

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
Назва теми

"Вал-шестерня 78.125-97" з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма "технології машинобудування"
Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.23.18.ІЗ

Виконав студент <u>2</u> курсу групи <u>ПМТм-22-1</u> <small>Шифр</small>	 <small>Підпис</small>	<u>Михайло ЛУКІЯНЧУК</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
Керівник <u>канд. техн. наук, доцент</u> <small>Науковий ступінь, звання</small>	 <small>Підпис</small>	<u>Сергій БИСЬ</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
Нормоконтролер <u>канд. техн. наук, доцент</u>	 <small>Підпис</small>	<u>Сергій БИСЬ</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
До захисту допускаю: Завідувач кафедри <u>технології машинобудування</u> <small>Назва</small>	 <small>Підпис</small>	<u>Віталій ТКАЧУК</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
Дата " " 2023		

Хмельницький 2023

Завідувачу кафедри

Тетяна Олександрівна
Сучасна фізика
здобувача вищої освіти (студента)
ПФБ, факультет, «курс», «група»
ПМТМ - 22 - 1 Н. Кірюк

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

26.12.23.

дата


підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продуктованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі "Ваг-мехстерія 78.125-97" з використанням верстатів з ЧПК

Автор Лукіяничук Михайло Іванович

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна Механіка

Науковий керівник: Ткачук Віталій Павлович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доправдована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

..... Текст вважається унікальним і не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням.....

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Сергій БИСЬ

Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Лукивчук Михайло Іванович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня 78.125-97» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(підпис, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Лукивчук М. І. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 0,00 %, задовільно 100,00. шкалою ЕКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 18,18 %, D 0,00 %, E 81,82 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Лукивчук М.І. вчасно виконав
науково-дослідницьку роботу, при виконанні вико-
ристував усі вимоги викладача на мого-
рідки та виконав її на високому рівні.
Робота виконана у повному обсязі.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

Піщ С.С.
(підпис, прізвище)

26 12 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Лукивчук М. І. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Трикопак Ірина Іванівна
(підпис)

Ірина Іванівна ТРИКОПАК
(підпис, прізвище)

26 12 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу студента Лукіяничука Михайла Івановича
на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
"Вал-шестерня 78.125-97" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності.
Дипломна робота має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію обраної деталі,
її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обгрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в
подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес
механічного оброблення корпусу з використанням сучасного м/р
устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на
обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийнятні
рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і
виконані на високому рівні.

В конструкторській частині розроблено конструкції наступних
верстатних пристроїв: для закріплення деталі на шліцефрезерній та
зубофрезерній операції, а також контрольний пристрій для визначення
точності оброблення поверхонь під підшипники.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ,
розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням
основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як
сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків не виявлено.

Проте по дипломній роботі можна зробити наступне зауваження:

- бажано було б виконати аналіз економічної ефективності та термін
окупності запропонованих заходів.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на
високому технічному рівні та заслуговує позитивної оцінки.

Рецензент: Кож к.т.н, доцент кафедри ГМАГ_В. КУРСКОЙ

« 27 » « 12 » 2023 р.

6 Консультанти розділів дипломної роботи (за наявності)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання

3.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2023	
2 Технологічний розділ	01.11.2023	
3 Конструкторський розділ	20.11.2023	
4 Дослідницький розділ	10.12.2023	
5 Охорона праці	15.12.2023	

Студент

Підпис

Михайло ЛУКІЯНЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник роботи

Підпис

Сергій БИСЬ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Вал–шестерня 78.125–97” з використання верстатів з ЧПК

Магістерська робота, що складається із 94 сторінок пояснювальної записки та додатків із специфікаціями креслеників пристроїв, технологічною документацією та програмою для верстата з ЧПК, є завершеною роботою. Графічна складова роботи, яка складається з 9 аркушів формату А1, повністю задовольняє вимогам. Завдання полягало у проектуванні процесу механічного оброблення деталі Вал-шестерня 78.125-97 з річною програмою випуску 5 тис. штук.

У пояснювальній записці ретельно описані всі розрахунки та розділи, які відповідають вимогам завдання. Загальний аналіз включає огляд технічних умов, враховуючи функціональне призначення деталі, типові технологічні процеси та останні досягнення у виготовленні подібних деталей.

Окрім цього, було розроблено механізований пристрій із пневмоприводом для закріплення заготовки на зубо-фрезерній операції під час оброблення зубчастого вінця, а також контрольний пристрій. Такий підхід свідчить про достатній рівень виконавця, уважність до деталей та здатність до оптимізації виробничого процесу.

Автор роботи: Михайло ЛУКІЯНЧУК

/Підпис/

Дата

2023 р.

ABSTRACT:

Topic of the work: “Development of the technological process for manufacturing the component 'Shaft-gear 356–78–14' using CNC machines”

The master's thesis, consisting of a 94-page explanatory note and appendices with specifications of device drawings, technological documentation, and a program for a CNC machine, represents a completed work. The graphical component comprising 9 sheets of A1 format fully complies with the requirements. The task involved designing the mechanical processing process of the Shaft-Gear 78.125-97 component with an annual production program of 5,000 units.

The explanatory note meticulously details all calculations and sections meeting the task requirements. The comprehensive analysis includes a review of technical conditions, considering the functional purpose of the component, typical technological processes, and the latest advancements in manufacturing similar components.

Additionally, a mechanized device with pneumatic drive for securing the workpiece during the gear milling operation, as well as a quality control device, has been developed. This approach speaks to the executor's competency, attention to detail, and capability for optimizing the production process.

The author of the work

Vadim KOHANIUK

2023 p.

/Signature/ Date

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи	11
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	12
1.3 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі	12
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	6
2.2 Розрахунок припусків на обробку	17
2.3 Вибір технологічних баз	22
2.4 Проектування технологічного процесу	23
2.5 Вибір засобів технологічного оснащення	31
2.6 Вибір та розрахунок режимів різання	39
2.7 Нормування та уточнення технологічних переходів	48
2.8 Розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК	50
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	52
3.1 Проектування технологічного оснащення	52
3.2 Розрахунок сил затиску	54
3.3 Підбір параметрів пневмоприводу	60
3.4 Розрахунок пристосування на точність	64
4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	67
Висновок	78
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	79
5.1 Загальні санітарно–гігієнічні вимоги до планування промислових підприємств та виробничих приміщень	79
5.2 Організація праці на робочому місці	82
5.3 Паспортизація виробництв та атестація робочих місць за умовами праці	88
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	94
Додатки	

Вступ

Розвиток машинобудівної галузі характеризує рівень науково–технічного потенціалу країни. Основне завдання машинобудування – забезпечити всі галузі промисловості ефективним обладнанням та машинами [1]. Домогтися цього можна за рахунок введення нових та удосконалення старих технологічних процесів (ТП), використання сучасних засобів технологічного оснащення (ЗТО) та ін. Всі ці питання вивчає технологічна підготовка виробництва, яка спрямована на технологічну готовність підприємства до виготовлення виробів.

Введення нових ТП пов'язане з розробкою нового виробу, що є комплексним завданням, пов'язаним не лише з досягненням необхідного технічного рівня цього виробу, а також з наданням його конструкції таких властивостей, які забезпечують максимально можливе зниження витрат праці, матеріалів та енергії на його розробку, виготовлення, експлуатацію та ремонт [2]. Удосконалення ТП може бути виражене у підвищенні продуктивність праці, наприклад за рахунок використання автоматизованого обладнання, у підвищенні та стабілізації якості виробів, у зниженні собівартості продукції [3].

Мета кваліфікаційної роботи полягає у технологічній підготовці виробництва деталі “Вал–шестірня” на верстатах з ЧПК.

У ході роботи потрібно вирішити такі завдання:

- провести аналіз технологічності деталі;
- розрахувати припуски на обробку та підібрати режими різання для виготовлення деталі;
- підібрати необхідні засоби технологічного оснащення, а саме: обладнання, верстатні пристрої та інструмент:
- розробити технологічний процес виготовлення деталі;
- спроектувати спеціальний пристрій для шліцефрезерування.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи

Вал–шестерня застосовується в редукторах, коробках перемикачів передач, роздавальних коробках автомобілів тощо. Вал–шестерня представляє собою ступінчасте порожнисте тіло обертання з елементами зубчастого зачеплення та евольвентними шліцами. В якості зубчастого зачеплення виступає зубчастий вінець із прямими зубами у кількості 25 штук. Шорсткість зубів $R_a = 2,5$ мкм. Шліце евольвентні з центруванням по бокових поверхнях шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Деталь містить стандартні елементи: фаски, канавки, зуби, шліци. Вимоги до виготовлення деталі наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вимоги до виготовлення деталей

1. Мінімальний допуск	1. Допуск круглості та профілю поздовжнього перерізу шийки валу–шестерні під підшипник не більше 10 мкм
2. Максимальний допуск	2. Допуск радіального биття торця отвору $\varnothing 95K7$ відносно бази у вигляді загальної осі не більше 54 мкм
3. Мінімальна шорсткість	3. Шийка вала–шестерні $\varnothing 65h10$: $R_a = 0,63$ мкм
4. Максимальна шорсткість	4. $\varnothing 48$ вала–шестерні та отвір $R_a = 12,5$ мкм
5. Мінімальний квалітет	5. Шийка вала–шестерні під підшипник: $\varnothing 75k6^{+0.018}_{+0.002}$
6. Максимальний квалітет	6. $\varnothing 48$ вала–шестерні та отвір ($h14$ і $H14$)

Під час виготовлення деталі потрібні додаткові шліфувальні операції з метою досягнення шорсткості $R_a = 0,4–1,6$ мкм.

На чистових операціях токарної обробки потрібне застосування твердосплавного інструменту з метою досягнення шорсткості $R_a = 0,8–2,5$ мкм

Матеріал сталь 25ХГТ – легована конструкційна хромомарганцева сталь, яка застосовується при виготовленні навантажених зубчастих коліс та інших деталей з твердістю вище $59 HRC_e$. Схильна до відпускнуї крихкості.

Для зменшення зношування поверхонь валу-шестерні застосовується хіміко–термічна обробка – нітроцементация на глибину 0,8...1,3 мм; після нормалізації у стані постачання має твердість 217 НВ.

Поверхні зубів повинні мати твердість 57–64 HRC, поверхні шліців не менше 51 HRC, ядро зубів 30–46 HRC, інші оброблені поверхні не менше 47 HRC. Це вимагає застосування великого комплексу термічних операцій: нормалізація – до обробки, нітроцементация з наступними загартуванням та відпуском – перед початком шліфування.

У таблицях 1.2 і 1.3 наведено хімічний склад та механічні характеристики сталі 25ХГТ.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 25ХГТ, масова частка елементів %

Кремній	Марганець	Мідь	Нікель	Сірка	Титан	Вуглець	Фосфор	Хром
0,17– 0,37	0,8–1,1	0,3	0,3	0,035	0,03– 0,09	0,22– 0,29	0,035	1–1,3

Сталь 25ХГТ відноситься до низьковуглецевих сталей. Їх особливість – знижена межа міцності при підвищених значеннях в’язкості та пластичності. Для поліпшення оброблюваності різанням проводять попередню нормалізацію (у стані постачання).

Літера Х у позначенні сталі вказує, що сталь легована хромом (Cr). Хром підвищує твердість та міцність, незначно зменшуючи пластичність, збільшує корозійну стійкість. Хром робить сталь сприйнятливою до термічної обробки, підвищує загартовуваність сталі і при цьому у випадку цементованих і покращених сталей впливають на оброблюваність (погіршує її) різанням за рахунок структури в міцності.

Літера Г у позначенні сталі вказує, що сталь легована марганцем (Mn). Сплави, піддані легуванню марганцем, легше справляються з високими динамічними навантаженнями та виявляють податливість до теплової дії.

Вміст марганцю до 1,5 % у сталей з низьким вмістом вуглецю сприятливо позначається на їх оброблюваності різанням завдяки оптимальному характеру стружкоутворення.

Легування кремнієм, нікелем, міддю застосовується з метою підвищення міцності та ударної в'язкості.

Додавання титану в малих кількостях може сприяти значному підвищенню міцності. Внаслідок значного зменшення розміру зерен варто очікувати поганих результатів щодо сил різання та характеру стружкоутворення.

За рахунок додавання до сплаву фосфору отримують сипучу стружку. При вміст до 0,1 % фосфор надає позитивний вплив на оброблюваність різанням.

Сірка розчиняється в залізі лише в невеликих кількостях, але залежно від легуючих компонентів, що містяться в сталі, утворює стабільні сульфідні. Сульфід марганцю MnS є переважаючими, тому що вони позитивно впливають на обробку різанням (швидколамає стружку, слабке утворення наростів на ріжучій кромці, покращена якість поверхні деталі).

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 25ХГТ

Межа міцності, σ_B	Межа текучості, σ_T	Відносне подовження зразка, δ	Відносне звуження, ψ	Ударна в'язкість, КСУ
1270 МПа	980 МПа	10 %	50 %	589 кДж/м ²

Темою дипломного проекту є проектування дільниці механічного оброблення деталі “вал–шестерня”. В процесі виконання проекту необхідно вдосконалити дільницю механічної обробки, оскільки існуюча дільниця не є автоматизованою, що не відповідає сучасним вимогам виробництва.

Оскільки на існуючій дільниці використовується універсальне обладнання, то на даному етапі розвитку науки, техніки і технології ставимо за мету автоматизувати дільницю механічної обробки деталей типу “вал–шестерня”. Автоматизація виробництва в машинобудуванні представляє собою самостійну комплексну задачу, пов'язану зі створенням нового сучасного обладнання, технологічних процесів, систем організації виробництва та керування ними, що призводить до підвищення продуктивності праці, покращення умов праці, зниження потреб в робочій силі в наслідок чого знижується собівартість виробів,

підвищується їх якість, а також, що не менш важливо, зниження виробничого травматизму.

Для вирішення поставлених задач в серійному виробництві повинні бути створені умови, що відповідають по продуктивності крупносерійному, а по гнучкості – дрібносерійному виробництву.

Одним з існуючих методів вирішення технічної проблеми є використання верстатів з числовим програмним керуванням.

Тобто внаслідок автоматизації дільниці механічної обробки деталі “вал–шестерня” та встановлення і раціональне використання на ній верстатів з ЧПК призведе до покращення виробничої структури дільниці, скорочення циклу підготовки виробництва нового виробу та тривалості виробничого циклу внаслідок можливості використання новітніх методів обробки на максимально допустимих режимах різання в результаті чого покращуються режими роботи обладнання, підвищення рівня спеціалізації виробництва, його механізації та автоматизації, значно підвищити гнучкість виробництва. Також автоматизація вищезгаданої дільниці дозволить покращити умови праці, більш ефективно використовувати сучасні інформаційні технології у виробничому процесі, зменшити виробничий травматизм

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Порівняльний аналіз технологічності деталі вал–шестерня наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Оцінка параметрів технологічності деталі

Позитивний вплив	Негативний вплив
1. В якості конструкторських баз – найточніші поверхні Ø75k6, Ø95K7, які збігаються з вимірвальними базами Е, Ж відповідно. Дотримується принцип єдності баз	1. Заготовка – пруток (дрібносерійне виробництво). Через великий перепад діаметрів сходів зніматиметься великий напуск, що, відповідно, зменшує коефіцієнт використання матеріалу
2. Форма деталі має складний контур, але складається зі стандартних та уніфікованих конструктивних елементів: діаметральних та лінійних розмірів, зубчастого вінця, шліців.	2. Нетехнологічними елементами є зуби; шліци, які мають евольвентний профіль. З погляду механічної обробки шліцеві та зубчасті поверхні нетехнологічні. Операція

Позитивний вплив	Негативний вплив
Це сприяє використанню стандартних ріжучих та вимірювальних інструментів	нарізування зубів і шліців зі зняттям стружки проводиться в основному малопродуктивними методами
3. Деталь симетрична щодо своєї осі обертання	3. До окремих поверхонь деталі (шийок валу-шестерні та ступінчастих отворів) висуваються підвищені вимоги щодо досягнення точності обробки $R_a = 0,4 \dots 1,6$ мкм
4. На деталі є канавки для вільного виходу ріжучого інструменту і фаски, причому всі ці елементи є уніфікованими, що сприяє підвищенню технологічності конструкції деталі	4. Вал-шестерня піддається термічній і хіміко-термічній обробці, що свідчить про ускладнений технологічний процес його отримання
5. Конструкція валу-шестерні має односторонню ступінчастість і виконується заодно з шестернею, що підвищує її технологічність та веде до збільшення міцності	5. Через наявність нетехнологічного наскрізного отвору, деталь має різну жорсткість у різних перерізах, з меншенням у бік шліців. Потрібно застосування підведених опор або розтискних втулок, цангів, центрів

Таким чином, через наявність високих вимог до точності обробки, хіміко-термічної обробки, нетехнологічних елементів у вигляді зубів та шліців, але також з урахуванням переважання простих геометричних форм та доступності обробки, деталь “вал-шестерня” має помірну технологічність.

1.3 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі

Найбільш важливими експлуатаційними показниками деталей є зносостійкість та опір втоми.

Зносостійкість – здатність деталі чинити опір зношуванню в процесі експлуатації. При зношуванні змінюються розміри та геометрична форма поверхонь, що призводять до зміни характеру поєднанні деталей, втрати точності відносного розташування деталей.

Опір втоми характеризує здатність деталі протистояти знакозмінним навантаженням, що багаторазово повторюються у процесі експлуатації. Недостатній опір втоми призводить до швидкої поломки деталей, викликаючи відмову у роботі машини.

Якість робочих поверхонь деталі, одержуваних при її виготовленні, має великий вплив на її експлуатаційні властивості. Тому для забезпечення

надійності деталі, що виготовляється, потрібно забезпечити високу якість її поверхневого шару.

Перевірка працездатності деталі виконувалася у CAE-модулі програми SolidWorks, рисунок 1.1. Як кріплення було обрано опори підшипників, як середнє навантаження – крутний момент 1000 Н, що передається від шліцевого з'єднання.

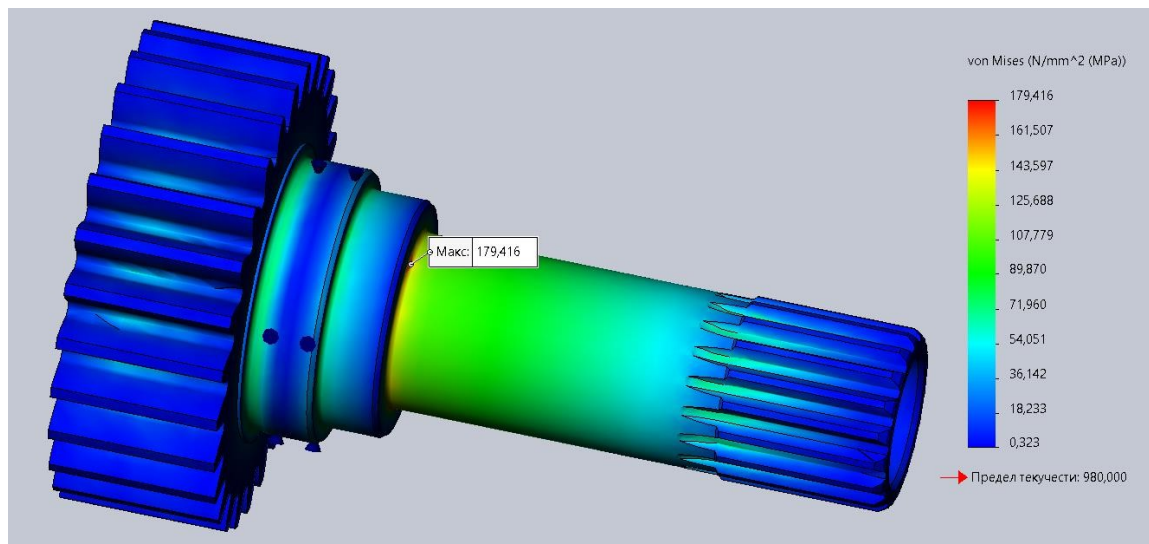


Рисунок 1.1 — Статичний аналіз деталі вал–шестерня

З епюри еквівалентних напруг видно, що найбільші контактні напруги виникають в корені шліців і збільшуються до області виходу фрези. Основна область скупчення напруги у шестерні також у корені зуба. Серед напружених місць можна також виділити області зміни діаметрів щаблів деталі. Найбільші напруги виникають у місці переходу від 1-го до 2-го ступеня через малу жорсткість через тонку стінку.

Як видно з рисунка 1.1, максимальна напруга в деталі становить 179,4 МПа, що менше межі плинності 980 МПа, а це означає, що деталь працює в області пружних деформацій.

Поверхні шліців і шестерні найбільш схильні до зношування, а отже, для них мають бути представлені вимоги щодо підвищення зносостійкості. У роботі методом підвищення зносостійкості поверхонь зубів шестерні та шліців є хіміко–термічна обробка – нітроцементация.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Визначення режиму роботи цеху означає встановлення графіка змінності, реальних річних часових ресурсів для робочого обладнання та працівників. Це включає встановлення конкретних годин на рік для різних типів обладнання та працівників, відповідно до обраного режиму роботи.

Формула для визначення ефективного річного фонду часу роботи одного верстата включає такі параметри:

– Ефективний річний фонд часу = Кількість робочих днів × Кількість робочих годин за день × Кількість тижнів протягом року.

Ця формула допомагає визначити часові ресурси, доступні для роботи верстата протягом року, враховуючи кількість робочих днів на тиждень, робочі години на день і кількість тижнів у році.

$$F_{д.в.} = [(365 - N_{в.д.} - N_{с.д.}) \cdot 8,2 - N_{п.с.д.} \cdot 1] \cdot Z \cdot k_p \quad (1.1)$$

де $N_{в.д.} = 104$ – кількість днів – вихідних;

$N_{с.д.} = 8$ – кількість днів – святкових;

$N_{п.с.д.} = 5$ – кількість днів – передсвяткових;

$Z = 2$ – кількість періодів часу, протягом яких верстат працює;

$k_p = 0,95 \dots 0,97$ – час, протягом якого верстат перебуває у стані ремонту відносно загального часу його експлуатації.

Після заміни числових значень у формулі 1.1 і проведення обчислень ми отримаємо відсоток часу, який верстат проводить у стані ремонту в порівнянні з загальним часом його функціонування:

$$F_{д.в.} = [(365 - 104 - 8) \cdot 8,2 - 5 \cdot 1] \cdot 2 \cdot 0,95 = 3943 \text{ год.}$$

Приймаємо $F_{д.в.} = 3950$ год.

Ефективний річний фонд часу роботи верстатника розраховується за формулою

$$F_{д.в.} = [(365 - N_{в.д.} - N_{с.д.}) \cdot 8,2 - N_{п.с.д.} \cdot 1] \cdot k_n, \quad (1.2)$$

де k_n – це значення відображає, який вплив має відсутність працівників на загальний фонд робочого часу:

$$k_n = \frac{100 - C_n}{100} = \frac{100 - 10}{100} = 0,9,$$

де $\tilde{N}_i = 9...12\%$ (відпустки – 5%; захворювання – 2%; державні і суспільні обов'язки – 0,5%; учнівські відпустки – 1%; перерви матерів для годування дітей – 0,5%). В розрахунках приймаємо $\tilde{N}_i = 10\%$.

Після встановлення конкретних числових значень у формулу 1.2 ми отримаємо результат, який відобразатиме відсоток часу, коли працівники відсутні на роботі у порівнянні з загальним робочим часом.

$$F_{д.в.} = [(365 - 104 - 8) \cdot 8,2 - 5 \cdot 1] \cdot 0,9 = 1868 \text{ год.}$$

Приймаємо $F_{д.в.} = 1870 \text{ год.}$

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

При виборі методу одержання заготовки вирішальними факторами є: форма деталі, маса, матеріал, обсяг випуску деталей. Остаточне рішення про вибір методу приймається на основі техніко–економічних розрахунків.

Вихідними даними при розрахунку заготовки були такі:

– матеріал – сталь 25ХГТ, $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$;

– маса деталі – 3,9 кг.

Порівнювалися два варіанти одержання заготовки:

– відрізка заготовки з прокату ДСТУ 4738:2007;

– поковка, що отримується методом гарячого об'ємного штампування за ДСТУ EN 10222-3:2005.

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) визначається відношенням маси деталі до маси витраченого матеріалу. При розрахунку КВМ знаходиться коефіцієнт виходу придатного матеріалу в процесі виготовлення:

$$КВМ = \frac{m}{Q}, \quad (2.1)$$

де m – маса готової деталі, кг; Q – маса заготовки, кг.

Маса заготовки з прокату знаходиться як добуток об'єму циліндра на щільність матеріалу:

$$Q_{\text{прокату}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \rho, \quad (2.2)$$

де d – діаметр заготовки, м; L – довжина заготовки, м.

$$Q_{\text{прокату}} = \frac{\pi \cdot 0,135^2}{4} \cdot 0,241 \cdot 7800 = 26,9 \text{ кг.}$$

Маса поковки визначається розрахунковим шляхом за ДСТУ EN 10222-3:2005:

$$Q_{\text{поковки}} = m \cdot K, \quad (2.3)$$

де $K = 2$ – орієнтовний коефіцієнт для деталей з отворами типу порожнистих валів, фланців, втулок та ін.

$$Q_{\text{поковки}} = 3,9 \cdot 2 = 7,8 \text{ кг}$$

$$KVM_{\text{прокату}} = \frac{3,9}{26,9} = 0,15$$

$$KVM_{\text{поковки}} = \frac{3,9}{7,8} = 0,5$$

Порівнявши коефіцієнти, видно, що заготовка, отримана штампуванням, більше підходить для виробництва валу–шестерні, ніж пруток.

2.2 Розрахунок припусків на обробку

В умовах високих цін на матеріали, одним з основних завдань технологічного проектування є зменшення матеріаломісткості виробництва. Зменшення припусків на обробку є одним із шляхів, що дозволяють знизити матеріаломісткість. Розміри припусків можна або призначити за довідковими таблицями, чи розрахувати.

При розрахунку операційні припуски зазвичай виходять меншими, ніж вибрані за таблицями, що дозволяє заощаджувати метал, знизити собівартість обробки. Встановлення правильної товщини припусків на обробку є відповідальним техніко–економічним завданням.

Призначення надмірно великих припусків призводить до втрат матеріалу, що перетворюється на стружку; до збільшення пружної деформації технологічної системи ВПЗ (верстат – пристосування – інструмент – заготовка) внаслідок збільшення сили різання, а отже і до зменшення точності обробки; до збільшення трудомісткості механічної обробки (якщо припуск більше максимально допустимої глибини різання та доводиться видаляти його за кілька проходів); ускладнюється застосування пристроїв внаслідок збільшення сили різання; до

підвищення витрати ріжучого інструменту та електричної енергії; до збільшення потреби в обладнанні та робочій силі.

Призначення недостатньо великих припусків не забезпечує видалення дефектних шарів матеріалу та досягнення необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, а також викликає підвищення вимог до точності вихідних заготовок та призводить до їх подорожчання, утруднює розмітку та вивірку положення заготовок на верстатах при обробці за методом пробних ходів та збільшує небезпеку появи браку. Розрахунок припусків розрахунково–аналітичним методом було здійснено згідно з рекомендаціями [5] та представлено у таблиці 2.1.

Пояснення до розрахунку припусків зовнішніх поверхонь тіл обертання:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\varepsilon_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right). \quad (2.4)$$

При односторонній обробці (для поверхонь не тіл обертання):

$$Z_{min_i} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\varepsilon_{i-1}} + \varepsilon_i, \quad (2.5)$$

де $2Z_{min_i}$ – мінімальний припуск на діаметр для цієї операції;

$R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні після попередньої обробки;

h_{i-1} – глибина дефектного шару після попередньої обробки;

$\Delta_{\varepsilon_{i-1}}$ – сума похибок форми та розташування поверхонь заготовки, що залишилися або отримані після попередньої обробки;

ε_i – похибка встановлення та закріплення перед даною обробкою.

У разі сортового прокату:

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\Delta_{\varepsilon_k}^2 + \Delta_{\varepsilon_l}^2}, \quad (2.6)$$

де Δ_{ε_k} – загальне відхилення осі від прямолінійності;

Таблиця 2.1 — Розрахунок припусків розрахунково–аналітичним методом

Техн. переходи обробки поверхонь	Складові мінімального припуску на обробку, мкм				Розрах. $2Z_{min}$, мкм	Кінцевий розмір	T_d , мкм	Граничний розмір	
	R_z	h	Δ_s	ε				d_{min}	d_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зовнішня поверхня $\varnothing 75k6$									
Заготовка (штампівка)	100	100	784	250	–	–	2600	138	140,6
Чорнове точіння (h12)	25	60	47	100	напуск	$\varnothing 78h12$	300	76,264 76,7	76,564 77
Напівчист. точіння (h10)	12,8	40	2,4	0	264	$\varnothing 75,8h10$ Прийmemo $\varnothing 76h8$	120	75,664 75,88	75,784 76
Чистове точіння (h8)	10	20	–	0	110,4	$\varnothing 75,2h8$ Прийmemo $\varnothing 75,4h8$	46	75,131 75,354	75,177 75,4
Термо- обробка	–	–	18	–	–	–	–	–	–
Шліфування (k6)	6,4	–	–	0	56	$\varnothing 75k6$	19	75.002	75.021
Зовнішня поверхня $\varnothing 130,5h11$									
Заготовка (відрізка)	100	100	784	250	–	$\varnothing 140^{+0,6}_{-2,0}$	2600	134,98 138	137,58 140,6
Чорнове точіння (h12)	50	60	47	100	1980	$\varnothing 131,3h12$ Прийmemo $\varnothing 133h14$	1000	130,81 131,6	131,21 132,6
Напівчистове точіння (h11)	12,8	20	2,4	0	314	$\varnothing 130,5h11$	250	130,25	130,5
Обточування лівого та правого торців заготовки для отримання її довжини 235h12									
Заготовка (відрізка)	100	100	784	250	–	240,1-2 Прийmemo 241 ₂	2000	238,08 239	240,08 241
Обточка лівого торця (h14)	25	60	47	100	1084	236,4h14 Прийmemo 273h14	1150	235,23 235,85	236,38 237
Обточка правого торця (h14)	25	60	47	100	232	235h14	1150	233,85	235

Δ_{Π} – зміщення осі заготовки внаслідок похибки центрування:

$$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{Td^2 + 1}, \quad (2.7)$$

$$\Delta_{\varepsilon_K} = \Delta_K \cdot L, \quad (2.8)$$

$\Delta_K = 1,5$ мкм/мм – кривизна профілю сортового покату.

Для розрахунку наступних відхилень форми використовуються коефіцієнти уточнення:

$$K_{y\text{-чорн.точ.}} = 0,06,$$

$$K_{y\text{-напівчист.точ.}} = 0,05,$$

$$K_{y\text{-чист.точ.}} = 0,04,$$

$$K_{y\text{-шліф.}} = 0,02.$$

Зовнішня поверхня $\varnothing 75k6$

$$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{2,6^2 + 1} = 0,696 \text{ мм} = 696 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\varepsilon_K} = 1,5 \cdot 240 = 360 \text{ мкм},$$

$$\Delta_\varepsilon = \sqrt{696^2 + 360^2} = 784 \text{ мкм}.$$

Мінімальний припуск на чорнове точіння: напуск.

Мінімальний припуск при напівчистовому точінні:

$$2Z_{min3} = 2(25 + 60 + 47) = 264 \text{ мкм}.$$

Мінімальний припуск при чистовому точінні:

$$2Z_{min2} = 2(12,8 + 40 + 2,4) = 110,4 \text{ мкм}.$$

Після чистового точіння проводиться термообробка, для якої додаткові просторові відхилення визначаються за такою формулою:

$$\Delta_{mo} = \frac{0,001 \cdot n_k \cdot L}{(0,1 \cdot d + 0,3)}, \quad (2.9)$$

де n_k – коефіцієнт, що залежить від виду термічної обробки; приймають для загартування печі $n_k = 0,1$. L та d – розміри вихідної заготовки.

$$\Delta_{то} = \frac{0,001 \cdot 0,1 \cdot 241}{(0,1 \cdot 135 + 0,3)} = 0,01746 \text{ мм} \approx 18 \text{ мкм.}$$

Значення $\Delta_{то}$ враховується при розрахунку мінімальних припусків на операцію шліфування.

Мінімальний припуск при шліфуванні.

При шліфуванні у заготовки після її термічної обробки поверхневий шар повинен бути збережений, отже, доданок h_{i-1} має бути виключено з розрахункової формули:

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (10 + 18) = 56 \text{ мкм.}$$

Для охоплюючих розмірів (“вал”) розраховується максимальний розмір деталі (максимальний конструкторський розмір): $\varnothing 75,021$ мм

$$d_{min_{i-1}} = d_{max_i} + 2Z_{min_i},$$

$$d_{min_{i-1}} = 75,021 + 0,0128 = 75,034 \text{ мм,}$$

$$d_{max_{i-1}} = d_{min_i} + T_{d_{i-1}},$$

$$d_{max_{i-1}} = 75,034 + 0,030 = 75,064 \text{ мм.}$$

Зовнішня поверхня $\varnothing 127,5h11$.

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{min2} = 2(100 + 100 + 790) = 1980 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск при напівчистовому точінні:

$$2Z_{min1} = 2(50 + 60 + 47) = 314 \text{ мкм.}$$

Для охоплюючих розмірів (“вал”) розраховується максимальний розмір деталі (максимальний конструкторський розмір): $\varnothing 130,5$ мм.

Колонки таблиці 2.1, що залишилися, заповнені згідно з прикладом вище.

Обточування торців заготовки для отримання довжини 235h14.

Мінімальний припуск на чорнове точіння торців:

$$Z_{min2} = (100 + 100 + 784 + 100) = 1084 \text{ мкм,}$$

$$Z_{min2} = (25 + 60 + 47 + 100) = 232 \text{ мкм.}$$

Розрахунок технологічних розмірів довжини заготовки виконується як для охоплюючих розмірів (валів), починаючи з остаточного (конструкторського) розміру.

Згідно з проведеними розрахунками, були визначені кінцеві розміри заготовки:

Пруток гарячекатаний круглий із сортового прокату звичайної точності $\text{Ø}140_{-2,0}^{+0,6}$ l = 241₋₂ за ДСТУ 4738:2007.

Припуски на розміри, що залишилися, визначені за відповідним таблиць.

Для виконання поставленого завдання використовувався довідник: “Короткий довідник технолога-машинобудівника”. Результати представлені у таблиці 6 [6].

2.3 Вибір технологічних баз

Визначення технологічних баз – це важлива стадія при проектуванні процесу механічної обробки, яка прямо взаємопов’язана з конструкцією самого процесу обробки заготовки.

Основні принципи, які слід враховувати при визначенні баз:

1. Принцип суміщення баз: бази мають бути розташовані таким чином, щоб забезпечити точність та стабільність при кожній наступній операції.

2. Принцип постійності баз: важливо зберігати стійкість та однаковий рівень баз протягом усього процесу обробки.

3. Принцип єдності баз: бази повинні бути обрані так, щоб забезпечити надійне і стійке закріплення заготовок під час обробки.

При визначенні базових поверхонь важливо, щоб вони забезпечували стійкість і надійність установки заготовок, тобто мали достатньо розвинуту конструкцію.

На першій операції ми обробляємо поверхню, яка може служити базою для наступних операцій. Зазвичай обирають поверхню корінних шийок і циліндричну поверхню зубчастого колеса.

Після обробки торців і центрових отворів на першій операції ми готуємо технологічні бази для подальшої обробки деталі. Тому наступна обробка деталі відбудеться з установкою в центральні отвори і на циліндричні поверхні шийок.

При необхідності, для орієнтації заготовки в пристрої можна використовувати буртик шийки як додаткову базу.

2.4 Проектування технологічного процесу

Технологічний процес – частина виробничого процесу, яка містить дії щодо зміни та подальшого визначення стану предмета виробництва. Технологічний процес безпосередньо пов'язаний зі зміною розмірів, форм та властивостей оброблюваної деталі.

Метод обробки поверхонь призначається виходячи з габаритних розмірів деталі, точності обробки, шорсткості поверхонь.

Завданням проектування технологічного процесу механічної обробки є визначення такої її послідовності, за якої найбільш повно використовуються технологічні можливості верстатів, пристосувань та інструментів, а деталь виготовляється з найменшими матеріальними витратами.

При дрібносерійному виробництві використовується концентрований принцип побудови операцій (з поєднанням чорнової та чистової обробки більшості поверхонь), при якому технологічний процес складається з малого числа порівняно складних операцій, у кожній з яких виконується велика кількість переходів.

Через специфіку дрібносерійного виробництва фрезерно–центрувальна операція замінюється токарно–гвинторізною.

Проектування технологічного процесу обробки деталі типу “Вал–шестірня” велось згідно з рекомендаціями [4, С. 28–30], з використанням типових маршрутів обробки валів.

Таблиця 2.2 – Методи оброблення поверхонь деталі “Вал–шестерня”

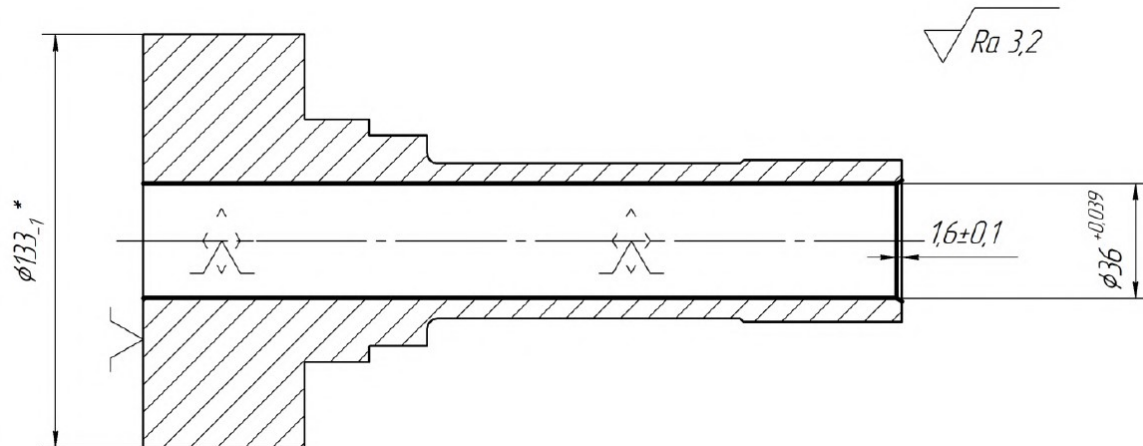
Розмір	R_a , мкм	Методи обробки
1. Шліці Ø49,5	3,2	Точіння: чорнове Ø52,5h12, напівчистове Ø50,5h10, чистове Ø49,5d9. Шліцефрезерування
2. Вал Ø65	0,63	Точіння: чорнове Ø67,4h12, напівчистове Ø65,4h10. Шліфування Ø65h10
3. Вал Ø75	1,6	Точіння: чорнове Ø78h12, напівчистове Ø76h10, чистове Ø75,4h8. Шліфування Ø75k6
4. Вал Ø130,5	3,2	Точіння: чорнове Ø133h14, напівчистове Ø130,5h11
5. Отвір Ø36	3,2	Свердління Ø25H14. Розточування Ø36H11
6. Отвір Ø48	6,3	Свердління Ø25H14. Розсверлювання Ø48H14
7. Отвір Ø58	1,6	Свердління Ø25H14. Розсверлювання Ø48H14. Розточування чорнове Ø55,6H14, напівчистове Ø57,6H11. Шліфування Ø58H9
8. Отвір Ø95	1,6	Свердління □25H14. Розсверлювання Ø48H14. Розточування: чорнове □35,5H14, □91,6H14, напівчистове □93,6H11, чистове 94,6H9. Шліфування □95K7
9. Розмір 235	–	Точіння: чорнове 237h14, 235h14
10. Розмір 50	–	Точіння: чорнове 51,4h14; напівчистове: 50,4h12. Шліфування 50h11
11. Розмір 38	–	Точіння: чорнове 36,6 ± 0,31, напівчистове 37,6 ± 0,19. Шліфування: 38 ± 0,12
12. Розмір 20	–	Точіння: чорнове 19,6 ± 0,26, напівчистове 19,6 ± 0,16. Шліфування: 20 ± 0,1
13. Розмір 49	–	Точіння уступу 49h12
14. Розмір 75	–	Розсверлювання на глибину 75 ± 0,37
15. Розмір 31,5	–	Розточування: чорнове 31,5 ± 0,31
16. Розмір 19,5	–	Розточування: чорнове 19,1 ± 0,26. Шліфування внутрішнє: 19,5 ± 0,1

Таблиця 2.3 – Технологічний процес виготовлення вала–шестерні 78.125–97

005 Заготівельна (штамповка)
010 Токарна з ЧПК А. Встановити вал в трикулачковий патрон, що самоцентрується з упором в задньому центрі База: зовнішня поверхня, лівий торець та центрувальний отвір

База: зовнішні поверхні валу та лівий торець

1. Свердлити наскрізний отвір $\text{Ø}36^{+0,039}$.



030 Термічна

1. Стабілізувати деталь за допомогою штучного старіння при температурі $500\text{--}600^\circ\text{C}$

протягом 1–6 годин

035 Токарна з ЧПК

А. Встановити вал в трикулачковий патрон, що самоцентрується

База: шийка валу та торець

1. Точити зовнішню поверхню $\text{Ø}130,5_{-0,25}$ остаточно зі зняттям фаски $1 \times 45^\circ$.

2. Розсвердлити отвір $\text{Ø}48^{+0,62}$ на глибину $75 \pm 0,37$.

3. Розточити отвір $\text{Ø}55,6^{+0,74}$ попередньо на глибину $31,5 \pm 0,12$.

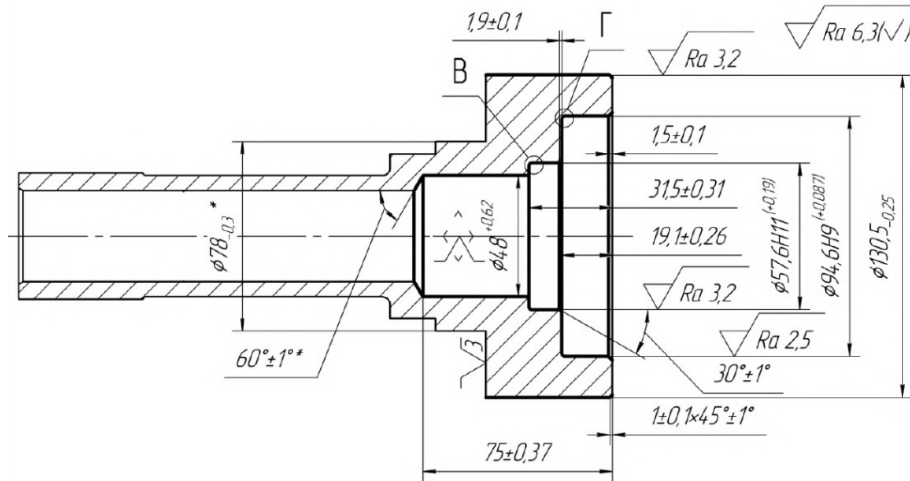
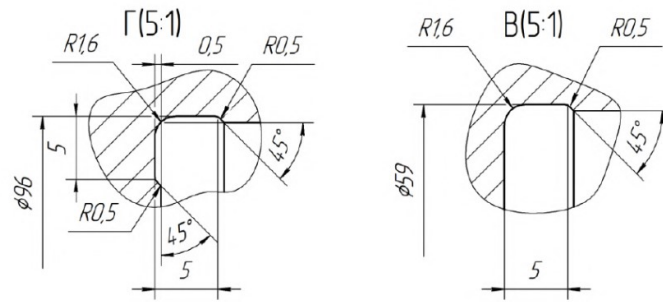
4. Розточити отвір $\text{Ø}91,6^{+0,87}$ попередньо на глибину $19,1 \pm 0,1$.

5. Точити канавку В та Г за кресленням.

6. Розточити отвір $\text{Ø}57,6^{+0,19}$ остаточно з утворенням фаски шириною 1,9 під кутом 30° до виходу в канавку В.

7. Розточити отвір $\text{Ø}93,6^{+0,22}$.

8. Розточити отвір $\text{Ø}94,6^{+0,087}$ остаточно з утворенням фаски шириною 1,5 під кутом 30° до виходу в канавку Г.



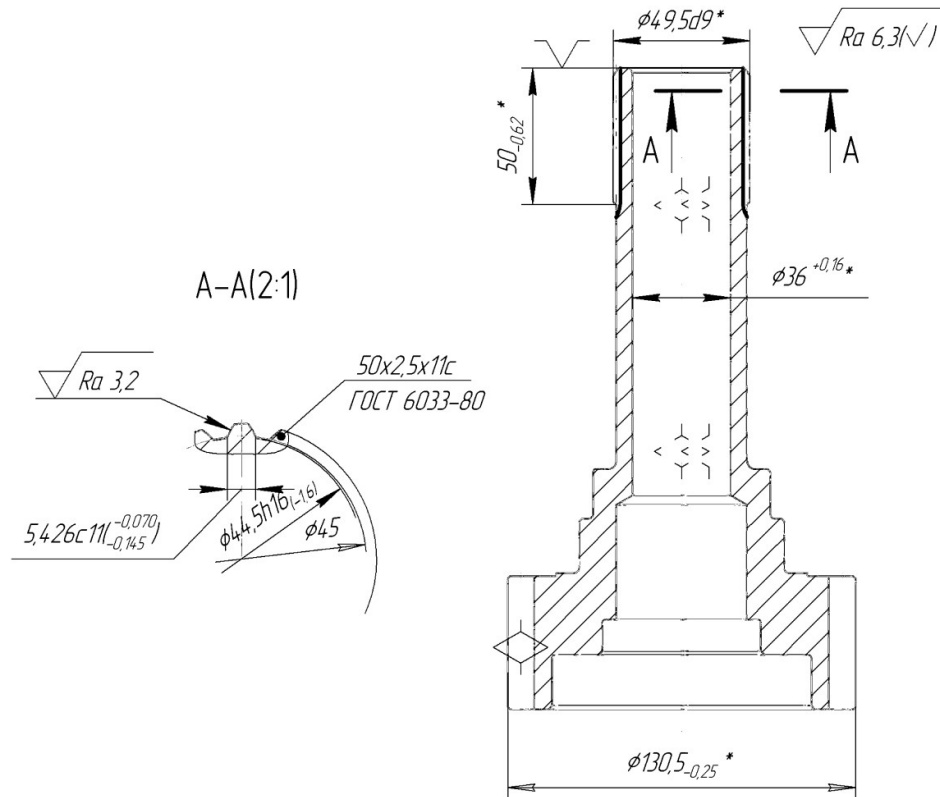
040 Токарна з ЧПК

А. Встановити вал в трикулачковий патрон з підведенням рифленого центра
База: внутрішній отвір та торець, центральний отвір

1. Точити поверхню під шліци $\phi 50,5_{-0,1}$.
2. Точити по контуру $\phi 65,4_{-0,19}$, $\phi 76_{-0,12}$ та радіус $R2$ з підрізкою торця витримуючи розміри $50,4_{-0,3}$, $37,6 \pm 0,19$.
3. Точити канавку Б під вихід шліфувального круга.
4. Точити уступ $\phi 92_{-0,87}$, витримуючи розмір $49_{-0,25}$ зі зняттям фаски $1 \times 45^\circ$.
5. Точити поверхню під шліци $\phi 49,5_{-0,142}^{-0,080}$ остаточно та фаски під кутом 30° на довжину 3.
6. Точити фаски шириною 1,5 під кутом 30° та поверхню $\phi 75,4_{-0,046}$ остаточно до виходу в канавку Б.

База: центральний отвір та торець

1. Фрезерувати шліци відповідно креслення.



065 Слюсарна

1. Зняти задирки та притупити гострі кромки.

070 Промивна

1. Промити деталь відповідно ТТП 01279-00002.

075 Контрольна

1. Контролювати розміри після зубообробних операцій.

080 Хімічно-термічна

1. Нітроцементувати $h0,8 \dots 1,3$ мм.

2. Закалити при температурі $840-860$ °С, масло.

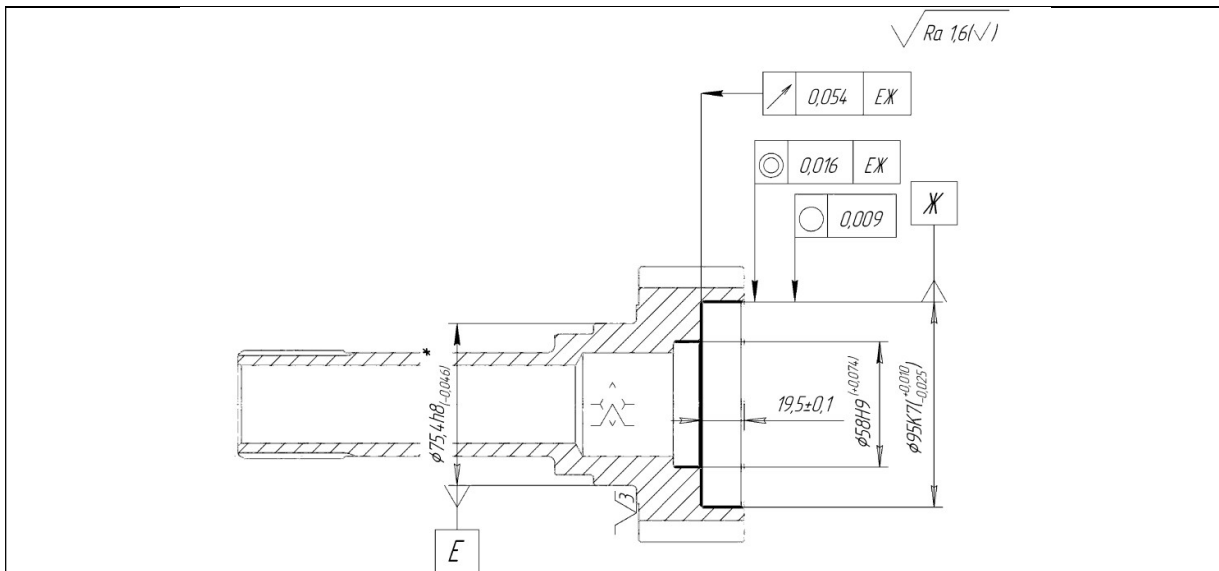
3. Відступити при температурі $190-210$ °С, повітря, 47min HRC3.

085 Внутрішньошліфувальна

А. Встановити вал в трикулачковий патрон, що самоцентрується

База: шийка валу та торець

1. Шліфувати отвір $\phi 58^{+0,074}$ та отвір $\phi 95^{+0,010}_{-0,025}$ з підшліфовкою торця.

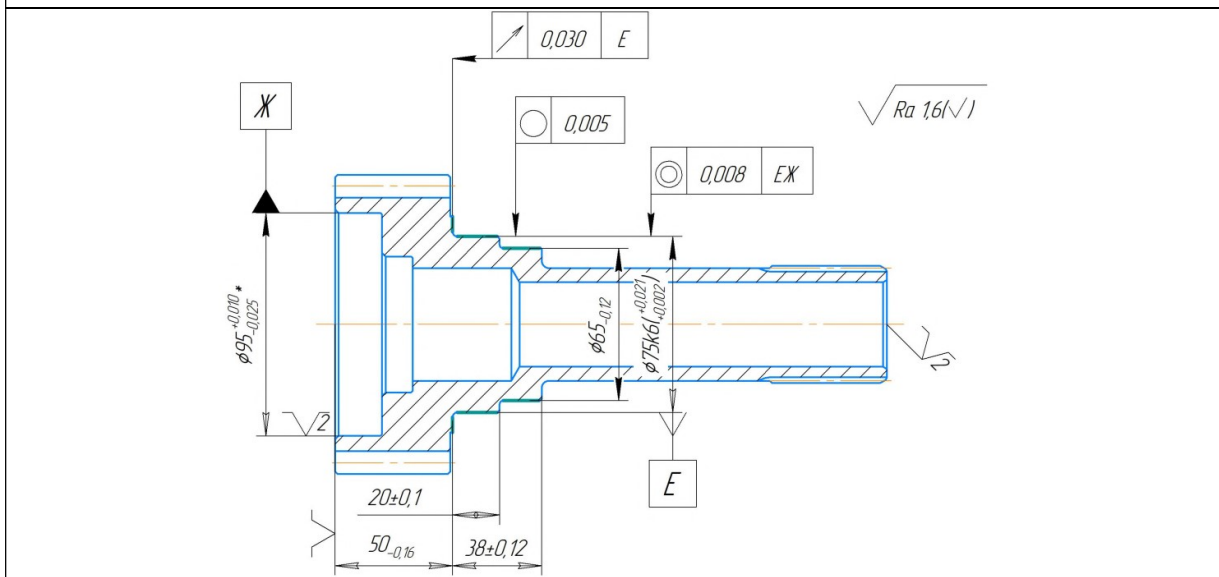


090 Круглошліфувальна

А. Встановити вал у трикулачковий патрон із підведенням рифленого центру

База: внутрішній отвір та торець, центральний отвір

1. Шліфувати шийки валу з підшліфовкою торця.

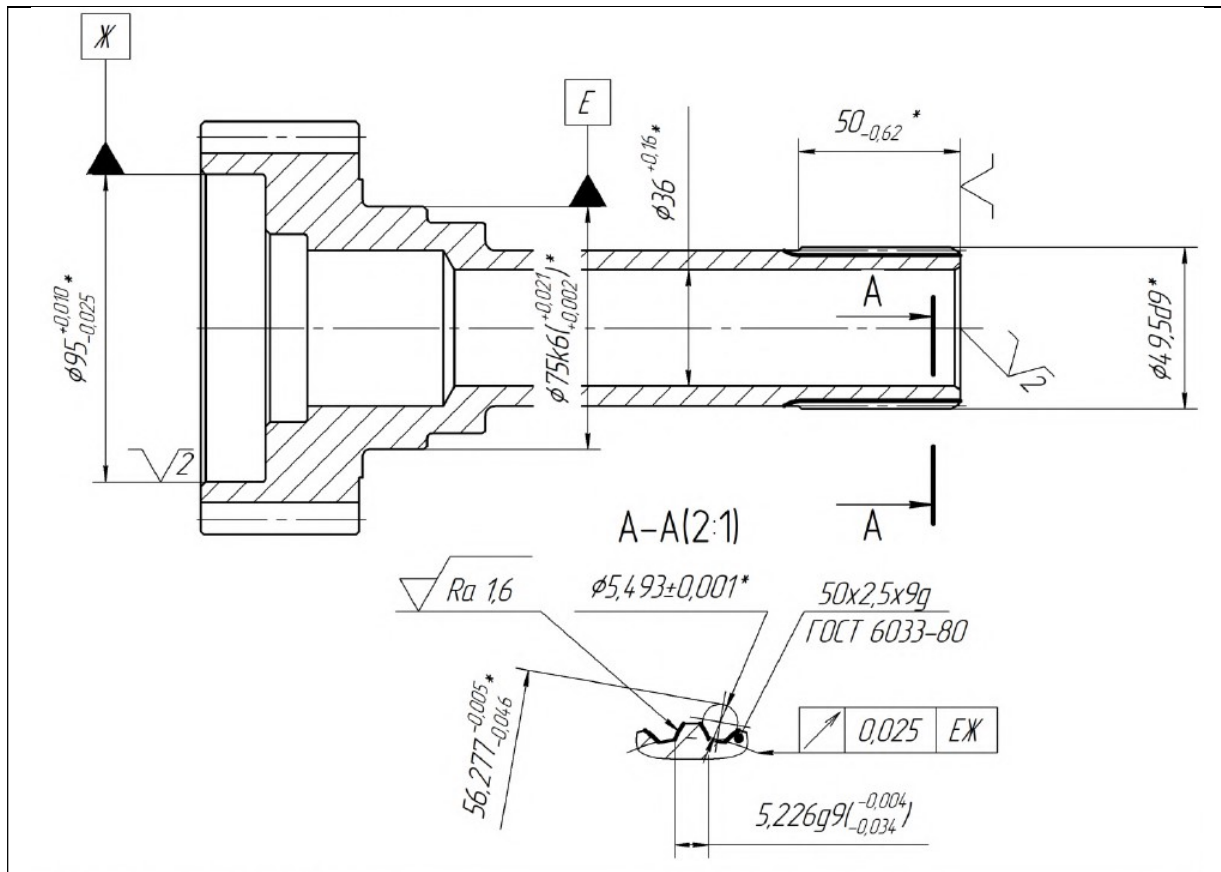


095 Шліцешліфувальна

А. Встановити вал у трикулачковий патрон з підведенням рифленого центру

База: внутрішній отвір та торець, центральний отвір

1. Шліфувати шліци згідно креслення.



100 Слюсарна

1. Зняти задирки і притупити гострі кромки.
2. Полірувати шийку валу $\phi 65h10$ до $Ra = 0,63$ мкм.

105 Помивна

1. Промити деталь згідно з ТТП 01279-00002.

110 Контрольна

1. Контролювати розміри за кресленням деталі, глибину нітроцементованого шару поверхонь Е. Ж $h \geq 0,6$ мм.

2.5 Вибір засобів технологічного оснащення

У ході виконання випускної кваліфікаційної роботи були підібрані засоби технологічного оснащення: обладнання та пристрої, представлені в таблиці 2.4, а також ріжучий, вимірювальний та допоміжний інструмент, представлений у таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Вибір засобів технологічного обладнання: обладнання та пристосування

Операція	Обладнання	Пристосування
005 Заготівельна	Прес гарячого об'ємного	Штамп

Операція	Обладнання	Пристосування
(об'ємна гаряча штамповка)	штампування FP-600G-1600G Hot Forging Presses	
010 Токарна з ЧПК	Верстат токарний з ЧПК HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон самоцентруючий Ø250 Патрон 7100-0037 ДСТУ ГОСТ 2675:2008; Центр упорний 7032-0045 ГОСТ 13214-67
020 Токарна	Верстат токарно-гвинторізний 16K20	3-х кулачковий патрон самоцентруючий Ø250 Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80; Люнет нерухомий кулачк. D = 20 – 130 мм 16K20.101
025 Токарна з ЧПК	Одношпindelний верстат для глибокого свердління з ЧПК ML 300	3-х кулачковий патрон самоцентруючий Ø250 Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80; Люнет ML 300
030 Термічна	Вакуумна піч Ipsen H2424	–
035 Токарна з ЧПК	Верстат токарний з ЧПК HAAS ST-30 Sinumerik 828D	3-х кулачковий патрон самоцентруючий Ø250 Патрон 7100-0037 ГОСТ 2675-80
040 Токарна з ЧПК	Верстат токарний з ЧПК HAAS ST-30 Sinumerik 828D	3-х кулачковий патрон самоцентруючий Ø250 Патрон 7100-0037 ГОСТ 2675-80; Центр упорний рифлений MT5-L196-D49-d15-60°
045 Контрольна	Стіл ОТК 11008/18	–
050 Зубофрезерна	Верстат зубофрезерний вертикальний напівавтомат 5Д32	Налагодження при верстаті
055 Слюсарна	Верстак слюсарний Proffi 216Д3Д5 ГОСТ Р 58863-2020	–
060 Шліцефрезерна	Верстат зубофрезерний вертикальний напівавтомат 5Д32	Спеціальне пристосування

Операція	Обладнання	Пристосування
065 Слюсарна	Верстак слюсарний Proffi 216ДЗД5 ГОСТ Р 58863–2020	–
070 Промивочна	Ванна промивочна ВП–6.8.10/0,7	–
075 Контрольна	Стіл ОТК 11008/18	–
080 Термічна	Вакуумна піч Irsen H2424	–
085 Внутрішньо-шліфувальна	Верстат внутрішньошліфувальний універсальний напівавтомат 3К227В	3–х кулачковий патрон самоцентруючий Ø250; Патрон 7100–0035 ГОСТ 2675–80
090 Кругло-шліфувальна	Верстат круглошліфувальний універсальний напівавтомат 3М151	Патрон токарний 3–х кулачковий К11–125 з хвостовиком КМ4; Центр упорний рифлений МТ4–L169–D49–d10,4–60°
095 Шліце-шліфувальна	Верстат шліцешліфувальний універсальний напівавтомат 3451	Патрон токарний 3–х кулачковий К11–125 з хвостовиком КМ4; Центр упорний рифлений МТ4–L169–D49–d10,4–60°
100 Слюсарна	Верстак слюсарний Proffi 216ДЗД5 ГОСТ Р 58863–2020	–
105 Промивочна	Ванна промивочна ВП–6.8.10/0,7	–
110 Контрольна	Стіл ОТК 11008/18	–
115 Консервація	–	–

Таблиця 2.5 – Вибір засобів технологічного обладнання: інструмент

Операція	Інструмент		
	Ріжучий	Допоміжний	Вимірювальний
005 Заготовительная	Стрічкове полотно біметалеве М42 “SGLB” 34×1,1 ГОСТ Р 53924–2010	–	Лінійка – 300 ГОСТ 427–75

<p>010 Токарно-гвинторізна</p>	<p>Р. прох. 25×25 (чорновий): Різець PCLNR2525M12 ГОСТ 26611-85 Пластина T15K6: CNUN-12040ГОС Т 19056-80 Сверло центров.Ø10 Р6М5: Сверло 2317-0011 ГОСТ 14952-75</p>	<p>Різдеутримувач чотирипозиціон. 16к20.041.001; Цанговий патрон: Патрон 1-40-25-100 ГОСТ 26539-85</p>	<p>ШЦ-ІІ-150-0,0 5 ГОСТ 166-89; ШЦ-І-250-0,1 ГОСТ 166-89; Кутомір типа 2-2 ГОСТ 5378-88; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93</p>
<p>015 Токарна з ЧПК</p>	<p>Р. прох. 25×25 (чорновий): Резец PCLNR2525M1 2 ГОСТ 26611-85 Пластина T15K6: CNMG-120408 ГОСТ 24249-80 Р. прох. 25×25 (черновой): Резец PSSNL2525M12 ГОСТ 26611-85 Пластина T15K6: SNMG-120408 ГОСТ 24248-80</p>	<p>Револьверна головка УГ9326-06; Різдеутримувач 291.341.121 Ø40 ГОСТ 24900-81</p>	<p>ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89; ШЦ-ІІ-150-0,0 5 ГОСТ 166-89; Набір шаблонів радіус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82; Кутомір типу 2-2 ГОСТ 5378-88; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93</p>
<p>020 Токарна</p>	<p>Сверло спіральне Сверло 2301-0106 ГОСТ 10903-77; Зенковка 2353-0147 ГОСТ 14953-80</p>	<p>Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85</p>	<p>ШЦ-І-125-0,02 ГОСТ 166-89; 1267-63 Фаскомір 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93</p>

025 Токарна з ЧПК	Сверл. головка ВТА: DSD-EI Ø36 T15K6 Стебло: Труба TS-I10-L1000	Інструментальна оправка ТВТ 5006386; Кондукторна втулка TBN 2310 36×48×42; Тримач конд. втулки D55 190005-7111-01	Нутромір НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82; 1267-63 Фаскомір 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93
030 Термічна	—	—	—
035 Токарна з ЧПК	Р. прох. 25×25 для контур. точіння (напівчистовий): Резець PDJNR2525M11 ГОСТ 20872-80 Пластина T15K6: DNMG-110404 ГОСТ 24257-80; Сверло спіральне Сверло 2301-0161 ГОСТ 10903-77; Р. раст. d25 (чорн.): Різець A25R PDUNR-11 ГОСТ 26612-85 Пластина T15K6: DNMG-11040 ГОСТ 24257-80; Р. канав. d25 T15K6: Різець GHIR 25-25-4 Р. розточ. d25 (напівч.): Різець A25S SDUCR-13 ГОСТ 26612-85 Пластина T15K6: DCMT-13T504 ГОСТ 24255-80 Р. розточ. d25 (чист.): Різець S25S SVQCR-11	Револьверна головка УГ9326-06; Різцетримач 291.341.121 Ø40 ГОСТ 24900-81; Різцетримач 291.341.132 Ø40 ГОСТ 24900-81; Різцетримач 291.342.331 Ø40 ГОСТ 24900-81	ЩЦ-П-150-0,05 ГОСТ 166-89; Штангенглтбино- мір ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90; 1267-63 Фаскомір 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; 1267-6 Фаскомір 45°, 0-10 мм, 0,02 мм; Нутромір НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82; Нутромір НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82; НИ 10-150-2 МЕГЕОН 80150; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93
	ГОСТ 26612-85 Пластина T30K4: VCMТ-110302 ГОСТ 24255-80		

040 Токарна з ЧПК	<p>Р. прох. 25×25 для контур. точіння (напівчистовий): Різець PDJNR2525M11 ГОСТ 20872-80 Пластина T15K6: DNMG-110404 ГОСТ 24257-80; Р. канавочн. 25×25 T15K6: Різець GHDL 25-3 Р. прох. 25×25 (чистовой): Різець SVJCR2525M16 ГОСТ 20872-80 Пластина T30K4: VCMТ 160402 ГОСТ 24255-80</p>	<p>Револьверна головка УГ9326-06; Різдеутримцвач 291.341.121 Ø40 ГОСТ 24900-81</p>	<p>ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89; ШЦЦ-НК-150-0,02; ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89; Кутомір типу 2-2 ГОСТ 5378-88; 1267-63 Фаскомір 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; 1267-6 Фаскомір 45°, 0-10 мм, 0,02 мм; Мікрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90; Мікрометр МК100-1 ГОСТ 6507-90 Набір шаблонів радіус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82; Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93</p>
045 Контрольна	<p>ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89: $\varnothing 48_{-0,62}$; $\varnothing 92_{-0,87}$; $50_{-0,62}$ ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89: $235_{-1,15}$ ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89: $\varnothing 65,4_{-0,12}$; $37,6 \pm 0,19$; $19,6 \pm 0,16$ ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89: $\varnothing 130,5_{-0,25}$; $49_{-0,25}$; $0,4_{0,3}$ ШЦЦ-НК-150-0,02: канавка Б $\varnothing 74_{-0,74}$ МК50-1 ГОСТ 6507-90: $\varnothing 49,5_{-0,142}^{-0,080}$ МК100-1 ГОСТ 6507-90: $\varnothing 75,4_{-0,046}$ Набір шаблонів радіус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82: $R2 \pm 0,2$ 1267-63 Фаскомір 30° 0-10 мм, 0,02 мм: $1,5 \pm 0,1$; $1,9 \pm 0,1$; $30^\circ \pm 1^\circ$ 1267-6 Фаскомір 45° 0-10 мм, 0,02 мм: $1 \pm 0,1$; $45^\circ \pm 1^\circ$ НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82: $\varnothing 48^{+0,62}$, $\varnothing 36^{+0,039}$ НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82: $\varnothing 57,6^{+0,19}$; $\varnothing 94,6^{+0,087}$</p>		
	<p>НИ 10-150-2 МЕГЕОН 80150: канавки В $\varnothing 59^{+0,74}$; Г $\varnothing 96^{+0,87}$ ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90: $75 \pm 0,37$; $31,5 \pm 0,31$; $19,1 \pm 0,26$ Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93</p>		

050 Зубофрезерна	Фреза черв'ячна: Фреза 2510–4317 ГОСТ 9324–80 Р6М5	Оправка Ø32 для закріплення інструменту	Мікрометр М350–2 ГОСТ 6507–90; Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93
055 Слюсарна	Надфіль 2826–0025 ГОСТ 1513–77	–	–
060 Шліцефрезерна	Фреза черв'ячна: Фреза 2520–0676 2,5 А ГОСТ 6637–80 Р6М5	Оправка Ø27 для закріплення інструменту	Штангензубомір ШЗН–18 ГОСТ 1643–81; Кільце 1 – 50×2,5×11с – 4 ГОСТ 24969–81; Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93
065 Слюсарна	Надфіль 2826–0025 ГОСТ 1513–77	–	–
070 Промивочна	–	Розчин за ТТП 01279–00002	–
075 Контрольна	Штангензубомір ШЗН–18 ГОСТ 1643–81: $5,426^{+0,070}_{-0,145}$ Мікрометр М350–2 ГОСТ 6507–90: довжина загальної нормалі $48,198^{+0,12}_{-0,26}$ Кільце 1 – 50×2,5×11с – 4 ГОСТ 24969–81: комплексний контроль Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93		
080 Термічна	Ацетилен газ. С ₂ Н ₂ ОКП 2411220300 ГОСТ 5457–75; Аммиак газ. NH ₃ ОКП 2114610100 ГОСТ 6221–90		Ультразвуковий твердомір ТКМ–459С ГОСТ 23677–79
085 Внутрішньо- шліфувальна	Шліфовальний круг чашечний: ЧЦ 50×32×13 25А 25П СМ1 7К 50 м/с А 1кл. ГОСТ 2424–83	Оправка для круга чашечної форми: d13 ГОСТ 2270–78; Олівець алмаз. для правки круга 3908–0053 ГОСТ 607–80	Штангенглибино- мір ШГ–150–0,05 ГОСТ 162–90; Нутромір НИ 50–100–1 ГОСТ 9244–75;

			Індикатор 1 МИГ – 0 ГОСТ 9696–82; Стойка С–П–8–100×40 ГОСТ 10197–70; Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93
090 Круглошліфувальна	Шліф. круг с одност. виточною: ПВ 600×80×305 63С 25П СМ1 7К 50 м/с А 1кл. ГОСТ 2424–83	Кріплення на перехідні. фланцях інших кіл: d305 ГОСТ 2270–78 виконання 2; Олівець алмаз. для редагування кола 3908–0053 ГОСТ 607–80	ШЦ–І–125–0,02 ГОСТ 166–89; Мікрометр МР100 ГОСТ 4381–87; Індикатор 1 МИГ – 0 ГОСТ 9696–82; Стойка С–П–8–100×40 ГОСТ 10197–70; Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93
095 Шліцешліфувальна	Круг фасонний 125×5×32 КНБ 25П СТ3 ББ 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424–83	Кріплення на перехідні. фланцях інших кіл: d32 ГОСТ 2270–78 виконання 1; Олівець алмаз. для редагування кола 3908–0053 ГОСТ 607–80	Вимірювальні ролики 5,5 – 50×2,5 ГОСТ 6528–53; Кільце 1 – 50×2,5×9g – 4 ГОСТ 24969–81; Індикатор 1 МИГ – 0 ГОСТ 9696–82; Стойка С–П–8–100×40 ГОСТ 10197–70; Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93
100 Слюсарна	Надфіль 2826–0025 ГОСТ 1513–77; Дерев'яні жимки для валів	Паста ГОІ ГОСТ 3647–80	Зразки шорсткості ГОСТ 9378–93
105 Промивочна	–	Розчин по ТТП 01279-00002	–

110 Контрольна	ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89: 235 ^{-1,15} , $\varnothing 48_{-0,62}$; $\varnothing 92_{-0,87}$; 50 ^{-0,62}
	ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89: $\varnothing 65_{-0,12}$; 38 ± 0,12; 20 ± 0,1
	ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89: $\varnothing 130,5_{-0,25}$; 49 ^{-0,25} ; 50 ^{-0,16}
	ШЦЦ-НК-150-0,02: канавка Б $\varnothing 74_{-0,74}$
	МК50-1 ГОСТ 6507-90: $\varnothing 49,5_{-0,142}^{-0,080}$
	МР100 ГОСТ 4381-87: $\varnothing 75_{+0,002}^{+0,021}$
	Набір шаблонів радіус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82: R2 ± 0,2 1267-63
	Фаскомір 30° 0-10 мм, 0,02 мм: 1,5 ± 0,1; 30° ± 1°
	1267-6 Фаскомір 45° 0-10 мм, 0,02 мм: 1 ± 0,1; 45° ± 1°
	НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82: $\varnothing 48^{+0,62}$, $\varnothing 36^{+0,039}$
	НИ 50-100-1 ГОСТ 9244-75: $\varnothing 95_{-0,025}^{+0,010}$, $\varnothing 58^{+0,074}$
	НИ 10-150-2 МЕГЕОН 80150: канавки В $\varnothing 59^{+0,74}$ та Г $\varnothing 96^{+0,87}$
	ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90: 75 ± 0,37; 31,5 ± 0,31; 19,5 ± 0,1
	Мікрометр М350-2 ГОСТ 6507-90: 48,198 ^{-0,12} _{-0,26}

Кільце 1 – 50×2,5×9g – 4 ГОСТ 24969-81: комплексний контроль
Вимірювальні ролики 5,5 – 50×2,5 ГОСТ 6528-53: 56,277^{-0,005}_{-0,046}
Індикатор 1 МИГ – 0 ГОСТ 9696-82. Стійка С-II-8-100×40
ГОСТ 10197-70: контроль відхилень форми та розташування (круглості, співвісності, радіального та торцевого биття).
Ультразвуковий твердомір ТКМ-459С ГОСТ 23677-79
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93

2.6 Вибір та розрахунок режимів різання

Режимом різання називається сукупність елементів, що визначають умови протікання процесу різання. До елементів режиму різання відносяться глибина різання, подача, період стійкості різального інструменту та швидкість різання. Проводиться вибір та розрахунок оптимальних режимів обробки, уточнення геометрії та матеріалу різальної частини інструменту.

Операція 040. Токарна з ЧПК

Чистове точіння шийки валу $\varnothing 75,4_{-0,046}$

Необхідні розрахунки були проведені згідно з рекомендаціями [9, С. 261-275].

Вихідні дані для розрахунку:

- інструмент – різець прохідний 25×25 Т30К4 (чистовий);
- оброблюваний матеріал – сталь 25ХГТ, $\sigma_B = 1270$ МПа при твердості 217 НВ;
- розміри поверхні перед чистовою обробкою $d_{ар} = 76$ мм.

1. Визначення глибини різання

$$t = \frac{d_{заг} + d_{дем}}{2} = \frac{76 - 74}{2} = 0,3 \text{ мм.} \quad (2.10)$$

2. Визначення подачі інструменту.

Подачі при чистовому точінні вибирають в залежності від необхідних параметрів шорсткості обробленої поверхні та радіусу при вершині різця згідно з [9, С. 268, таблиця 14]:

$$i = 0,18 \text{ мм/об.}$$

3. Розрахунок швидкості різання

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.11)$$

де $T = 30 - 60$ хв = 60 хв – період стійкості інструменту при одноінструментальній обробці;

K_v – коефіцієнт, що враховує, відповідно, вплив матеріалу заготовки, стан поверхні, матеріалу інструменту:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}. \quad (2.12)$$

Значення коефіцієнта C_v та показників ступенів m , x , y визначаються відповідно до [9, С. 269–270, таблиця 17]:

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2,$$

K_{mv} визначається згідно з [1, С. 261–263, таблиці 1–4]:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \quad (2.13)$$

де $\sigma_B = 1270$ МПа – межа міцності матеріалу деталі;

$K_r = 0,7$ – коефіцієнт для матеріалу інструменту;

$n = 1$ – показник ступеня при обробці різцями із твердого сплаву.

$$K_{mv} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{1270}\right)^1 = 0,413$$

$K_{pv} = 1$, визначається згідно з [9, С. 263, таблиця 5].

$K_{iv} = 1,4$; визначається згідно з [9, С. 263, таблиця 6].

$$K_v = 0,413 \cdot 1 \cdot 1,4 = 0,578,$$

$$K_{\nu} = 0,413 \cdot 1 \cdot 1,4 = 0,578,$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,18^{0,2}} \cdot 0,578 = 180,7 \text{ м/хв.}$$

4. Визначення фактичного числа обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (2.14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180,7}{\pi \cdot 76} = 756,8 \text{ об/хв.},$$

$$N_{\text{факт}} = 757 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахунок сили та потужності різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (2.15)$$

де P_z – головна складова сили різання (тангенційна);

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

Значення коефіцієнта C_p та показників ступенів n , x , y визначимо згідно [9, С. 273–274, таблиця 22]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15,$$

K_p – це ряд коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання: [9, С. 264–265, 275; таблиці 9–10, 23]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.16)$$

K_{mp} враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad (2.17)$$

де $n = 0,75$ – показник ступеня при обробці різцями з твердого сплаву

$$K_{mp} = \left(\frac{1270}{750}\right)^{0,75} = 1,48,$$

$$K_{\varphi p} = 0,89,$$

$$K_{\gamma p} = 1,1,$$

$$K_{\lambda p} = 1,$$

$$K_{rp} = 0,93.$$

При підборі поправочних коефіцієнтів, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту на сили різання складові прийняли:

– головний кут у плані $\varphi = 90^\circ$;

– кут нахилу головного леза $\lambda = 0^\circ$;

– передній кут $\gamma = 0^\circ$;

$$K_p = 1,48 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,35.$$

Тоді безпосередньо сила різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 180,7^{-0,15} \cdot 1,35 = 154 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за такою формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (2.18)$$

$$N = \frac{154180,7}{1020 \cdot 60} = 0,45 \text{ кВт.}$$

Таким чином, згідно з розрахунками, подібна обробка можлива.

Операція 060. Шліцефрезерна

Необхідні розрахунки були проведені згідно з рекомендаціями [8, С. 9].

Нарізання евольвентних шліців черв'ячною фрезою для шліцевих валів згідно з ГОСТ 6637–80.

Фреза 2520–0676 2,5 ГОСТ 6637–80.

5Д32 Верстат зубофрезерний вертикальний напівавтомат.

1. Визначення глибини фрезерування t (за кресленням)

$$t = 5 \text{ мм}; m = 2,5 \text{ мм.}$$

Якщо модуль нарізуваних шліців до ≤ 5 мм, то обробка ведеться за один прохід.

2. Визначення подачі

Призначення режимів обробки при нарізуванні зубів на шліцевих валах полягає у виборі величини поздовжньої подачі (S_0 , мм/про) та швидкості різання (v , м/хв).

Режими різання при обробці шліцевих валів з евольвентним профілем призначаються так само, як і при нарізанні прямозубих циліндричних коліс черв'ячними фрезами.

$$S_o = S_{o,табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (2.19)$$

$$S_{o,табл} = 2 \text{ мм/об}$$

при висоті шліців $h = 5$ мм та числі зубів $z = 18 > 14$

$$K_1 = 0,9 \text{ – для сталі 25ХГТ};$$

$$K_2 = 1 \text{ – залежно від кута нахилу зуба (як для прямозубої)};$$

$$S_o = 2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,8 \text{ мм/об.}$$

3. Швидкість різання (окружна швидкість фрези):

$$v = v_{табл} \cdot K_v. \quad (2.20)$$

Значення періоду стійкості: $= 240$ хв

$K_v = 1$ – коефіцієнт, що залежить від стійкості фрези

$$v = v_{табл} \cdot K_v = 35 \cdot 1 = 35 \text{ м/хв.}$$

Діаметр черв'ячної фрези: $D = 71$ мм.

4. Визначення фактичного числа оборотів шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{фр}} \quad (2.21)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{\pi \cdot 71} = 156,9 \text{ об/хв.}$$

Згідно з паспортними даними верстата, швидкість шпинделя фрези:

$$n_{факт} = 80 \dots 250 = 157 \text{ об/хв.}$$

$$v_{ф} = \frac{\pi D \cdot n_{факт}}{1000} = 35 \text{ м/хв.}$$

5. Розрахунок потужності різання

$$N = 10^{-5} \cdot C_N \cdot \vartheta \cdot s_o^y \cdot d^u \cdot K_N \quad (2.22)$$

$d = 49,5$ – діаметр шліцевого валика.

Значення коефіцієнта C_N та показників ступенів:

$$C_N = 42; y = 0,65; u = 1,1.$$

Поправочний коефіцієнт на потужність, залежно від матеріалу, що обробляється:

$$K_N = 1,1$$

$$N = 10^{-5} \cdot 42 \cdot 35 \cdot 1,80,65 \cdot 49,51,1 \cdot 1,1 = 1,6 \text{ кВт}$$

Згідно з паспортними даними верстата:

$$N_{max} = 2,8 \text{ кВт.}$$

Таким чином, згідно з розрахунками, подібна обробка можлива.

6. Визначення сил різання при фрезеруванні

P_z – основна сила різання (окружна)

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (2.23)$$

$$N = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 2,8}{35} = 2797,7 \text{ Н.}$$

Операція 090. Круглошліфувальна

Чистове шліфування шийки валу $\varnothing 75,4-0,046$.

Необхідні розрахунки були проведені згідно з рекомендаціями [9, С. 168–176].

Вихідні дані для розрахунку:

– інструмент – шліфувальне коло ПП 600×80×305 63С 25П СМ1 7К 50 м/с АА 2кл. ГОСТ 2424–83;

– оброблюваний матеріал – сталь 25ХГТ, $\sigma_B = 1270$ МПа при твердості 217 НВ;

– розміри поверхні перед чистовою обробкою $d_{заг} = 75,4$ мм;

– припуск на бік $a = 0,2$ мм;

– ширина шліфування $b = 16$ мм.

1. Розрахунок швидкості шліфувального кола

$$v_{кр} = \frac{\pi D_{кр} \cdot n_{факт}}{1000 \cdot 60}. \quad (2.24)$$

Частота обертання шпинделя шліфувальної бабки, об/хв:

$$n_{факт} = 1590 \text{ об/хв,}$$

$$D_{кр} = 600 \text{ мм,}$$

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot 600 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 50 \text{ м/с (відповідає паспорту верстата).}$$

2. Вибір характеристики шліфувального кола [9, С. 172]:

– характер обробки – шліфування гладких шийок;

– клас чистоти поверхні 7–8 (Ra1,6);

– точність обробки $< 0,03$ мм.

3. Розрахунок швидкості та числа оборотів деталі [9, С. 173]

$$v_{\text{дет}} = 40 \text{ м/хв},$$
$$n = \frac{1000v_{\text{дет}}}{\pi d_{\text{заг}}} = 70 \text{ об/хв}.$$

4. Вибір хвилинної поперечної подачі [9, С. 173–175]

$$s_M = s_{M.\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.25)$$

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу та швидкості кола; K_2 – від припуску та точності; K_3 – від діаметра кола, кількості кіл та характеру поверхні.

$$s_{M.\text{табл.}} = 1,75 \text{ мм/хв},$$

$$K_1 = 1,2 \text{ [9, С. 174]},$$

$$K_2 = 0,5 \text{ [9, С. 175]},$$

$$K_3 = 1 \text{ [9, С. 175]},$$

$$s_M = 1,75 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 1 = 1,05 \text{ мм/хв}.$$

Тоді величина радіальної подачі:

$$s = \frac{s_M}{n} = 0,0062 \text{ мм/об/}$$

5. Розрахунок потужності та сили різання при круглому шліфуванні

При врізному шліфуванні периферією кола:

$$N = C_N \cdot v_{\text{дет}}^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (2.26)$$

$$C_N = 0,14; r = 0,8; y = 0,8; q = 0,2; z = 1 \text{ [7, С. 303]},$$

$$N_{\text{пр}} = 0,14 \cdot 40^{0,8} \cdot 0,0062^{0,8} \cdot 75,4^{0,2} \cdot 16^1 = 1,74 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{зпр}} = \frac{1020 \cdot 1,74}{50} = 35,5 \text{ Н}.$$

Згідно з паспортними даними верстата: $N_{\text{шліф}} = 10$ кВт.

Таким чином, згідно з розрахунками, подібна обробка можлива.

На інші поверхні режими різання призначені підбором за довідниками та оформлені у вигляді таблиці 2.6 [10, С. 627–706].

Таблиця 2.6 – Режими різання

Стадія обробки	Елементи режимів різання					
	t, мм	i	s _o , мм/об;	S _m , мм/хв	v, м/хв	n, об/хв
005 Заготовельна						
Відрізка прутка	1,1	1	0,03	45	55	1500
010 Токарно – гвинторізна						
Підрізка торця 237h14	4	1	0,3	94,5	131,6	315
Точіння Ø133 ₋₁	3,5	1	0,8	200	109,9	250
Підрізка торця 235h14	2	1	0,6	189	131,6	315
Центрування Ø10	10,6	1	0,1	50	15	250
015 Токарна з ЧПК						
Точіння Ø78h12	3,1	10	0,8	178	98	223
Точіння Ø67,4h12	2,65	2	0,8	346	105,9	432
Точіння Ø52,5h12	2,49	3	0,8	393	103,9	491
Точіння Ø48h14 и R2	2,25	1	0,8	512	105,6	640
Підрізка торця 50h14	2	1	0,6	480	131,9	800
020 Токарна						
Засверлити отв. Ø30H11	15	1	0,3	94,5	35	315
Зенкувати фаску	4	1	0,21	13,2	11	63
025 Токарна з ЧПК						
Глибоке сверління Ø36H8	18	1	0,15	132,6	100	884
035 Токарна з ЧПК						
Точити поверхню Ø130,5h11	1,25	1	0,4	146	152	364
Розсверлити отвір Ø48H14	6	1	0,3	60	35	200
Розточити отвір □55,6H14	1,9	2	0,2	118	88,8	589
Розточити отвір □91,6H14	2	9	0,2	110	96	550

Точити канавку □96	2,2	1	0,2	96	138	480
Точити канавку □59	1,7	1	0,2	158	138	790
Розточити отвір □57,6H11	1	1	0,1	70	122,3	700
Розточити отвір □93,6H11	1	1	0,1	45	129,5	450
Розточити отвір □94,6H9	0,25	1	0,06	34,8	170,5	580
040 Токарна з ЧПК						
Точіння □50,5h10	1	1	0,4	366	150,7	914
Точіння □65,4h10	1	1	0,4	291	154,1	728
Точіння □76h10	1	1	0,4	240	147	600
Точити канавку Б	1	1	0,1	61,4	146,5	614
Точити уступ □92 _{-0,87}	1,2	1	0,3	180	173,4	600
Точіння □49,5□9	0,5	1	0,18	212	186,6	1176
Точіння □75,4h8	0,5	1	0,18	136	180,7	757
050 Зубофрезерна						
Нарізання зубів	10,13	1	1,9	235,6	36	124
060 Шліцефрезерна						
Нарізання шліців	2,75	1	1,8	282,6	35	157
085 Внутришліфувальна						
Шліфувати □95□7	0,2	1	0,0055	2,12	70 50 м/с	387 18000
Шліфувати □58□9	0,2	1	0,0035	0,94	80 50 м/с	269 18000
090 Круглошліфувальна						
Шлифовать □65h10	0,2	1	0,0054	1,05	40 50 м/с	195 1590
Шлифовать □75□6	0,2	1	0,0062	1,05	40 50 м/с	170 1590
095 Шліцешліфувальна						
Шліфувати шліці	0,1	1	0,033	–	30 м/с	4550

2.7 Нормування та уточнення технологічних переходів

Структура технологічної операції залежить від технологічних переходів, послідовності їх виконання та визначає час виконання операції, що визначається штучним часом, що витрачається на виробництво однієї одиниці продукції:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{пер}, \quad (2.27)$$

де T_o – основний технологічний час, що витрачається безпосередньо на зміну стану заготовки – час впливу інструменту на заготовки; T_v – допоміжний час, що витрачається виконання допоміжних переходів, ходів, управління устаткуванням, контроль, зміну інструмента; $T_{об}$ – час технічного та організаційного обслуговування; $T_{пер}$ – втрати на підготовку обладнання до роботи, організаційні перерви.

Норми часу були визначені згідно з рекомендаціями [11, С. 110–140] та представлені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Норми часу

№ Операції	To, хв	Tv, хв	Tоб, хв	Tпер, хв	Tпз, хв	Tшт, хв	Норма часу на операцію
005 Заготовельна	3	0,47	0,12	0,24	6	3,83	9,83
010 Токарно– гвинторезна	2,8	1,3	0,38	0,5	8	9,14	12,98
015 Токарна з ЧПК	10	2,2	3,1	2,5	10	17,8	27,8
020 Токарна	1,2	0,7	3,5	0,22	10,7	5,62	16,32
025 Токарна з ЧПК	1,8	0,54	0,37	0,27	10,7	2,98	13,68
030 Термічна	240	8	49	42	30	339	369
035 Токарна з ЧПК	6	2,46	5,96	0,64	12	15,06	27,06
040 Токарна з ЧПК	2	1,87	2,58	0,36	12	6,81	18,81
045 Контрольна	-	6,45	-	-	3	6,45	9,45
050 Зубофрезерна	6,64	0,68	3,73	0,6	17	11,65	28,65
055 Слюсарна	2	0,5	-	-	1	2,5	3,5
060 Шліцефрезерна	4,36	0,77	3,27	1,2	17	9,6	26,6
065 Слюсарна	2	0,5	-	-	1	2,5	3,5
070 Промивочна	12	3	0,9	0,5	1	16,4	17,4
075 Контрольна	-	0,7	-	-	1	0,7	1,7
080 Хіміко–термічна	600	8	49	42	30	699	729
085 Внутрішньошлі- фувальна з ЧПК	0,21	1,87	1	0,08	7	3,16	10,16

090	Круглошліфувальна з ЧПК	0,2	1,25	1,8	0,06	8	3,31	11,31
095	Шліцешліфувальна	2,35	0,91	1,8	0,05	20	5,11	25,11
100	Слюсарна	4	0,5	-	-	1	2,5	5,5
105	Контрольна	-	7,3	-	-	3	7,3	10,3
110	Промивочна	12	3	0,9	0,5	1	16,4	17,4
115	Консервація	1,5	0,3	0,11	0,07	1	1,98	2,98

Технологічним переходом називається закінчена частина технологічної операції, що виконується одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та установці.

Робочий хід – це закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту щодо заготовки що супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей заготовки.

У технологічній документації робочий хід називається проходом. У роботі уточнюється зміст переходів, їх раціональна послідовність виконання, виробляється уточнення кількості ходів у переході. Результати оформлені у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Уточнення змісту переходів

Стадія обробки	Число переходів	Число проходів
005 Заготовельна		
Відрізка заготовки	1	1
010 Токарно – гвинторізна		
Підрезка торця 235h14	2	$2 \cdot 1 = 2$
Точіння $\varnothing 133_{-1}$	1	1
Центрування $\varnothing 10$	1	1
015 Токарна з ЧПК		
Точіння $\varnothing 52,5h12$, $\varnothing 67,4h12$, $\varnothing 78h12$	1	$3 + 2 + 10 = 15$
Точіння $\varnothing 48h14$ и R2	1	1
Підрізка торця 50h14	1	1
020 Токарна		
Засверлювання отвору $\varnothing 30H11$	1	1
Зенкування фаски	1	1
025 Токарна з ЧПК		

Глибоке свердління наскрізного отвору	1	1
035 Токарна з ЧПК		
Зовнішнє точіння 130,5h11	1	1
Розсверлювання отвору $\varnothing 48H14$	1	1
Розточування отвору $\varnothing 94,6H9$	3	9 + 1 = 10
Розточування отвору $\varnothing 57,6H11$	2	2 + 1 = 3
Точіння канавок $\varnothing 96$; $\varnothing 59$	1	1 + 1 = 2
040 Токарна ЧПК		
Точіння $\varnothing 49,5d9$	2	1 + 1 = 2
Точіння $\varnothing 65,4h10$	1	1
Точіння $\varnothing 75,4h8$	2	1 + 1 = 2
Точіння канавки $\varnothing 74$	1	1
Точіння уступа	1	1
050 Зубофрезерна		
Нарізання зубів	1	1
060 Шліцефрезерна		
Нарізання шліців	1	1
085 Внутрішньошліфувальна		
Шліфування $\varnothing 95K7$	1	1
Шліфування $\varnothing 58H9$	1	1
090 Круглошліфувальна		
Шліфування $\varnothing 65h10$	1	1
Шліфування $\varnothing 75,1h7$	1	1
095 Шліцешліфувальна		
Шліфування шліців	1	1

2.8 Розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК

Розробка УП здійснена за допомогою САМ – системи SolidCAM. САМ–система для розробки програм для обладнання з ЧПК, що підтримує розробку програм для багатокординатного, електроерозійного, токарно–фрезерного обладнання та промислових роботів з урахуванням повної кінематичної 3D–моделі всіх вузлів.

У цій роботі розробка керуючих програм велася для наступних операцій із застосуванням ЧПК: 015 Токарна з ЧПК, 035 Токарна з ЧПК, 040 Токарна з ЧПК. Схеми обробки представлені рисунку 2.1.

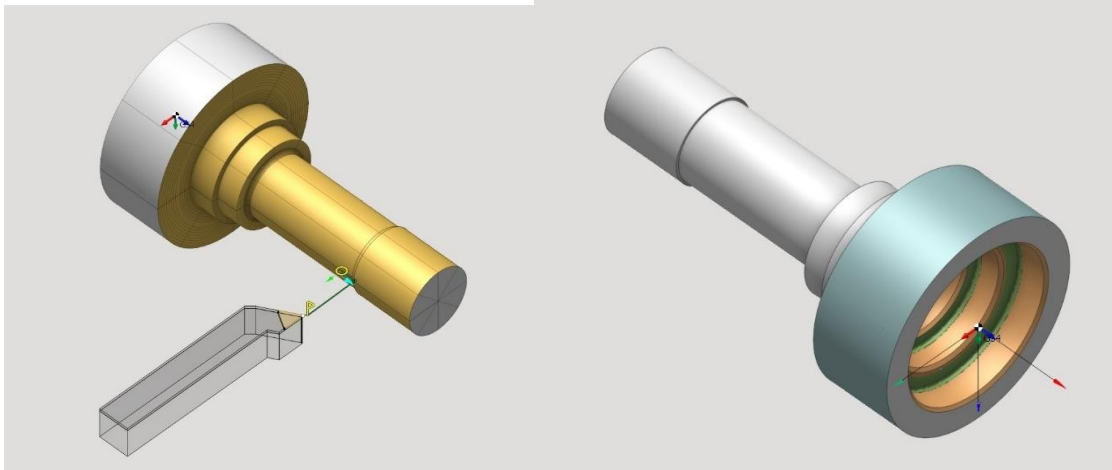


Рисунок 2.1 – Схеми обробки на операціях:
015 Токарна з ЧПК, 035 Токарна з ЧПК, 040 Токарна з ЧПК

Розробка програм велася на системі ЧПК Sinumerik 828D для верстата HAAS ST-30. Зображення верстата показано рисунку 2.2, які основні характеристики – у таблиці 12.



Рисунок 2.2 – Верстат токарний з ЧПК HAAS ST-30

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування технологічного оснащення

Обґрунтування вибору схеми пристосування.

Для обробки заготовки її необхідно позбавити необхідного числа ступенів свободи, надати певного становища у просторі, тобто зафіксувати. Точність базування заготовки залежить від вибраної схеми базування, тобто. від схеми розташування опорних точок на заготовці. Схема базування заготовки для нарізування шліців черв'ячною фрезою з урахуванням ГОСТ 21495–76 представлена на рисунку 3.1.

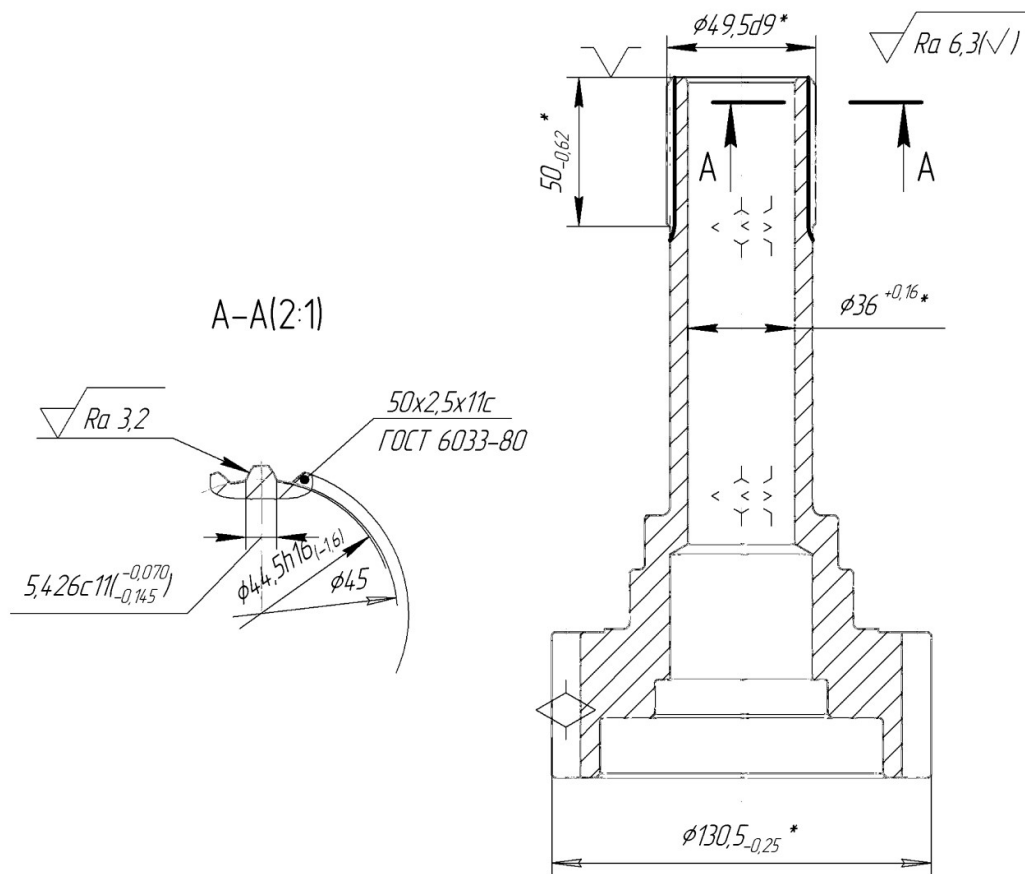


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі на операції 060 Шліцефрезерна

Характеристика базування:

- подвійна напрямна база (позбавляє 4-х ступенів свободи);
- опорна база, що визначає довжину нарізування шліців;

– опорна база, що визначає попадання фрези при нарізуванні шліців.

Закріплення заготовки відбувається за внутрішнім діаметром $\varnothing 36$ у спеціальному пристосуванні з використанням цанги, що працює на розтискання. Схема закріплення деталі з урахуванням ГОСТ 3.1107–81 представлена на рисунку 3.2.

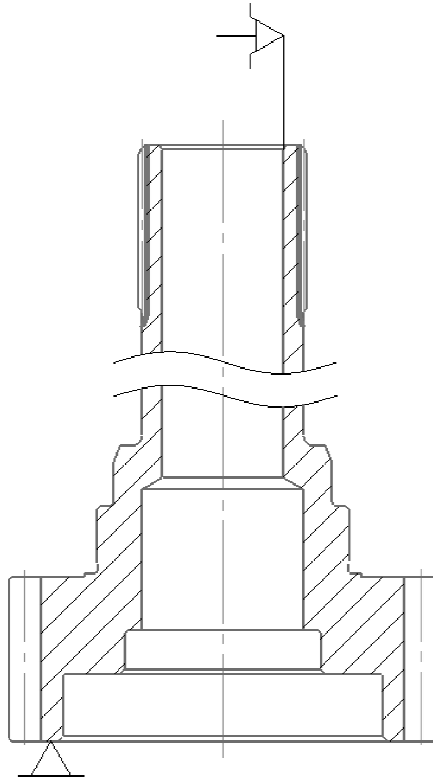


Рисунок 3.2 – Схема закріплення деталі на операції

060 Шліцефрезерна

Спосіб встановлення: у спеціальному пристрої з пневматичним механізмом розтискання/затискання цанги, з упором у нижній торець.

Реалізація схеми базування є принципову схему пристосування, відбиту на рисунку 3.3.

Принцип дії: пристосування з пневматичним цанговим затискачем для фрезерування евольвентних шліців черв'ячною фрезою встановлюють основою 1 на поворотному столі зубофрезерного верстата 5Д32. При перемиканні розподільного крана, стиснене повітря через штуцер 9 надходить у нижню (безштокову) порожнину пневмоциліндра, вбудованого в корпусі 5

пристосування. При цьому верхній кінцевий кінець тяги 11 виходить з отвору цанги 10 і деталь звільняється.

При русі поршня 3 зі штоком 2 вгору, з ними разом переміщається втулка 4 зі стрижнями 8, які знімають деталь з цангової оправки. Затискач деталі забезпечується пружиною 7 при відкачуванні повітря з безштокової порожнини, при цьому цанга 10 розтискається кінцевою оправкою 6.

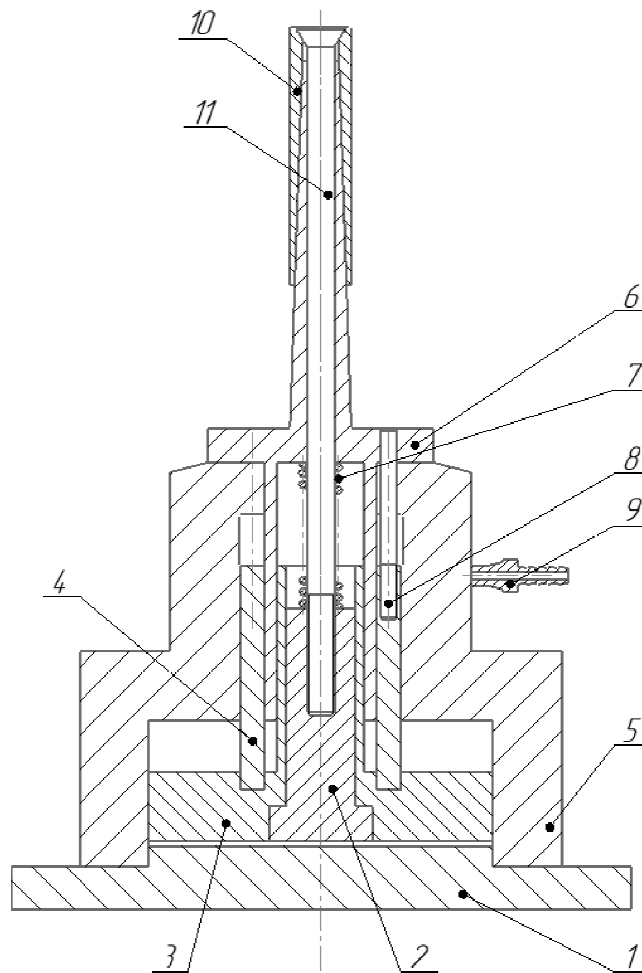


Рисунок 3.3 – Принципова схема спеціального пристрою з цанговим пневмозатиском

3.2 Розрахунок сил затиску

Вихідні дані для розрахунку:

- операція 060: Шліцефрезерна;
- шліці 50×2,5×11с (18 шліців) згідно з ГОСТ 6033–80.

Ріжучий інструмент: Фреза 2520–0676 2,5 А ГОСТ 6637–80 Р6М5:

– обладнання: верстат 5Д32 зубофрезерний вертикальний напівавтомат;

– пристосування: спеціальний пристрій з пневматичним цанговим затискачем для нарізування шліців.

Загальний вигляд верстата 5Д32 відбито на рисунку 3.4, яке основні характеристики – у таблиці 3.1.



Рисунок 3.4 – Верстат зубофрезерний вертикальний напівавтомат 5Е32

Таблиця 3.1 – Характеристики верстата 5Е32

Найбільший модуль колеса, що нарізається по сталі, мм	2...6
Найбільший діаметр циліндричних прямозубих коліс, що нарізаються (0°), мм	800
Відстань між осями столу та фрези, мм	30...500
Відстань від площини столу до осі фрези, мм	200...510
Діаметр столу, мм	475
Найбільший діаметр різального інструменту – фрези, мм	120
Межі оборотів фрези, об/хв	47,5...192
Межі вертикальних (подовжніх) подач фрези, мм/об	0,5...3

Електродвигун головного привода, кВт	2,8
Маса верстата з електрообладнанням та охолодженням, кг	3660

Розрахунок сил затиску було проведено згідно з рекомендаціями [13, С. 6–17].

Цангові затискні механізми призначені для базування та закріплення деталей обертання (типу валів, втулок, гільз, кілець, дисків та ін), по оброблених внутрішніх або зовнішніх циліндричних поверхнях при обробці на токарних, шліфувальних, зуборізних верстатах при виконанні фінішних операцій.

Цанги забезпечують високу точність центрування оброблюваних деталей внаслідок використання для закріплення затискних елементів, що пружно деформуються, об'єднаних в одну деталь і переміщуються при закріпленні в межах пружних деформацій, обмежених величиною вихідного радіального зазору між цангою і поверхнею деталі, що закріплюється.

Пружно деформовані затискні елементи називають пелюстками цанги. Пелюстки цанги утворені поздовжніми прорізами і є консольно закріпленою балкою, яка отримує радіальні пружні переміщення при поздовжньому русі самої цанги або штока за рахунок взаємодії з конусами в корпусі або на штоку. Переміщення всіх пелюстків цанги відбувається одночасно, що забезпечує самоцентрування деталі.

Точність центрування на розтискній оправці обумовлена похибкою, що не перевищує 0,05...0,08 мм.

Розподіл сил затиску в розтискній цанзі показано рисунку 3.5.

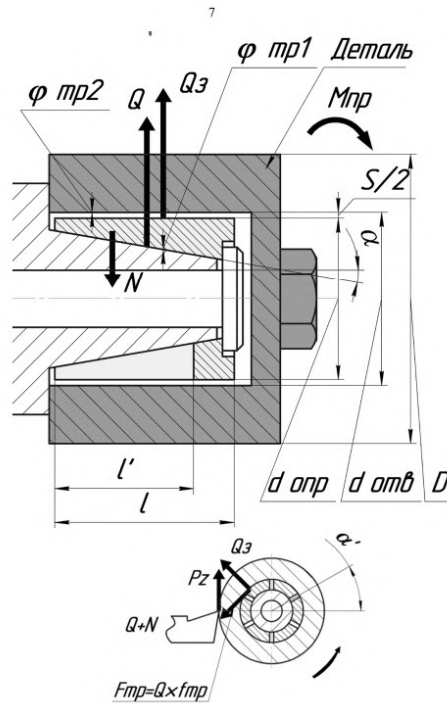


Рисунок 3.5 – Характеристики сили затискача для розтискної цанги

На заготовку діє момент, що крутить, від сил різання $M_{різ}$, що прагне повернути її навколо осі, спрямована по осі і прагне її зрушити. Сумарна сила затиску всіма пелюстками цангової оправки створює в місці контакту із заготовкою силу і момент тертя, що врівноважують вище названі сили. Умова нерухомості деталі на оправці визначається умовою:

$$M_{мт.сум} \gg K_3 \cdot M_{різ}, \quad (3.1)$$

де $M_{тр.сум}$ — сумарний момент тертя від усіх пелюстків цанги

$$M_{тр.сум} = z \cdot Q \cdot f_{тр2} \cdot \frac{d}{2}, \quad (3.2)$$

де Q – сила затиску від однієї пелюстки;

$d = 36$ – робочий діаметр закріплення;

$z = 6$ – число пелюсток цангової оправки;

$f_{тр2} = 0,2$ – коефіцієнт тертя на робочій поверхні оправки;

K_3 – коефіцієнт запасу (1,5...3)

$$M_{різ} = P_z \cdot \frac{D}{2} - \text{момент сили різання}, \quad (3.3)$$

де $P_Z = 2797,7$ Н – окружна сила різання;

$D = 49,5$ мм – діаметр обробки

$$M_{ps3} = 69,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$K_3 = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.4)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, рекомендується приймати для всіх випадків рівним 1,5;

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки, що викликають збільшення сил різання. Для чистої заготовки $k_1 = 1$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструменту. При фрезеруванні сталей $k_2 = 1,4$;

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні. При обробці без ударів $k_3 = 1$;

k_4 – коефіцієнт, що враховує сталість сил затиску, що розвиваються. Для механічних пристроїв прямої дії (пневматичних, гідравлічних тощо) $k_4 = 1$;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток у ручних затискних пристроях. При зручному розташуванні та малому діапазоні кута її повороту $k_5 = 1$;

k_6 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку. Якщо заготовка встановлена базовою площиною на опори з обмеженою поверхнею контакту, $k_6 = 1$.

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,1.$$

Необхідна сила закріплення деталі на оправці від одного пелюстки цанги з рівняння визначається за формулою:

$$Q = \frac{K_3 \cdot M_{pi3}}{z \cdot f_{mp2} \cdot \frac{d}{2}} = 6727,7 \text{ Н}. \quad (3.5)$$

Для створення цієї сили від пелюсток на деталь при переміщенні оправки на конусі необхідно подолати силу пружного опору пелюсток в

межах радіального зазору між оправкою і отвором деталі. Сила пружного опору однієї пелюстки цангової втулки:

$$N = \frac{3 \cdot E \cdot J}{(2l)^3} \cdot y, \quad (3.6)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу цанги (сталь);

$y = \frac{S}{2}$ – стріла перегину;

$S = 0,3$ мм – діаметральний зазор до закріплення;

$l = 150$ мм – довжина пелюстки цанги робочої частини цангової втулки;

J – момент інерції перерізу сектора пелюстки цанги

$$J = \frac{d^3 \cdot h}{8} \left(\alpha + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha}{\alpha_1} \right) [M^4]. \quad (3.7)$$

З урахуванням рекомендацій ГОСТ 31.1066.02–85:

$$\alpha = 1^\circ 54' 33'' \approx 1,91^\circ$$

$= 0,0333$ – половина кута конуса цангової втулки

$\alpha_1 = 30^\circ = 0,523$ – половина кута сектора пелюстки цанги h

$= 3$ мм – товщина стінки пелюстки

$$J = \frac{0,036^3 \cdot 0,003}{8} (0,033 + 0,433 - 0,0042) = 8,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4,$$

$$N = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8,1 \cdot 10^{-9} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot 0,15)^3} = 28,4 \text{ Н.}$$

Розрахункова формула необхідної сили тяги на штоку приводу виглядає так:

$$W = z \cdot (N + Q) \cdot (\tan(\alpha + \varphi_1) + \tan \varphi_2), \quad (3.8)$$

$$\varphi_1 = \arctg(f_{\text{тр1}}) = 5,71^\circ.$$

$f_{\text{тр1}} = 0,1$ – коефіцієнт тертя на поверхні конуса цанги

$$\varphi_2 = \arctg(f_{\text{тр2}}) = 11,3^\circ,$$

$$W = 6 \cdot (28,4 + 6727,7) \cdot (\tan(1,91^\circ + 5,71^\circ) + \tan 11,3^\circ) = 13523,8 \text{ Н,}$$

$$\varphi_2 = \arctg(f_{\text{тр2}}) = 11,3^\circ,$$

$$W = 6 \cdot (28,4 + 6727,7) \cdot (\tan(1,91^\circ + 5,71^\circ) + \tan 11,3^\circ) = 13523,8 \text{ Н.}$$

3.3 Підбір параметрів пневмоприводу

Силовий привід є перетворювачем будь-якого виду енергії в механічну, необхідну для роботи затискних механізмів. За видом перетворюваної енергії розрізняють приводи: пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, електричні, електромагнітні, магнітні, вакуумні, відцентрово-інерційні. Як силовий привід розтискної цанги був обраний пневмоциліндр. Пневмоциліндри призначені для перетворення енергії стисненого повітря на поступальне переміщення штока.

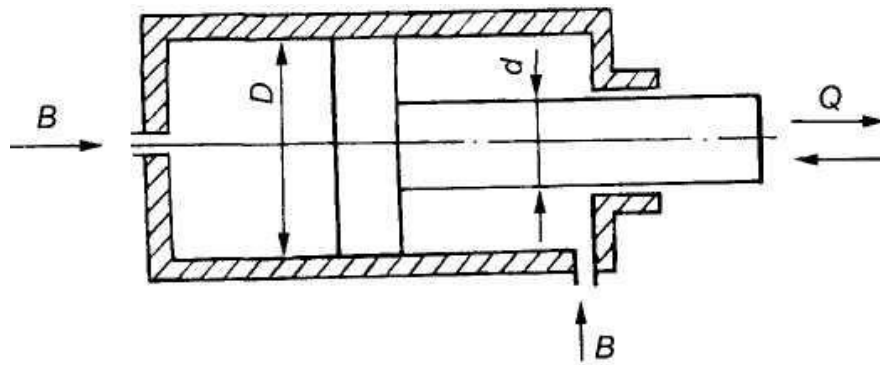


Рисунок 3.6 – Принципова схема пневмоциліндрів

Пневмоприводи застосовуються для затискних пристроїв пристосувань, що встановлюються на безперервно або періодично обертових столах верстатів.

Переваги:

- значне скорочення часу на затискач і розтискання (в 4–8 разів) внаслідок швидкості дії (0,5–1,2 с) пневмоприводу;
- постійність сили затискання заготовки у пристосуванні;
- можливість регулювання сили затискання деталі;
- простота керування затискними пристроями;
- безперебійність роботи пневмоприводу при змінах температури повітря у навколишньому середовищі.

Для пневмоциліндрів двосторонньої дії:

– у штоковій області:

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.9)$$

де D – діаметр поршня пневмоциліндра;

d – діаметр штока пневмоциліндра;

p – тиск стисненого повітря (0,4 ... 0,63 МПа);

$\eta \approx 0,9$ – ККД пневмоциліндрів;

– у безштоковій області:

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta. \quad (3.10)$$

В умовах завдання, сила затиску $W = W_1$, отже:

$$\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = 13523,8 \text{ Н.}$$

Відповідно до рекомендацій, $D \approx 5d$, тоді:

$$\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{24}{25} D^2\right) \cdot p \cdot \eta = 13523,8 \text{ Н,}$$

$$D = 5 \sqrt{\frac{6W}{\pi} \cdot \frac{1}{p \cdot \eta}},$$

$$D = 5 \sqrt{\frac{13523,8}{6\pi} \cdot \frac{1}{0,5 \cdot 0,9}} = 199,6 \text{ мм.}$$

Згідно з ГОСТ 15608–81 призначаємо пневмоциліндр:

$$D = 200 \text{ мм, } d = 40 \text{ мм, } p = 0,5 \text{ МПа.}$$

Межа штовхаючої сили (у штоковій порожнині) не менше

$$W_{1min} = 13568 \text{ Н і не більше } W_{1max} = 20676 \text{ Н.}$$

Межа тягнучої сили (в безштоковій порожнині) не менше

$$W_{2min} = 14130 \text{ Н і не більше } W_{2max} = 22078 \text{ Н,}$$

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = 13572 \text{ Н (задовільняє),}$$

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot p \cdot \eta = 14137 \text{ Н (задовільняє).}$$

Для пневмоциліндрів односторонньої дії тягнуче навантаження здійснюється за рахунок пружини стиснення. Використання пружини зручне при малому ході пневмоциліндрового штока. Пружини стиснення являють собою деталі, що приймають на себе поздовжньо–осьове навантаження і

стискаються під її дією. Коли навантаження знімається, пружина повертається у вихідний стан.

Для пневмоциліндрів односторонньої дії:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - P, \quad (3.11)$$

де P – гранична сила опору пружини зворотного ходу

Сила пружини при робочій деформації відповідає найбільшому примусовому переміщенню рухомої ланки механізму.

Виходячи з відомих параметрів:

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - W = 14137 - 13523,8 = 613,2 \text{ Н.}$$

За ГОСТ 18793–80 підберемо пружину стиснення, рисунок 3.7:

Пружина 1086–0892, номер пружини 66

$D = 38 \text{ мм}$; $d = 4,5 \text{ мм}$; $H_0 = 70,5 \text{ мм}$; $t = 12,73 \text{ мм}$

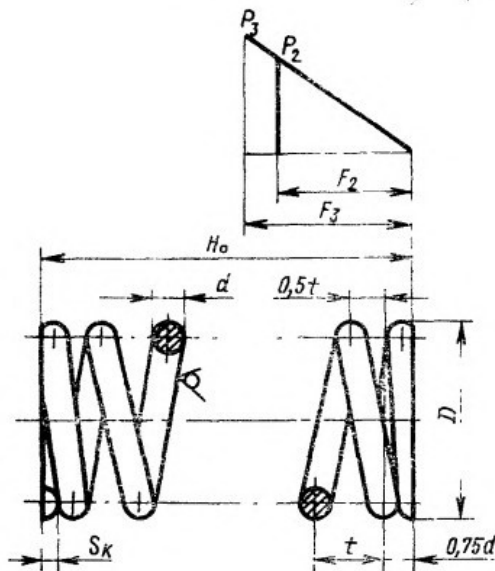


Рисунок 3.7 – Параметри пружини стиснення

Товщина стінки та днища корпусу пневмоциліндра обчислюються за формулами:

$$\delta_{cm} \geq \frac{p_{max} \cdot D}{2[\sigma]}, \quad (3.12)$$

$$\delta_{cm} \geq 0,433D \sqrt{\frac{p_{max}}{[\sigma]}}, \quad (3.13)$$

де $p_{max} = 1$ МПа – максимальний тиск у порожнинах гідроциліндра;

$D = 200$ мм – діаметр поршня гідроциліндра;

$[\sigma]$ – допустима напруга розтягування матеріалу корпусу.

Корпуси пневмоциліндрів (гільзи) виготовляються зазвичай із сталей 35 і 45 або легованих сталей 40ХН, 40Х, 30ХГСА та ін. Внутрішні поверхні корпусів обробляються посадкою Н7, а зовнішні поверхні штока і поршня обробляють посадкою гб.

Як матеріал корпусу була обрана сталь 45 і $[\sigma] = 170$ МПа

$$\delta_{cm} \geq \frac{1 \cdot 200}{2 \cdot 170} = 0,59 \text{ мм (прийmemo } \delta_{ct} = 25 \text{ мм)}$$

$$\delta_{cm} \geq 0,433 \cdot 200 \sqrt{\frac{1}{170}} = 6,64 \text{ мм (прийmemo } \delta_{дп} = 25 \text{ мм)}.$$

Розрахунок різьби на штоці виконуємо за формулою:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{[\sigma] \cdot \pi}}, \quad (3.14)$$

де $\alpha = 2,25$ – коефіцієнт затяжки;

$Q = 13523,8$ Н – сила затиску;

$[\sigma]$ – напруга розтягування матеріалу штока, що допускається.

Як матеріал штока була обрана сталь 40Х13 і $[\sigma] = 160$ МПа.

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 13523,8}{160 \cdot \pi}}.$$

В якості додаткової пневмоапаратури був підібраний пневморозподільник Samozzi для управління потоком повітря в спеціальному пристосуванні (рисунок 3.8, канали 2,3 – заглушені).



Рисунок 3.8 – Пневморозподільник Camozzi 474–900 з ручним керуванням

3.4 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок пристосування на точність був проведений згідно [4, С. 203–227].

Мета розрахунку на точність полягає у визначенні необхідної точності виготовлення пристрою за вибраним параметром.

На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, що викликають загальну похибку обробки ε_0 , яка повинна перевищувати допуск δ виконуваного розміру при обробці заготовки, тобто $\varepsilon_0 \leq \delta$.

Розрахунок похибки виготовлення пристосування $\varepsilon_{пр}$ зводиться до вирахування з допуску виконуваного розміру всіх інших складових загальної похибки обробки.

$$\varepsilon_{пр} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T_1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{знош}^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{п}^2 + (k_{T_2} \cdot \omega)^2} \quad (3.15)$$

де δ – допуск виконуваного під час обробки розміру заготовки;

$k_T=1 \dots 1,2 = 1$ – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу;

$k_{T1}=0,8 \dots 0,85=0,8$ – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованих верстатах;

$k_{T2} = 0,6 \dots 0,8 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, що викликається факторами, що не залежать від пристосування;

ω – економічна точність обробки, що приймається за таблицями;

ε_6 – похибка базування заготівлі у пристосуванні;

ε_3 – похибка закріплення заготовки, що виникає в результаті дії сил затиску;

$\varepsilon_{\text{знош}}$ – похибка положення заготівлі, що виникає внаслідок зношування елементів пристосування;

ε_y – похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{\text{п}}$ – похибка від перекосу інструменту.

Розрахунок точності виготовлення пристосування за умови забезпечення розміру заготовки $5,426_{-0,145}^{-0,070}$.

1. Визначається похибка базування. $\varepsilon_6 = 0$, внаслідок того, що пелюстки цанги самоцентруються.

2. Визначається похибка закріплення. $\varepsilon_3 = 0$, внаслідок наявності упору при затягуванні цанги.

3. Визначається похибка встановлення пристрою на верстаті. $\varepsilon_y=0$, оскільки здійснюється надійний контакт настановної площини пристосування з площиною стола верстата.

4. Виявляється похибка від перекосу (зміщення) інструменту $\varepsilon_{\text{п}}=0$, оскільки у пристосуванні відсутні напрямні елементи.

5. Визначається похибка від зношування настановних елементів.

$$\varepsilon_{\text{знош}} = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (3.16)$$

де $U_0 = 0,025$ мм – значення середнього зносу при встановленні в цангу;
 $k_1 = 0,97$ – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі (сталь незагартована);

$k_2 = 1,25$ – коефіцієнт, що враховує тип обладнання (спеціальне);

$k_3 = 0,94$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки (з охолодженням);

$k_4 = 2,8$ – коефіцієнт, що враховує кількість установок на рік (500 на рік).

$$\varepsilon_{зном} = 0,025 \cdot 0,97 \cdot 1,25 \cdot 0,94 \cdot 2,8 \cdot \frac{5}{1000} = 0,0004 \text{ мм.}$$

6. Визначається економічна точність обробки. В даному випадку $\omega = 0,075$ мм.

6. Визначається похибка виготовлення пристосування.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{np} &= 0,075 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,0004^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,075)^2} = \\ &= 0,030 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Похибка установки заготовки в пристосуванні як сумарне поле розсіювання випадкових величин визначається з виразу:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}. \quad (3.17)$$

Таким чином, точність центрування деталі при встановленні в спеціальному пристрої забезпечується похибкою, що не перевищує величину 30 мкм, для забезпечення розміру ширини евольвентного шліца $5,426_{-0,145}^{-0,070}$.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

При токарній операції важливо підібрати параметри різання так, щоб можна було б досягнути високої продуктивності різання. Вибір бажаних параметрів різання експериментально або за довідниками не гарантує, що вибрані параметри різання будуть оптимальними для конкретної машини та середовища. Вплив параметрів різання відображається на шорсткості поверхні, фактурі поверхні та відхиленнях в розмірах деталі. Шорсткість поверхні, яка використовується для визначення та оцінки якості виробу, є одним з основних показників якості токарного виробу. Шорсткість поверхні є мірою технологічної якості продукту та фактор, що суттєво впливає на собівартість виготовлення. Він описує геометрію та текстуру оброблених поверхонь. Механізм утворення шорсткості поверхні є складним і залежить від процесу обробки поверхні [10]. М. Налбант та інші [10] представили застосування параметричного проектування методу Тагучі для оптимізації операції токарної обробки. Для правильного вибору параметрів різання було використано кілька математичних моделей на основі статистичного методу регресії [8]. Це дало можливість встановити взаємозв'язок між продуктивністю різання та параметрами різання. Потім за допомогою методів оптимізації було сформульовано цільову функцію для отримання оптимальних параметрів різання. Для розглянутого підходу потрібні знання та досвід. В даному дослідженні альтернативним для отримання ефективних параметрів різання є використання підходу на основі методу Тагучі. Раніше вже було проведено спробу використання методів оптимізації токарної обробки. Це дослідження показало, що використання параметричного проектування методом Тагучі може значно спростити процедуру оптимізації для визначення кращих параметрів різання на токарних верстатах.

З практичної точки зору, планування параметрів методом Тагучі є найбільш вдалим підходом при визначенні оптимальних параметрів різання

для токарних операцій в механічному цеху. Монтгомері [8] підкреслює, що широко застосовується філософія Тагучі до якості інженерії. Він розглядає три етапи розробки продукту (або процесу): проектування системи, проектування параметрів і врахування допустимих відхилень. При проектуванні системи інженер використовує наукові та інженерні принципи для визначення базової конфігурації. На етапі проектування параметрів визначаються конкретні значення цих параметрів. Як правило, встановлюють номінальні значення параметрів для мінімізації мінливості значень, що передається від неконтрольованих шуму чи вібрації.

Розрахунок допустимого відхилення використовується для визначення кращого допуску на параметри. Тагучі пропонує аналізувати переміну за допомогою правильно вибраного відношення сигнал/шум (S/N). Ці відношення сигнал/шум є похідними від квадратичних втрат і три з них вважаються “стандартними” та широко застосовуються. Вони є такими: 1 – номінальний найкращий, 2 – більший кращий і 3 – менший кращий. Максимальні рівні факторів відповідного співвідношення S/N є оптимальним.

В даній роботі було проведено експерименти з токарної обробки сплаву сталь EN-31 з використанням твердосплавних пластин з вольфраму та мінімальної кількості мастила. Причиною вибору сплаву EN-31 в якості робочого матеріалу є те, що цей сплав широко використовується в автомобілебудуванні для деталей, виготовлених токарною обробкою, таких як роликові підшипники, шарикопідшипники, шліцьові вали та відрізи різці. Було поставлено три основні цілі цього дослідження. Перша полягала в тому, щоб пояснити і продемонструвати систематичну процедуру проектування параметрів Тагучі – проектування параметрів токарної обробки. Друга ціль – знайти оптимальну комбінацію параметрів процесу на основі співвідношення S/N та визначити значущість кожного параметра за допомогою ANOVA аналізу. Третьою важливою метою було визначити вплив температури мастильного матеріалу з використанням методу мінімальної кількості

мастила, розробленого Абханом та ін. [8]. Цей метод полягає в налаштуванні процесу на шорсткість поверхні, а також в керуванні змінами температури інструменту для розробки моделей прогнозування шорсткості поверхні при зміні температури мастильного матеріалу. Параметри різання, а саме швидкість подачі, глибина різання та температура мастила змінювали для спостереження реакції їх впливу. Абханг та ін. [9] показали, що швидкість різання має менший вплив на шорсткість поверхні в досліджуваному діапазоні (від 39 м/хв до 189 м/хв) в порівнянні з впливом швидкості подачі і глибини різання. Таким чином, більш високі швидкості різання можуть бути використані для підвищення продуктивності, тому було вибрано значення швидкості різання рівним 1200 об/хв.

При обробці поверхні інструментом з малим радіусом носа площа контакту між інструментом і заготовкою є меншою в порівнянні з інструментом з більшим радіусом носа. Отже, зменшення площі теплопровідності сприяє локальному підвищенню температури вздовж ріжучої кромки [10]. Радіус носа також приймається в такому значенні, щоб шорсткість поверхні була оптимальною [8, 10]. Якщо радіус носа інструменту збільшується до 1,2 мм (або втричі від радіусу носа в 0,4 мм), значення температури різання зменшуються (приблизно 21 %) [10]. Експериментальні налаштування було розроблено, виготовлено та відкалібрована Інженерним Відділом Механіки АМУ Алігарх для проведення вимірювання температури ріжучого інструменту під час різання металеві заготовки на токарному верстаті (LMT, LTM 20 токарний верстат).

Найважливіші характеристики борної кислоти для використання в якості мастила полягають у тому, що вона доступна, дешева і екологічно безпечна. Абханг та інші [10] довели, що збільшення борної кислоти більше ніж 10 % з базовою олією SAE-40 не дає жодного поліпшення продуктивності. Ці автори використали техніку реляційного аналізу Грея та визначили оптимальні параметри процесу регулювання. Різні параметри налаштування, наприклад швидкість різання, швидкість подачі, глибина

різання, радіус носа інструмента та концентрація твердої речовини мастильного матеріалу були розглянуті та оптимізовані за допомогою сірих реляційних оцінок, отриманих для мультипродуктивних характеристик (температури інструмента, основної сили різання та швидкості зношування інструменту).

Експерименти проводили наступним чином. Було проведено дев'ять експериментів, при різних рівнях параметрів (кожен повторюється тричі). Умови експерименту підсумовані нижче в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні данні

Тип верстату	10 к.с. Токарний верстат LTM 20
Робочий матеріал	Сплав сталі EN31 довжиною 500 мм, 60 мм Ø
Тримач інструменту	WIDAX, SCLCR 12 FOGT 3, INDIA Lit
Форма вставки	CNMA 120412, (карбідна вставка ромбоподібної форми) ($\alpha = 6^\circ$, $\gamma_0 = -6^\circ$, $\lambda = -6^\circ$, $K_r = 95^\circ$, $C_r = 80^\circ$, $r = 1,2$ мм)
Швидкість різання	1200 об / хв
Радіус носу інструменту	1,2 мм
Середовище	MQL (10 % борної кислоти з базовим маслом SAE – 40)
Склад робочого матеріалу	сталь EN31 (C = 0,95–1,2 %, Si = 0,10–0,35 %, Mn = 0,30–0,75 %, Cr = 2,0–1,6 %, CO = 0,025 %, S = 0,40 %, P = 0,04 %)
Розміри	Діаметр 60 мм, довжина 600 мм

Вибір параметрів різання та їх значень

Початкові параметри різання були такі: швидкість подачі, температура мастила та глибина різання. Проведено дослідження трьох рівнів параметрів різання (таблиця 4.2). Експериментальна установка показана на рисунку 4.1.

Таблиці 4.2 – Значення параметрів різання для трьох рівнів

Позначення	Параметри різання	Одиниці вимірювання	Рівень I	Рівень II	Рівень III
A	Швидкість подачі	мм/об	0,05	0,10 ^a	0,15
B	Глибина змащення	мм	0,2	0,4 ^a	0,6
C	Температура	°C	10	30 ^a	50



Рисунку 4.1 – Експериментальна установка (токарний верстат 1К62)

Показник ефективності різання.

Шорсткість поверхні вимірювалася на оптичному мікроскопі (лінза виробництва Carl-zesis, Японія з коефіцієнтом 0,89). Шорсткість поверхні приймалася перпендикулярно до напрямку розточування. Сила різання вимірюється за допомогою токарного динамометра.

Експеримент з ортогональним масивом.

Щоб вибрати відповідний ортогональний масив для експериментів, обчислюється загальний ступінь вільності. Ступені вільності визначаються, як кількість порівнянь між параметрами конструкції. Це потрібно зробити, щоб визначити, який рівень кращий і на скільки саме є кращим. Наприклад, параметр трирівневого проектування враховує два ступені вільності. Ступені вільності пов'язані із взаємодією між двома параметрами конструкції та задані для двох проектних параметрів. У цьому дослідженні взаємодія між параметрами різання нехтується. Отже, ступенів вільності є шість завдяки наявності трьох параметрів різання в токарних операціях. В перший раз потрібні ступені вільності відомі, наступним кроком є вибір відповідного ортогонального масиву, який відповідає конкретному завданню. Основний ступінь вільності для ортогонального масиву повинен бути більшим або принаймні дорівнювати параметрам конструкції. У цьому дослідженні використовувався ортогональний масив L9 із чотирма стовпцями та дев'ятьма рядками. Цей масив має вісім ступенів свободи та він може обробляти трирівневі параметри проекту. Кожному параметру різання присвоюється колонка, тому доступні дев'ять комбінацій параметрів різання. Усього дев'ять експериментів необхідно провести для дослідження всього простору параметрів за допомогою ортогонального масиву L9. Експериментальний макет для трьох параметрів різання з використанням ортогонального масиву L9 показано в таблиці 4.3. Оскільки ортогональний масив L9 має чотири стовпці, один стовпець масиву залишено порожнім для помилки експериментів: ортогональність не втрачається, якщо один стовпець таблиці залишається порожнім [10].

Таблиці 4.3 – Експериментальний макет ортогонального масиву L9

Рівні параметрів різання				
	A	B	C	D
№	Швидкість	Глибина	Температура	Помилка

експерименту	подачі	змащення	мастила	
1	1	1	1	
2	1	2	2	
3	1	3	3	
4	2	1	3	
5	2	2	1	
6	2	3	2	
7	3	1	2	
8	3	2	3	
9	3	3	1	

Проведення дослідів згідно плану.

Експерименти проводилися відповідно до плану, описаного вище. Діють три складові сили різання при використанні одноточкового ріжучого інструменту – сила подачі F_x , сила тяги або сила різання F_y і радіальна сила F_z , що діють в напрямках x, y, z відповідно. Відповіді були записані.

Результати та обговорення.

Таблиця 4.4 показує експериментальні результати для шорсткості поверхні та відповідного співвідношення S/N. За методом Тагучі використовується співвідношення S/N для вимірювання характеристики якості, яка відхиляється від бажаної значення. Відношення S/N визначається як η :

$$\eta = -10\log(\text{M. S. D.}). \quad (4.1)$$

Існує три категорії характеристик якості: “чим нижче, то краще”, “чим вище, то краще”, “нормальне–краще”. Середньоквадратичне відхилення (M.S.D.) для характеристики якості “чим вище, то краще” може бути виражене як:

$$\text{M.S.D.} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{T_i^2}, \quad (4.2)$$

де m – кількість тестів, а T_i – параметр.

Нижча характеристика кращої якості для шорсткості поверхні та сили різання повинні бути прийняті для отримання оптимальної продуктивності різання. M.S.D для більш якісної характеристики можна виразити як:

$$\text{M.S.D.} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2, \quad (4.3)$$

де S_i – значення параметра для i -го тесту. Ми використовували раніше формулу для характеристики кращої якості.

Оскільки план експерименту є ортогональним, можна відокремити ефективність параметрів різання на різних рівнях. Наприклад, середнє співвідношення S/N для швидкості подачі на рівнях 1, 2 і 3 можна розрахувати шляхом усереднення співвідношення S/N для експериментів 1–3, 4–6 і 7–9, відповідно. Середнє співвідношення S/N для кожного рівня інших параметрів різання можна обчислити подібним чином. Середнє відношення S/N для кожного рівня параметрів різання підсумовується і вводитьься в таблицю відповідей S /N для шорсткості поверхні (таблиця 4.5). Крім того, загальне середнє співвідношення S/N розраховане для дев'яти експериментів та розміщено в таблицю 4.5. Незалежно від якості характеристики “нижча–краща” чи “вища–краща”, більше співвідношення S/N відповідає меншій дисперсії вихідної характеристики навколо бажаного значення (Рівняння (1) –(3)). На рисунку 4.2 показано графік змін значень S/N для шорсткої поверхні. Повинна бути відомою важливість параметрів різання для шорсткості поверхні. Це проводиться для того, щоб можна було б більш точно визначити оптимальну комбінацію рівнів параметрів різання. Це буде обговорюється в наступному розділі за допомогою дисперсійного аналізу.

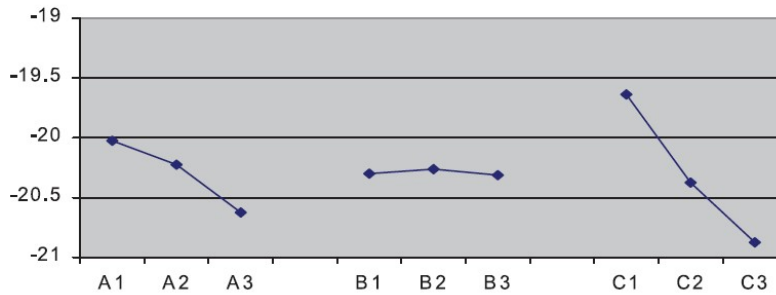
Таблиці 4.4 – Експериментальні результати для шорсткості поверхні та відповідні співвідношення S/N

№ експерименту	Швидкість подачі, (мм/об)	D.O.C. (мм)	Температура Мастила (°C)	Шорсткість поверхні (R_a , мкм)	відношення S/N
1	0,5	0,2	10	9,28	-19,35
2	0,5	0,4	30	10,2	-20,17
3	0,5	0,6	50	10,68	-20,57
4	0,1	0,2	50	11,1	-20,91
5	0,1	0,4	10	9,42	-19,48
6	0,1	0,6	30	10,34	-20,29
7	0,15	0,2	30	10,78	-20,65
8	0,15	0,4	50	11,37	-21,12
9	0,15	0,6	10	10,09	-20,08

Таблиці 4.5 – значення S/N для шорсткості поверхні

Значення відношення S/N					
Позначення	Параметри різання	Рівень I	Рівень II	Рівень III	max-min
A	Швидкість подачі	-20,03	-20,23	-20,62	0,59
B	Глибина змащення	-20,03	-20,26	-20,313	0,053
C	Температура	-19,64	-20,37	-20,87	1,23

Таким чином, можна чітко помітити, що A1B2C1 є оптимальними рівнями параметрів температури мастила і забезпечує найкращу обробку поверхні в межах зазначеного діапазону для покращення обробки поверхні, що передбачає низьку швидкість подачі та глибину різання. Поєднання середнього рівня значень параметрів та низької.



Рисунку 4.2 – Графік зміни значень S/N для шорсткості поверхні

Підтверджувальний тест.

Після вибору оптимального рівня параметрів проектування наступає останній крок – прогнозування, перевірка та покращення характеристики якості, використовуючи оптимальний рівень параметрів конструкції. Розраховано співвідношення S/N з використанням оптимального рівня параметрів обробки поверхні. Розрахункове відношення S/N за допомогою оптимального рівня проектних параметрів $\check{\eta}$ можна розрахувати як:

$$\check{\eta} = \eta_m + \sum_{i=1}^0 (\bar{\eta}_i - \eta_m), \quad (4.4)$$

де $\bar{\eta}_i$ – середнє відношення S/N на оптимальному рівні, η_m – загальне середнє відношення S/N, i – число основних конструктивних параметрів, які впливають на характеристику якості.

Співвідношення S/N оптимальних параметрів різання та відповідну шорсткість розраховуємо за допомогою рівнянь (4.1) і (4.4). Таблиця 4.6 демонструє порівняння прогнозованої шорсткості поверхні з фактичною при використанні оптимальних параметрів різання. Явно спостерігається відповідність між прогнозованою та фактичною шорсткістю поверхні. Збільшення відношення S/N від початкових параметрів різання до оптимальних параметрів становить 1,84 дБ. Іншими словами, результати експерименту підтвердили попереднє припущення та аналіз для оптимізації

параметрів різання. Шорсткість поверхні завдяки цьому налаштуванню параметрів значно покращуються.

Таблиці 4.6 – Результати підтверджуваних експериментів

Покращене значення S/N становить 1,84 дБ.			
	Початкові параметри різання	Оптимальні параметри	
		Прогнозовані	Експериментальні
Рівні	A2B2C2	A1B2C1	A1B2C1
Шорсткість поверхні, мкм	11,76	9,28	9,51
Відношення S/N, дБ	-21,41	-19,35	-19,57

Таблиці 4.7 – Результати за Анова для шорсткості поверхонь

Параметри	D.F	S.S	M.S	F значення	P значення	% внеску
Швидкість подачі	1	0,7211	0,7211	34,175	0,002s	18,05
Глибина різання	1	0,0004	0,0004	0,0189	0,894ns	0,01
Температура мастила	1	3,1683	3,1683	150,156	0,000s	79,299
Залишкова помилка	5	0,1056	–	–	–	2,64
Усього	8	3,9954	–	–	–	100

Де “S” означає, що вплив спроектованого параметра є значним, а “NS” означає, що воно незначне. З Анова таблиці зрозуміло, що температура мастила є найважливішим параметром для шорсткості поверхні. Серед трьох спроектованих параметрів вплив температури мастила є найбільшим, тобто 79,299 % після швидкості подачі вплив якого становить 18,05 % та глибини різання 0,01 %. При цьому в межах зазначеного діапазону вплив глибини різання на шорсткість поверхні є незначним.

Висновок.

В даній роботі представлено застосування проектування параметрів методом Тагучі в оптимізації операцій обробки поверхні. На основі цього можна зробити наступні висновки по експериментальним результатам дослідження:

1. Надійний ортогональний метод проектування Тагучі підходить для аналізу шорсткості поверхні при різанні металу.

2. Встановлено, що метод Тагучі забезпечує просту, систематичну та ефективну методологію для оптимізації параметрів обробки поверхні деталі.

3. Результати експериментів показують, що основними параметрами є температура мастила та швидкість подачі серед трьох контрольованих факторів (швидкість подачі, глибина різання та температура мастила), які впливають на шорсткість поверхні при точінні сталі EN-31.

4. Під час різання для мінімальної шорсткості поверхні необхідно використовувати меншу швидкість подачі (0,05 мм/об), середню глибину різання (0,4 мм) і низька температура мастила (10 °C), тобто A1B2C1, рекомендовані для отримання кращої шорсткості поверхні для певного діапазону випробувань. Таким чином, обробка поверхні стає кращою якщо використовується охолоджене мастило.

Відхилення між фактичним і прогнозованим співвідношенням S/N шорсткості поверхні є невеликим. Таким чином, щоб контролювати процес токарної обробки з точки зору мінімізації шорсткості поверхні, температура мастила відіграє важливу роль. При зменшенні температури мастила, шорсткість поверхні зменшується. Крім того, обробка поверхні погіршується при підвищенні температури мастила в межах зазначеного діапазону.

Мінімальна шорсткість поверхні при оптимальних параметрах токарної обробки становить 9,51 мкм Це дослідження демонструє, як використовувати проектування параметрів Тагучі для оптимізації обробки, забезпечення продуктивності з мінімальними витратами та часом для промислових підприємств.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні санітарно–гігієнічні вимоги до планування промислових підприємств та виробничих приміщень

Розміщення території підприємства. Згідно вимог ДБН Б.2.2–12:2019 “Планування та забудова територій” та ДСП 173–96 “Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів” промислові підприємства повинні розміщувати на території населених пунктів за межами населених пунктів на певній відстані від них або у спеціально виділених для цього промислових районах.

Планування території підприємств. Генеральні плани промислових підприємств розробляються відповідно до вимог охорони, безпеки праці, пожежної безпеки та санітарно–гігієнічних вимог. За такої умови враховують такі чинники, як природне провітрювання та освітлення. Площадка промислового підприємства повинна мати вигляд відносно рівної поверхні та нахил до 0,002 % для успішного стоку поверхневих вод.

Враховуючи функціональне призначення, площадку підприємства поділяють на наступні зони: перед заводську, яка знаходиться за межами огорожі чи умовної межі підприємства, виробничу, підсобну та складську.

Забудова промислової площадки дозволяються бути суцільною чи з окремо розміщеними будівлями, одно–чи багатоповерховими. Забороняється суцільна забудова з наявним замкненим внутрішнім двором, тому що в цьому випадку погіршується натуральне освітлення та провітрювання будівель.

Виробничі та складські приміщення допускаються будь–якої форми та розмірів, зумовлені виробничими вимогами. Виходячи з санітарно–гігієнічних умов, а саме, освітлення та вентиляції, найбільш доцільними є будівлі, що мають форму прямокутника. Конструкція виробничих будівель, кількість поверхів, їх площа обумовлюються

технологічними процесами, наявністю шкідливих та небезпечних факторів, категорією вибухопожежонебезпеки.

Центральний вхід на територію підприємства необхідно передбачати з боку основного підходу чи під'їзду працівників. На території підприємства повинні бути впорядковані пішохідні доріжки чи тротуари від центрального та додаткових прохідних пунктів до усіх будівель і споруд. По усій довжині території підприємства до будівель і споруд має передбачатись під'їзд пожежних автомобілів. До будівель обов'язково передбачається підвід інженерних мереж електроенергії, водопостачання та каналізації. Територія підприємства має бути озеленена, а площа зелених ділянок повинна складати за нормами не менше 10 % площі підприємства.

При наявності на території підприємства об'єкту, на якому використовуються, переробляються, виготовляються чи транспортуються небезпечні речовини, то цей об'єкт вважається таким, що може створювати загрозу мешканцям прилеглих територій та навколишньому середовищу, або є потенційно небезпечним об'єктом, для такого об'єкту повинні бути визначені та встановлені межі охоронних заборонних, і санітарно-захисних зон.

Вимоги до виробничих приміщень. Вибір типу приміщення залежить від технологічного процесу та можливістю боротьби з шумом, вібрацією і забрудненням повітря. Відповідно до вимог чинних нормативів, виробничі приміщення повинні забезпечуватися достатнім природним освітленням. Обов'язковим є влаштування ефективної за санітарно-гігієнічними та екологічними показниками вентиляції.

Висота виробничих приміщень повинна становити не менше 3,2 м, а об'єм і площа, відповідно 15 м^3 та $4,5 \text{ м}^2$ відповідно на кожного працівника, для користувачів комп'ютерів на одного працюючого повинно бути площі не менше 6 м^2 і об'єму не менше 20 м^3 [11].

Приміщення чи ділянки виробництв, де виділяються надлишки тепла та зі значними виділеннями шкідливих газів, пилу чи пару необхідно

відповідно вимог розміщувати біля зовнішніх стін будівель, а у багатоповерхових будівлях – на верхніх поверхах.

Підлога у робочих приміщеннях повинна бути рівною, теплою, щільною та стійкою до ударів, бути стійкою до дії хімічних речовин і не вбирати їх мати неслизьку та зручну для очистки поверхню.

Стіни виробничих та побутових приміщень повинні відповідати вимогам з шумо–і теплозахисту; легкому піддаватись миттю та прибиранню; мати покриття, з неможливістю поглинення чи осадження отруйних речовин, таке, як керамічна плитка, олійна фарба.

У приміщеннях з виділенням пилу високої концентрації при проведенні шліфування чи заточка слід передбачити прибирання за допомогою пиłosосів чи гідрозмивання.

Колір та фарбування інтер'єрів приміщень повинні відповідати вимогам технічної естетики та дизайну.

Вимоги до допоміжних приміщень та будівель. До допоміжних відносяться приміщення та будівлі санітарно–побутові, адміністративні, конструкторських бюро, охорони здоров'я, громадського харчування, культурного обслуговування, для учбових занять та громадських організацій. Допоміжні приміщення різного призначення необхідно розміщувати в одній будівлі разом з виробничими приміщеннями або прибудовах до них, у місцях, де є найменший вплив шкідливих факторів, але якщо таке розміщення неможливе, то дозволяється розміщення їх в окремих будівлях.

Висота поверхів окремих будівель, прибудов повинна бути не меншою 3,3 м, висота від підлоги до низу перекрить складати не менше 2,2 м, а у місцях нерегулярного переходу людей не менше 1,8 м. Висота допоміжних приміщень, розміщених у виробничих будівлях, повинна бути не меншою 2,4 м [1].

Площа допоміжних приміщень має становити не менше ніж 6 м² на одне робоче місце у конструкторських бюро, не менше 4 м² у кімнаті

управлінсь; 0,9 м² на одне місце в залі нарад; 0,27 м² на одного працівника у вестибюлях та гардеробних [11].

До групи санітарно–побутових приміщень відносяться: гардеробні, туалети, душові, кімнати для вмивання та паління, приміщення, де проводять знешкодження, сушіння та знепилювання робочого одягу, приміщення для обігрівання працівників, приміщення для особистої гігієни жінок та годування немовлят. Підлога в санітарно–побутових приміщеннях повинна бути вологостійкою, світлих тонів, з неслизькою поверхнею, стіни та перегородки бути облицьованими вологостійкими матеріалами світлих тонів на висоту 1,8 м.

В гардеробні приміщення для зберігання одягу повинні обладнуватися шафами, що мають наступні розміри: висота 1650 мм, ширина 250...400 мм, глибина 300 мм [1]. Кількість шаф повинна відповідати кількості усіх працівників підприємства.

5.2 Організація праці на робочому місці

До заходів організації праці на робочому місці відноситься комплекс заходів по забезпеченні трудового процесу та ефективне повне використання знарядь виробництва і предметів праці.

Робоча поза. Правильно вибрана робоча поза сприяє зменшенню втоми та збереженню працездатності працівника (таблиця 5.1). Робочі пози можна поділити на вільну та задану. Вільна поза роботи передбачає можливість працювати чергуючи положення сидячи і стоячи. Ця поза є найзручнішою, тому що дає змогу чергувати завантаження м'язів та зменшує загальну втому. Задані робочі пози це окремі положення сидячи або стоячи. Робоча поза “сидячи” є зручнішою, може застосовуватися для робіт з невеликими фізичними навантаженнями та зусиллями, що потребують великої точності, з помірним темпом. Поза “стоячи” вважається найтяжчою, тому що вимагає витрат енергії, як на виконання роботи, так і на підтримку тіла у вертикальному чи похилому положенні, а це зумовлює швидке стомлення [2].

Таблиця 5.1 – Характеристика робочих поз людини

Робоча поза		Рухливість під час роботи	Радіус робочої зони, мм	Особливості діяльності
Сидячи стоячи (позмінно)	50... 100	Середня (можливість періодичної зміни пози)	500...750	Достатньо великий огляд і зона досяжності
Сидячи	до 80	Обмежена	380...500	Невелика статична стомлюваність, спокійне положення рук, можливість виконання точної роботи
Стоячи	100...120	Велика (вільність пози і рухів)	750 та більше	Краще використання сили, більший огляд; передчасна стомлюваність

Робоче місце – це певна зона, оснащена засобами праці та технічними засобами, в якій провадиться трудова діяльність працівника чи групи працівників.

Організація праці на робочому місці полягає у виборі вірної робочої пози та комплексу робочих рухів, встановлення розмірів робочої зони та ергономічне розміщення в ній інструментів, пристроїв органів керування, заготовок, матеріалів та ін., та у виборі оптимального режиму праці та відпочинку.

Система робочих рухів. Головним принципом у виборі потрібної системи робочих рухів є принцип “економії рухів”, який би сприяв підвищенню продуктивності праці, зменшенню стомлюваності працівника, кількості допущених помилок і травматизму. Принципи “економії рухів” полягають в наступному: обидві руки починають та закінчують рух одночасно; руки не повинні бути бездіяльними, крім, як під час відпочинку; рухи рук повинні виконуватися одночасно у протилежних і симетричних напрямках; найкращою вважається послідовність дій, яка складається з

найменшого числа елементарних рухів; руки потрібно звільнити від будь-якої роботи, яка може успішно виконуватися ногами чи іншими частинами тіла; при можливості, об'єкт праці повинен закріплюватися спеціальними пристроями, щоб звільнити руки для виконання операцій.

Робота повинна організовуватися так, щоб ритм робочих операцій був природним і чітким, а послідовність рухів має передбачати легкий перехід один рухів в інші. Рух буде менше стомлювати, якщо він буде відбуватися у напрямку, що збігається з напрямком сили тяжіння. Невеликі перерви в русі та різкі коливання швидкості мають бути виключені.

Необхідно також враховувати ряд положень щодо швидкості руху рук людини, а саме, там, де потрібна швидка реакція, треба використовувати рух “до себе”; рухи зліва направо проводяться правої руки зі швидкістю більшою, ніж у зворотному напрямку; обертові рухи проводяться у 1,5 разу швидше за поступальні; плавні криволінійні рухи рук виконуються швидше, ніж прямолінійні рухи з миттєвою зміною напрямку; рухи, що проводяться з великим розмахом є швидшими; рухи, що орієнтовані механізмами – швидші, ніж рухи, орієнтовані “на око”; рухи необхідно обмежувати обмежувачами скрізь, де це можливо. Вільні та ненапружені рухи виконуються легше, швидше і точніше, ніж вимушені рухи, що встановлюються певними обмежувачами; точні рухи рекомендується виконувати сидячи, а ніж стоячи. Максимальна частота рухів руки при згинанні та розгинанні складає близько 80, корпусу – 30, ноги – 45 раз на хвилину, а пальця – 6 раз і долоні – 3 рази на секунду [12].

Оснащення робочого місця. Оснащення та обладнання робочого місця залежить від виду роботи, що виконується та технологічних операцій, від характеру роботи – розумова, фізична, монотонна, тяжка та від умов праці – комфортні, нормальні, несприятливі, небезпечні.

На робочому місці безпосередньо необхідно передбачати розміщення інформаційного устаткування та органів управління, технологічного оснащення – швидкодіючі затискачі, опорні елементи, настільні бункери і

касети з гніздами шарнірні монтажні головки, тощо; додаткового обладнання – робочий стіл та сидіння оператора, підставка для ніг, шафа для зберігання інструментів та ін.; транспортні засоби такі, як підвісні конвеєри, транспортери, тощо; засоби сигналізації; пристрої для укладення матеріалів, заготовок та готових виробів; засоби безпеки.

Робоче місце працівника розділяється на два поля: інформаційне поле – простір, де знаходяться засоби відображення інформації і моторне поле – простір, де знаходяться органи управління та об'єкти праці.

Інформаційне поле зорового спостереження розділяють три зони (рисунок 5.1): у зоні 1 розміщують засоби відображення інформації, що використовуються під час роботи дуже часто та потребують швидкого та точного зчитування інформації; у зоні 2 знаходяться засоби інформації, що використовуються часто і потребують менш швидкого і точного зчитування інформації; у зоні 3 розміщуються ті засоби відображення інформації, що використовуються досить нечасто.

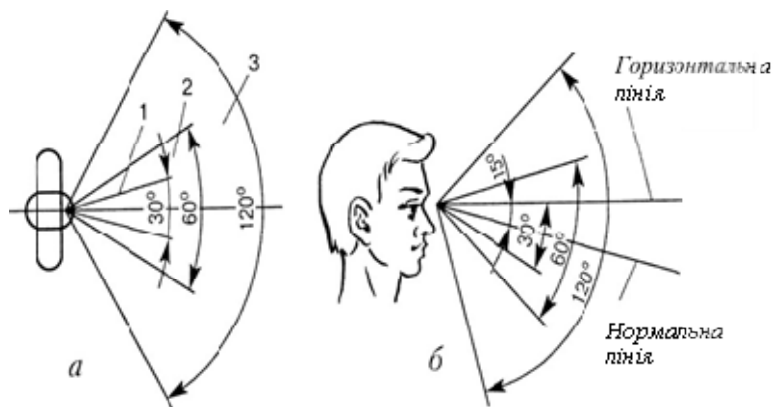


Рисунок 5.1 – Зони в полі зорового спостереження:

a – в горизонтальній площині; *б* – у вертикальній площині

В моторному полі також розрізняють три зони (рисунок 5.2): 1 – зона оптимальної досяжності, в якій знаходяться дуже важливі і такі, що дуже часто використовуються, а саме, більше 2 разів за хвилину органи управління та інструменти; 2 – зона легкої досяжності, тут розміщують часто використовувани, а саме 2 рази за хвилину органи управління та інструменти;

3 – зона досяжності, в якій розміщують рідко використовувані, а саме менше 2 разів за хвилину органи управління та інструменти [12].

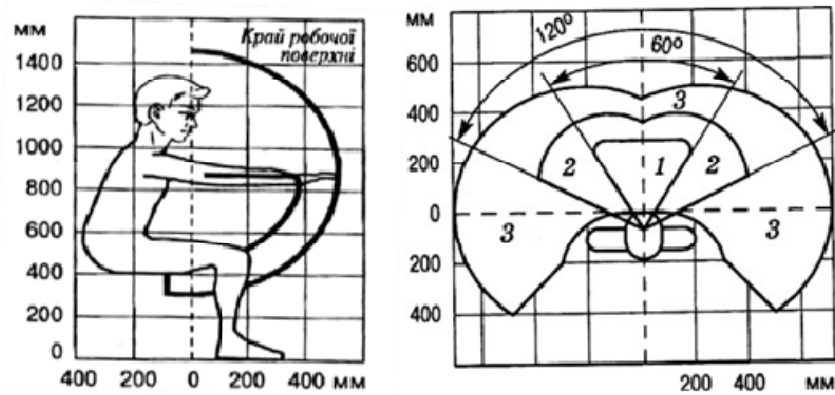


Рисунок 5.2 – Зона в моторному полі при виконанні ручних операцій у робочій позі “сидячи”: 1 – зона оптимальної досяжності; 2 – зона легкої досяжності; 3 – зона досяжності.

Зони моторного поля при виконанні робочих операцій в робочій позі “стоячи” представлено нижче (рисунок 5.3).

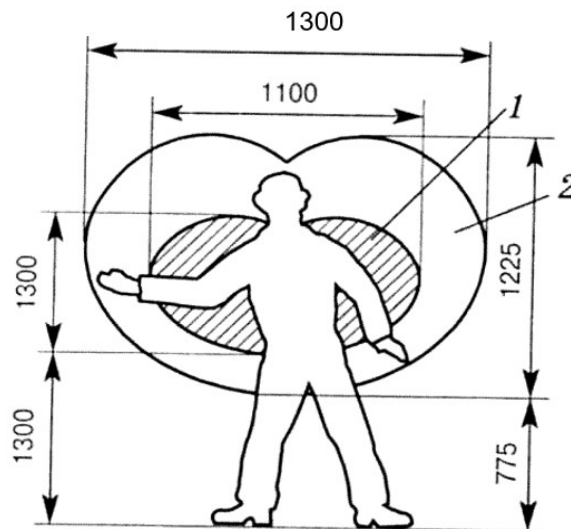


Рисунок 5.3 – Зони в моторному полі за виконання ручних операцій у робочій позі “стоячи”: 2 – оптимальна робоча зона; 1 – зона досяжності рук за фіксованого положення ніг

Вимоги виробничої санітарії до робочого місця. Кожне робоче місце та виробниче приміщення відповідно до встановлених вимог повинно:

- обладнуватися необхідними при роботі засобами колективного захисту;
- укомплектовуватися необхідними засобами індивідуального захисту;
- значення параметрів санітарно–гігієнічних виробничих факторів повинні підтримуватись в таких розмірах, що не перевищує встановленні гранично допустимі значення відповідно до нормативних документів;
- мати достатнє для виконання відповідної зорової роботи природне та штучне освітлення;
- фактичні значення параметрів мікроклімату робочих приміщень повинні відповідати нормативним значенням, встановленим санітарними нормами;
- концентрації виробничого пилу та шкідливих речовин повинні бути в межах гранично-допустимих концентрацій, встановлених Гігієнічним регламентом хімічних речовин у повітрі робочої зони;
- бути обладнаним вентиляцією [3].

5.3 Паспортизація виробництв та атестація робочих місць за умовами праці

Паспортизація умов охорони праці та санітарно–технічного стану на підприємстві складається з перевірки відповідності умов праці на робочих місцях встановленим вимогам з охорони праці та санітарно–гігієнічним вимогам та включає інструментальні вимірювання показників шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища. Метою проведення паспортизації є гігієнічної оцінки фактичного стану характеру та умов праці на робочих місцях, отримання та узагальнення достовірної інформації, яка буде використана в розробці та проведенні заходів, направлених на покращення та оздоровлення умов праці на виробництві. Паспортизація санітарно–технічного стану умов і охорони праці на виробництві

здійснюється відповідно до існуючої на даний час нормативно-правовою базою, а саме за “Інструкцією з проведення паспортизації санітарно-технічного стану умов і охорони праці” та “Паспортом санітарно-технічного стану умов праці на об’єктах” РД 51-559-97.

Під час проведення паспортизації санітарно-технічного стану умов і охорони праці на підприємстві встановлюються:

- умови праці на робочих місцях – клас та ступінь шкідливості умов праці;

- число робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам за рівнями шкідливих та небезпечних виробничих факторів, таких як шум, вібрація, запиленість та загазованість повітря робочої зони, електромагнітні випромінювання, несприятливий мікроклімат, недостатнє освітлення і т. ін.;

- кількість працівників, які працюють на важких фізичних, небезпечних та шкідливих для їх здоров’я роботах;

- небезпечні ділянки виробництва;

- технологічні операції, види робіт та виробниче обладнання, що не відповідають вимогам безпеки праці;

- наявність засобів індивідуального захисту;

- розрахункові показники виробничого травматизму, професійних захворювань, захворювань з тимчасовою втратою працездатності;

- умови санітарно-побутового забезпечення працівників підприємства [2].

Об’єктами, що підлягають паспортизації, є структурні підрозділи в цілому та окремі робочі підприємства У випадку, якщо умови праці в структурному підрозділі за характером виробничих факторів не є однаковими для працівників цього підрозділу, об’єктом паспортизації може бути група робочих місць, що характеризуються однаковими умовами праці.

Безпосередню відповідальність за проведення паспортизації та розробку необхідних заходів з охорони праці на підприємстві несе роботодавець, а в структурних підрозділах це керівники цих структурних підрозділів.

Перед проведенням паспортизації умов і охорони праці на підприємстві чи в їх структурних підрозділах видається наказ по підприємству. У наказі зазначаються строки проведення паспортизації, об'єкти паспортизації, порядок проведення збору та аналізу вихідних даних, а також призначені для здійснення цієї роботи особи.

Паспортизація проводиться щорічно, для проведення паспортизації залучаються працівники служби охорони праці, відділів і служб головного технолога, механіка, енергетика, медико–санітарної частини капітального будівництва та інших структурних підрозділів підприємства. Служба охорони праці надає методичну допомогу в проведенні паспортизації.

Оформлення паспорта санітарно–технічного стану умов і охорони праці усього підприємства здійснюється на основі сукупності паспортів санітарно–технічного стану умов та охорони праці структурних підрозділів, в яких містяться результати обстеження робочих місць, будівель і споруд, санітарно–побутових приміщень, вимірів факторів виробничого середовища та інші показники. Допускається використання матеріалів з проведення атестації робочих місць за умовами праці та лабораторних вимірювань, які проводилися протягом року, а також результати проведених вимірювань на робочих місцях раніше, якщо не сталося змін умови праці на цих робочих місцях за визначений термін.

Для проведення атестації робочих місць за умовами праці та встановлення пріоритету в проведенні оздоровчих заходів використовується державні санітарні норми та правила “Тігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу” затверджена наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 № 248.

Згідно з “Порядком проведення атестації робочих місць за умовами праці” затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 1 серпня 1992 р. № 442, на підставі аналізу результатів атестації, кожне робоче місце, у випадку позитивного рішення щодо його атестації, може бути віднесене до однієї із двох наступних груп:

“Атестоване” – робоче місце, яке відповідає вимогам нормативних актів з охорони праці. До цієї групи належать робочі місця, на яких стан умов праці належить до 1–2 класу (оптимальні чи допустимі) за Гігієнічною класифікацією.

“Атестоване і вимагає пільг і компенсацій” – робоче місце, на якому стан умов праці відноситься до 3 класу за Гігієнічною класифікацією (важкі та шкідливі умови).

На основі атестації встановлюються шкідливі виробничі фактори, які можуть вплинути на стан здоров'я працівників, а також їх майбутнє покоління та призначаються пенсії за віком на пільгових умовах відповідно списками № 1 і № 2 робіт, виробництв, посад, професій, що дають право на пільгове пенсійне забезпечення.

Атестація робочих місць за умовами праці проводиться згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 442 від 1.09.1992 р. про “Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці”. Атестація робочих місць за умовами праці проводиться на усіх підприємствах, де технологічний процес, сировина та матеріали, використовуване обладнання виступають потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо впливати на стан здоров'я працюючих, а також на їхніх нащадків.

Основною метою атестації є регулювання відносин між роботодавцем і працівниками у галузі реалізації їх прав на здорові й безпечні умови праці, пільги та компенсації за роботу у несприятливих умовах, пільгове пенсійне забезпечення.

Атестацію робочих місць за умовами праці проводить атестаційна комісія, її склад та повноваження встановлюються наказом по підприємству в строки, передбачені колективним договором, але не рідше 1 разу на 5 років. Роботодавець несе безпосередню відповідальність за якісне та своєчасне проведення атестації робочих місць.

Позачергова атестація робочих місць за умовами праці може проводитися при докорінній зміні умов і характеру праці за ініціативи роботодавця, трудового колективу або його виборного органу, профспілкового комітету, органів Державної експертизи умов праці разом з санітарно–епідеміологічної службою МОЗ.

Для проведення атестації також можуть залучатися науково–дослідницькі та проектні організації, технічні інспекції праці профспілок, інспекції Держпраці.

Атестація робочих місць за умовами праці передбачає:

- встановлення причин та факторів виникнення несприятливих умов праці;
- дослідження виробничих факторів, важкості й напруженості праці на робочому місці;
- проведення комплексної оцінки факторів виробничого середовища та умов праці на відповідність їх характеристик стандартам безпеки праці, будівельним та санітарним нормам і правилам;
- встановлення ступеня шкідливості й небезпечності праці та її характеру за Гігієнічною класифікацією;
- обґрунтування висновку про віднесення робочого місця до категорії із шкідливим чи особливо шкідливими, важкими чи особливо важкими умовами праці;
- визначення чи підтвердження прав працівників на пільгове пенсійне забезпечення за роботу в несприятливих та шкідливих умовах;
- складання списку робочих місць, виробництв, професій та посад з пільговим пенсійним забезпеченням працівників;

➤ аналіз проведення технічних та організаційних заходів, направлених на оптимізацію рівня гігієни та безпеки праці.

Санітарно–гігієнічні вимірювання та дослідження факторів виробничого середовища і трудового процесу проводяться санітарними лабораторіями підприємств і організацій, атестованих органами Держстандарту і МОЗ за списками, що узгоджуються з органами Державної експертизи умов праці, а також на договірній основі лабораторіями територіальних санітарно–епідеміологічних станцій.

Відомості про результати атестації робочих місць відповідно до існуючої інструкції Мінпраці та Міністерства охорони здоров'я України за № 06–41–48 від 30.11.1992 р. із заповненням карти умов праці при проведенні атестації робочих місць заносяться до карти умов праці.

Дотримання загальних санітарно–гігієнічних вимоги до планування промислових підприємств та виробничих приміщень, до організації робочого місця, забезпечення на підприємстві необхідних безпечних та нешкідливих умов праці призведе до зниження виробничого травматизму, професійних захворювань, аварій та пожеж на підприємстві. А це в свою чергу знизить витрати підприємства, пов'язані з нещасними випадками та аваріями а підприємстві.

ВИСНОВКИ

Метою магістерської роботи було розробити технологію обробки деталі "вал-шестерня". У ході роботи було розроблено технологічний процес, враховуючи техніко-економічне обґрунтування вибору шляху, що підтверджує економічну доцільність обраної технології.

У процесі механічної обробки використовувалися високопродуктивні верстати з ЧПК від компанії HAAS (США). З урахуванням серійного виробництва впровадження такого високопродуктивного обладнання виявилось єдиним можливим варіантом для забезпечення високої продуктивності, покращення якості оброблюваної деталі та зменшення часу, витраченого на операції, пов'язані зі змінами режимів різання чи інструментів.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки та технологічного процесу підтвердило доцільність та економічність обраного варіанту. Виконані розрахунки припусків на механічну обробку гарантують раціональне використання металу для виготовлення деталі, а режими обробки забезпечують високу точність та якість.

Також був розроблений контрольний пристрій для моніторингу торцевого биття. За допомогою САМ програми Esprit створено керуючу програму для токарного верстата HAAS ST-20. В розділі дослідження представлені результати аналізу джерел шуму чи вібрацій та способи їх зменшення.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія машинобудування: навч. посіб. / Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. - Львів: "Новий Світ-2000", 2012.-358 с.
2. 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 (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Технологічні основи машинобудування. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи студентів інженернохімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту / Укл. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Субін А.А., Гриценко В.М. Під редакцією Петракова Ю.В. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 112 с.
4. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – 421с.
5. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
6. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С.. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 353 с., іл.
7. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – К., 1993. – 544 с.

8. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

9. Пуховський Є.С., Малафеев Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с., іл.

10. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.

11. Охорона праці та цивільний захист : підручник / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацірний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська. – К. : Каравела, 2021. – 472 с.

12. Основи охорони праці : навчальний посібник / Я. І. Бедрій, Р. М. Івах. – К. : Кондор, 2018. – 464 с.