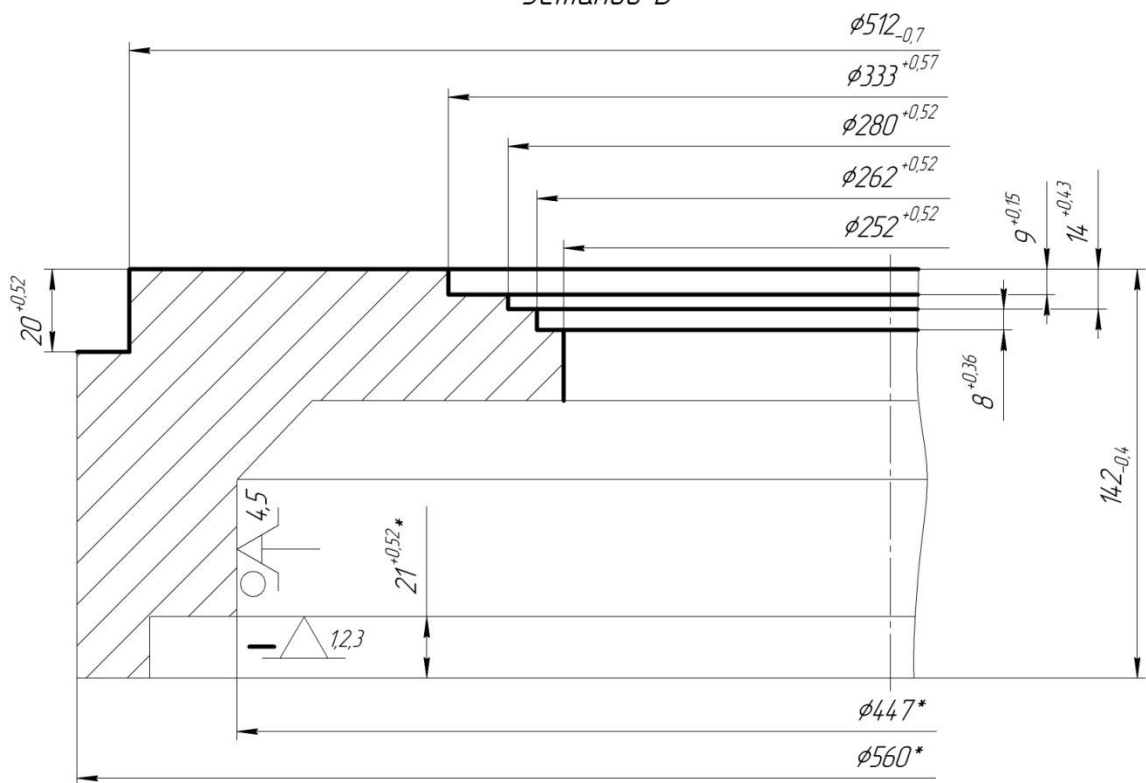
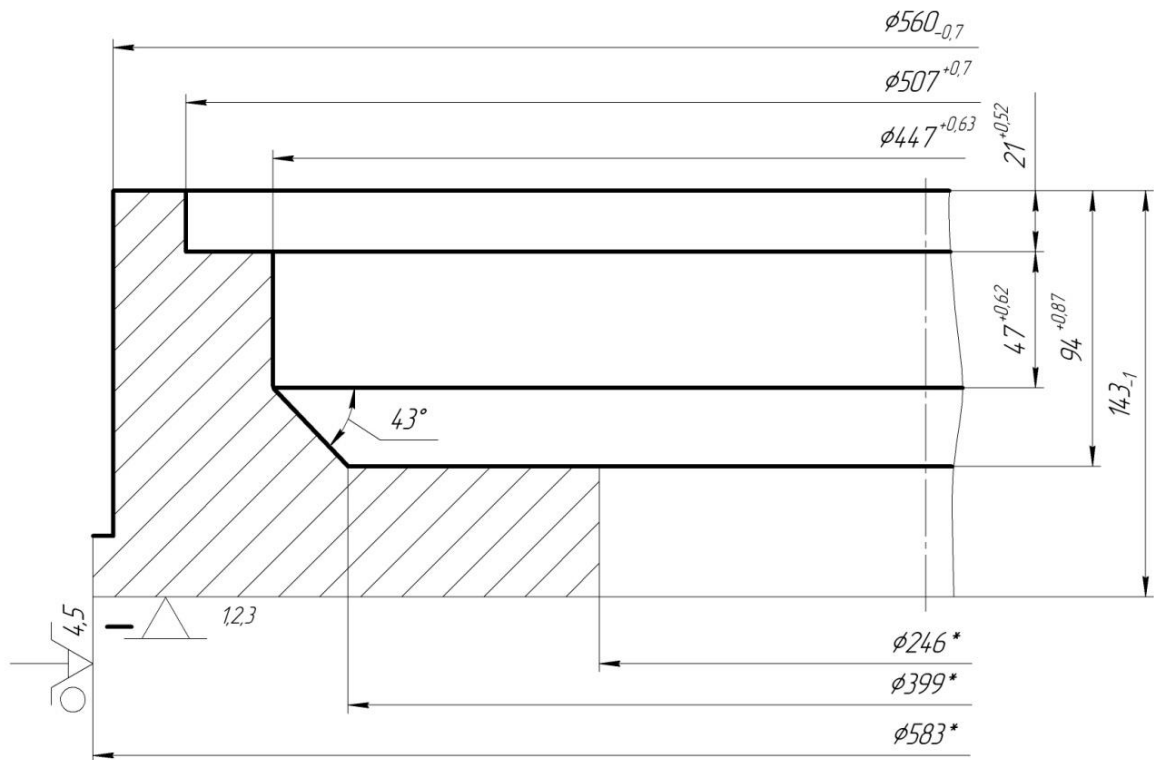


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки на  
015 токарно-карусельній операції (перший варіант)

## Установ А



## Установ Б

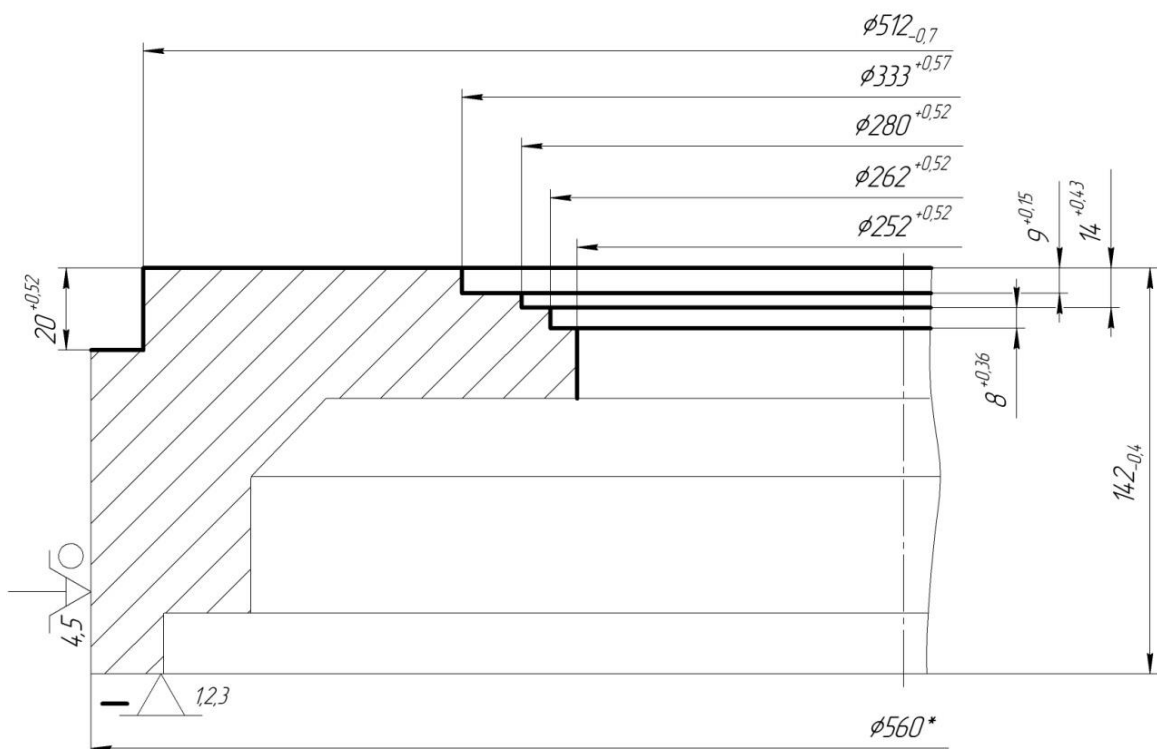


Рисунок 2.3 – Схема базування заготовки на  
015 токарно-карусельній операції (другий варіант)



Похибка базування:

$$\varepsilon_{a143} = \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,05 < T_{143} = 1 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{a21} = \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,05 < T_{21} = 0,52 \text{ мм};$$

Для інших розмірів на даному установі А, що мають більший допуск, ніж допуски на розміри 21 та 143 мм, точність буде забезпечена.

На установі Б:

- по першому варіанту:

$$- \varepsilon_{a142} = \dot{O}_{21} + \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{142} = 0,4 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a9} = \dot{O}_{21} + \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_9 = 0,15 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a8} = \dot{O}_{21} + \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_8 = 0,36 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a14} = \dot{O}_{21} + \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{14} = 0,43 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

- по другому варіанту:

-  $\varepsilon_{a142} = \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,05 < T_{142} = 0,4 \text{ мм}$ , так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

-  $\varepsilon_{a8} = \varepsilon_{\ddot{w}_c} = 0,05 < T_8 = 0,15 \text{ мм}$ , так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

- для інших розмірів на даному установі по другому варіанту схеми базування точність буде забезпечена, так як їх допуск більший ніж допуски на розраховані розміри.

Отже на установі Б приймаємо другий варіант схеми базування.

## 2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Операція 015 (токарно-карусельна чорнова).

Для оброблення заготовки, враховуючи умови дрібносерійного виробництва, застосовують універсально токарно-карусельні верстати на яких оброблюють заготовки різноманітної форми, великих діаметрів (до 10000 мм) при відносно

малій довжині ( $L/D \leq 1$ ). У базовому технологічному процесі для обробки заготовки використовувався верстат 1540, що може обробляти деталі до 4000 мм у діаметрі при максимальному діаметрі секції 560 мм, що досить завищено, тому що потужність верстата буде витрачатися даремно, тому пропонується як альтернативний варіант верстат 1512, що має менші габарити та потужність але цілком достатні для обробки секції. Порівняємо дані верстатів по характеристикам у таблиці 2.2. На даних верстатах можна обточувати і розточувати циліндричні, конічні і фасонні поверхні тіл обертання; обточувати торцеві поверхні; підрізання уступів; прорізання кільцевих канавок.

Отже як видно з порівняльної таблиці 2.2 верстат 1512 буде більш економічно вигідним варіантом.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики токарно-карусельних верстатів для операції 015

Верстат	1540	1512
Технічна характеристика	Параметри	
Клас точності	Н	Н
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	4 000	1 250
Найбільша висота оброблюваної заготовки	2 000	1 000
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	63 000	4 000
Діаметр планшайби	4 000	1 120
Частота обертання планшайби, об/хв	0,52÷48,7	5÷250
Подача вертикального і горизонтального супорту, мм/хв	0,059÷470	0,1÷1000 (безступінчата)
Потужність електродвигуна, кВт	125	30
Маса верстата, кг	100 000	16 500

## 2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) згідно ГОСТ 14.305-73.

Для оброблення заготовки деталі Корпус секції на 015 Токарно-карусельній операції використовуються:

- чотирьохкулачковий патрон 7102-0071-3-1 ГОСТ 24351-80;
- затискні кулачки для фіксації заготовки на планшайбі верстата, яке дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю);
- токарний прохідний різець загального призначення PCLNR4040K16, з пластиною 01432 BK8 ГОСТ 25395-82;
- токарний підрізний різець S40PCLNR, з пластиною 06170 BK8 ГОСТ 25397-82.

Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:

- штангенциркуль ШЦ II- 630- 0,05 ГОСТ 166-79;
- штангенциркуль ШЦ II- 250- 630-0,1-1 ГОСТ 166-79.

## 2.6 Розрахунок режимів різання

В даному пункті виробляємо розрахунок режимів різання на операції 015 – токарно-карусельна. Причому розрахунок режимів різання аналітичним методом виробляємо на основний перехід фрезерування заходів, по [4], а на інші поверхні табличним методом і зводимо в таблицю 2.3 за рис. 2.2.

Вихідні дані: токарно-карусельний верстат 1512, параметри оброблюваної поверхні  $D = 583$  мм,  $d = 560$  мм,  $L = 123$  мм, матеріал – 20X13, різальний інструмент – різець BK8.

Алгоритм визначення режиму різання:  $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_o$

Визначаємо глибину різання  $t$ :

$$z = \frac{D-d}{2}, \quad (2.2)$$

$$z = \frac{583 - 560}{2} = 11,5 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу  $S$ :

$$S_{таб} = (0,4 \div 0,8) \text{ мм/об.}$$

Приймаємо  $S_{таб} = 0,6 \text{ мм/об.}$ ;  $S_{верст} = 0,6 \text{ мм/об.}$

Розрахуємо швидкість різання  $V$ :

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (2.3)$$

Вибираємо необхідні дані з [3]

$$C_v = 217;$$

$$m = 0,2;$$

$$X = 0,15;$$

$$T = 30 \text{ хв.};$$

$$y = 0,15;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv}$$

$K_{nv}$  – вплив поверхні на швидкість;

$K_{iv}$  – вплив інструмента на швидкість;

$K_{mv}$  – вплив матеріалу на швидкість.

Приймаємо:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,77,$$

$$K_{iv} = 0,65$$

$$K_{nv} = 0,9$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0,77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою 2.7:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 97 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.4)$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної поверхні;

$V$  – розрахована швидкість різання.

$$n = \frac{1000 \cdot 97}{\pi \cdot 583} = 50 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата є частота 50 об/хв, отже її і приймаємо.

Знаходимо силу різання  $P_z$ :

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz}, \quad (2.5)$$

де  $C_{pz} = 300$ ;  $X_{pz} = 1$ ;  $Y_{pz} = 0,75$ ;  $n_{pz} = -0,15$ , згідно [3, таб.22, с. 273]

$$K_{pz} = K_{mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{r pz}$$

$$K_{mpz} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22; \quad (2.6)$$

де  $K_{\varphi pz} = 0,98$ ;  $K_{r pz} = 0,93$

$$K_{\gamma pz} = 1,0;$$

$$K_{\lambda pz} = 1,0;$$

$$K_{pz} = K_{mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{r pz} = 1,22 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,11$$

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz} = 10 \cdot 300 \cdot 5,75^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 36,61^{-0,15} \cdot 1,11 = 11158 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання  $N_{\text{різ}}$

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{11158 \cdot 36,61}{60 \cdot 1020} = 6,67 \text{ кВт}$$

Визначаємо коефіцієнт використання верстата за потужністю:

Потужність верстата з урахуванням ККД:

$$N_{\text{ккд}} = N_{\text{дв}} \cdot \mu = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ кВт},$$

де  $N_{\text{дв}}=24$  кВт – потужність двигуна головного руху з урахуванням ККД;

$\mu=80\%$  – ККД верстата;

(  $6,67 < 24$  ) – потужності верстата вистачить для обробки.

Основний час розраховуємо за формулою:

$$T_O = \frac{L + l'}{S_M} i, \quad (2.7)$$

де  $L = 120$  мм – довжина обробки з урахуванням врізання;

$l' = 3$  мм – довжина врізання;

$n = 50$  об/хв – частота обертів шпинделя;

$S = 0,6$  мм/об – подача.

$$T_O = \frac{123 \cdot 3}{50 \cdot 0,6} = 12,2 \text{ хв.}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режимів обробки операції 015

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Установ А								
Точіння пов. Ø563	3,75	0,6	50	97	3	123	12,2	Аналітичний
Точити торець Ø563/Ø583	2	0,6	50	97	1	14	0,47	Табличний
Розточити отвір Ø447	5	0,6	80	28,1	20	62	25,83	Табличний
Точити конус 43°	3	0,6	80	28,1	10	70	14,6	Табличний
Точити торець Ø399/Ø246	3	0,6	80	25,1	2	80	1,66	Табличний
Установ Б								
Точити торець ø563/246	1	0,6	50	93	1	130	4,33	Табличний
Обточити поверхню Ø510	4	0,6	50	93	6	23	4,6	Табличний
Точити торець ø333/280	3	0,6	80	72	3	28	1,75	Табличний
Точити торець ø280/262	3	0,6	80	79	1	25	1,25	Табличний
Точити торець Ø262/246	2	0,6	80	75	1	21	1,05	Табличний
Точити отвір Ø252	3,5	0,6	80	75	2	53	2,65	Табличний
Всього							70,4	

Визначаємо допоміжний час, для токарно чорнової операції 015, за формулою:

$$T_{\delta} = T_{уст} + T_{ун} + T_{вим}, \quad (2.8)$$

де  $T_{уст} = 3,68$  хв – час на установку і зняття заготовки краном [5];

$T_{ун} = 3,4$  – допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,5$  хв – час на вимірювання [5].

$$T_{\delta} = 3,68 + 3,4 + 2,5 = 9,58 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{on} = T_o + T_d, \quad (2.9)$$

$$T_{on} = 3,7 + 9,58 = 13,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{don} = T_{on} 4\% = 13,28 \cdot 0,04 = 0,53 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{um} = T_{on} + T_d. \quad (2.10)$$

$$T_{um} = 13,28 + 0,53 = 13,81 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{um-k} = T_{um} + \frac{T_{nz}}{N}, \quad (2.11)$$

де  $T_{nz} = 35$  хв – підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$  шт. – кількість деталей у партії.

$$T_{um-k} = 13,28 + 15/15 = 14,28 \text{ хв.}$$

## 2.7 Проєктування засобів технологічного оснащення

Проєктування верстатного пристрою на токарно-карусельну операцію 015.



У базовому технологічному процесі деталь точиться на універсальному обладнанні. Для удосконалення і зниження собівартості деталі обробку будемо виробляти на обладнанні з ЧПК і застосуванням пристрою з пневмоприводом. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника даної операції, знизити трудомісткість оброблення, підвищити стабільність точності параметрів операції, підвищити продуктивність і полегшити умови праці робітників за рахунок механізації пристрою.

На даній операції формуються діаметральні поверхні (чистова обробка), а саме  $\varnothing 225H7(+0,046;0)$ ,  $\varnothing 336H11(+0,36;0)$ ,  $\varnothing 510H7(+0,07;0)$ ,  $\varnothing 450H7(+0,063;0)$ ,  $\varnothing 510js6(+0,022;-0,022)$ ,  $\varnothing 550h14(0;-1,75)$ ,  $\varnothing 449h14(0;-1,75)$ , а також лінійні розміри  $1(+0,25;0)$ ,  $94(+0,06;+0,03)$ ,  $120h8(0;-0,054)$ ,  $20(0;-0,05)$ ,  $69h12(0;-0,3)$ ,  $140h14(0;-1)$ , фаска  $6,5 \times 45^\circ$  згідно ГОСТ 25347-82.

Похибка форми циліндричних поверхонь  $\varnothing 225$ ,  $\varnothing 336$ ,  $\varnothing 510$ ,  $\varnothing 450$ ,  $\varnothing 510$ ,  $\varnothing 550$  мм, характеризується відхиленням від круглості та циліндричності ГОСТ 24642 – 81\* і нормується по ГОСТ 24643 – 81.

Допуск циліндричності, круглості та профілю поздовжнього перетину буде визначатись як 30% від допуску на розмір  $\varnothing 225H7(+0,046;0)$  мм (для розміру з найменшим допуском), що складе

$$T=0,3 \cdot 0,046=0,014 \text{ мм,}$$

Приймаємо 12 мкм, що відповідає 5-му ступеню точності по ГОСТ 24643 – 81.

Розглянемо допуск радіального биття контрольованою і базової поверхні. Даний допуск буде визначатись як частина (60%) від допуску на розмір і складе

$$T=0,6 \cdot 0,046=0,028 \text{ мм,}$$

Приймаємо 25 мкм, що відповідає 6-му ступеню точності.

Шорсткість більшості поверхонь становить 1,6 мкм за критерієм Ra, крім поверхонь  $\varnothing 550$  і  $\varnothing 336$ , шорсткість яких за критерієм Ra становить 6,3 мкм.

На дану операцію заготовля надходить з попередньо обробленими базовими поверхнями. Маса заготовки – 125 кг. Матеріал – сталь 20X13 ГОСТ 5632-88. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність погана (важкооброблювана сталь).

Відношення  $l/d = 140/560 < 1$  говорить про те, що необхідно використовувати установчу і подвійну опорну технологічні бази, тому що саме вони в більшості випадків використовуються для базування фланців. Отже з урахуванням обробки максимальної кількості поверхонь з одного установка та підготовки бази під подальшу обробку за установчу базу приймаємо торець  $\varnothing 560/\varnothing 507$  мм, а в якості подвійної опорної бази  $\varnothing 560$  мм.

Оскільки допуск циліндричності і круглості не обговорений в технічних вимогах на кресленні заготовки, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір, згідно з ГОСТ 24643 - 81 за рівнем відносної геометричної точності - А, допуск дорівнює 30% від допуску на розмір  $\varnothing 560(0; -0,7)$  мм, що складе

$$T=0,3 \cdot 0,7=0,21 \text{ мм,}$$

Приймаємо 200 мкм, що відповідає 10-й ступені точності по ГОСТ 24643– 81.

Відхилення від площинності торця також не вказується на кресленні заготовки, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір, згідно з ГОСТ 24643 - 81 за рівнем відносної геометричної точності - А, допуск дорівнює 60% від допуску на розмір 142 (0; -1) мм, що складе

$$T=0,6 \cdot 1=0,6 \text{ мм,}$$

Приймаємо 600 мкм, що відповідає 11-й ступені точності по ГОСТ 24643– 81.

Розглянемо допуск перпендикулярності, визначається так само як допуск площинності і отже дорівнює 600 мкм.

Шорсткість базових поверхонь за критерієм Ra складає 6,3 мкм.

Річна програма випуску визначена в 150 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає малосерійний тип виробництва. Але проектування даного пристрою проводиться в навчальних цілях.

Заготовка буде оброблятися на токарному з ЧПК верстаті 1512Ф2 з системою ЧПК WL4T. Верстат призначений для обробки деталей складної конфігурації зі

сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. На верстаті може проводитися як чорнова так і чистова обробка.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Обробка заготовки.

9. Створення безпечних умов праці

10. Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій.

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил і поля врівноважуючих сил побудуємо графічну модель збурюючих сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, створюваних затискним механізмом. Структура поля збурюючих сил приведено на рис. 2.4.

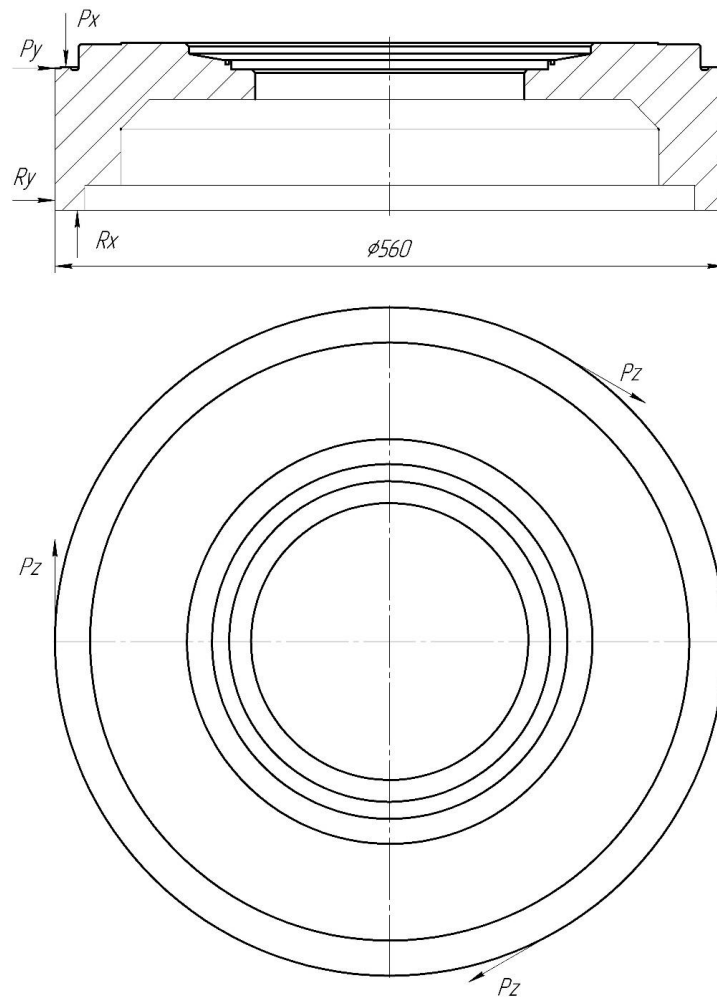


Рисунок 2.4 – Структура поля збурюючих сил

З рис.2.4 видно, що момент, який створює сила різання  $P_z$  врівноважується моментом тертя від реакції  $R_y$ . Сила  $P_y$  врівноважується також реакцією  $R_y$ , а сила  $P_x$  реакцією  $R_x$ , так як є упор в торець кулачків.

При даній схемі базування слід визнати раціональним застосування самоцентруючого важільного патрона, який створює поле врівноважуючих сил, представлене на рис. 2.4. Величину сумарного зусилля закріплення необхідно вважати з наступних умов:

При токарній обробці момент різання (Н·м) визначається з формули:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d}{2}, \quad (2.12)$$

де  $P_z$  – сила резання при чистовій обробці деталі,  $P_z = 210$  Н (пункт 8.4);

$d$  – найбільший діаметр при обробці,  $d = 560$ мм = 0,56 м.

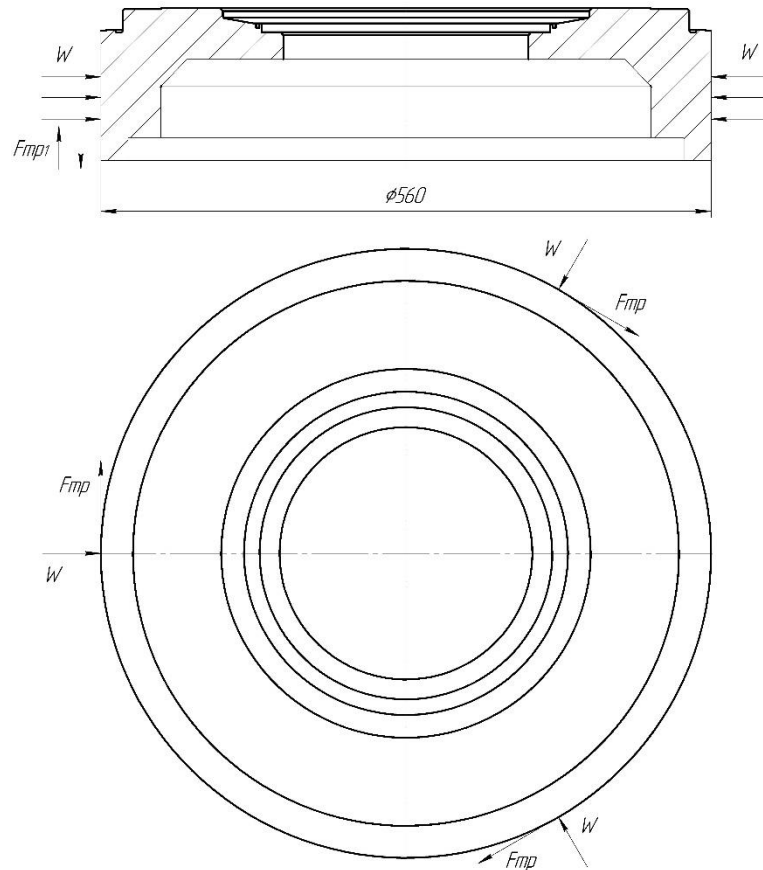


Рисунок 2.5 – Структура поля врівноважуючих сил

$$M_p = \frac{210 \cdot 0,56}{2} = 58,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Звідси знайдемо радіальну силу закріплення (Н) приймають кулачків патрона до заготовки:

$$W = \frac{K \cdot M_p}{f \cdot d}, \quad (2.13)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.14)$$

де  $K_0 = 1,5$  – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівностей на оброблюваних поверхнях;

$K_2 = 1$  – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту;

$K_3=1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні;

$K_4=1,3$  – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення в затискних механізмах;

$K_5=1$  – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних механізмів;

$K_6=1$  – коефіцієнт, який враховують тільки при наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, установлену плоскою поверхнею на постійні опори.

$$K=1,5 \times 1,2 \times 1 \times 1,3 \times 1 = 2,5$$

де  $d$  – посадочний діаметр кулачків,  $d = 0,56$  м;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,2$ .

$$W = \frac{2,5 \cdot 58,8}{0,1 \cdot 0,56} = 2625 \text{ Н.}$$

Для реалізації розкріплення і закріплення заготовки при даній схемі раціонально вибрати пневмоциліндр двосторонньої дії з діаметром поршня, що визначається за формулою [4]:

Знаючи необхідне зусилля на штоку для закріплення, розраховуємо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \cdot P \cdot \eta}}, \quad (2.15)$$

де  $P$  – тиск стисненого повітря [ $P=0,4 \text{ МПа}$  ( $4 \text{ кгс/см}^2$ )];

$\eta$  – ККД, враховує втрати в пневмоциліндрі,  $\eta=0,85$

$$D = \sqrt{\frac{2625}{0,785 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 449,15 \text{ см}$$

Приймаємо стандартний діаметр циліндра  $D = 500$  мм, тоді дійсна сила закріплення дорівнює:

$$Q = D^2 \cdot 0,785 \cdot P \cdot \eta = 50^2 \cdot 0,785 \cdot 6,3 \cdot 0,85 = 9656H .$$

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісні вимоги до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. При обробці заданої деталі на токарній з ЧПУ операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш жорсткі допуски на операційному ескізі – допуск радіального биття отвору Ø510H7. Його значення 0,02 мм. У нашому випадку до розрахункових параметрів слід віднести точність взаємного розташування основних і допоміжних конструкторських баз пристосування, а саме: радіальне биття посадочної поверхні патрона.

Визначимо радіальне биття кулачків патрона по відношенню до шпинделя за формулою [9]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (2.16)$$

де  $T$  – допуск радіального биття отвору Ø510H7  $T=0,02\text{мм} = 20\text{ мкм}$ ;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо  $K_T=1,2$ ;

$K_{T1}$  – коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю, в даному випадку  $K_{T1}=0,85$ ;

$\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування заготовки, яка в даному випадку буде дорівнює нулю так як на діаметральні розміри впливає лише точність позиціонування вузлів верстата.  $\varepsilon_{\delta} = 0\text{мкм}$ .

$\varepsilon_s$  – похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо  $\varepsilon_s = 0$ ;  $\varepsilon_y = 3\text{ мкм}$  – похибка установки патрона в шпинделі верстата;

$\varepsilon_n = 0$  – похибка перекосу інструменту, в даному випадку відсутня.

$\varepsilon_u$  – похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів; в даному випадку маємо рівномірний знос кулачків  $\varepsilon_u = 0$ ;

$K_{T2}$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [9]  $K_{T2} = 0,6$ ;

$\omega$  - середня економічна точність обробки,  $\omega = 50$  мкм для 8 квалитета точності;

$\varepsilon_{noz}$  - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата 1512Ф2, на якому буде проводиться обробка  $\varepsilon_{noz} = 20$  мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 20 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 50)^2 + 20^2} = 20 - 36 = -16 \text{ мкм}.$$

Так як отримуємо від'ємне значення похибки при складанні, при прийнятих параметрах, отже, щоб не здорожувати увесь пристрій, шляхом підвищення точності виготовлення деталей, що є економічно не обґрунтованим за критерієм середньої економічної точності, то вказуємо у технічних вимогах наступне: після кожного встановлення верстатного пристрою на верстат розточити кулачки безпосередньо на верстаті до досягнення величини радіального та торцевого биття поверхонь не більше ніж 0,02 мм.

Отже, на кресленні пристрою вказуємо як технічна вимога, що допуск радіального биття кулачків патрона щодо шпинделя верстата рівне 20 мкм.

Пристрій в збірці має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з корпусу, в якому змонтований пневмоциліндр. При подачі стисненого повітря в праву порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При подачі стисненого повітря в ліву порожнину відбувається розкріплення заготовки.



## 2.8 Висновки

Таким чином, у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі корпусу секції у якості заготовки була прийнята ковка на пресах, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Виконано аналіз схем базування та закріплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню Ø450H7, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

Спроектований верстатний пристрій для операцій з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу. Також на основі розрахунків виконано комплект технологічної документації.

## РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

За тематикою роботи необхідно виконати удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі корпусу секції 156.10.088-01 шляхом оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції.

Так як режими різання тісно пов'язані із характеристиками металообробного обладнання, то розглянемо основні типи металорізальних верстатів.

### **3.1 Статистичний огляд характеристик сучасних металорізальних верстатів**

У даний час, в умовах швидкого впровадження інноваційних технологій у машинобудуванні, використання металорізального обладнання, яке відповідає сучасним стандартам, є невід'ємною частиною кожного машинобудівного підприємства. Раціональний вибір верстатів та їх ефективне використання дозволяє випускати конкурентоспроможну продукцію.

За даними [20] близько 80% це верстати вертикального компонування, що мають робочий стіл шириною 250–630 мм, довжиною до 1200 мм, а максимально допустиме навантаження на робочий стіл верстата не перевищує 1000 кг, отже в заданих виробничих умовах та враховуючи конфігурацію деталі, що задана у дипломному проектуванні при визначенні оптимальних режимів оброблення будемо керуватися вищевказаними статистичними даними та оберемо верстат вертикального компонування. Також для аналізу встановлено, що близько 50% верстатів мають частоту обертання шпинделя від 5000 до 10000 об/хв., а майже у 66% верстатів вертикального компонування та 44% верстатів горизонтального компонування потужність головного приводу не перевищує 20 кВт. Аналіз верстатів за місткістю інструментальних магазинів показав, що 93% верстатів вертикального компонування та 75% верстатів горизонтального компонування здатні розмістити до 40 різальних інструментів. Щодо кількості керованих осей координат, то 50% свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів мають до трьох осей, 35% – до чотирьох осей та 15% до п'яти осей координат [21].

Отримані узагальнюючі дані дозволили визначити основні тенденції розвитку у верстатобудуванні на найближчі роки, що можна представити у наступному[22–24]:

- подальше вдосконалення інтеграції процесів створення та використання верстатобудівної продукції, яке забезпечується накопиченим досвідом створення баз знань і баз даних, керованих ЕОМ останнього покоління.

- використання високих швидкостей головних і допоміжних рухів при малих величинах дискретності переміщень і точності позиціонування за керованими координатами;

- підвищення потужності приводу головного руху з забезпеченням високої жорсткості, вібростійкості та термостійкості обладнання, зокрема, за рахунок вібростійкості нових матеріалів для несучих елементів верстатів і застосування віброгасників різних конструкцій;

- використання продуктивного та зносостійкого інструменту з наявністю засобів контролю та діагностики його стану;

- забезпечення мобільності створення різних модифікацій базових моделей обладнання відповідно до вимог замовлення;

- подальше збільшення концентрації технологічних переходів на кожній одиниці обладнання, у тому числі із забезпеченням послідовного виконання попередньої і остаточної обробки;

- забезпечення гнучкості обладнання, керованого за допомогою СЧПК, і в тому числі працюючого в інтегрованому виробництві з програмою, яка часто змінюється, наприклад, за рахунок можливості децентралізації управління для реалізації нових вимог;

- інтенсивний розвиток керованих за допомогою комп'ютерної техніки електрофізикохімічних методів високопродуктивної та точної обробки нових важкооброблюваних матеріалів і деталей складної форми;

- вдосконалення різних способів надточної обробки, зокрема, з використанням нанотехнологій;

– створення обладнання нового покоління, що забезпечує виготовлення на одній робочій позиції виробів дуже складної форми, зокрема, із застосуванням гексаподів, що реалізують до шести керованих координат.

### **3.2 Сучасний стан досліджень в області оптимізації режимів різання**

Режими різання – це сукупність значень швидкості різання, подачі чи швидкості руху подачі та глибини різання. Від режимів різання залежить час обробки, якість обробленої поверхні, стійкість інструменту, необхідна потужність, а також інші супутні фактори.

Режими вираховуються за формулами аналітичним або табличним методами. Сучасні виробники різального інструменту у каталогах до своєї продукції надають рекомендаційні режими, але вони також мають бути скориговані у відповідності до конкретних умов обробки і умов організації виробництва.

До теперішнього часу сформувалися різноманітні підходи до вирішення завдань оптимізації в машинобудівному виробництві. Аналіз підходів до розрахунку режимів різання і технічних норм часу, які використовуються на підприємствах, показав, що останні практично всі застосовують збірник Устаткування й нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах [18]. Використання на підприємствах централізовано розроблених нормативів дозволяє уніфікувати призначення норм і режимів і характеризує приближно-кові рівний рівень напруженості норм на різних підприємствах. Разом з тим, на багатьох підприємствах використовують ряд нових оброблюваних матеріалів і різальних інструментів. Розробкою нормативів на механічну обробку в цих випадках займаються заводські нормативно-дослідні бюро. Необхідно враховувати, що загальномашинобудівні нормативи забезпечують тільки наближений рівень норм рівної напруженості. Багато що залежить від правильності користування нормативами. У загальномашинобудівних нормативах [17] певні рішення відповідають початковим умовам їх вибору. При розробці алгоритмів розрахунку режимів різання утруднений пошук відповідності результатів розрахунку і результатних даних, що стосуються розробляється

технологічного процесу. Тому часто в розроблюваних алгоритмах враховується проміжна умовно-постійна інформація, яка відображає специфіку певних виробничих умов. При цьому, внесення змін в такі алгоритми і програми важко.

Ряд існуючих робіт по оптимізації режимів різання орієнтується на дослідженні впливу змінних на процес різання з використанням емпіричних залежностей в задачах збільшення продуктивності і стійкості ріжучих інструментів, а також продуктивності верстатів при заданих вимогах до точності і шорсткості поверхонь деталей. Свого часу розробці емпіричних формул були присвячені роботи [20-22] та інших дослідників в області різання металів.

У роботах ряду авторів щодо оптимізації режимів різання використовуються раніше створені і формуються нові емпіричні формули, що відображають залежність змінних, що впливають на процес різання [20-22]. Аналіз цих та інших робіт в цій галузі показав, що складно знайти такі аналітичні формули, які будуть відображати взаємозалежність всіх факторів, що впливають на різання.

При виборі режимів різання на основі емпіричних формул також не представляється можливим виявити залежності між безліччю факторів, що впливають, таких як вібрація, охолодження ЗОР, геометричні форми ріжучих пластин і т.д. У зв'язку з цим розрахунок режимів різання за емпіричними формулами був прийнятний і досить ефективний для обмеженої номенклатури металорізальні верстати та обмеженої номенклатури матеріалів ріжучих інструментів і оброблюваних матеріалів.

У роботах по оптимізації режимів різання [21, 23], використовуються поняття стійкості різального інструменту (PI), при якій забезпечується максимальна продуктивність верстата  $T_{пр.мах}$  (стійкість максимальної продуктивності) і стійкість PI, при якій забезпечується найменша собівартість  $T_{варт.мін}$  (економічна стійкість). Для визначення значень  $T_{пр.мах}$  и  $T_{варт.мін}$  використовуються відомі формули продуктивності  $\Pi$  як функції від штучного часу  $t_{шт}$  і змінної частини собівартості  $A_{пер}$ . В результаті послідовних перетворень та подання цих рівнянь як функцій від періоду стійкості  $T$  визначаються значення  $T_{пр.мах}$  и  $T_{варт.мін}$  взяттям першої похідної цих рівнянь по  $T$  і прирівнювання її нулю. Аналіз отриманих результатів показує

залежність оптимальної стійкості від величини  $\mu$  – величина, зворотної показником відносної стійкості і часу на зміну інструменту. Причому стійкість найменшої собівартості завжди більше стійкості найбільшої продуктивності на величину приведених витрат на виготовлення і експлуатацію інструменту. Для обчисленої таким чином стійкості PI можна підібрати безліч поєднань глибини різання  $t$ , подачі  $S$  і швидкості різання  $V$ . Найвигідніший режим різання розглядається авторами [19, 20] як режим, що забезпечує найменшу собівартість обробки за умови задоволення всіх вимог до якості продукції та заданої продуктивності верстата. Розглядаючи стійкість інструменту як постійну величину для досягнення мінімального машинного часу (максимальної продуктивності) запропонована наступна послідовність процедури визначення режимів різання [19, 24]:

- 1) вибір різального інструменту;
- 2) встановлення глибини різання;
- 3) визначення подачі;
- 4) визначення  $V_T$ , що забезпечує найвигідніший період стійкості інструменту.

Аналогічний підхід висвітлений в [41] і навчальному посібнику [42]. В роботі [41] розглядається ситуація, коли задана точність оброблюваної заготовки, яка допускає різання за один прохід і глибина різання  $t$  приймається рівною припуску на обробку. У цьому випадку пропонується два можливих рішення:

1. Поставити максимально можливу подачу  $S$ , допустиму якістю продукції, що виготовляється деталі і технічними обмеженнями і знайти значення швидкості різання  $V_o$ , яка відповідає прийнятим критерієм оптимізації.

2. Знайти комбінацію подачі і швидкості різання, які відповідають прийнятим критерієм оптимізації.

В [21] детально наводиться процедура оптимізації режимів різання, як на монотонному, так і немонотонному ділянках стойкостной залежності  $T - V$ .

У тих випадках, коли на кривій  $T = f(V)$  немає точок перегину, тобто коли при збільшенні швидкості стійкість PI безперервно зменшується, процедура оптимізації режимів різання реалізується шляхом формування критерію технологічної собівартості  $C$ , взяття першої похідної по швидкості і при-равніваніє

її нулю. В результаті цього визначається оптимальне значення швидкості різання  $V_{Cmin}$  як функції від показника відносної стійкості  $mv$  і часу зміни інструмента  $\tau_{cm}$ . При цьому значенні швидкості визначається економічний період стійкості  $T_{ек}$ , при зменшенні якого, відповідна швидкість  $V_{Cmin}$  буде збільшуватися, а, отже, і збільшуватися продуктивність обробки.

Аналогічна процедура може бути використана і для пошуку швидкості  $V_{Пmax}$  за критерієм максимальної продуктивності і відповідного значення періоду стійкості з найбільшою продуктивністю ТНП [21]. Аналогічно робіт [19, 20] робиться висновок про те, що період стійкості найбільшої продуктивності менше економічного періоду стійкості  $T_{НП} < T_{ек}$ , а швидкість різання  $V_{Пmax}$  більше швидкості  $V_{Cmin}$ .

Інша ситуація виникає при обробці сталей твердосплавним інструментом, коли стійкостная залежність описується кривою, на якій є екстремальні значення (максимум і мінімум) і точки перегину. Ділянка такої кривої апроксимується комбінацією статечної і експоненційної функцій і виражається залежністю [23, 24]

Розроблення методології оптимізації режимів різання полягає у визначенні порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу та приведення їх значень з максимальним наближенням до критерію оптимальності.

Режим різання, що розрахований за традиційною методикою, яка основана на послідовному визначенні глибини різання, подачі та швидкості різання, не може бути оптимальним, тому що він розрахований в основному для максимального використання тільки різальних властивостей інструменту.

При роботі за один прохід, коли глибина різання дорівнює припуску на обробку, режим різання буде оптимальним, якщо вибрані такі комбінації подачі та числа обертів шпинделя, коли прийнятий критерій оптимальності досягне мінімуму чи максимуму.

### 3.3 Поняття про оптимальний режим різання

Оптимальний режим різання знаходять за умови врахування відомих фізичних зв'язків між окремими параметрами режиму та заданими обмеженнями, що визначаються верстатом і технологічними вимогами до оброблення.

Як критерій оптимальності найчастіше використовують локальні критерії, наприклад, стійкість інструменту, основний технологічний час обробки, собівартість операції, але завжди є можливість застосування й інших критеріїв.

При використанні ЕОМ режим різання знаходять за допомогою методу лінійного програмування.

Одне з найбільш поширених завдань – пошук оптимальних умов функціонування системи різання. Процедура пошуку складається з таких дій:

- встановлення меж технологічної системи, всередині яких можуть знаходитися експериментальні значення або формування набору технічних обмежень;

- визначення цільового кількісного критерію оптимізації або цільової функції, на основі яких можливо провести аналіз варіантів з метою визначення найкращого;

- побудова математичної моделі, яка відображає взаємозв'язки між змінними та являє собою сукупність рівнянь і нерівностей, що відображають цільову функцію та обмеження.

Залежно від кількості цільових функцій розрізняють одно- та багатокритеріальні оптимізаційні завдання, а від виду цільової функції та обмежень – оптимізаційні завдання лінійні й нелінійні.

### 3.4 Оптимізація режимів різання на токарно-карусельній операції

На даній токарно-карусельній операції використовується токарно-карусельний верстат моделі 1512, різальні інструменти: різець PCLNR4040K16 ГОСТ 26613-85, різець S40PCLNR ГОСТ 24966-81. Матеріал різальної пластини різців – BK8 ГОСТ 3882-74.

Формування технічних обмежень.



1. Обмеження відносно різальних можливостей (швидкості різання) інструменту.

Це обмеження відтворює взаємний зв'язок між швидкістю різання  $V$  та показником оброблюваності  $V_T$ :

$$V = V_T,$$

$$V_T = \frac{C_V \cdot D^q \cdot k_V}{T^m \cdot s^y} \quad (3.1)$$

Використовуючи ці залежності, зводимо обмеження до явного вигляду:

$$n \cdot s^y \leq \frac{318 \cdot D^{(q-1)} \cdot C_V \cdot k_V}{T^m} \quad (3.2)$$

З урахуванням даних з формули 3.1 отримаємо:

$$n \cdot s^y \leq \frac{318 \cdot 14^{(2,0-1)} \cdot 200 \cdot 1,0}{30^{0,2}} = 16850.$$

2. Обмеження відносно потужності верстата

Обмеження зв'язує крутний момент, що потрібен при свердлінні  $M_{KP}$ , і крутний момент, що виникає на шпинделі верстата  $M_{KP.B}$ , тобто:

$$M_{KP} \leq M_{KP.B},$$

$$M_{KP} = 10 C_M D^q s^y k_p, \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.3)$$

$$M_{KP.B} = \frac{9750 N_B \eta}{n}, \text{ Н}\cdot\text{м};$$

де  $N_B$  – потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт;

$n$  – число обертів, об/хв.

Порівнюючи праві частини останніх двох залежностей і зробивши відповідні перетворення, одержимо:

$$n s^y = \frac{975 N_B \eta}{C_M D^q k_p}, \quad (3.4)$$

З урахуванням даних з формули 3.1 отримаємо:

$$n \cdot s^y \leq \frac{975 \cdot 7,5}{200 \cdot 14^{0,2} \cdot 1} = 33,4.$$

Отже, розраховане обмеження МКР характеризує вибрану потужність верстата.

### 3. Обмеження відносно міцності механізму подачі верстата

Для здійснення процесу різання потрібно, щоб виконувалася умова:

$$P_o = 10 C_p D^q s^y k_p \leq [P_B], \quad (3.5)$$

де  $P_o, [P_B]$  – відповідно осьова і максимальна сили різання, що допускаються механічним приводом подач верстата. В явному вигляді це обмеження записується так:

$$s^y \leq \frac{[P_B]}{10 C_p \cdot D^q \cdot k_p} \quad (3.6)$$

$$s^y \leq \frac{2500}{10 \cdot 240 \cdot 14^{0,2} \cdot 1,0} = 1,6.$$

### 4. Обмеження відносно міцності інструменту

Умова міцності свердла визначається за формулою:

$$\tau_c = \frac{1,73 M_{кр}}{W} \text{ або } \frac{1,73 \cdot 10 C_M D^q s^y \cdot k_p}{0,02 D^3} \leq \frac{\sigma_B}{k_3} \quad (3.7)$$

де  $\tau_c$  – сумарне напруження, що дорівнює сумі нормального напруження (складає  $0,73\tau_c$ ) від сили  $P_o$  та дотичного напруження від МКР, МПа;

$\sigma_B$  – тимчасовий опір матеріалу свердла розриву, МПа;

$k_3$  – коефіцієнт запасу міцності,  $k_3 = 1,5 - 2$ ;

$W$  – момент опору,  $\text{мм}^3$ ,  $W = 0,02 D^3$ .

Після відповідних перетворень одержуємо, що:

$$s^y \leq \frac{0,02D^3\sigma_B}{1,73 \cdot 10C_M \cdot D^q k_p k_3} \quad (3.8)$$

$$s^y \leq \frac{0,02 \cdot 16^3 \cdot 450}{1,73 \cdot 10 \cdot 210 \cdot 14^{0,3} 1,0 \cdot 1,5} = 0,422.$$

Наведене обмеження гарантує цілісність інструмента в умовах напружень, що виникають у його матеріалі.

5. Обмеження відносно жорсткості інструменту.

Жорсткість інструменту впливає на точність обробки, при цьому осьова сила  $P_o$  не повинна перевищувати допустиму (критичну) осьову  $[P_o]_{кр}$ .

$$P_o \leq [P_o]_{кр}$$

$$10C_p D^q s^y k_p \leq \frac{k_y EI}{L^2}, \quad (3.9)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт втоми,  $k_y = 2,46$ ;

$E$  – модуль пружності матеріалу свердла, МПа;

$I$  – момент інерції,  $\text{мм}^4$ ,  $I = 0,039D^4$ ;

$L$  – довжина вильоту інструмента.

В явномувигляді це обмеження записується так:

$$s^y \leq \frac{k_y EI}{10C_p D^q k_p L^2}. \quad (3.10)$$

Отже:

$$s^y \leq \frac{2,46 \cdot 260 \cdot 0,038 \cdot 14^4}{10 \cdot 210 \cdot 14^{0,3} 1,0 \cdot 123^2} = 0,87.$$

Виконання обмеження гарантує цілісність інструмента в умовах можливої втрати поздовжньої утоми.

#### 6. Обмеження, що визначаються кінематикою верстата

Дані обмеження враховують взаємний зв'язок розрахункових значень частоти обертання та подачі з тими значеннями, що допускаються кінематикою верстата. Ці умови можуть бути записані у вигляді таких нерівностей:

$$n_{B.min} \leq n \leq n_{B.max}; s_{B.min} \leq s \leq s_{B.max}. \quad (3.11)$$

$$31 \leq n \leq 1400; 0,1 \leq s \leq 1,6.$$

Для більшості виробничих ситуацій, коли в розрахунках використовуються значення економічних періодів стійкості інструменту, як цільову функцію слід вибирати найменший основний час  $t_0$  или питомі витрати на обробку  $C_y$ :

$$t_n \leq \frac{L}{S \cdot n} = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n};$$

$$C_y = \frac{a_1}{q} \left( \frac{1 + \frac{a_n \cdot 1}{a_1 T}}{S \cdot n} \right) \quad (3.12)$$

де  $L$  – довжина обробки, мм

$l$  – довжина обробки, мм

$l_1, l_2$  – довжини врізання та перебігу інструмента, мм

$a_1$  – вартість верстатохвилини основного обладнання, грн/хв

$q$  – параметр різання

$a_n$  – витрати на інструмент протягом періоду стійкості, грн.

Розробка математичної моделі процесу різання.

Математичною моделлю в завданні оптимізації режимів різання при точінні є сумісна система одержаних нерівностей і рівняння цільової функції. Залежно від застосованого методу вихідна модель підлягає відповідним перетворенням, щоб бути зорієнтованою на найбільш поширений метод лінійного програмування.

Перетворення вихідної моделі здійснюється логарифмуванням виразів обмежень і цільової функції та одержанням відповідних лінійних форм.

Введемо позначення:

$$\ln n = x_1; \ln So = x_2$$

Перетворивши таким чином нерівності обмежень, одержимо систему  $A$  лінійних нерівностей та лінійну функцію.

Наведена форма математичної моделі  $A$  (3.13) являє собою опис процесу різання при свердлінні, незалежно від типу верстата та умов обробки.

Для визначення оптимальних режимів за допомогою моделі потрібно знайти позитивні значення  $x_1$ ,  $x_2$ , для яких лінійна форма цільової функції була б максимальною.

$$\left. \begin{array}{l} x_1 + ux_2 \leq b_1 \\ x_1 + ux_2 \leq b_2 \\ ux_2 \leq b_3 \\ ux_2 \leq b_4 \\ ux_2 \leq b_5 \\ x_1 \leq b_6 \\ x_1 \geq b_7 \\ x_2 \leq b_8 \\ x_2 \geq b_9 \\ f_0 = (x_1 + x_2) \rightarrow \max \end{array} \right\} A, \quad (3.13)$$

Отже:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 + ux_2 \leq 16850 \\ x_1 + ux_2 \leq 33,4 \\ ux_2 \leq 1,6 \\ ux_2 \leq 0,42 \\ ux_2 \leq 0,87 \\ x_1 \leq 1400 \\ x_1 \geq 31 \\ x_2 \leq 1,6 \\ x_2 \geq 0,1 \\ f_0 = (x_1 + x_2) \rightarrow \max \end{array} \right\} A$$

Графічна інтерпретація та визначення оптимальних режимів різання.

Для визначення  $n_o$  та  $s_o$  графічним шляхом потрібно побудувати багатокутник можливих розв'язків системи обмежень, що входять в  $A$ . На рис. 3.1 зображені прямі нерівності системи  $A$  і виділена область можливих розв'язків  $ABCD$  цієї системи. Граничні прямі  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  і  $DA$ , перетинаючись між собою, створюють багатокутник, всередині якого кожна із точок задовольняє нерівності всіх граничних прямих системи  $A$ , що беруть участь у його створенні. Для визначення оптимального поєднання елементів  $n_o$  і  $s_o$  слід встановити, в якій із точок побудованого багатокутника  $ABCD$  лінійна функція двох змінних  $f_o = x_1 + x_2$  буде набувати максимального значення. Для цього потрібно переміщати пряму  $f_o$  паралельно самій собі в напрямку від початку координат. У вершині  $C$  багатокутника цільова функція  $f_o$  набуде найбільшого значення. Отже, вершина  $C$  є точкою оптимуму, а її координати  $n_o$  та  $s_o$  – оптимальним розв'язком моделі  $A$ .

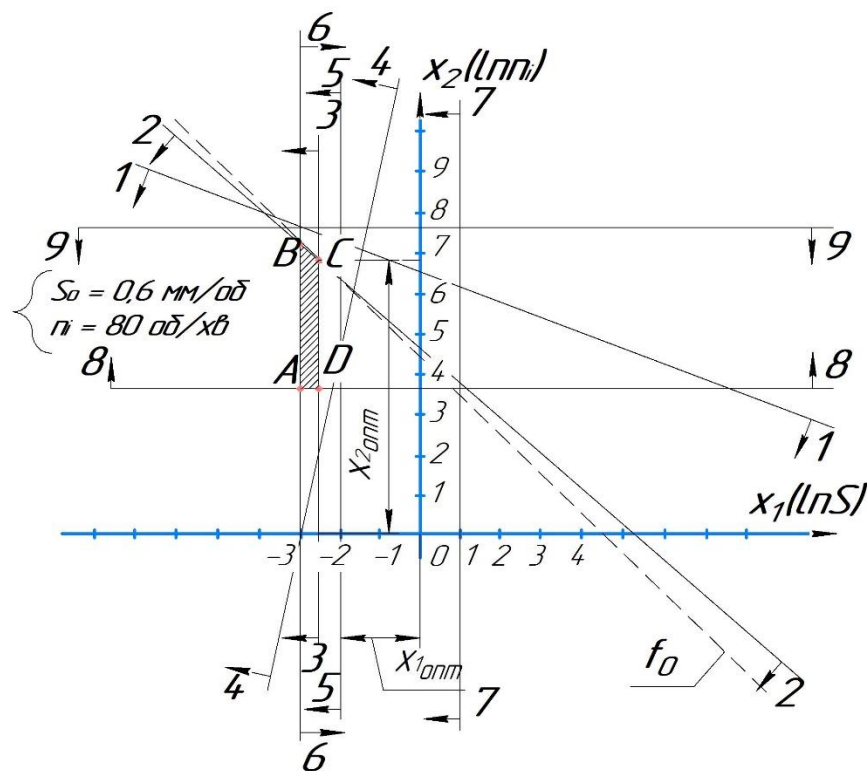


Рисунок 3.1 – Графічна інтерпретація та визначення оптимальних режимів різання на токарно-карусельній операції

Таким чином оптимальним режимом різання на технологічних переходах при обробленні поверхонь  $\varnothing 560_{-0,7}$ ,  $\varnothing 507^{+0,7}$ ,  $\varnothing 447^{+0,63}$  буде:  $S_o = 0,6$  мм/об,  $n = 80$  об/хв.

### **3.3 Висновок**

1. Виконано статистичний огляд характеристик металорізальних верстатів, що використовуються для обробки деталі «Корпус секції».

2. За допомогою алгоритмів оптимізації за цільовою функцією зменшення основного часу на токарно-карусельній операції визначені оптимальні режими різання при обробленні зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь. Також виконано графічну інтерпретацію знаходження даних режимів різання.

## ВИСНОВКИ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу виготовлення Корпуса секції 156.10.088-01 шляхом оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції.

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра було виконано наступний обсяг робіт:

- аналіз первинної інформації, який включав у себе характеристику і особливості машини, вузла, деталі, технічні вимоги до неї, визначення типу виробництва, розрахунок технологічності та огляд базового технологічного процесу з виявленням недоліків та постановкою завдання на удосконалення;

- виконано удосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі в частині підбору оптимального маршруту оброблення, призначено схеми базування, які забезпечують мінімальні похибки та дотримання розмірів на аналізовану операцію, для якої також підібрані сучасні металорізальні верстати, різальний та вимірювальний інструменти та розраховані режими оброблення.

У результаті в існуючий технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК. В якості заготовки було прийнято поковка на КГШП та спроектований верстатний пристрій пневматичної дії і до цієї ж операції розроблена карта операційного налагодження.

У розділі 3 – наукове дослідження за допомогою алгоритмів оптимізації за цільовою функцією зменшення основного часу на токарно-карусельній операції визначені оптимальні режими різання при обробленні зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь. Також виконано графічну інтерпретацію знаходження даних режимів різання.

У додатку «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання пожежної безпеки промислових підприємств та виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Корпус секції».



## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.
7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.

10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Приходько, В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.

14. Паливода Ю. Є. Розмірні ланцюги : навчально-методичний посібник / укладачі : Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.

15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю.

В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

16. Якобс Г.Ю. Оптимизация резания/ Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

17. Ивченко Т.Г. Использование метода геометрического программирования для расчета оптимальных режимов резания при точении//Научный вестник ДГМА, № 2(8Е), 2011. – С. 110 – 116.

18. Івченко Т.Г. Двохкритеріальна оптимізація режимів різання під час обробки чавунів інструментами з надтвердих матеріалів/Т.Г. Івченко, Є.В. Полякова//Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – Вып.41. – С.152-158.

19. Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования/ Т.Г. Ивченко, Е.Е. Шальская// Прогрессивные технологии и системы машиностроения. - Донецк: ДонНТУ, 2010. – Вып.39. – С.91-97.

20. Гильман А.М. Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках/ А.М. Гильман, Л.А. Брахман, Д.И. Батищев. – М.: Машиностроение, 1972. – 188 с.

21. Рахматулин Р.Р. Автоматизация проектирования режимов резания на многоцелевых станках/ Р.Р. Рахматулин, А.И. Сердюк, А.О. Казаков. В.Н. Кузьмин. – Программные продукты и системы, № 1, 2013. – С. 21-28.

22. Соломенцев Ю.М. Оптимизация механических процессов механической обработки и сборки в условиях серийного производства/Ю.М. Соломенцев, А.М. Басин. – М.: НИИМАШ, 1977. – 72 с.

23. Кроль О.С. Оптимизация процесса резания методом геометрического программирования первой степени трудности/О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский, В.В. Пейчева. – Технология и автоматизация машиностроения, вып.47, 1991. – С. 48 – 52.

24. Кроль О.С. Оптимизация двухпроходной обработки методом геометрического программирования. – Известия ВУЗов. Машиностроение. - №1, 1990. – С.122-124.



## ДОДАТОК Б

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

#### ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

##### Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт.}$ , хв.	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф}$	$O$
1	Токарна чорнова	20,00	0,02	1	0,02	33,88
2	Токарно-карусельна	35,00	0,04	1	0,04	19,36
3	Комплексна з ЧПК	15,00	0,02	1	0,02	45,17
4	Свердлильна з ЧПК	25,00	0,03	1	0,03	27,10
5	Слюсарна	140,00	0,15	1	0,15	4,84
Сума:				5		130,34

$T_{шт.}$  - штучний час,  $m_p$  - кількість необхідного обладнання,  $P$  - кількість робочих на кожній операції,  $\eta_{з.ф}$  - фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця,  $O$  - кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці.

Річний обсяг випуску виробів  $N_p$  200 шт.  
 Дійсний річний фонд часу роботи обладнання  $F_{д.о}$  4015 годин  
 Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання  $\eta_{з.н}$  0,75

Коефіцієнт закріплення операцій  $K_{з.о}$  26,07

ТИП ВИРОБНИЦТВА Дрібносерійний

#### Визначення розміру партії запуску $n$

Кількість робочих днів на рік  $k$  254 дн.  
 Період запуску  $a$  24 дн.

Партія запуску  $n$  19 шт.

#### Визначення такту випуску $t_e$ (для потокових ліній)

Такт випуску  $t_e$  1204,50 хв.

## ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

156.10.088-01

$Ra\ 50$

$\phi 246 \pm 3$  (255)  
 $\phi 583 \pm 5$  (560)  
 $154 \pm 4$  (140)  
 $7$   
 $7^\circ$   
 $4.5$   
 $10.5$   
 $2.0$  A  
 A

1. Поверхка Гр. III НВ 197...248 ГОСТ 84.79-70
2. Матеріал заміник - сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72.
3. Клас точності - Т4, група сталі - МВ, ступінь складності - С2, вихідний індекс - 1б.
4. Незазначені радіуси закруглень - R 5...7 мм.
5. Незазначені цукли 2-3°.
6. Допустима величина зміщення по поверхні роз'єму штампла - 3 мм.
7. Припуски на розміри за ГОСТ 7062-90.
8. Маркировкалі номер заказу, номер позиції ударним способом шрифтом 3...5 ГОСТ 2930 - 62.

156.10.088-01		Корпус секції (поверхка)	Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум	Год	Дата	Лист
Разраб	Проф	Инженер	Инста	Инженер	Листов
Учб	Учб	Инженер	Инста	Инженер	Листов
Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72 СумДУ, ТМдН-21к					

Изм. № подл.

Лист и дата

Взам. инв. №

Инд. № подл.

Лист и дата

Лист № подл.

Листов

Копировать А3

# ДОДАТОК Г

## КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

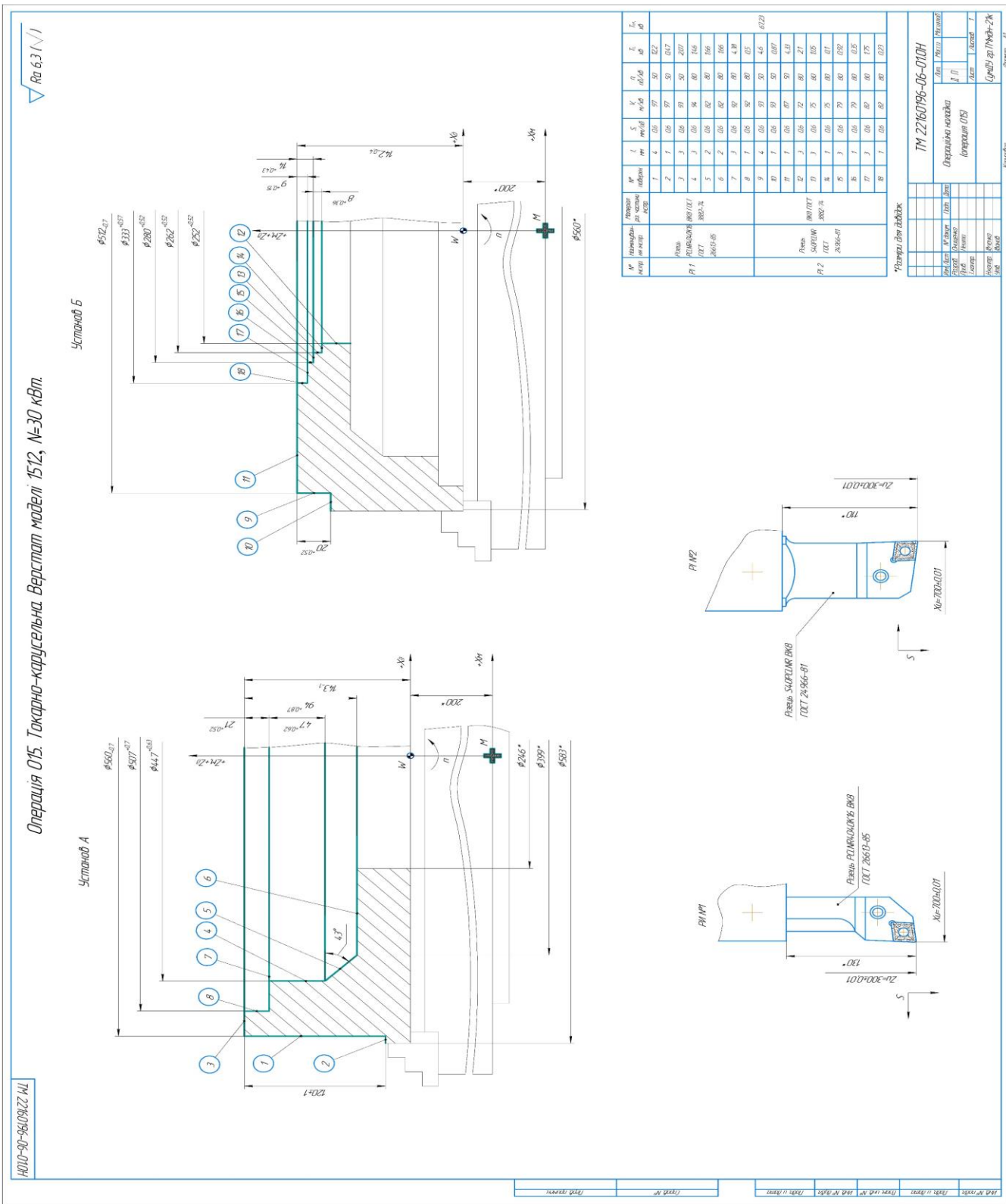
№ операції	Надзви́в операції. Операційні ескзи	Обладнання	Послугувані по оснастці
025	Обробка тиском	Мехат ПМ-3000	
030	Термічна обробка	Лич завод	
035	Товарна – кордусована <b>Установ А</b>	Б512	Газован чотирьохканальний ТР02-0071-3-1 ГОСТ 24351-80 Газовь РЕ1М4С4ДЖ15 В08 ГОСТ 26619-85 Газовь 540P2AR 018 ГОСТ 24396-81 Штамповальний ШЛ-6-630-011 ГОСТ 156-89 Штамповальний ШЛ-4-125-01 ГОСТ 156-89 Штатен спеціальний на квіт 4.3.
020	Товарна з ЧПК	Б512Ф2	
025	Комплексна з ЧПК	Р500ПФ4	
030	Свердильна з ЧПК	ЗР135Ф2-1	
035	Слюсарна	Варстак слюсарний	
040	Товарний контроль	Стя ВТК	

ТМ22160196-02МТ			
Розроб. Констру. Технік. Висл. Висл.	М.Підпри. Л.Підпри. В.Підпри. Ф.Підпри. В.Підпри.	М.Підпри. Л.Підпри. В.Підпри. Ф.Підпри. В.Підпри.	М.Підпри. Л.Підпри. В.Підпри. Ф.Підпри. В.Підпри.
Маршрутний технологічний процес обробки деталі			Сторінка 1 з 2 ТМ22160196-02МТ

# ДОДАТОК Д

## КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ





## ДОДАТОК Е

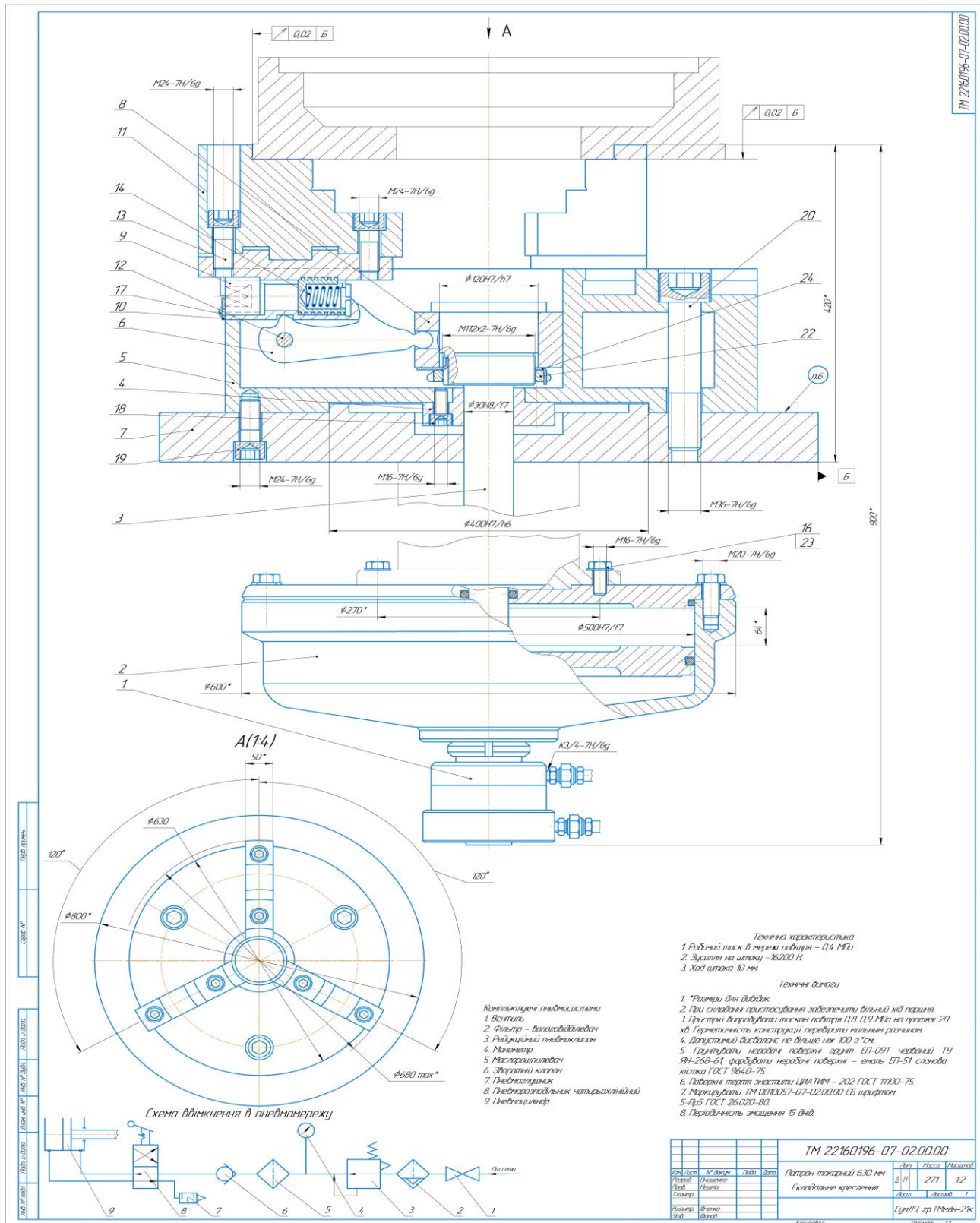
### СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документація</i>							
Перв. примен.	A1		TM 22160196-07-02.00.00 СБ	Складальне креслення	1		
<i>Складальні одиниці</i>							
Справ. №	б/4	1	TM 22160196-07-02.01.00	Повітроприймач	1		
	б/4	2	TM 22160196-07-02.02.00	Пневмоциліндр	1		
<i>Деталі</i>							
Підп. і дата	б/4	3	TM 22160196-07-02.00.01	Шток	1		
	б/4	4	TM 22160196-07-02.00.02	Фланець	1		
	б/4	5	TM 22160196-07-02.00.03	Корпус	1		
	б/4	6	TM 22160196-07-02.00.04	Важіль	3		
	б/4	7	TM 22160196-07-02.00.05	Планшайба	1		
	б/4	8	TM 22160196-07-02.00.06	Втулка	1		
	б/4	9	TM 22160196-07-02.00.07	Гвинт	3		
	б/4	10	TM 22160196-07-02.00.08	Планка	3		
	б/4	11	TM 22160196-07-02.00.09	Кулачок	3		
	б/4	12	TM 22160196-07-02.00.10	Вісь	3		
	б/4	13	TM 22160196-07-02.00.11	Повзун	3		
	б/4	14	TM 22160196-07-02.00.12	Пружина	3		
	TM 22160196-07-02.00.00						
	Інв. № подл.	Разраб.	Онищенко			Лист	Лист
Проб.		Нешта			Д\П	1	2
Нконтр.		Івченко			СумДУ, зр.ТМмдн-21к		
Утв.		Іванов					
Патрон токарний							
Копирвал							
Формат А4							



## ДОДАТОК Ж

### КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ



## ДОДАТОК К

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **К.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Корпусу секції»**

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Корпус секції».

Даний аналіз проводимо з використанням нормативних правових актів, до яких відносяться:

- стандарти системи безпеки (ССБ);
- будівельні норми і правила (БНіП);
- санітарні норми і правила (Санпін);
- міжгалузеві правила по охороні праці;
- галузеві правила з охорони праці;
- міжгалузеві і галузеві організаційно-методичні документи (положення, методичні вказівки, рекомендації);
- типові галузеві інструкції з охорони праці;
- інструкції з безпеки.

Технологічний процес обробки деталі «Корпус секції» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 320 м<sup>2</sup>. При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м, а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 40 м, ширина – 8 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- токарно-карусельні верстати;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомоделювальний. Обладнання розставлено за груповою ознакою.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери, виготовлені відповідно до стандарту. Згідно стандарту контейнери використовуються для заготовок і деталей: Тара1-1-100-80-50-1.

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, свердлильних верстатах проводиться в стандартних умовах – 3-х кулачкових патронах і лещатах відповідно. Крім того на багатоцільовій операції, застосовуються для установки та закріплення заготовок спеціальні пристосування з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При встановленні заготовки в пристосування застосовується кран-балка вантажопідйомністю  $Q=1$ т. Ця ж кран-балка застосовується для установки пристроїв на верстаті. Маса пристосування на операції до 30 кг. На контрольній операції використовується спеціальне пристосування масою 30 кг встановлення якого також здійснюється за допомогою кран-балки.

Різальний інструмент застосовується в основному стандартний, але є й спеціальні різці, використовувані на токарних і розточувальних операціях. На токарних операціях інструмент здійснює зворотно-поступальний рух, а при фрезеруванні - обертальний рух. При контролі на робочому місці і столі ВТК в якості вимірювального інструменту застосовується стандартний – шкальний та граничний інструмент.

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;

- можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;
- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантажень гранично допустимих значень;
- розкріплення деталі в пристрої пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).
- замикання електричного ланцюга на металеві частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежній небезпеки приміщення проектного ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.
- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці;
- контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;
- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій ( під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;
- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок, інструментів, що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;
- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;

- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;
- запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні МОР.

Як МОР при обробці заготовок на ділянці використовується 5% розчин «Аквол-2». До її складу входять ПАР з додаванням мінеральних масел та інгібіторів корозії. Дана СОЖ має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. МОР відноситься до 4-му класу небезпеки.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої важкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

При обробці деталей, матеріалом яких є в'язка сталь, утворюється зливна стружка на токарних операціях і елементна стружка при фрезеруванні. На чорнових операціях при обробці по кірці утворюється пил від окалини з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. На робочому місці забирається стружка з устаткування з допомогою гачка і шляхом змітання за допомогою щіток. Навколо устаткування і робочого місця забирається стружка допоміжними робітниками в контейнери, які потім транспортуються у відведене місце в цеху для подальшого вивезення.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої тяжкості, категорія II-б. Категорія зорових робіт по ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу кільце сепараторне виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях Л.1 та Л.2.

Відповідно до вимог техніки безпеки, викладеними в стандартах ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки» в дипломному проекті передбачається комплекс таких заходів:

Таблиця К.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносність (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості ІІБ	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості ІІБ	27	29	15	15	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

Таблиця К.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносність (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості ІІБ	20	19	18	14	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості ІІБ	22	25	20	20	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

- для запобігання контакту робочого з рухомими частинами обладнання, передбачити відповідно до застосування додаткових захисних пристроїв, відповідних вимогам. Це, зокрема, додаткові огороження, що закривають рухомі частини обладнання (супорт, стіл, інструментальний магазин верстата);
- для забезпечення безпечного руху наземного транспорту транспортні шляхи встановлюються відповідно до БНіП 2.05.02-85 і повинні відповідати вимогам;



- для запобігання падінню заготовки при установці і знятті її з верстата розробити схему стропування;
- при транспортуванні тари, розробити маршрут переміщення і розташувати його на видному місці;
- відповідно до в комплекті до верстатного обладнання передбачити запобіжні пристрої (запобіжні патрони, оправки), що захищають від перевантаження, здатної викликати поломку інструменту і травмування працюючих;
- відповідно до в комплекті до пристосування з гідроприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;
- для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);
- для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;
- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);
- для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;
- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби

захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати ЗОР;

- для зменшення рівня шумів на робочому місці передбачити раціональну розстановку устаткування, що враховує фактор спрямованості, рекомендувати для облицювання стін і стель використовувати шумопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, уникати по можливості переривчастого різання;

- для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції виробничого обладнання передбачити виконання всіх вимог по вібраційній безпеці. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;

- для недопущення перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря.

-

## **К.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення**

Необхідно визначити ефективність природнього освітлення в цеху. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 320 м<sup>2</sup>. При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 40 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота × ширина), м – 2×4;

Кількість вікон – 10 шт.

Висота від підлоги до вікна – 2,0 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь  $\rho_{\text{ср}}$  – 0,4.

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України,  $e_H^{IV}$ , визначаємо за формулою:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c \quad (K.1)$$

де  $e_H^{III}$  - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28-2006.

Для верстатників у цеху, в якому виконуються роботи IV розряду (середньої точності), для бокового верхнього освітлення  $e_H^{III} = 1,5\%$ .

$m$  – коефіцієнт світлового клімату (для України  $m = 0,9$ );

$c$  – коефіцієнт сонячності (для м. Суми  $c = 0,8$ ).

$$e_H^{III} = 1,5\% \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,08\%$$

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

$$e_\phi = \frac{100 \cdot S_o \cdot t_o \cdot r_1}{S_n \cdot n_o \cdot K_z \cdot K_{зо}} \quad (K.2)$$

де  $S_o$  - площа усіх вікон у приміщенні,  $m^2$ ;

$$S_o = 2 \cdot 4 \cdot 10 = 80 \text{ м}^2;$$

$S_n$  - площа підлоги в приміщенні,  $m^2$ ;

$$S_n = 40 \cdot 8 = 320 \text{ м}^2;$$

$t_o$  - загальний коефіцієнт світлопропускання віконного проєма; для заданих умов  $t_o = 0,5$ ;

$r_1$  - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення  $r_1 = 1,2$ ;

$n_o$  - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної:  $40/8=5$  та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої

поверхні до верху вікна до верху вікна рівної :  $8/4=2$  значення світлової характеристики  $n_0 = 13$ .

$K_{зд}$  – коефіцієнт який враховує затемнення вікон будинками, що розташовані навпроти. При їх відсутності  $K_{зд} = 1$ .

$K_3$  – коефіцієнт запасу, знаходиться в межах  $1,3 \div 1,5$ .

Прийmemo середнє  $K_3 = 1,4$ .

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{320 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,57\%$$

При порівнянні фактичного КПО  $e_{\phi} = 0,57\%$  з нормативним  $e_n^{IV} = 1,08\%$  приходимо до висновку, що природнє освітлення в цеху не ефективне. Для поліпшення освітлення у цеху пропонується пофарбувати стіни у білий колір та встановити додатково штучні джерела освітлення, які необхідно розрахувати.

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 10.

Кількість ламп у світильнику – 1.

Значення розрахункової освітленості, лм, знайдемо за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку за формулою:

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n_H \cdot N \cdot n} \quad (K.3)$$

Розрахункова освітленість повинна задовольняти умовам нормативної величини і складає для ламп розжарювання не менше 50 лк. Знайдемо мінімально необхідний світловий потік лампи:

$$F_{л \min} = \frac{50 \cdot 320 \cdot 1,75 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 10 \cdot 1} = 1550(\text{лм})$$

де  $n_H$  – коефіцієнт використання світлового потоку;  $n_H = 0,4 \div 0,6$  (приймаємо середнє значення 0,5);

$N$  – кількість світильників, шт.;

$n$  – число ламп у світильнику, шт.;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>.  $S = 320$  м<sup>2</sup>;

$k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1,5 \div 2$  (приймаємо середнє значення 1,75);

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для ламп розжарювання – 1,15.

Фактична освітленість визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\text{л}} \cdot n_H \cdot N \cdot n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (\text{K.4})$$

За нормативами обираємо найближче більше значення  $F_{\text{л}} = 2000$  лм при потужності 150 Вт для ламп розжарювання.

$$E_{\phi} = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1}{320 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 64,95(\text{лк})$$

Задану кількість світильників необхідно розміщувати рівномірно по площі приміщення, по можливості за сторонами квадрата, виконуючи умови:

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (\text{K.5})$$

де  $H_p$  – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(\text{м});$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(\text{м});$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (\text{К.6})$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(\text{м})$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення  $E_{\phi} = 64,95$  лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006  $E_{н}=50$  лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

### **К.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Надзвичайна ситуація (НС) – стан, при якому в результаті виникнення джерела надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза життю і здоров'ю, завдається шкода населенню, народному господарству, навколишньому природному середовищу.

За характером джерел виникнення НС діляться на:

- а) природні явища і процеси;
- б) техногенні промислові аварії і катастрофи (радіаційні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні пригоди на транспорті або транспортні аварії;
- г) інфекційні хвороби людей (епідемії);
- д) криміногенні.

Осередком ураження – називається територія з розташованими на ній будівлями, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які постраждали від руйнування або зараження в результаті виникнення НС.

Безпека в НС - стан захищеності населення.

Захищеність в НС - стан, при якому запобігають, долають або гранично знижують негативні наслідки виникнення потенційних небезпек при НС для людей.

Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз людей з небезпечної зони, тобто евакуація.

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, вказуються дії по евакуації, як при загрозі так і при виникненні НС.

Питання евакуації для вивчення включаються в тематику занять робітниками і службовцями в системі цивільної оборони.

З урахуванням аналізу визначається вид евакуації, проводиться розрахунок службовців і робітників, встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва, намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення.

Керівник об'єктової комісії з НС приймає одне з рішень:

- а) провести евакуацію всередині цеху;
- б) вивести персонал за межі об'єкта;
- в) застосувати комбінований метод.

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газомісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На проєктованій ділянці повинен бути передбачений план евакуації.

У цеху повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння:

- а) ящики з піском;
- б) пожежні відра;
- в) лопати;
- г) пожежний інструмент (лом, сокира);
- д) вогнегасники.

#### **К.4 Висновки**

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Корпус секції» та визначені шляхи щодо їх усунення.

2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Корпус секції», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях. Визначено заходи в разі виникнення НС.