

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
«КУЛІСА Д02416.3» З ВИКОРИСТАННЯМ CAD/CAM-СИСТЕМ»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-216
спеціальності ІЗМ «Прикладна механіка»
(шифр спеціальності)


(підпис)

Андрій ГУЦАЛЮК
(ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Олег ПІСЕНКЕВИЧ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 11 » 06 2025

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ
Олег АНТОНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ Козлов Л. Г.

« 16 » 06 2025р.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Дніпропетровський національний технічний університет
факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
галузь знань – 13 «Механічна інженерія»
(шифр і назва)
спеціальність – 13 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)
освітньо-професійна програма – Комп'ютеризовані технології та мехатронні
(назва освітньо-професійної програми)
системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ
начальник виробничо-технологічної
служби ТОВ «Техносмарт Груп»
Андрішук В.В.

« 20 » 03 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ТАМ
д. т. н., професор Козлов Л. Г.

« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гуцалюк Андрій Мииколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі
Куліса Д02416.3» з використанням CAD/CAM-систем.

Рівень роботи Піонткевич Олег Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97

Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

Вихідні дані до проекту (роботи): тип виробництва дрібносерійний; річна
програма 2 тисячі штук. Метод виготовлення заготовки плазмовий розкрій з
листвого прокату

Зміст текстової частини: вступ, анотації, аналіз конструкцій і технологічності
деталі, проектування вихідної заготовки, розробка маршруту механічної обробки,
обрахунок кількості ступенів механічної обробки, вибір технологічних баз,
розробка маршруту механічної обробки, розмірний аналіз технологічного процесу,
визначення припусків і технологічних розмірів, визначення за нормативами
режимів різання на обробку, охорона праці; перелік посилань

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

робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

карта налагоджень на операцію.

6. Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	завдання прийняв
спеціальна частина	Олег ПОНТКЕВИЧ, доцент кафедри ТАМ	20.03.25р 	06.06.25р
Охорона праці	Олег БЕРЕЗІОК, професор кафедри БЖД ПБ	26.05.25р 	06.06.25р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання		При
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25р	20.03.25р	Всес
2	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25р	25.04.25р	Всес
3	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25р	28.05.25р	Всес
4	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25р	06.06.25р	Всес
5	Перевірка на антиплагіат	06.06.25р	09.06.25р	Всес
6	Нормоконтроль БКР	09.06.25р	10.06.25р	Всес
7	Попередній захист БКР	10.06.25р	11.06.25р	Всес
8	Рецензування БКР	12.06.25р	13.06.25р	Всес
9	Захист БКР	17.06.25р.	19.06.25р.	Всес

(підпис)

Андрій ГУЦАЛІК
(Ім'я і прізвище)

фиджитис

Олег ПОНТКЕР
(Ім'я і прізвище)

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Гуцалук А.М. Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Куліса Д02416.3» з використанням CAD/CAM-систем. Бакалаврська кваліфікаційна робота за спеціальністю 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні. Вінниця: ВІТУ, 2025. 75 с.

Мовою оригіналу – українською. Бібліографія: 32 назв; 10 рис.; 21 табл.:

У роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Куліса Д02416.3» з використанням CAD/CAM-систем.

В основній частині роботи виконано аналіз технологічності конструкції деталі; вибрано спосіб виготовлення вихідної заготовки з урахуванням якісного порівняння можливих варіантів; спроектовано технологічний процес; визначені припуски на механічну обробку; виконано розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання і технічні норми часу; проведено розрахунки окремих елементів ділянки механічної обробки, а саме визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів та робітників на ділянці.

Розділ охорони праці присвячений аналізу причин виникнення, впливу на організм людини та нормування шкідливих і небезпечних виробничих чинників приміщенні. Подано рекомендації з поліпшення умов праці та дотримання вимог пожежної безпеки.

В графічній частині розроблено креслення деталі, вихідної заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки заготовки деталі, схеми з таблицями, що демонструють результати розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки, графіки завантаження верстатів.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, куліса.

ABSTRACT

Hutsaliuk A.M. Technological process of machining the workpiece of the part “Curtain D02416.3” using CAD/CAM systems. Bachelor's thesis in specialty 131 – Applied Mechanics, educational program – Computerized Technologies and Mechatronic Systems in Mechanical Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 75 p.

Original language – Ukrainian. Bibliography: 32 titles; Figs 10 ; Tables 21:

The paper designs the technological process of machining the workpiece of the part "Curtain D02416.3" using CAD/CAM systems.

In the main part of the work, we analyze the manufacturability of the part design; select the method of manufacturing the initial workpiece, taking into account a qualitative comparison of possible options; design the technological process; determine the machining allowances; perform a dimensional analysis of the machining process; determine the cutting modes and technical time standards; calculate the individual elements of the machining section, namely, determine the program, calculate the number of machines and workers at the section.

The occupational safety section analyzes the causes and effects of harmful and hazardous industrial factors on the human body, as well as their regulation in the workplace. Recommendations are provided for improving working conditions and complying with fire safety regulations.

The graphical part includes drawings of the part, the initial workpiece, a graphical representation of the machining route of the workpiece, diagrams with tables showing the results of dimensional analysis of the machining process, and machine tool loading schedules.

Keywords: technological process, machining, workpiece, curtain.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ	7
2 ПРОЄКТУВАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ	9
3 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	11
3.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	11
3.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні Ø110H7. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності. Вибір (з поясненням) способів обробки поверхонь	12
3.3 Вибір технологічних баз	14
3.3.1 Вибір чистових технологічних баз	14
3.3.2 Вибір чорнових технологічних баз	14
3.4 Проєктування двох варіантів маршруту механічної обробки	15
3.5 Порівняння маршрутів механічної обробки й вибір кращого з них	21
3.6 Вибір верстатного обладнання	22
3.7 Проєктування лазерного розкрою	25
3.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	26
4 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	32
4.1 Вибір розташування технологічних розмірів (крім діаметральних)	32
4.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів	32
4.3. Розмірна схема технологічного процесу	33
4.4. Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф	34
4.5. Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів	35
4.6. Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)	36
4.7. Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів	36

5 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНИХ НОРМИ ЧАСТУ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ	39
5.1 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів. оптимізація на ЕОМ режимів різання на обробку тонким розточуванням	39
5.2 Визначення технічних норм часу для виконання операцій	45
5.3 Визначення завантаження обладнання	48
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	51
6.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних факторів факторів у приміщенні	51
6.2 Карта умов праці	55
6.2.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесів	55
6.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці	56
6.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня	57
6.2.4 Атестація робочого місця	57
6.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці	57
6.3 Пожежна безпека	57
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ	63
ДОДАТОК А	64
ДОДАТОК Б	66
ДОДАТОК В	69

ВСТУП

Технологічний процес механічної обробки – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана зі зміною форми, розмірів або властивостей оброблюваної заготовки, що виконується в певній послідовності. Технологічний процес складається з низки операцій.

Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей машин – один із самих відповідальних етапів, що пов'язаний з виробництвом виробів в машинобудівній промисловості. Побудований з використанням прогресивних підходів та рішень, технологічний процес забезпечує можливість одержання якісної продукції, високої продуктивності праці та низької собівартості виробів. Використання засобів автоматизації дозволяє полегшити працю робітників, зробити її більш ефективною.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки деталі «Куліса Д02416.3».

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні завдання:

- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- спроектувати маршрут механічної обробки деталі;
- провести розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати аналітичним способом припуски на вказану поверхню;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі.

Апробація результатів роботи. Доповіді на конференціях:

Покращення фізико-механічних характеристик елементів приводу подрібнювача за допомогою CAD/CAE-систем [Електронний ресурс] / А. Д. Барановський, А. М. Гуцалюк, Б. В. Васищенко, О. В. Піонткевич // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. Електрон. текст. дані. 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15983>.

2. CAD/CAE аналіз елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / І. В. Бучало, А. М. Гуцалюк, Б. В. Васищенко, О. В. Піонткевич // Матеріали LII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17391>.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

Технологічність конструкції - сукупність властивостей конструкції виробу. виробу, що виявляються в можливості оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовленні, експлуатації, ремонті та утилізації порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того самого призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту.

Основні цілі аналізу технологічності полягають у виявленні недоліків конструкції, а також можливе поліпшення технологічності розглянутої конструкції.

Деталь «Куліса Д02416.3» виготовляється зі сталі 20 за ДСТУ 7809:2015.

Хімічний склад матеріалу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі

Масова частка елементів, %							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
			не більше				
0.71-0.24	0.17-0.37	0.35-0.65	0.030	0.035	0.25	0.30	0.30

Сталь 20 - сталь конструкційна вуглецева якісна конструкційна. Основну частину цього матеріалу становить залізо - 98%. Концентрація вуглецю в цій марки сталі згідно з маркуванням становить 0,2%. Вуглець відповідає за зміцнення, чим менше вуглецю в складі, тим матеріал пластичніший. Також у складі сплаву присутня велика концентрація магнію і кремнію (0,35-0,65% і 0,17-0,37% відповідно). Основним призначенням кремнію є видалення частинок кисню, водню та азоту зі складу сплаву, що дає змогу зменшити пористість і кількість газових раковин, які сильно впливають на міцність сталі. сильний вплив на міцність сталі. Марганець сприяє видаленню сірки та позитивно впливає на

мість поверхні, а також знижує ймовірність утворення тріщин під час гарячої обробки. утворення тріщин під час гарячої обробки тиском. У Сталь 20 входять й інші елементи, такі як нікель, хром і мідь (0,2-0,3% кожен), позитивно впливають на властивості цього матеріалу (збільшують корозійну стійкість), фосфор і сірка (0,035-0,04% кожен), які є шкідливими типами домішок (підвищують крихкість, знижують в'язкість і стійкість до ударних навантажень).

Сталь 20 володіє хорошими експлуатаційними властивостями стосовно для даної деталі і легко піддається обробці різанням.

Куліса належить до типу деталей плоскої коробчастої форми. В конструкції деталі присутні наскрізні пази, глухий паз, а також отвір $\varnothing 110$ мм. До всіх оброблюваних поверхонь є вільний доступ різального інструменту. У конструкції деталі відсутні площини, розташовані під тупим або гострим кутом, а також відсутні отвори, розташовані не під прямим кутом до площини входу і виходу.

Найбільший квалітет точності оброблюваних поверхонь - 7, що дає змогу обробити деталь на верстатах економічно досяжної точності. Найвищий параметр шорсткості - $Ra 1,25$.

Під час механічної обробки будуть використовуватися операції: свердління, фрезерування, шліфування.

Креслення оброблюваної деталі має всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про деталь, тобто всі проекції, розміри та перерізи. На кресленні вказані всі розміри з необхідними відхиленнями, необхідна шорсткість оброблюваних поверхонь. Зазначено відомості про матеріал деталі.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Отримання заготовки з потрібного матеріалу є першим етапом виготовлення деталі. Методи виконання заготовок для деталей машин визначаються призначенням і конструкцією, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску. Заготівля за можливістю має бути максимально наближеною до форми і розмірів готової деталі. Це робиться для зменшення витрат матеріалу, електроенергії та часу виготовлення.

Залежно від матеріалу, призначення деталі та необхідної точності виготовлення заготовки отримують куванням, литтям, штампуванням, прокаткою, висадкою, прокаткою, волочінням та іншими способами. Як заготовки для деталей у дрібносерійному виробництві зазвичай застосовують недорогий напівфабрикат - прокат: круг, пруток, труба, лист, куточок, швелер.

Для представленої деталі доцільно розглянути два способи отримання заготовки:

- 1) Листовий прокат;
- 2) Штампування;

Визначимо коефіцієнт використання металу для перелічених

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) визначається відношенням маси готової деталі (q) до маси вихідної заготовки (Q):

$$K = \frac{q}{Q}. \quad (2.1)$$

Маса деталі – $q = 10.27$ кг.

Для штамповки – $Q = 11.52$ кг, тоді:

$$K = \frac{10.27}{11.52} = 0.89;$$

Для листового проката – $Q = 24.23$ кг, тоді:

$$K = \frac{10.27}{24.23} = 0.42$$

Порівнюючи коефіцієнти, можна зробити висновок, що переважніше буде використання заготовок, отриманих за допомогою штампа. Однак при використанні такого методу виникає необхідність виготовлення спеціального обладнання (штампа), що є економічно не вигідним при дрібносерійному виробництві. На другому місці перевагою стоїть метод отримання заготовок за допомогою лиття, але його також не доцільно застосовувати, оскільки при цьому відбуваються додаткові витрати часу і коштів на виготовлення моделей і виробництво виливків. Виходячи з вищесказаного очевидно, що використання листового прокату при цьому типі виробництва є найбільш раціональним.

3 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

При розробці технологічного маршруту механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові технологічні процеси обробки деталей схожої форми і призначення. Це дозволяє скоротити терміни проєктування та підвищити якість технологічного проєкту. Задана деталь відноситься до класу плоских деталей складної форми.

Деталь виготовляється з якісної вуглецевої сталі (Сталь 20, ДСТУ 7809:2015), що забезпечує її міцність та зносостійкість. Основним способом отримання заготовок для таких деталей є лиття в піщані форми, штампування або листовий прокат, залежно від умов виробництва. Тип виробництва – дрібносерійний.

Технологічні бази вибираються з урахуванням конструктивних особливостей деталі, її призначення та точності відносного розташування поверхонь. Для початкових операцій обробки використовуються необроблені поверхні литої заготовки, які забезпечують стійкість при закріпленні у пристрої. У подальшому базовими можуть виступати циліндричні або плоскі оброблені поверхні, що мають відносно високу точність.

Маршрут являє собою послідовність проходження заготовки деталі по цехах і виробничих дільницях підприємства під час виробничого процесу.

Послідовність операцій для виготовлення заданої деталі «Куліса Д02416.3» згідно з технічними вимогами, умовами виробництва і необхідними параметрами точності представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технологічний маршрут деталі «Куліса Д02416.3»

Номер операції	Назва операції
1	2
005	Лазерна розкрійна з ЧПК.
010	Фрезерна-багатоцільова
015	Фрезерна
020	Плоске шліфування
025	Слюсарна
030	Промивна

3.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні Ø110H7. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності. Вибір (з поясненням) способів обробки поверхонь

Головне завдання розмірного аналізу технологічного процесу – правильне й обґрунтоване визначення проміжних і остаточних розмірів і допусків на них для оброблюваної деталі.

Розрахунок лінійних технологічних розмірів виконується для точних поверхонь з умови забезпечення мінімальних припусків на обробку. .

1. Деталь — Куліса Д02416.3.
2. Оброблювана поверхня — Ø110H7(+0,035)
3. Матеріал деталі — сталь 20.
4. Виробництво — дрібносерійне.
5. Вихідна заготовка — плазманий розкрій з листового прокату.

Вважатимемо, що перший перехід механічної обробки використовується для видалення напуску та попередньої обробки отвора і забезпечує 7-й квалітет точності [18, С. 8, табл. 4]. Таким чином, допуск діаметрального розміру після першого переходу $T_{\text{заг}} = 1000$ (мкм).

Визначимо загальне уточнення

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{1000}{35} = 28.$$

Припустимо, що таке уточнення може бути досягнуто за три подальших переходи механічної обробки. Прийmemo: $\varepsilon_1 = 4$; $\varepsilon_2 = 3$.

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому (останньому) переході,

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{28}{4 \cdot 3} = 2.3$$

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів.

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_1} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ (мкм)};$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_2} = \frac{250}{3} = 83 \text{ (мкм)};$$

$$T_4 = T_{\text{дет}} = \frac{T_3}{\varepsilon_3} = \frac{83}{2,2} = 36 \text{ (мкм) (IT8)}$$

Отримані розрахункові значення допусків технологічних розмірів, які мають бути забезпечені на другому і третьому переходах, збільшиmo до найближчих нормативних значень. Таким чином, прийmemo остаточно: $T_2 = 250 \text{ мкм (IT12)}$; $T_3 = 90 \text{ мкм (IT10)}$.

Виберемо способи механічної обробки отвору. З урахуванням необхідності забезпечення жорсткої вимоги паралельності осі отвору вибираємо як спосіб механічної обробки для усіх трьох переходів розточування (чорнове, чистове і тонке). Тонке розточування забезпечує як необхідну точність діаметрального розміру (IT8), так і вимоги до шорсткості поверхні ($Ra 1,25$).

3.3 Вибір технологічних баз

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі; технічні вимоги; метод виготовлення заготовки та стан її поверхонь.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на розміри, що утворюються, або звести її до нуля. Ці вимоги забезпечуються за умов співпадання технологічної та вимірювальної баз, або зв'язком обробленої поверхні з необробленою, а також обробка відповідних поверхонь з одного установу. За умов неможливості забезпечення цих принципів необхідно намагатись виконувати умову використання постійного комплекту баз, це не виключає похибку базування, але дозволяє її мінімізувати. Похибка базування на поверхні, розміри яких утворюються за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю.

3.3.1 Вибір чистових технологічних баз

Для деталі «Куліса Д02416.3» чистовими технологічними базами прийнято внутрішні та зовнішні поверхні деталі. Базування здійснюється на площину із упором в торці або в оправці. При цьому поверхні деталі «Куліса Д02416.3» забезпечують закріплення та обробку її відносно заявлених баз з досягненням відповідної точності. Тому при використанні цих чистових баз забезпечено принцип постійності баз та відповідність технологічних до конструкторських баз. Також це дозволяє досягнути всіх допусків форми і розташувань.

3.3.2 Вибір чорнових технологічних баз

Чорновою базою в нашому випадку обраємо класичну схему базування для фрезерної операції за зовнішній поверхні заготовки для утворення поверхні для чистової бази, що зменшує припуски на обробку. Запропоновані чистові і чорнові бази забезпечують всі необхідні вимоги до деталі.

Продовження таблиці 3.2

№ операції	Операція, переки	Ескіз обробки, схема базування	Верстат
010	Фрезерна багатопільова 1. Встановити та закріпити деталь. Установ А 2. Фрезерувати площину 1. 3. Переустановити деталь. Установ Б. 4. Фрезерувати площину 2. 5. Фрезерувати паз 4, витримуючи розміри згідно з ескізом. 6. Фрезерувати фаску 3 7. Зняти деталь.		Багатопільовий верстат ЛТ-260МФЗ
015	Фрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати зовнішній контур 1 попередньо. 3. Фрезерувати зовнішній контур 1 остаточно. 4. Зняти деталь.		Багатопільовий верстат ЛТ-260МФЗ

Продовження таблиці 3.2

№ операції	Операція/перехід	Ескіз обробки, схема базування	Верстат
1	2	3	4
020	Пласке шліфування 1. Встановити та закріпити деталь. Установ А. 2. Шліфувати площину 1, згідно ескізу. 3. Переустановити деталь. Установ Б. 4. Шліфувати площину 2, згідно ескізу. 5. Зняти деталь.		Шліфувальний верстат з ЧПК
025	Слюсарна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Зняти задири, притупити гострі кромки. 3. Зняти деталь.		Слїд слюсарний
030	Промивна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Промити деталь. 3. Зняти деталь.		Мийна машина АМ500 Т

Таблиця 3.3 – Технологічний процес виготовлення деталі «Куліса Д02416.3»
(другий варіант)

№ операції	Операція, перехід	Ескіз обробки, схема базування	Верстат
1		3	4
005	Заготівельна Встановити заготовку на столі. Бази: площина. 1. Встановити і закріпити лист металу; 2. Нарізати заготовку витримуючи розміри згідно з ескізом; 3. Зняти заготовку.		Пропановий різак KRASS РЗП-300 2117527
010	Фрезерна Установити заготовку в лещата. Бази: площина і дві сторони. 1. Встановити і закріпити деталь. Установ А. 2. Фрезерувати площину 1 у розмір 31-0,062 мм; 3. Перевстановити деталь. Установ Б; 4. Фрезерувати площину 2 у розмір 29,5-0,052 мм; 5. Зняти деталь.		Горизонтально-фрезерний верстат НЗ 6045

Продовження таблиці 3.3

опе- рації	Операція, перехід	Ескіз обробки, схема базування	Верстат
1	2	3	4
015	Координатно-розточувальна Встановити заготовку в лещата. Бази: площина і дві сторони. 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Центрувати наскрізний отвір 1 $\varnothing 10 \pm 0,43$ мм, витримуючи розміри згідно з ескізом; 3. Свердлити наскрізний отвір 1 $\varnothing 60 \pm 0,74$ мм, витримуючи розміри згідно з ескізом; 4. Розсвердлити наскрізний отвір 1 $\varnothing 70 \pm 0,74$ мм, витримуючи розміри згідно з ескізом; 5. Розточити наскрізний отвір 1 $\varnothing 110 \pm 0,035$ мм, витримуючи розміри згідно з ескізом. 6. Точити фаску в розмір $1,75 \times 45^\circ$ мм; 7. Зняти деталь.		Координатно-розточувальний верстат 2A450
020	Фрезерна з ЧПК (Підготовка баз) Встановити заготовку в лещата. Бази: площина і дві сторони. 1. Встановити і закріпити деталь; 2. Фрезерувати фаску в розмір $1,75 \times 45^\circ$ мм; 3. Фрезерувати наскрізний паз 1 у розмір $18 \pm 0,043$ мм, витримуючи розміри згідно з ескізом; 4. Фрезерувати уступ 2 у розмір $30 \pm 0,052$ мм, витримуючи розміри згідно з ескізом; 5. Фрезерувати паз 3, витримуючи розміри згідно з ескізом; 6. Зняти деталь.		OPTIMILL F 105 3-х осьовий обробний центр ЧПК Sinumerik 808D ADVANCED
025	Слюсарна 1. Встановити і закріпити деталь; 2. Зняти задирки, притупити гострі кромки; 3. Зняти деталь.		Стіл слюсарний
030	Контрольна 1. Контролювати розміри отриманих поверхонь; 2. Контролювати відхилення отриманих поверхонь; 3. Контролювати шорсткість отриманих поверхонь.		Стіл контрольний

Кафедра Продовження таблиці 3.3

20

Продовження таблиці 3.3

опе- рації	Операція, перехід	Ескіз обробки, схема базування	Верстат
1	2	3	4
035	Фрезерна з ЧПК Встановити деталь у спеціальне пристосування. Бази: $\varnothing 110$ мм і наскрізний паз. - Встановити і закріпити деталь; - Фрезерувати криволінійні наскрізні пази 2 і 3, витримуючи розміри згідно з ескізом; - Фрезерувати зовнішній контур 1, витримуючи розміри згідно з ескізом; - Зняти деталь.		OPTImill F 105 3-х осьовий обробний центр з ЧПК Sinumerik 808D ADVANCED
040	Слюсарна - Встановити і закріпити деталь; - Зняти задири, притупити гострі кромки; - Зняти деталь.		Стіл слюсарний
045	Плоскошліфувальна Установити деталь на магнітному столі. Бази: площина. - Встановити і закріпити деталь. Установ А; - Шліфувати поверхню 1 у розмір $29,25 \pm 0,021$ мм; - Переустановити деталь. Установ Б; - Шлифувати поверхню 2 в розмір 29 мм; - Зняти деталь.		Плоскошліфувальний верстат Ротар РВР- 250

Продовження таблиці 3.3

опе- рації	Операція, перехід	Ескіз обробки, схема базування	Верстат
1	2	3	4
060	Контрольна 1. Контролювати розміри отриманих поверхонь; 2. Контролювати відхилення отриманих поверхонь; 3. Контролювати шорсткість отриманих поверхонь		
065	Консервація 1. Консервувати деталь за ТТП 60270-00001, варіант 14; 2. Деталі здати на СГД (склад готових деталей).		

3.5 Порівняння маршрутів механічної обробки й вибір кращого з них

Критерієм раціональності зіставлення двох способів механічної обробки є найменші приведені витрати на один виріб. Зберемо підручки обчислення штучно-калькуляційного часу на операції в таблицю.

Таблиця 3.4 – Основний час маршруту механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t ₀ , хв.			
	Формула	Розміри		Всього
		d	l	
010				
2. . Фрезерувати площину 1 у розмір 31-0,062 мм	0,00023Dl	31	480	3,4
045				
4. Шлифувати поверхню 2 в розмір 29 мм	0,00036Dl	29	476	3,1

Таблиця 3.5 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час t_o , хв	Коефіцієнт ϕ_k	Штучний час $t_{шт}$, хв
<u>Перший варіант</u>			
010+013	26	1,6	44
<u>Другий варіант</u>			
010+015	36	2,1	61

Таблиця 3.6 – Приведені годинні витрати

Тип верстату	Штучний час t_o , хв	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$	Технологічна собівартість C_o , грн
<u>Перший варіант</u>			
ЛТ-260МФ3	44	45,3	0,69
<u>Другий варіант</u>			
FX6045	61	63,1	2,23

Отже, продукція, створена за першим з-поміж запропонованих нами технологічних процесів, буде мати нижчу собівартість, аніж деталь, що виготовлена за другим варіантом технологічного маршруту, що є на 1,54 грн дешевше.

3.6 Вибір верстатного обладнання

Для виконання технологічної операції 005 вибираємо верстат лазерного різання та робочою зоною, яка забезпечує установку заготовки та послідовне виконання всіх технологічних переходів.

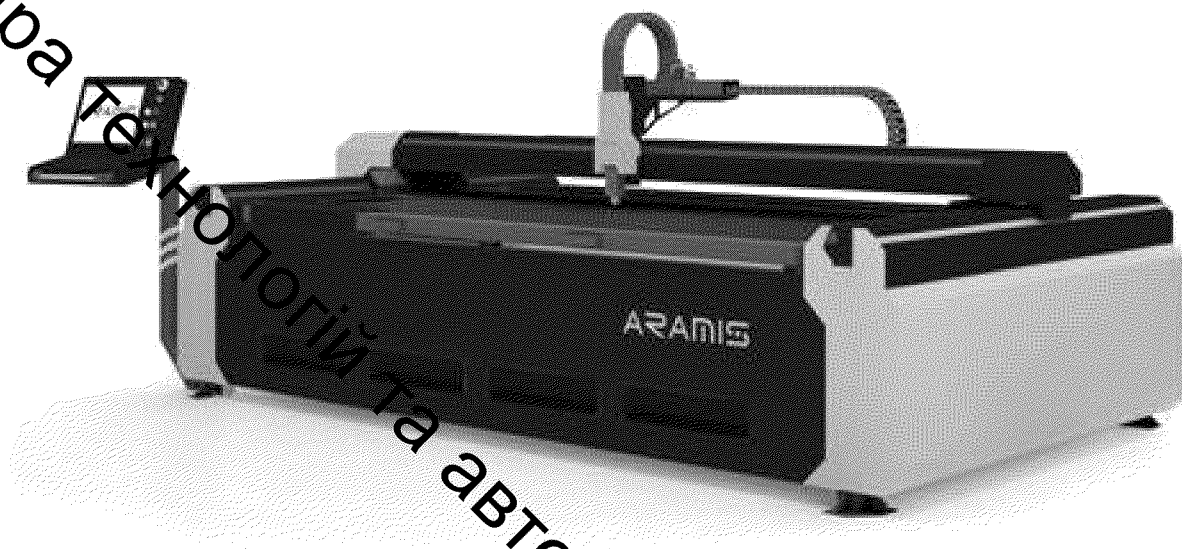


Рисунок 3.1 – Верстат лазерного різання LTC 85

Основні технічні характеристики верстата для лазерного різання серії LTC85

Таблиця 3.4 – Лазерне джерело

Параметр	Значення
Тип лазера	Ітербієвий волоконний
Передача променя	Через оптоволокно
Ширина плями сфокусованого випромінювання	0,07–0,15 мм
Середня потужність випромінювання	500–6000 Вт
ККД лазерного джерела, не менше	30%
Параметр	Значення
Тип лазера	Ітербієвий волоконний
Передача променя	Через оптоволокно
Ширина плями сфокусованого випромінювання	0,07–0,15 мм
Середня потужність випромінювання	500–6000 Вт
ККД лазерного джерела, не менше	30%

Таблиця 3.5 – Система руху

Параметр	Значення
Кінематична схема	Портальна, лист нерухомий
Базові варіанти розмірів поля обробки	2500×1250; 3000×1500;
Тип приводу координат X,Y	Лінійний привід
Тип приводу координати Z	Серворпривід
Система ЧПУ	США
Точність позиціонування за координатами (X, Y)	±0.01 мм
Максимальна швидкість переміщення	80 м/хв

Таблиця 3.6 – Загальні характеристики системи

Параметр	Значення
Система підтримки фокусу	Безконтактна
Тип охолодження	Автономне
Напруга живлення	380±18%; 50Гц; 3-фази
Потужність споживання лазерної установки, не більше	до 5,0 (для лазера 500 Вт)

Переваги:

- Контурна точність лазерного різання може досягати ±0.01 мм.
- Висока якість різу. Лазерний верстат дозволяє отримувати найвищу якість різу завдяки високоточній системі контролю різу.
- Висока продуктивність. Лазерна установка для різання металу серії LTC85 дозволяє отримувати високу швидкість різання завдяки інноваційним рішенням у галузі лінійного приводу портального механізму.
- Ефективне програмне забезпечення.
- Висока стабільність та надійність системи.
- Економічність в експлуатації. Лазерні верстати ARAMIS дозволяють отримувати кращі техніко-економічні показники.

3.7 Проектування лазерного розкрою

Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Куліса Д01416.3» вимагає визначення послідовності виконання технологічних переходів в кожній технологічній операції.

005 Лазерна розкрійна з ЧПК. Верстат моделі LTC 85

1. Установити, закріпити заготовку листа.
2. Вирізати отвір 1, витримуючи розмірів 1.
3. Вирізати на поверхні, витримуючи розміри 2 3 4, .
4. Витримуючи розміри 5 , повторити операції 005.02, 005.03.
5. Зняти заготовку

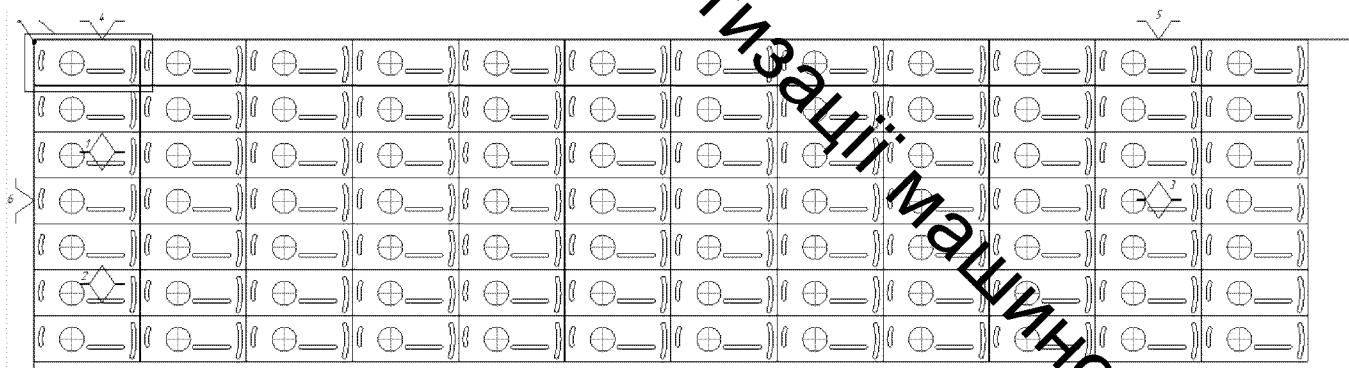


Рисунок 3.2 – Схема базування по загальними технологічним базам

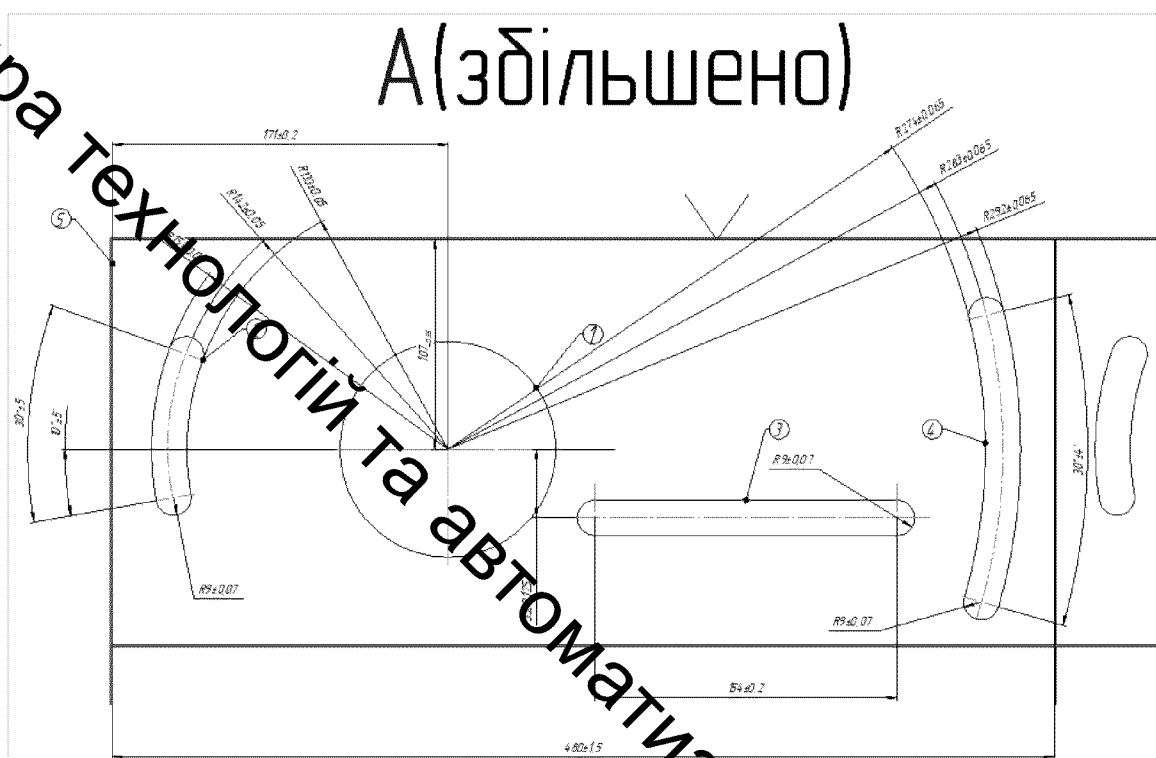


Рисунок 3.3 – Збільшений вид деталі «Куліса Д02416.3»

3.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Під час проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок необхідно встановити оптимальні припуски обробки заготовок. Необхідно встановити оптимальні припуски, які забезпечили б задану точність і якість оброблюваних поверхонь.

Припуском на обробку називається товщина шару матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні.

Мінімальні припуски на обробку z_{min} визначаються двома методами: нормативним і розрахунково-аналітичним.

За нормативного методу значення z_{min} знаходять безпосередньо за таблицями, які складені шляхом узагальнення і систематизації виробничих даних.

При розрахунково-аналітичному методі, z_{min} знаходять шляхом підсумовування окремих складових, що дає змогу найточніше врахувати

зокремі умови обробки.

Мінімальний проміжний припуск під час обробки отвору Ø110H7 мм:

$$2 \cdot z_{imin} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (3.1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma-1}$ – сумарні відхилення розташування поверхонь і в деяких випадках відхилення форми поверхонь;

ε_i – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Просторове відхилення:

$$\Delta_{\Sigma-1} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\Sigma n}^2}, \quad (3.2)$$

де $\Delta_{\Sigma k}$ – величина кривизни заготовки,

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l, \quad (3.3)$$

де Δ_k – питома величина кривизни заготовки з прокату,

l – довжина заготовки.

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l = 0.12 \cdot 207 = 84.84 \text{ мкм.}$$

$\Delta_{\Sigma n}$ – питома кривизна заготовки з прокату.

$$\Delta_{\Sigma n} = 0.25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}, \quad (3.4)$$

де T – допуск на розмір бази заготовки.

$$\Delta_{\Sigma\Pi} = 0.25 \cdot \sqrt{T^2 + 1} = 0.25 \cdot \sqrt{0.052^2 + 1} = 0.25 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\Sigma-1} = \sqrt{\Delta_{\Sigma\kappa}^2 + \Delta_{\Sigma\Pi}^2} = \sqrt{84.84^2 + 0.25^2} = 84.84 \text{ мкм}.$$

Величину залишкових загальних просторових відхилень після виконання чорнової обробки знаходимо за формулою:

$$\Delta_{\text{ост}} = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}}, \quad (3.5)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми.

$$\Delta_{\text{ост}} = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0.06 \cdot 84.84 = 5.09 \text{ мкм}$$

Залишкові просторові відхилення після напівчистої обробки:

$$\Delta_{\text{ост}} = k_y \cdot \Delta_{\text{ч}} = 0.05 \cdot 5.09 = 0.25 \text{ мкм}.$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

де ε_6 – похибка базування, $\varepsilon_6 = 315$ мкм,

ε_3 – похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 50$ мкм.

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{315^2 + 50^2} = 318.94$$

Мінімальний припуск при тонкому розточуванні:

$$\begin{aligned}
 2 \cdot z_{imin} &= 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \\
 &= 2 \cdot \left(10 + 20 + \sqrt{0.25^2 + 318.94^2} \right) = 697.88 \text{ мкм.}
 \end{aligned}$$

Мінімальний припуск при чистовому розточуванні:

$$\begin{aligned}
 2 \cdot z_{imin} &= 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \\
 &= 2 \cdot \left(40 + 90 + \sqrt{5.09^2 + 318.94^2} \right) = 817.96 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

Максимальный припуск при тонком розточуванні:

$$2 \cdot z_{imax} = 2 \cdot z_{imin} + Td_{i-1} + Td_i = 697.88 + 87 + 35 = 819.88 \text{ мкм.}$$

Максимальный припуск при чистовому розточуванні:

$$2 \cdot z_{imax} = 2 \cdot z_{imin} + Td_{i-1} + Td_i = 817.96 + 87 + 350 = 1254.96 \text{ мкм.}$$

Определяем предельные промежуточные размеры d_{min} и d_{max} по формулам:

$$D_{max i-1} = D_{imin} - 2 \cdot z_{imin}, \quad (3.7)$$

$$D_{min i-1} = D_{max i-1} - TD_{i-1}, \quad (3.8)$$

Производим расчет фактических предельных значений припусков $2z_{max}$ как разность наименьших размеров и $2z_{min}$ как разность наибольших предельных размеров на предшествующем и выполняемом переходах

Таблиця 3.7 – Припуски на обробку розміру Ø110H7 мм

Найменування деталі - Куліса Д02416.3. Матеріал - сталь 20											
Елементарна поверхня для розрахунку припуску - Ø110H7 мм											
Елементарна поверхня деталі та технологічний маршрут	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий припуск $2Z_{max}$, мкм	Допуск на виготовлення	Прийняті розміри по переходам и, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
	R_z	h	Δ	ϵ				D_{max}	D_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Розточування попереднє	40	50	5.09	318.94	-	-	350	108.515	108.165	-	-
Розточування чистове	50	20	0.25	-	817.96	1254.96	87	109.335	109.248	1083	820
Розточування тонке	6.3	10	-	-	691.88	819.88	35	110.035	110	752	700
Перевірка розрахунку $Z_{o\ max} - Z_{o\ min} = 315 = T_3 - T_1 = 315$ мкм.										1835	1520

Мінімальний проміжний припуск під час обробки наскрізного паза 18мм шорсткістю Ra1,6:

$$z_{imin} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-z} + \varepsilon_i, \quad (3.9)$$

Мінімальний припуск при чистовому фрезеруванні:

$$z_{imin} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-z} + \varepsilon_i = 40 + 50 + 5.09 + 318.94 = 414.03 \text{ мкм}$$

Максимальний припуск при чистовому фрезеруванні:

$$z_{imax} = z_{imin} + Td_{i-1} + Td_i = 414.03 + 43 + 180 = 637.03 \text{ мкм.}$$

Визначаємо граничні проміжні розміри a_{min} і a_{max} за формулами:

$$a_{max\ i-1} = a_{i\ min} - z_{min\ i}, \quad (3.10)$$

$$a_{min\ i-1} = a_{max\ i-1} - T_{i-1}. \quad (3.11)$$

[illegible][illegible][illegible]

4 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Вибір розташування технологічних розмірів (крім діаметральних)

Розташування технологічних розмірів здійснюємо у послідовності, що відображає порядок обробки поверхонь деталі, вказаний попередньо в маршруті механічної обробки даної деталі. Вказане розташування технологічних розмірів у відповідності з порядком обробки розташоване на рисунку 4.1.

4.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів

Доцільно виконати технологічні розміри таким чином, аби вони співпадали з конструкторськими, щоб це зменшило кількість розрахунків для визначення технологічних розмірів.

Однак, для інших випадків, технологічні розміри необхідно призначати відповідно до технологічних баз і побудови розмірних ланцюгів. При цьому попередньо розраховані розміри стануть складовими ланками для подальших розрахунків.

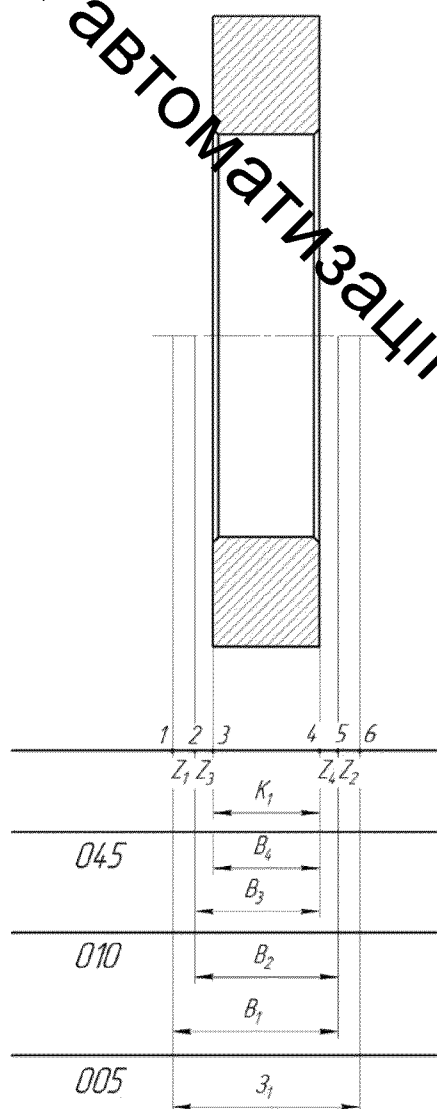
Таблиця 4.1 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B ₁	15	1,0	1,0
B ₂	14	0,62	0,62
B ₃	13	0,33	0,33
B ₄	12	0,21	0,21

Переносимо допуски розмірів вихідної заготовки, які складають $T(Z_1) = 1,2 \text{ мм}$. Визначені допуски будуть корисні для подальших розрахунків технологічних розмірів.

Вихідний граф (дерево) складений із відповідних конструкторських розмірів $K_1 K_2 \dots$ і припусків. Вихідний граф-дерево показано на рисунку 4.2.

4.3. Розмірна схема технологічного процесу



Рисунки 4.1 – Розмірна схема технологічного процесу

4.4. Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

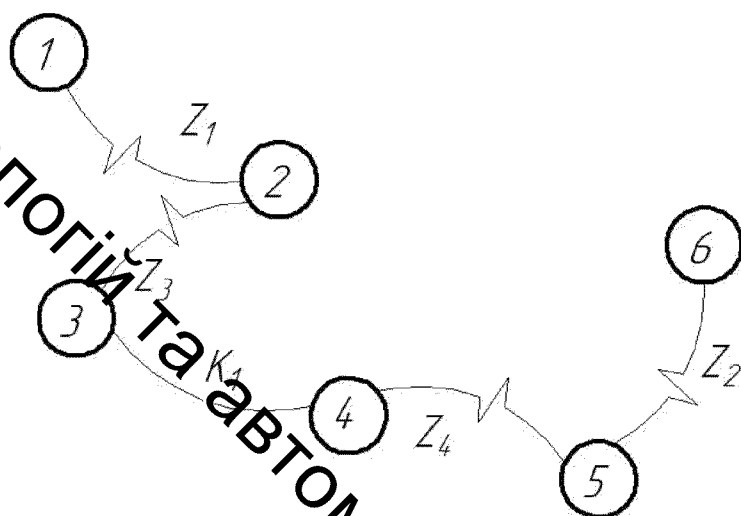


Рисунок 4.2 – Вихідний граф-дерево

Граф-дерево, яке складено із технологічних розмірів $B_1, B_2, \dots$ і розмірів заготовки $Z_1, \dots$ називається похідним графом (деревом). Похідний граф-дерево зображено на рисунку 4.3.

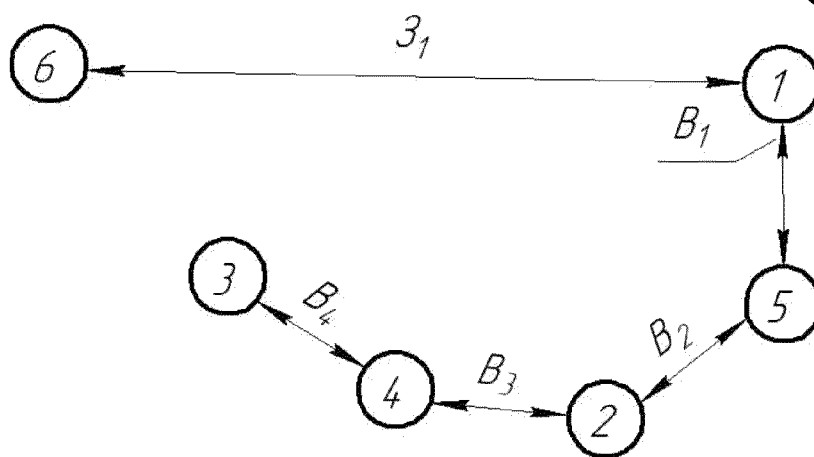


Рисунок 4.3 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф-дерево є результатом графічного зображення технологічного процесу мехобробки деталі «Куліса Д02416.3». Суміщений граф-дерево зображено на рисунку 4.4.

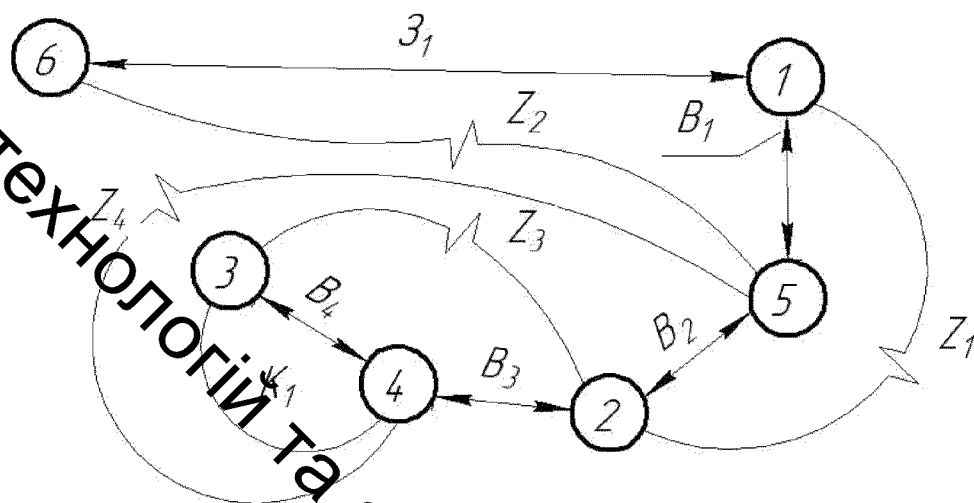


Рисунок 4.4 – Суцільний граф-дерево

4.5. Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 4.2 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	32,395	33,595	1,2	33,595		33,595 $^{+0,1,2}_{-0,1,2}$
B_1	30,895	31,895	1,0	31,895	31,859 $_{-1,0}$	
B_2	29,395	30,015	0,62	30,015	30,015 $_{-0,62}$	
B_3	29,895	29,225	0,33	29,225	29,225 $_{-0,33}$	
B_4	28,895	29,105	0,21	29,105	29,105 $_{-0,21}$	

Отже, визначено технологічні розміри для мехобробки, а також припуски та розміри для заготовки. На їх основі в подальшому буде розроблено технологічний процес та уся документація пов'язана з ним.

4.6. Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)

Визначення проміжних мінімальних припусків на мехобробку плоских поверхонь. Дані припусків зводимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Мінімальні припуски

Спосіб обробки	Позначення припуску	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Чорнове фрезерування	Z_{1min}	1,5
Чорнове фрезерування	Z_{2min}	1,5
Плоске шліфування	Z_{3min}	0,5
Плоске шліфування	Z_{4min}	0,5

Далі виконуємо розрахунок рівнянь розмірних ланцюгів, при цьому використовуємо суміщене граф-дерево. Отримані рівняння внесемо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Рівняння розмірів ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_4 = 0$	$K_1 = B_4$	B_4
2	$-Z_3 - B_4 + B_3 = 0$	$Z_3 = B_3 - B_4$	B_3
3	$-Z_4 - B_3 + B_2 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_3$	B_2
4	$-Z_1 - B_2 + B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
5	$-Z_2 - Z_1 + B_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	Z_1

4.7. Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів

Визначаємо технологічні розміри для вихідної заготовки та максимальних припусків:

$$1. K_1 = B_4$$

Звідки знаходимо $B_4 = K_1 = 29 \pm 0,105$ мм.

$$2. Z_{3\min} = B_{3\min} - B_{4\min}$$

$$B_{3\min} = B_{4\min} + Z_{3\min}$$

Отже:

$$B_{3\min} = 28,895 + 0,5 = 28,895 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 28,895 + 0,33 = 29,225 \text{ (мм)}.$$

$$B_3 = 29,225_{-0,33}$$

$$Z_{3\max} = B_{3\max} - B_{4\min}$$

$$Z_{3\max} = 29,225 - 29,105 = 0,120 \text{ (мм)}.$$

$$3. Z_{4\min} = B_{2\min} - B_{3\min}$$

$$B_{2\min} = B_{3\min} + Z_{4\min}$$

Отже:

$$B_{2\min} = 28,895 + 0,5 = 29,395 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 29,395 + 0,62 = 30,015 \text{ (мм)}.$$

$$B_2 = 30,015_{-0,62}$$

$$Z_{4\max} = B_{2\max} - B_{3\min}$$

$$Z_{4\max} = 30,015 - 28,895 = 1,12 \text{ (мм)}.$$

$$4. Z_{1\min} = B_{1\min} - B_{2\min}$$

$$B_{1\min} = B_{2\min} + Z_{1\min}$$

Отже:

$$B_{1\min} = 29,395 + 1,5 = 30,895 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 30,895 + 1,0 = 31,895 \text{ (мм)}.$$

$$B_1 = 31,859_{-1,0}$$

$$Z_{1\max} = B_{1\max} - B_{2\min}$$

$$Z_{1\max} = 31,895 - 29,395 = 2,5 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{2\min} = 3_{1\min} - B_{1\min}$$

$$3_{1\min} = B_{1\min} + Z_{2\min}$$

Отже:

$$3_{1\min} = 30,895 + 1,5 = 32,395 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + IT(3_1) = 32,395 + 1,2 = 33,595 \text{ (мм)}.$$

$$3_1 = 33,595_{-1,2}$$

$$Z_{2\max} = 3_{1\max} - B_{1\min}$$

$$Z_{2\max} = 33,595 - 29,395 = 4,2 \text{ мм}$$

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

5 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНИХ НОРМИ ЧАСТУ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів. оптимізація на ЕОМ режимів різання на обробку тонким розточуванням

Метою режимів різання є визначення подачі, швидкості різання та глибини, що забезпечить найекономічнішу та найпродуктивнішу обробку поверхні за шорсткістю та точністю оброблюваної поверхні.

Проведемо розрахунок режимів різання для операції розточування отвору і фрезерування площини .

010 Фрезерна-багатоцільова:

Інструмент - Фреза 2200-0468 ГОСТ 29092-91. Оброблюваний матеріал - Сталь 20 ГОСТ 1050-2013. Матеріал фрези - швидкорізальна сталь.

Вихідні дані: діаметр фрези $D = 160$ мм, кількість зубів $z = 18$, ширина фрезерування $b = 207$ мм.

Під час фрезерування:

- 1) Глибина різання $t = 1$ мм;
- 2) Подача на зуб $s_z = 0.4$ мм/об;
- 3) Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v. \quad (5.1)$$

де $C_v = 35,4$ – коефіцієнт ;

$q = 0,45$, $x = 0,3$, $y = 0,4$, $m = 0,33$, $u = 0,1$, $p = 0,1$ – показники ступеня;

$T = 180$ хв – період стійкості;

$B = 207$ мм – ширина фрезерування;

K_v – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (5.2)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (5.3)$$

де $K_r = 1.0$ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваності,

$n_v = -0,9$ – показник ступеня,

$\sigma_B = 410$ МПа – межа міцності.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{410} \right)^{-0,9} = 0.58;$$

$K_{nv} = 0.9$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 0.58 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.52.$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s_{zy} \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{35.4 \cdot 160^{0.45}}{180^{0.33} \cdot 1^{0.3} \cdot 0.4^{0.4} \cdot 207^{0.1} \cdot 18^{0.1}} \cdot 0.52$$

$$= 20.65 \text{ м\хв.}$$

4) Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_{zy} \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

де n – частота обертання фрези, $n = 2000$;

$C_p = 68.2$ – коефіцієнт ;

$x = 0.86, y = 0.72, u = 1.0, q = 0.86, w = 0, n = 0.35$ – показники ступеня;

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \cdot \left(\frac{410}{750}\right)^{0.35} = 0.81$ - поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_{zy} \cdot B^n \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 1^{0.86} \cdot 0.4^{0.72} \cdot 207^{0.35} \cdot 18}{160^{0.86} \cdot 2000^0} = 521.9 \text{ Н.}$$

5) Крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{521.9 \cdot 160}{200} = 417.5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

6) Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{521.9 \cdot 20.65}{1020 \cdot 60} = 0.2 \text{ кВт.}$$

015 Координатно-розточувальна:

1) Глибина різання $t = 0.4$ мм;

2) Подача $s = 0.1$ мм/об;

3) Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (5.4)$$

де $C_v = 350$ – коефіцієнт;

$x = 0.15, y = 0.2, m = 0.2$ – показники ступеня;

$T = 60$ хв – період стійкості;

K_v – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (5.5)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (5.6)$$

де $K_r = 1.0$ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваності,

$n_v = -0,9$ – показник ступеня,

$\sigma_B = 410$ МПа – межа міцності.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{410} \right)^{-0,9} = 0,58;$$

$K_{nv} = 0.9$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 0,58 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,52.$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v \cdot 0,9 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,52 = 145,6 \text{ м/хв.}$$

При розточуванні отворів отриману швидкість різання необхідно помножити на поправочний коефіцієнт, що дорівнює 0,9.

$$v = 145.6 \cdot 0.9 = 131.04 \text{ м/хв.}$$

4) Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (5.7)$$

де $C_p = 339$ – коефіцієнт;

$x = 1, y = 0.5, n = -0.4$ – показники ступеня;

$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ – поправочний коефіцієнт.

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{410}{750}\right)^{0.35} = 0.81$ поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$K_{\varphi p} = 1, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 1$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту на складові сили різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.54$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0.4^1 \cdot 131.04^{-0.4} \cdot 0.54 = 32 \text{ Н.}$$

5) Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{32.94 \cdot 131.04}{1020 \cdot 60} = 0.07 \text{ кВт.}$$

Таблиця 5.1 – Розрахунок режимів різання

Назва операції	Елементи режимів різання				
	t, мм	S, мм/об	T, хв.	V, м/хв.	n, об/хв
	2	3	4	5	6
010 – Фрезерна-багатоцільова					
Фрезерувати площину 1	1	0.4	10	20.65	1800
Фрезерувати площину 2	1	0.4	10	20.65	1800
Центрувати наскрізний отвір 3	5	0.2	8.8	15	2000
Свердлити наскрізний отвір 3	25	0.3	8.8	30	2000
Розсвердлити наскрізний отвір 3	30	0.5	8.8	25	2000
Розточити наскрізний отвір 3	29.5	0.18	8.8	131.04	2000
Фрезерувати фаску 4	29.5	0.094	3.27	401	6000
Фрезерувати наскрізний паз 5	29	0.5	3.27	200	4500
Фрезерувати уступ 6	12.25	0.7	3.27	250	3500
Фрезерувати криволінійний паз 7	29	0.5	9	401	6000
Фрезерувати криволінійний паз 8	29	0.5	9	401	6000
015 – Фрезерна					
Фрезерувати зовнішній контур 1	29	0.5	9	250	3000
Фрезерувати зовнішній контур 1	29	0.5	9	250	3000
020 – Плоске шліфування					
Шліфувати поверхню 1	0.005	0.02	13.6	35	3000
Шлифувати поверхню 2	0.005	0.02	13.6	35	3000

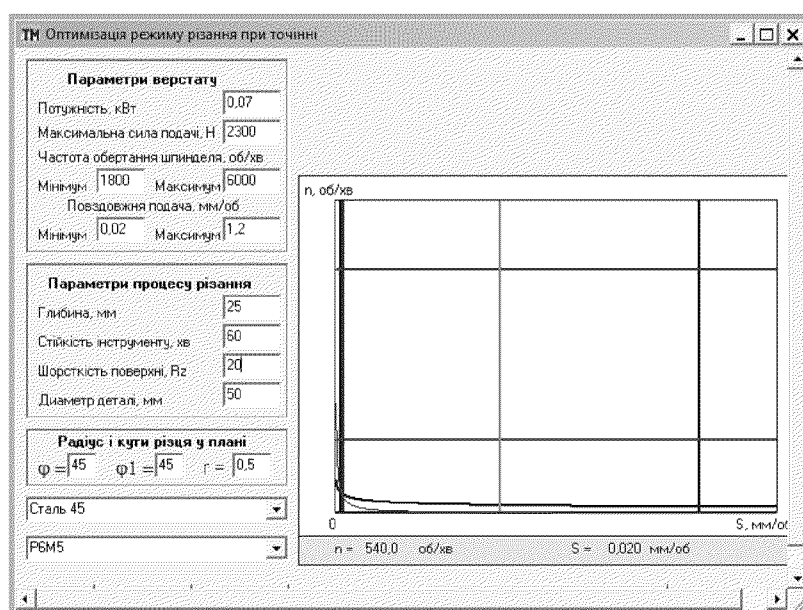


Рисунок 5.1 – Оптимізація режимів різання

Результати отримані за допомогою ЕОМ мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Таким чином максимальна продуктивність обробки на верстаті з ЧПК буде забезпечена.

В додатку Б вказано код керуючої програми для фрезерної операції 015 на багатоцільовому верстаті ЛТ-260МФЗ.

5.2 Визначення технічних норм часу для виконання операцій

Розрахуємо норми часу для операції 010 Фрезерна-багатоцільова.

1) Визначення допоміжного часу:

Під час установаження деталі масою 24,230 кг на столі без кріплення (матеріал Сталь 20)

$$t_{в.у.} = 1.04 \text{ хв} - \text{поз. 4а.}$$

Перевстановити деталь $t_{в.у.} = 1.04 \text{ хв} - \text{поз. 4а.}$

Обробка поверхні 1, Rz25 проводиться за 1 робочий хід фрезою, установленною на розмір.

$$t_{в.у.} = 0.8 \text{ хв.}$$

Оброблення поверхні 2, Rz10 проводиться таким самим способом, що і поверхню 1.

За чорнового робочого ходу Rz25 $t_{в.у.} = 0.8 \text{ хв.}$ Під час чистового робочого ходу Rz10 з узяттям однієї пробної стружки $t_{в.п3} = 0.9 \text{ хв.}$

Разом допоміжний час на операцію становитиме:

$$t_{в.у.} + t_{в.у.} + t_{в.п1} + t_{в.п2} + t_{в.п3} = 1.04 + 0.8 + 0.8 + 1.04 = 4.48 \text{ хв}$$

За картою 1 визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від сумарної тривалості обробки партії деталей за трудомісткістю.

Поправочний коефіцієнт на допоміжний час $K_{tв} = 1.0$

$$t_{в} = 4.48 \cdot 1.0 = 4.48 \text{ хв.}$$

2) Визначення основного часу

Для поверхні 1. Rz25; $l = 480$ мм; $B = 207$ мм за картою 11 поз. 4а при обробці фрезою $D = 160$ мм, ширині фрезерування $B = 207$ мм і глибині різання $t = 1$ мм із шорсткістю поверхні Rz25, $t_{0100\ 1} = 1.04$ хв.

Основний час на обробку поверхні визначається за формулою:

$$t_{01} = \frac{t_{0100} \cdot (l_1 + l)}{100} \cdot i = \frac{1.04 \cdot (160 + 480)}{100} \cdot 1 = 6.6 \text{ хв.}$$

Для поверхні 2. Rz10; $l = 480$ мм; $B = 207$ мм.

Чорновий робочий хід (за картою 9 поз. 4а) під час обробки фрезою $D = 160$ мм, ширині фрезерування $B = 207$ мм, глибині різання $t = 0,5$ мм, з шорсткістю поверхні Rz10, $t_{0100} = 0.26$ хв.

Чистовий робочий хід (за картою 9 поз. 4а) під час обробки фрезою $D = 160$ мм, ширині фрезерування $B = 207$ мм і глибині різання $t = 0,5$ мм із шорсткістю поверхні Rz10, $t_{0100\ 3} = 0.26$ хв.

$$t_{02} = \frac{t_{0100} \cdot (l_1 + l)}{100} \cdot i = \frac{0.26 \cdot (160 + 480)}{100} \cdot 1 = 1.7 \text{ хв.};$$

$$t_{03} = \frac{t_{0100} \cdot (l_1 + l)}{100} \cdot i = \frac{1.04 \cdot (160 + 480)}{100} \cdot 1 = 1.7 \text{ хв.};$$

$$t_{01-3} = 1.7 + 1.7 + 6.6 = 10 \text{ хв.}$$

При розробці партії деталей у кількості 16 штук і трудомісткості обробки однієї деталі 10 хв., число змін буде < 2 .

3) Визначення часу на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби:

Час на обслуговування робочого місця аобс визначається за картою 3 і становить 4 % оперативного часу.

Час на відпочинок та особисті потреби визначається за картою 2 і становить 4% оперативного часу.

4) Визначення норми штучного часу:

Норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (t_{o1-3} + t_{\text{в}} + K_{t\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{4+4}{100}\right); \quad (5.8)$$

$$T_{\text{ш}} = (10 + 4.48) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 15.6 \text{ хв.}$$

5) Визначення норми часу:

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{ш}} + \frac{14}{16} = 15.6 + \frac{14}{16} = 16.5 \text{ хв.}$$

Для спрощення поняття норм часу занесямо нормування в таблицю 5.2:

Таблиця 5.2 – Норми часу

№ оп.	Зміст операції	Час, хв
010	Фрезерна-багатоцільова	
	1. Підготовчо-заклучний час	33.65
	2. Допоміжний час	14.03
	3. Основний час	26.57
	4. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок	9.35
	5. Норма штучного часу	44.7
015	Фрезерна	
	1. Підготовчо-заклучний час	14
	2. Допоміжний час	4.48
	3. Основний час	10
	4. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок	3.6
	5. Норма штучного часу	16.5
020	Плоске шліфування	
	1. Підготовчо-заклучний час	12
	2. Допоміжний час	2.7
	3. Основний час	13.6
	4. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок	3.1
	5. Норма штучного часу	10.2

Продовження таблиці 5.2

№ оп.	Зміст операції	Час, хв
025	Слюсарна	
	1. Підготовчо-заклучний час	0.25
	2. Допоміжний час	0.24
	3. Основний час	0.76
	4. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок	0.02
	5. Норма штучного часу	0.27
030	Промивна	
	1. Підготовчо-заклучний час	6.8
	2. Допоміжний час	2.2
	3. Основний час	6.2
	4. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок	3.6
	5. Норма штучного часу	7.2

5.3 Визначення завантаження обладнання

Кількість верстатів при непотоковій формі організації роботи:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт.к}}}{60 \cdot F_d \cdot m}, \quad (5.9)$$

 F_d – річний дійсний фонд часу роботи верстата, год . $m = 1$ – кількість робочих змін; $N = 2000$ – річна програма випуску деталей.

$$C_{p005} = \frac{2000 \cdot 44.7}{60 \cdot 1928 \cdot 1} = 0.772, \quad C_{p005} = 1;$$

$$C_{p010} = \frac{2000 \cdot 16.5}{60 \cdot 1928 \cdot 1} = 0.285, \quad C_{p010} = 1;$$

$$C_{p015} = \frac{2000 \cdot 10.2}{60 \cdot 1928 \cdot 1} = 0.176, \quad C_{p015} = 1;$$

$$C_{p020} = \frac{2000 \cdot 0.27}{60 \cdot 1928 \cdot 1} = 0.004, \quad C_{p020} = 1;$$

$$C_{p025} = \frac{2000 \cdot 7.2}{60 \cdot 1928 \cdot 1} = 0.124, \quad C_{p025} = 1.$$

Усі верстати потрібно завантажити деталями з інших дільниць.

Побудова графіків завантаження обладнання.

Коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}}, \quad (5.10)$$

$$\eta_{z005} = \frac{0.772}{1} = 0.772;$$

$$\eta_{z010} = \frac{0.285}{1} = 0.285;$$

$$\eta_{z015} = \frac{0.176}{1} = 0.176;$$

$$\eta_{z020} = \frac{0.004}{1} = 0.004;$$

$$\eta_{z025} = \frac{0.124}{1} = 0.124.$$

Коефіцієнт використання за основним часом:

$$\eta_{\text{осн}} = \frac{T_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}}, \quad (5.11)$$

$$\eta_{\text{осн}005} = \frac{26.57}{44.7} = 0.594;$$

$$\eta_{\text{осн}010} = \frac{10}{16.5} = 0.6;$$

$$\eta_{\text{осн}015} = \frac{13.6}{10.2} = 1.3;$$

$$\eta_{\text{осн}020} = \frac{0.76}{0.27} = 2.81;$$

$$\eta_{\text{осн}025} = \frac{6.2}{7.2} = 0.861.$$

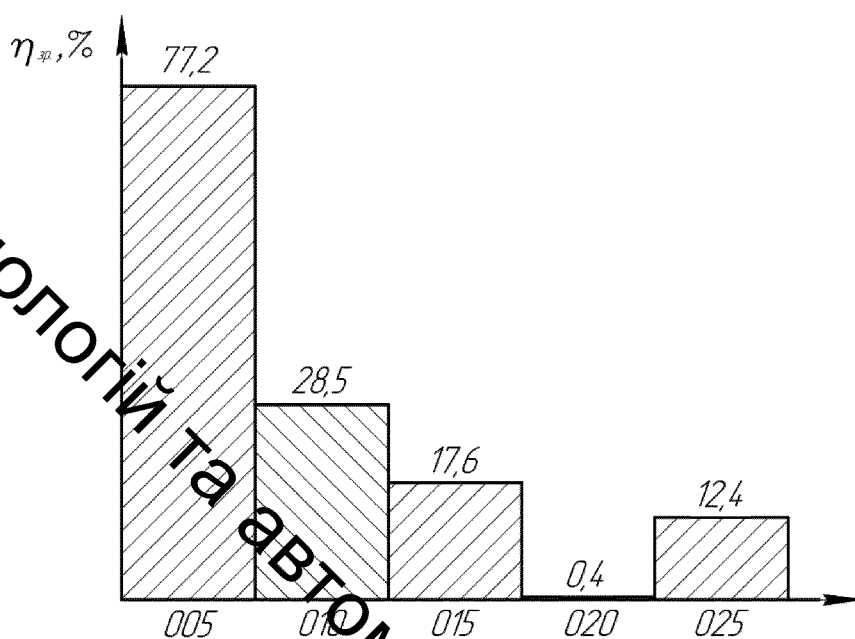


Рисунок 5.2 – Графік завантаження обладнання

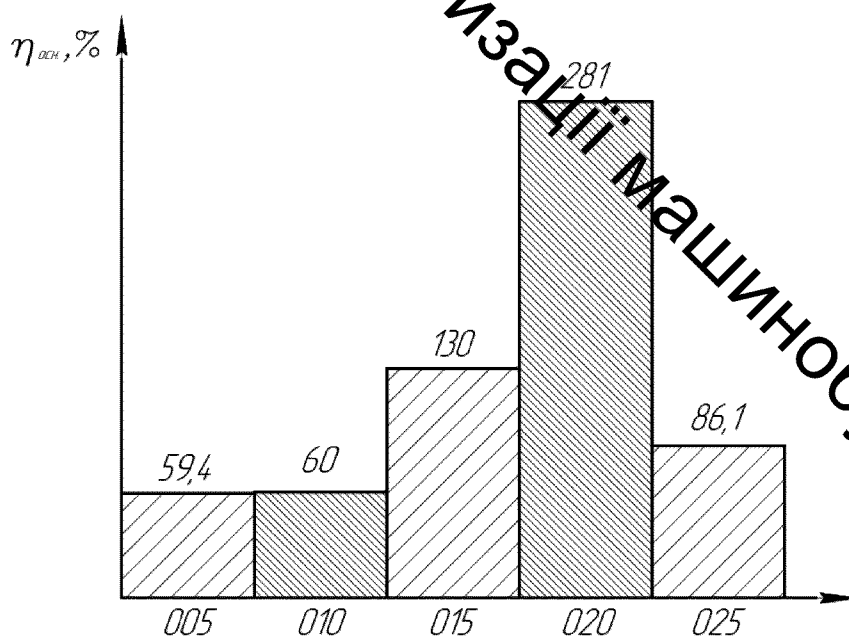


Рисунок 5.3 – Графік завантаження обладнання за основним часом

Для середньосерійного виробництва коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.ср} = 0.7 \dots 0.8$ [*]. В даному випадку $\eta_{з.ср} = 0.206$, тому необхідно планувати обробку інших деталей на верстатах дільниці з метою їх повного завантаження.

Коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом $\eta_{осн.ср} = 0,766$ свідчить про суттєві втрати часу на допоміжні роботи: встановлення і зняття заготовок, налагодження і зміну інструмента та ін.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі з використанням нормативної документації проводиться аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні; здійснюється заповнення карти умов праці; вказуються заходи щодо поліпшення умов праці, а також наводяться норми пожежної безпеки.

6.1 Причини виникнення дії на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних факторів факторів у приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникають ряд небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що класифікуються за [17].

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [1, 2], які класифікуються так:

1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; підвищений рівень електромагнітних випромінювань; підвищена або понижена температура, вологість і сухливість повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; недостатність або відсутність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

2) Хімічні небезпечні і шкідливі фактори – шкідливі хімічні речовини.

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – немає.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – відсутні.

б) нервово-психічні перевантаження: перенапруження аналізаторів; монотонність праці.

Вкажемо імовірні підстави виникнення цих факторів і стисло опишемо їхню дію на організм людини.

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони може бути спричинений роботою таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку

живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера, що може викликати психічні та фізіологічні порушення, що знижують праездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму.

Підвищений рівень інфразвуку може бути спричинений інфразвуковими складовими, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами, що супроводжується відчуттям обертання, розхитування, почуттям тривоги, страху, біллю у вухах, порушенням роботи органів рівноваги.

Підвищений рівень ультразвуку може бути спричинений обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор, що може викликати зсуви у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції працівника.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може бути спричинений лабораторними та вимірювальними приладами різного призначення, персональними комп'ютерами та інше, що може викликати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може бути спричинений будь-якими електроустановками та струмоведучими частинами промислової частоти, що може викликати порушення регуляції фізіологічних функцій організму, внаслідок дії електричного поля на різні відділи нервової системи і на структури головного і спинного мозку.

Підвищена або понижена температура повітря робочої зони може бути спричинена різкою зміною температури повітря навколишнього середовища, наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо. Це може викликати тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою,

судомами.

Підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони може бути спричинена тим, що при роботі ПК утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря, що може викликати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом людини, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Підвищена або понижена рухливість повітря робочої зони може бути спричинена нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю, що може викликати порушення реакції терморегуляції організму людини.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може бути спричинена теплом, що потрапляє у виробниче приміщення від обладнання, опалювальних приладів, людей тощо, що може викликати перегрівання організму людини.

Недостатність або відсутність природного освітлення може бути спричинена наявністю конфронтуючих будинків та споруд. Відсутність або недостатність природного освітлення приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості.

Недостатня освітленість робочої зони може бути спричинена відсутністю або недостатністю природного освітлення і може стати причиною багатьох важких травм і смертельних випадків на виробництві.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони можуть бути спричинені виділенням такої речовини, як пил зерновий під час роботи за комп'ютером. В приміщеннях із персональними комп'ютерами оператори підпадають впливу пилу, що притягається до працюючого та сильно наелектризованого устаткування. У процесі роботи за ПК при сильній запиленості приміщення часточки пилу попадають в організм людини, справляючи на нього несприятливий вплив, ускладнюючи дихання.

Перенапруження аналізаторів може бути спричинене постійною переадаптацією ока в умовах наявності в полі зору об'єкта і фону різної яскравості, недостатньою чіткістю і контрастністю зображення на екрані, рядковою структурою

зображення, мерехтінням, що призводить до різкої втоми органів зору працівника, а часом до погіршення зору.

Монотонність праці може бути спричинена розвитком напіваавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування, оскільки основними функціями працівника за таких умов стають нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і контролю за роботою системи і призводить до швидкої втоми працівника, зниження функціональних можливостей організму та інтересу до роботи, сонливості.

Обґрунтуємо вибір нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих чинників.

Відповідно до [19] для такої шкідливої речовини, як пил зерновий, встановлюємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки і має ГДК = 4 мг/м³.

Для виду вібрації – локальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 76 дБ [20].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [21].

Згідно рекомендацій [25] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

При частоті електричного поля радіочастотного діапазону 39,068 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня складає 10 В/м згідно з [22].

Нормована напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня становить 5 кВ/м [22].

За показником енерговитрат 135 Вт згідно з [7] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іа, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря складає 21...25 °С, допустима швидкість руху повітря 0,1 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,26 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 2, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [24].

Оскільки приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 272°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [24]:

$$e_N = e_n m_N [\%]; \quad (6.1)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%),$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (середній) та фону (середній), встановлюємо підрозряд зорових робіт – в, в межах якого вибираємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 500 лк.

6.2 Карта умов праці

6.2.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

В таблиці 6.1 наведено оцінку факторів трудового та виробничого процесів [25].

Таблиця 6.1 – Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпеки		–	–			
	2-й клас небезпеки		4	22,24			+
	3-й, 4-й класи небезпеки		–	–			
2	Вібрація		76	59			
3	Шум		80	67			
4	Інфразвук		110	50			
5	Ультразвук		110	69			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	• радіочастотний діапазон		10	45	+		
	• промислової частоти		5	3,98			
	• оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	• температура повітря, °C	21	25	37			
	• швидкість руху повітря, м/с		0,1	1,6		+	
	• відносна вологість повітря, %		75	33			
	• інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	1897		+	
8	Виробниче освітлення:						
	• розряд зорових робіт	4		2		+	
	• КПО для природного освітлення, %	1,4		2,3			
	• освітленість для штучного освітлення, лк	500		727			
	Кількість факторів	–	–	–	1	3	1

6.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу небезпеки – 3 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 2 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

Підвищена напруженість зору – 2 ст.

6.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

6.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

6.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

Для забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно використовувати систему витяжної вентиляції.

Для забезпечення допустимих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні потрібно екранувати джерела випромінювання.

Для забезпечення нормованих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні потрібно використати кондиціонування повітря.

У випадку підвищеної напруженості зору потрібно застосувати систему суміщеного освітлення.

6.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 9.2.

Таблиця 6.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [26]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Сходи-несучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
3	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	R 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	не нормується	

Примітки: R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій.

В таблиці 6.3 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 6.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [26]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки			Ступінь вогнестійкості			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для числа поверхів		
до 15	Д	3	не обмежується	до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
				до 1	2-3	4-5								
до 15	Д	3	не обмежується	260	9	12	15	3	7800	6500	3500			

ВИСНОВКИ

У бакаврській кваліфікаційній роботі було спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі «Куліса Д02416.3» з урахуванням передових технологій і нових методів обробки подібних деталей.

У бакаврській кваліфікаційній роботі був виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб кування для виготовлення заготовки, здійснений вибір чистових і чорнових технологічних баз, спроектований технологічний процес, виконаний розмірний аналіз технологічного процесу, розрахунок припусків, режимів різання та норм часу. Технологічний маршрут механічної обробки заготовки був розроблений на основі типових технологічних процесів подібних деталей, що дало змогу прискорити процес проектування і покращити якість розробки. Обладнання для обробки заготовки було вибрано з урахуванням нових тенденцій обробки металу різанням, з урахуванням можливості використання високопродуктивних методів обробки. Саме тому акцент було зроблено на виборі верстатів з ЧПК.

Вибір моделей верстатів, способів виготовлення заготовки виконаний на основі техніко-економічних розрахунків, що дало можливість вибрати оптимальний варіант.

Проведені розрахунки необхідної кількості верстатів, визначені коефіцієнти завантаження та використання їх за основним часом.

Проведено аналіз стану охорони праці під час виготовлення заготовки деталі типу «Куліса Д02416.3». Прийняті показники по мікроклімату, освітленню, шумо- та звукоізоляції. Розроблено рекомендації по техніці безпеки: електробезпеці та пожежній безпеці для створення безпечних умов роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
3. Дерібо О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с. Електронний ресурс: https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927
4. Мельничук П. П. Технологія машинобудування: підручник / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. В. Петраков. Житомир: ЖДТУ, 2005. 882с.
5. Якимов О. В., Гусарев В. С., Якимов О. О., Лінчевський П. А. Технологія автоматизованого машинобудування. К. 1994. 400 с
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. К.: Вища школа, 1993. 414 с.
7. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин / Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк. Вінниця : ВНТУ, 2004. 90 с.
9. Покращення фізико-механічних характеристик елементів приводу подрібнювача за допомогою CAD/CAE-систем [Електронний ресурс] / А. Д. Барановський, А. М. Гуцалюк, Б. В. Василюк, О. В. Піонткевич // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. Електрон. текст. дані. 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15983>.

10. CAD/CAE аналіз елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / І. В. Буткалюк, А. М. Гуцалюк, Б. В. Васищенко, О. В. Піонткевич // Матеріали ЛП науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17391>.

11. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування / [Дусанюк Ж. П., Сивак І. О., Дусанюк С. В., Репінський С. В.]. Вінниця : ВНТУ, 2006. 105 с.

12. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. К. : ІСДО, 1993. 304 с.

13. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 60 с.

14. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні Ж.П. Дусанюк, С. В. Дусанюк, С. В Репінський, О. В. Сердюк Вінниця: ВНТУ, 2011. 142 с.

15. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А. І. Боровик. К. : Кондор. 2008. 728 с.

16. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси и припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981 : 2020. 53 с.

17. SolidWorks 2022 Step-By-Step Guide: Part, Assembly, Drawings, Sheet Metal, & Surfacing, 5th Edition / Amit Bhatt, Mark Wiley. India : CADFolks, 2022. 438p.

18. Introduction to Finite Element Analysis Using SolidWorks Simulation 2021 / Randy H. Shih. USA : SDC Publications, 2021. 551 p.

19. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої : навч. посіб. Київ : Кондор, 2009. 220 с.

20. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2010. 392 с.

21. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.

22. ДСУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.

23. Віштак І. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник / І. В. Віштак, О. В. Березюк. Вінниця : ВНТУ, 2023. 195 с.

24. МОЗ України. Наказ № 1596 від 14 липня 2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". 81 с.

25. ДСН 3.3.6.039 99. Санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

26. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

27. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

28. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

29. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

30. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Затверджено постановою КМУ від 1 серпня 1992 року № 442).

31. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

32. СНіП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Перевірка на антиплагіат

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Куліса 202416.3» з використанням CAD/CAM-систем.

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 28,22 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на дорацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП _____
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ _____
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____ Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ _____
(підпис) (ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Олег ПІОНТКЕВИЧ, доцент кафедри ТАМ _____
(підпис) (ім'я, прізвище, посада)

Здобувач _____ Андрій ГУЦАЛЮК _____
(підпис) (ім'я, прізвище)

ДОДАТОК Б

Текст керуючої програми для багатоцільового верстат ЛТ-260МФ3 на фрезерну операцію 015

Таблиця Б.1 – Керуюча програма на фрезерну операцію 015

1	2
%	N270 X2.9528 Z-0.6956
N35 G00 G20 G47 G40 G49 G80 G95	N275 X3.5153 Z-0.7393
N45 (ФАСКА)	N280 X2.9528 Z-0.7829
N50 T1 M6	N285 X3.5153 Z-0.8265
N55 G00 G54 G90 X-1.8418 Y0. S6184 M03	N290 X2.9528 Z-0.8701
N60 G43 H1 Z0.9843 M08	N295 X3.5153 Z-0.9138
N65 Z0.1181	N300 X2.9528 Z-0.9574
N70 G01 Z-0.187 F0.0019	N305 X3.5153 Z-1.001
N75 X-1.8775 Y-0.0539 F0.0037	N310 X2.9528 Z-1.0446
N80 G03 X-1.8873 Y-0.1177 I0.1407 J-0.545 F0.0019	N315 X3.5153 Z-1.0883
N85 X-1.8873 Y-0.1177 I1.8873 J0.1177 F0.0032	N320 X2.9528 Z-1.1319
N90 X-1.8781 Y-0.2204 I1.8873 J0.1177	N325 X9.0157 F0.0225
N95 X-1.857 Y-0.2815 I0.1499 J0.0176 F0.0019	N330 G03 X9.0157 Y-1.3541 I0. J0.0239
N100 G01 X-1.8123 Y-0.3281 F0.0037	N335 G01 X2.9528
N105 G00 Z0.9843	N340 G03 X2.9528 Y-1.4018 I0. J-0.0239
N110 M5	N345 G00 Z0.9843
N115 G91 G28 Z0 M09	N350 M6
N120 G28 X0 Y0	N355 G91 G28 Z0 M09
N125 G49 G90	N360 G28 X0 Y0
N130 M01	N365 G49 G90
N135 (СКВОЗНОЙ ПА3)	N370 M01
N140 T2 M06	N375 (ПА3)
N145 G95	N380 T4 M06
N150 G00 G54 X3.5153 Y-1.4018 S4413 M03	N385 G95
N155 G43 H2 Z0.9843 M08	N390 G00 G54 X3.7402 Y-1.5256 S3153 M03
N160 Z0.1181	N395 G43 H4 Z0.9843 M08
N165 G01 Z0.0012 F0.0112	N400 Z0.1181
N170 X2.9528 Z-0.0424	N405 G01 Z0.0012 F0.0236
N175 X3.5153 Z-0.0861	N410 X2.9528 Z-0.0525
N180 X2.9528 Z-0.1297	N415 X3.7402 Z-0.1092
N185 X3.5153 Z-0.1733	N420 X2.9528 Z-0.16
N190 X2.9528 Z-0.2169	N425 X3.7402 Z-0.2137
N195 X3.5153 Z-0.2606	N430 X2.9528 Z-0.2674
N200 X2.9528 Z-0.3042	N435 X3.7402 Z-0.3211
N205 X3.5153 Z-0.3478	N440 X2.9528 Z-0.3748
N210 X2.9528 Z-0.3914	N445 X3.7402 Z-0.4286
N215 X3.5153 Z-0.4351	N450 X2.9528 Z-0.4823
N220 X2.9528 Z-0.4787	N455 X9.0157 F0.0472
N225 X3.5153 Z-0.5223	N460 G03 X9.0157 Y-1.2303 I0. J0.1476
N230 X2.9528 Z-0.5659	N465 G01 X2.9528
N235 X9.0157 F0.0225	N470 G03 X2.9528 Y-1.5256 I0. J-0.1476
N240 G03 X9.0157 Y-1.3541 I0. J0.0239	N475 (ПА3)
N245 G01 X2.9528	N480 G01 S4851
N250 G03 X2.9528 Y-1.4018 I0. J-0.0239	N485 X3.0172 Y-1.5621 F0.0283
N255 G01 X3.5153	N490 G03 X3.0902 Y-1.5748 I0.073 J0.2039 F0.0142
N260 X2.9528 Z-0.6084 F0.0112	N495 G01 X9.0157 F0.0283
N265 X3.5153 Z-0.652	N500 G03 X9.0157 Y-1.1811 I0. J0.1969

Продовження таблиці Б.1.

1	2
N505 G01 X2.2528 F0.0283	N740 Y1.4917
N510 G03 X2.9728 Y-1.5748 I0. J-0.1969 F0.0142	N745 X4.4445
N515 G01 X3.2086 F0.0283	N750 Y3.937
N520 G03 X3.2813 Y-1.5621 I0. J0.2165 F0.0142	N755 X4.661 Y4.3121
N525 G01 X3.3458 Y-1.5756 F0.0283	N760 X4.3988
N530 G00 Z0.9843	N765 X4.1823 Y3.937
N535 (СТИНКА)	N770 Y1.2295
N540 X6.2343 Y4.3121 S3153	N775 X8.1799
N545 Z0.1181	N780 Y3.937
N550 G01 Z-0.5807 F0.0236	N785 X7.9634 Y4.3121
N555 X6.0177 Y3.937 F0.0472	N790 X8.2256
N560 Y3.0665	N795 X8.4421 Y3.937
N565 X6.3445	N800 Y0.9673
N570 Y3.937	N805 X3.9201
N575 X6.128 Y4.3121	N810 Y3.937
N580 X5.972	N815 X4.1366 Y4.3121
N585 X5.7555 Y3.937	N820 Y3.8744
N590 Y2.8028	N825 X6.079 Y3.937
N595 X6.6067	N830 Y0.7651
N600 Y3.937	N835 X8.7043
N605 X6.3902 Y4.3121	N840 Y3.937
N610 X6.6524	N845 X8.4878 Y4.3121
N615 X6.8689 Y3.937	N850 X8.75
N620 Y2.5406	N855 X8.9665 Y3.937
N625 X5.4933	N860 Y0.4429
N630 Y3.937	N865 X3.3957
N635 X5.7098 Y4.3121	N870 Y3.937
N640 X5.4476	N875 X3.6122 Y4.3121
N645 X5.2311 Y3.937	N1010 X7.3933 Y3.937
N650 Y2.2783	N1015 Y2.0161
N655 X7.1311	N1020 X4.9689
N660 Y3.937	N880 X6.2343
N665 X6.9146 Y4.3121	N885 Z-1.1614 F0.0236
N670 X7.1768	N890 X6.0177 Y3.937 F0.0472
N675 X7.3933 Y3.937	N895 Y3.065
N680 Y2.0161	N900 X6.3445
N685 X4.9689	N905 Y3.937
N690 Y3.937	N910 X6.128 Y4.3121
N695 X5.1854 Y4.3121	N915 X5.972
N700 X4.9232	N920 X5.7555 Y3.937
N705 X4.7067 Y3.937	N925 Y2.8028
N710 X1.7539	N930 X6.6067
N715 X7.6555	N935 Y3.937
N720 Y3.937	N940 X6.3902 Y4.3121
N725 X7.439 Y4.3121	N945 X6.6524
N730 X7.7012	N950 X6.8689 Y3.937
N735 X7.9177 Y3.937	N955 Y2.5406

Продовження таблиці Б.1.

1	2
N960 X5.4933	
N965 Y3.937	
N970 X5.7098 Y4.3121	
N975 X5.4476	
N980 X5.2311 Y3.937	
N985 Y2.2783	
N990 X7.1311	
N995 Y3.937	
N1000 X6.9146 Y4.3121	
N1005 X7.1768	
N1105 Y1.2295	
N1110 X8.1799	
N1115 Y3.937	
N1120 X7.9634 Y4.3121	
N1125 X8.2256	
N1130 X8.4421 Y3.937	
N1135 Y0.9673	
N1140 X3.9201	
N1145 Y3.937	
N1150 X4.1366 Y4.3121	
N1155 X3.8744	
N1160 X3.6579 Y3.937	
N1165 Y0.7051	
N1170 X8.7043	
N1175 Y3.937	
N1180 X8.4878 Y4.3121	
N1185 X8.75	
N1190 X8.9665 Y3.937	
N1195 Y0.4429	
N1200 X3.3957	
N1205 Y3.937	
N1210 X3.6122 Y4.3121	
N1215 GOO ZO.9843	
N1220 M5	
N1225 GO G91 G28 ZO M09	
N1230 G28 XO YO	
N1235 G49 G90	
N1240 M30	

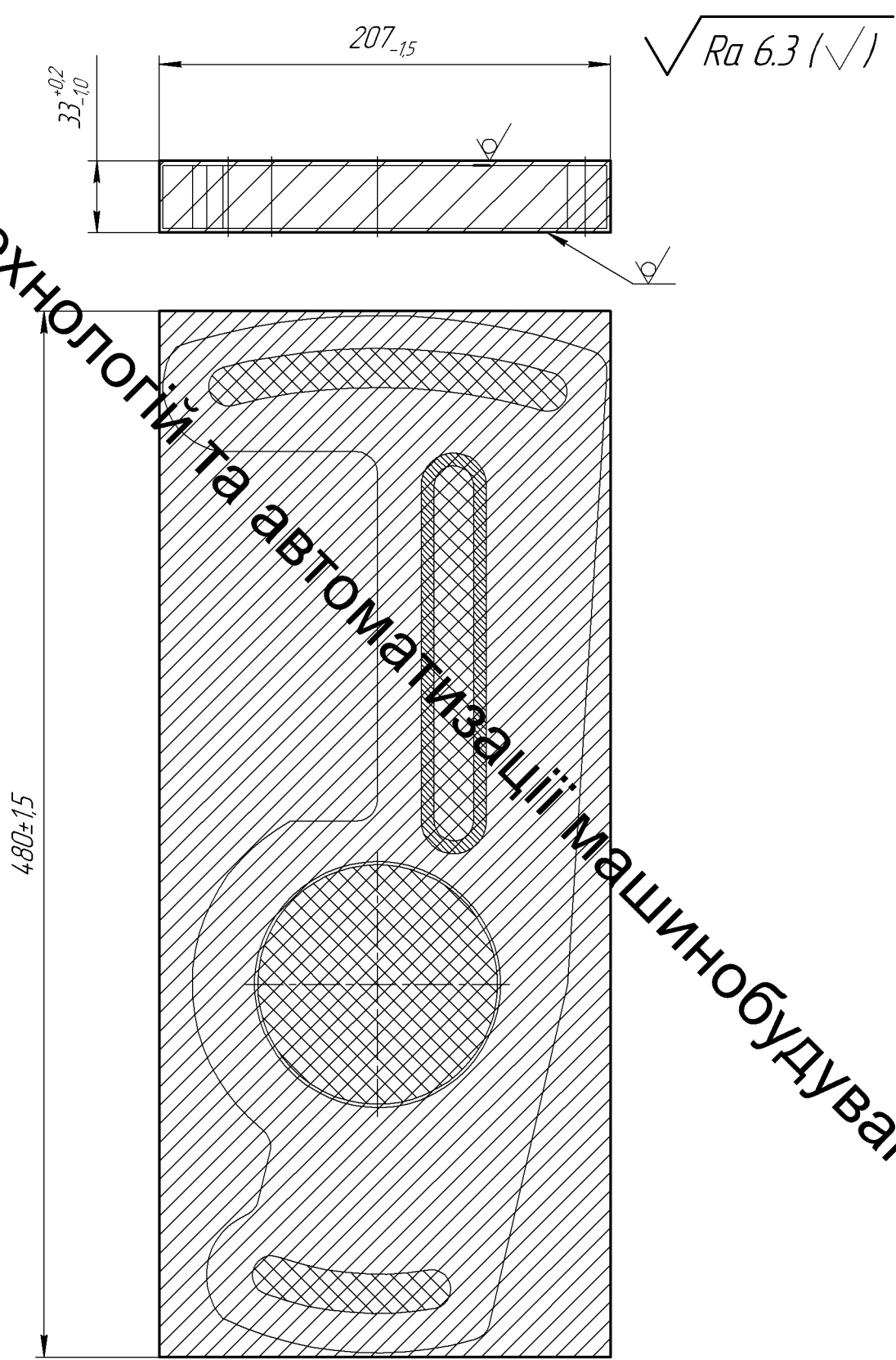
ДОДАТОК В

Графічна частина

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

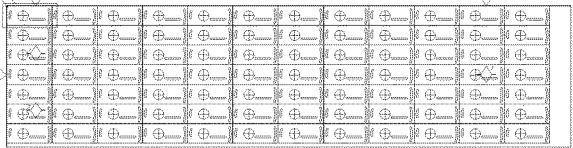
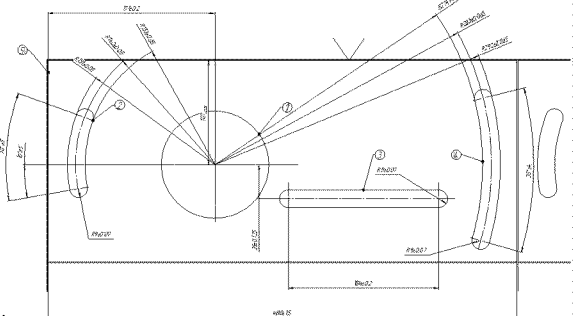
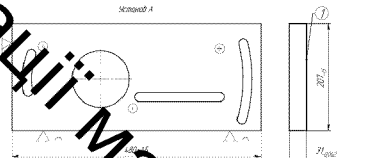
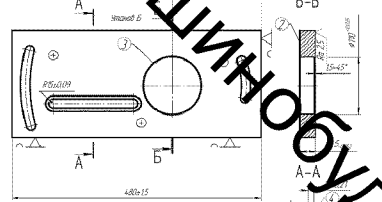
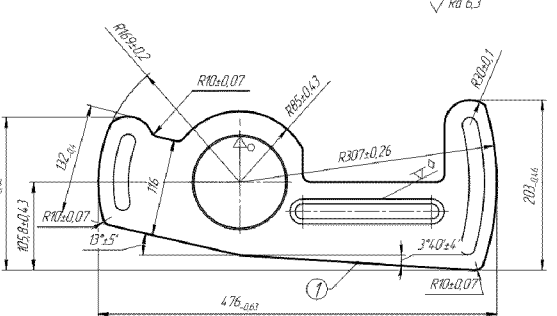
1. Невказані граничні Н14, Н14_з

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування



08-64.БКР.010.00.00.002

08-64.БКР.010.00.00.002							
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Куліса Д024 16.3 (лазерний розкрий)	Лит.	Маса	Масштаб
						25,76	1:2
					Аркцш Аркцшів 1		
					Сталь 20 ДСТУ 7809:2015 ВНТУ, зр ПМ-218		
Розроб.	Гуцалюк А.М						
Перевір.	Понікевич О.В						
Т.контр.							
Н.контр.	Лозинський Д.О						
Затверд.	Козлов Л.Г						

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Ескіз та схеми установки	Обладнання
005	Лазерна розмірюна з ЧПК - Установити, закріпити заготовку листа - Вирізати отвір 1, дотримуючи розмірів 1 - Вирізати на поверхні, витримуючи розміри 2 3 4 - Витримуючи розміри, повторити операції 005.02, 005.03. - Зняти деталі.	 A(збільшено) 	Верстат моделі LTC 85
010	Фрезерна-багатоцільова - Встановити та закріпити деталь. Установ А - Фрезерувати площину 1. - Переустановити деталь. Установ Б. - Фрезерувати площину 2 - Фрезерувати паз 4, витримуючи розміри згідно з ескізом. - Фрезерувати фаску 3. - Зняти деталь.	 	Багатоцільовий верстат ЛТ-260МФ3
015	Фрезерна - Встановити та закріпити деталь. - Фрезерувати зовнішній контур 1 попередньо. - Фрезерувати зовнішній контур 1 остаточно. - Зняти деталь.		Багатоцільовий верстат ЛТ-260МФ3

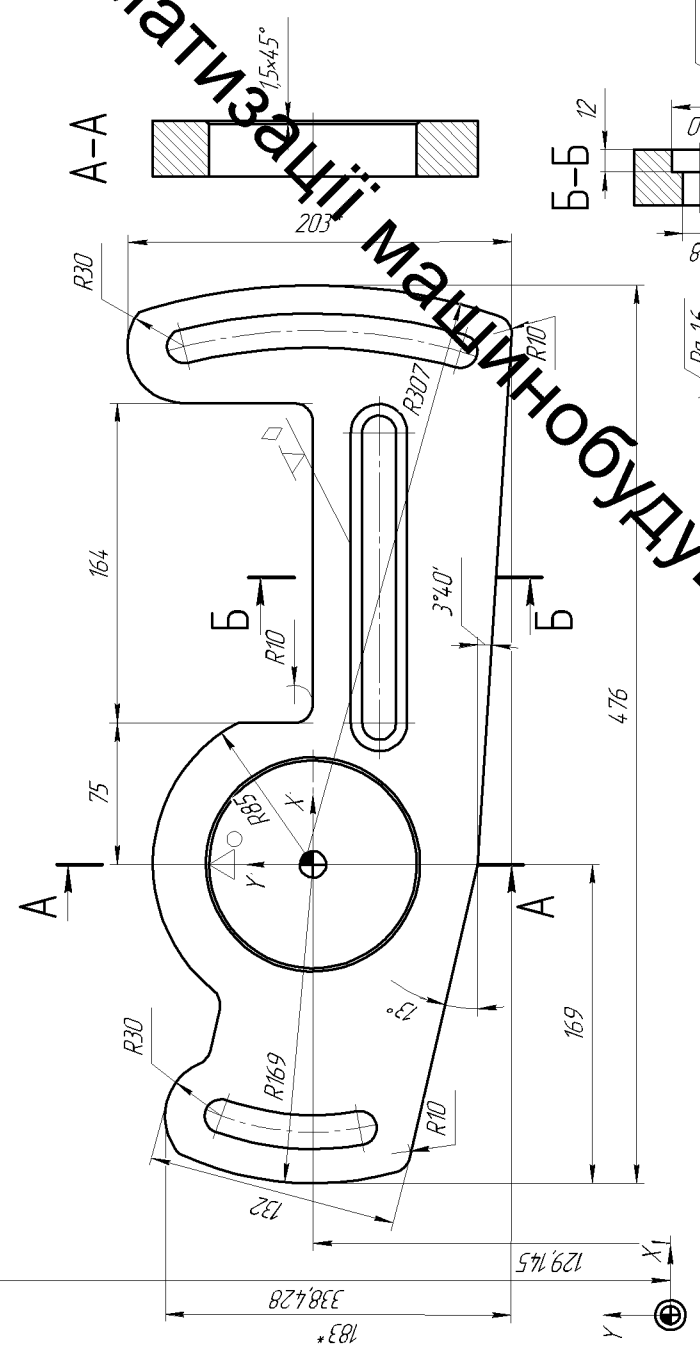
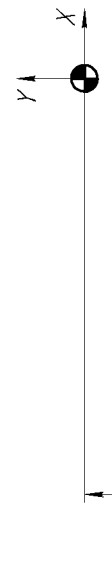
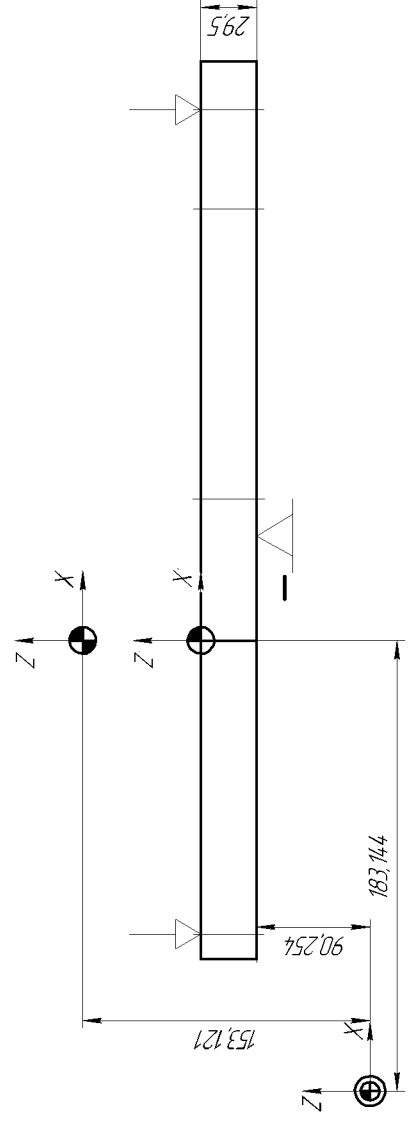
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Маршрут механічної обробки
(продовження)

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Ескіз та схеми установки	Обладнання
020	<u>Плоске шліфування</u> 1. Встановити та закріпити деталь. Установ А. 2. Шліфувати площину 1, згідно ескізу. 3. Переустановити деталь. Установ Б. 4. Шліфувати площину 2, згідно ескізу. 5. Зняти деталь.		Шліфувальний верстат з ЧПК
025	<u>Слюсарна</u> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Зняти задирки, притупити гострі кромки. 3. Зняти деталь.		Стіл слюсарний
030	<u>Прямийна</u> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Прямити деталь. 3. Зняти деталь.		Мийна машина AM500 T

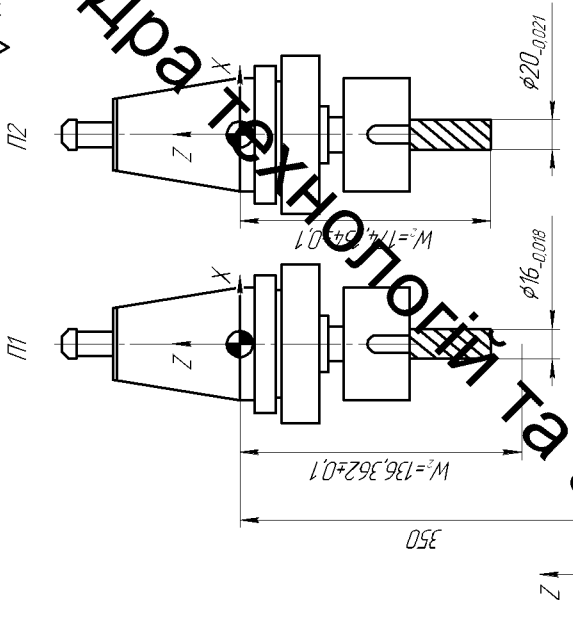
08-64.БКР.010.00.00.0004

Кафедра технології та автоматизації машинобудування



A-A

B-B



- ⊕ - нуль верстака
- ⊕ - нуль деталі
- ⊕ - нуль програми
- ⊕ - нуль інструмента

4		Зняти деталь		-	-	-	-
015	3	Фрезерувати зовнішній контур 1 останочна		29	0,5	250	3000
	2	Фрезерувати зовнішній контур 1 попередньо		29	0,5	250	3000
	1	Встановити та закріпити деталь		-	-	-	-
№ опер. перех	№ Фрезерна	Обладнання		Режими різання			
				t, мм	S, мм/об	V, м/хв	q, об/хв
				Базовий режим: Верстат ЛТ-260мез			
				08-64.БКР.010.00.00.0004			
				Карта Налаштування			
				на операцію 015			
				ВНТУ, гр ПМ-21б			