

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))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ А54"**
МКР.08-26.003.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-21м
спеціальності 131 – Прикладана механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гльченко В.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Сердюк О.В.
(прізвище та ініціали)

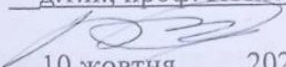
« 12 » 12 2022 р.

Опонент: Мокаренко М.В.
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ
Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)
« 15 » 12 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Машинобудування та транспорту
 Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань – 13-Механічна інженерія
 Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
 Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

10 жовтня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ільченко Віталій Ігорович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54"
 керівник роботи к.т.н., Сердюк Ольга Валентинівна
 затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.09.2022 року № 205-А
2. Строк подання студентом роботи 19 грудня 2022 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі вал А54,
 програма випуску 200 шт
матеріал Ст 45 ГОСТ 8731-74

4. Зміст текстової частини: забезпечення процесу обробки складних поверхонь дослідження деталі типу вал та створення програми для його механічної обробки, технологія виготовлення деталі типу вал А54, проектування пристосування, економічний розрахунок скорона праці
5. Перелік ілюстративного матеріалу
дослідження деталі типу вал А54, Вал А54 креслення заготовки, маршрут механічної обробки, розмірний аналіз карта налагоджень, версіоналі пристосування, з'являється механічної обробки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н. Сердюк О.В.	10.10.2022	12.12.2022
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.Й.	15.10.2022	25.11.2022
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	20.10.2022	24.11.2022

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 15.10.2022
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 15.10.2022
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2022
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2022
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2022
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2022
	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2022
	Попередній захист МКР	до 12.12.2022
	Перевірка роботи н плагіат	до 14.12.2022
	Нормоконтроль МКР	до 16.12.2022
	Рецензування МКР	до 17.12.2022
	Захист МКР	до 22.12.2022

Студент

Льченко В.І.
(підпис)

Льченко В.І.

Керівник роботи

Сердюк О.В.
(підпис)

Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Ільченко В.І.. Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2022. 166 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 44 назв; рис.: 26; табл. 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано дослідження деталі вал А54 на деформації та напруження. На його основі удосконалено конструкцію деталі, та за розроблено програму для обробки на верстаті з ЧПК. Для цієї ж деталі розроблено маршрут механічної обробки, з визначенням норм часу, режимів обробки, технологічних розмірів. Спроектовано пристосування та дільницю механічної обробки.

Графічна частина складається з 10 плакатів.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: моделювання, програма для механічної обробки, деформації, маршрут механічної обробки, холості ходи.

ABSTRACT

V. I. Ilchenko. Improvement of the design and technological process of processing the workpiece of the "Shaft A54" part. Master's qualification thesis on specialty 131 - Applied mechanics, educational program - Mechanical engineering technologies. Vinnytsia: VNTU, 2022. 166 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 44 titles; Fig.: 26; table 22.

In the master's qualification thesis, a study of the A54 shaft part on deformation and stress was performed. On its basis, the design of the part was improved, and a program for processing on a CNC machine tool was developed. For the same part, a mechanical processing route has been developed, with the determination of time norms, processing modes, and technological dimensions. The device and the mechanical processing section have been designed.

The graphic part consists of 10 posters.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; recommendations for improving working conditions, as well as fire safety regulations were considered.

Key words: modeling, program for mechanical processing, deformations, route of mechanical processing, idle speeds..

МКР 131 ПРИБУВАЮЩА МЕХАНІКА ТАМ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ	9
1.1 Технічне забезпечення процесу механічної обробки на координатних верстатах з ЧПК.	9
1.2. Обладнання для формоутворення деталей складної форми	11
1.3 SIEMENS NX	14
1.4 AUTODESK POWERMILL	16
1.5 SOLIDCAM	16
1.6 CATIA	17
2 Дослідження деталі типу вал та створення програми для його механічної обробки	19
2.1 Дослідження напружень та деформацій, що виникають при експлуатації валу А54	19
2.2 Розробка керуючої програми у САМ Solidworks для виготовлення її на верстаті з ЧПУ	22
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ А54	25
3.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	25
3.2 Попереднє визначення типу та організаційної форми виробництва	28
3.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготовки	32
3.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	41
3.5 Варіантний вибір та розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз	44
3.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки модернізованого технологічного процесу	48
3.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів по мінімуму приведених затрат	53

3.8	Розробка технологічних операцій	59
3.9	Розмірно-точностне моделювання технологічного процесу	59
3.10	Аналітичний розрахунок припусків та між операційних розмірів на обробку отвору $\varnothing 125H8$	60
3.11	Визначення режимів різання	72
3.12	Розрахунок технічних норм часу	76
4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ		80
4.1	Аналіз схеми базування, вибір оптимальної схеми	80
4.2	Розробка конструктивної схеми пристосування	80
4.3	Розрахунок параметрів затискного пристрою	82
4.4	Аналіз точності пристосування	84
4.5	Розрахунок точності виготовлення деталей пристосувань з використанням розмірного аналізу	87
4.6	Вибір приводу, розрахунок його параметрів	88
5 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ		90
5.1	Уточнення виробничої програми	90
5.2	Визначення кількості обладнання	92
5.3	Визначення кількості працюючих на дільниці	96
5.4	Розрахунок маси грузопотоків дільниці механічного цеху	97
5.5	Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту	97
5.6	Розробка плану розташування обладнання.	98
5.7	Проектування допоміжних відділень механічного цеху	99
5.8	Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатника; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.	102
5.9	Організація інструментального господарства	104
5.10	Організація механічного контролю на дільниці механічного цеху	107
6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		109
6.1	Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	109

6.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	110
6.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	111
7. ОХОРОНА ПРАЦІ	124
7.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	124
7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	127
7.3 Пожежна безпека	132
ВИСНОВКИ	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	137
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної кваліфікаційної роботи	142
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	144
Додаток В (обов'язковий) Специфікації	159
Додаток В (обов'язковий) Комплект технологічної документації	162

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

ВСТУП

Актуальність. Сучасне виробництво характеризується як найбільш продуктивне та ефективне, та зкожним роком технології невпинно крокують уперед. Таким чином модернізація виробництва завжди була, є і буде нагальною потребою. В сфері виробництва товару однією з задач, що постають перед постачальником, зниження видатків, підвищення ефективності, скорочення як циклу випуску так і строків запуску виробів. Найбільш актуальним це є для машинобудівної промисловості, пов'язаної з виробництвом як великих партій так і деталей зі складною формою. Як правило для виготовлення подібних деталей необхідно детально вивірена технологія та створення комплексу верстаного обладнання необхідного для отримання необхідного результату та для отримання продукції високої якості. Все це займає значний час, що призводить до збільшення підготовчого періоду запуску виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу вал шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети повинні бути виконані такі **завдання**:

- виконати моделювання навантаження деталі засобами solid works;
- провести аналіз впливу навантаження на можливі руйнування деталі та запропонувати зміни в конструкції;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «валА54»
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розробити програму для обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;

- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити конструкцію пристосування для однієї з операцій;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталей типу «Вал».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал А54».

Методи дослідження. Метод кінцевих елементів, що дозволив дослідити деталь при її навантаженні. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал».

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

LI Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту.

Сердюк О.В., Ільченко В.І., Федорчук М.А., «Напруження в поверхневому шарі металу при обкочуванні роликком із гвинтовою робочою поверхнею» в Матеріалі конференції «LI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2022)», Вінниця, 2022.

[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2022> Дата звернення: Груд. 2022

1 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ

1.1 Технічне забезпечення процесу механічної обробки на трьохкоординатних верстатах з ЧПК.

В машинобудуванні, до теперішнього часу, намагалися використовувати максимально прості за формою та геометрією деталі, це було обумовлено можливостями верстатного обладнання та складністю проектування і обчислення більш нестандартних деталей. Зі збільшенням попиту на літаки та кораблі з'явилась проблема виготовлення великої кількості точних та складних за формою деталей. Як відомо, проблему вирішили копірами та шаблонами, але копії та шаблони доцільно використовувати в малосерійному та одиничному виробництві. Для деталей великої серійності постало питання обробки складних поверхонь. На верстатах з ручним керуванням досягти точного повторення серій неможливо, тому було побудовано верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) таким чином вирішили проблеми з повторенням серій.

Для більшої ефективності та прогнозованості обробки створили САМ/САЕ/САD програми, що дозволили моделювати складну деталь, та писати керуючу програму для верстату з ЧПК, запускати максимально продумане виробництво (рис.1.1).

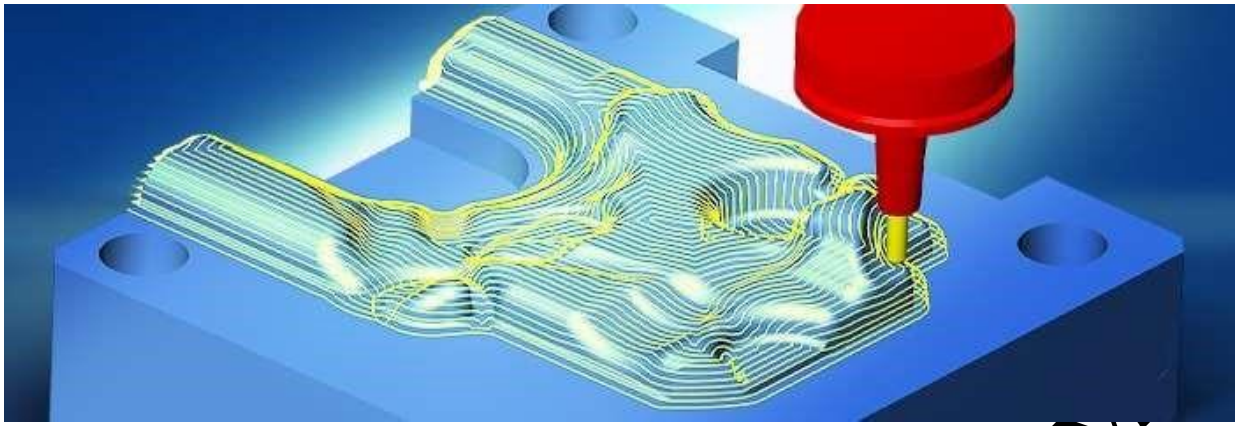


Рисунок 1.1 - Приклад змодельованої ділянки оброблення складної деталі в САМ модулі .

В техніці найбільш поширені три види поверхонь:

- Алгебраїчні – це поверхні, що підпорядковані математичним рівнянням, певної форми та з певним положенням в просторі;
- Поверхні з числовими мітками – поверхні форма яких визначена окремими точками, а координати цих точок задані в вигляді таблиць;
- Конструктивні – поверхні форм яких визначається конструктивними особливостями.

Складні за формою поверхні, як правило можуть поєднувати в собі всі три пункти. А для їх виготовлення простіше використати ЧПК верстати з керуючою програмою, яка вже може будуватись як за математичною залежністю і рівняннями, так і за масивом точок, ніж виготовляти в ручну за шаблонами.

Технічна література в свою чергу поділяє деталі зі складними поверхнями за їх застосуванням в науці, техніці та технології на три класи: інструменти, деталі виробів, заготовки деталей.

Клас інструментів поділяють на три підкласи: штампи, прес-форми та моделі.

Клас деталей прийнято поділяти на: деталі механізмів і машин, деталі приладів та товарів господарчого спрямування, деталі, що мають художню цінність.

Клас заготовок складає продукція, що є результатом попередньо виконаних операцій (поковки, відрізи, листовий штамп, тощо.).

Використовуюючи дані заготовки, виконується обробка на ЧПК верстатах для отримання деталей зі складними поверхнями і високою точністю. ЧПК верстати здатні виконувати складні рухи робочих органів з застосуванням відповідних ріжучих інструментів та певних методів обробки, але потребують керуючої програми, що містить в собі швидкість переміщення і різання в кожній точці маршруту та додаткові параметри навігації. Створення керуючого коду може відбуватись як вручну оператором (для легких деталей), так і автоматично CAD програмою, але зазвичай автоматично створену програму допрацьовує програміст-оператор, оскільки не всі ділянки можливо розглянути в автоматичному режимі.

1.2. Обладнання для формоутворення деталей складної форми

Формоутворення деталі відбувається шляхом заглиблення ріжучого інструменту в поверхню заготовки та видалення встановленого припуску в процесі утворюється стружка, а результатом є готова деталь.

Для формоутворення поверхонь складної форми, найбільш поширені у використанні фрезерні верстати ЧПК.

Ключовими перевагами даного типу верстатів є:

- По перше, повне забезпечення повторення технологічного процесу;
- По друге, сучасні програми моделювання та автоматизації виробництва дозволяють максимально швидко й просто писати керуючу програму, що зменшить час обробки та терміни запуску виробництва;

По третє, можливість приводів верстату відтворити потрібні рухи робочих органів з заданою точністю за розрахований час за попередньо заданими командами;

- По четверте, використання верстатів з ЧПК дає виробництву перевагу у вигляді швидкого переорієнтування виробництва та переналагодження для випуску нової продукції;

➤ По п'яте, обробка не потребує втручання оператора у сам процес, а лише певний контроль за оснащенням.

Доцільним та ефективним використанням верстату з ЧПК є коли:

- кількість верстатів, що він може замінити лежить в межах від 2 до 8 одиниць;
- можливо скоротити кількість працівників мінімум на 20-30%;
- можливе зниження трудомісткості виготовлення деталей на 25-80%;
- скорочення строків на підготовку та налагодження виробництва на 50-70%;
- збільшення частки машинного часу у структурі операції та ростом продуктивності праці до 75%;
- скорочення загального часу циклу виготовлення продукції на 50-60%;
- зменшення вартості проектування та виготовлення оснащення від 30 до 80%;
- зменшення кількості браку, підвищення точності обробки в 2-3 рази, забезпеченням взаємозамінності деталей;
- зменшення об'єму та необхідного часу на виконання розмітки та слюсарних робіт в 4-8 разів.

У сучасності верстати з ЧПК показали себе максимально ефективними при обробці складних деталей та поверхонь, при серійному виробництві. Кожне виробництво ставить на меті, в майбутньому, повний перехід на верстати з ЧПК. Але верстати мають високу вартість та заплановану програму обслуговування, що також не є з дешевих, тому постає питання максимальної оптимізації виробництва з мінімальним часом простою, обробки, допоміжного часу. У зв'язку з умовами ринкової економіки України, великого поширення здобули, більш дешеві, верстати з ЧПК, що мають три координати керування, хоча використання п'ятикоординатних верстатів є більш доцільним.

Найпопулярнішим є поєднання трьохкоординатного верстату з ЧПК з середньою точністю та поворотного столу (як з однією керованою віссю, так і з двома), таким чином отримуємо п'ятикоординатний верстат за найменшу ціну,

дешевий в обслуговуванні малий за габаритами, але менш точний. Яскравим прикладом такого поєднання є використання продукції компанії HAAS, доступна ціна та середня точність верстатів робить їх конкурентами до високовартісних п'ятикоординатних верстатів, хоча в компанії існують і власні п'ятикоординатні верстати, вони в ціні будуть все одно дорожче за зв'язку: поворотний стіл + трьохкоординатний ЧПК.



Рисунок 1.2 - Повортний стіл та трьохкоординатний верстат компанії «HAAS»

Простота програмування системи FANUC/HAAS дозволяю швидко і ефективно

навчати операторів для забезпечення ефективного виробництва, а широка номенклатура обладнання, що поєднуються між собою, дозволяє будувати ефективні дільниці високо гнучкого виробництва. Таким чином поворотний стіл може працювати з усією продукцією фірми та може підпорядковуватись загальному керуючому коду без додаткових змін. За потреби стіл можна замінити без зміни коду (окрім габаритних маркерів) і продовжити випуск деталей.

Все це, і багато інших позитивних пунктів, дозволило компанії зайняти лідируючі позиції на ринку ЧПК верстатів, зокрема в Україні представлений офіс та демонстраційна дільниця компанії, продукція має великий попит та позитивні відгуки покупців.

Сучасні різноманітні комплекси програмного забезпечення, дають можливість спеціалістам повністю автоматизувати процес конструкторської та технологічної підготовки виробництва деталей будь-якої геометричної складності.

Цикл створення виробу прийнято поділяти на три етапи:

- По-перше, необхідно розробити дизайн та 3D моделі з допомогою CAD систем;
- По-друге, використовуючи модуль CAM -програми згенерувати керуючу програму для верстатів з ЧПК;
- По-третє, провести імітаційне моделювання процесу виготовлення, з усуненням можливих недоліків.

До числа систем автоматизованого виробництва відносять наступні програмні продукти: ADEM, Alphacam, ArtCAM, BobCAD-CAM, CAM-TOOL, CAMWorks, CATIA, CimatronE, Creo, DCAMCUT, Edgcam, ESPRIT, FeatureCAM, Gemma 3D, GibbsCAM,

GO2cam, HSMWorks, hyperMILL, Mastercam, NCG CAM, PartMaker, PEPS, PowerMILL,

SharpCam, SolidCAM, SprutCAM, SurfCAM, T-FLEX, Tebis, Tehtran, TopSolid, VISI,

VisualMILL, WorkNC, ZW3D, КОМПАС ЧПК, PowerMill, Mastercam, SprutCAM,

SolidCam, Artcam, EdgeCam, Vericut, FeatureCAM, Siemens NX, Autodesk Invenor та інші.

Розглянемо найбільш популярні середовища написання керуючого коду.

3.1 SIEMENS NX

NX це CAD/CAM/CAE-система САПР (система автоматичного проектування) виробництва компанії Siemens PLM Software. Програма використовує ядро геометричного моделювання Parasolid. NX підтримує широкий спектр операційних систем, включаючи UNIX, Linux, Mac OS X, Windows з можливістю одночасного використання декількох ОС. NX CAM — модуль

підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК, підтримує різні види обробки: токарну, фрезерну на 3-5-осьових верстатах з ЧПК, токарно-фрезерну, електроерозійну дротяну обробку. Система NX CAM підтримує прогресивні види обробки і устаткування: високошвидкісне фрезерування, обробку на основі елементів, токарнофрезерні багатофункціональні верстати. Містить вбудований модуль симуляції обробки на верстаті, що працює в кодах керуючої програми (G-code), який використовується для аналізу керуючих програм і забезпечує контроль зіткнень. Має асоціативний зв'язок між вихідною моделлю і сформованою траєкторією інструменту забезпечує автоматичне оновлення даних при внесенні змін. Програма широко використовується в машинобудуванні, здобула популярності в компаніях, що випускають вироби з високою щільністю компоновки та великою кількістю деталей складної форми [16].

Засоби промислового дизайну в NX призначені для моделювання поверхонь вільної форми, візуалізації, розв'язання задач зворотного інжинірингу, інтеграції з конструкторськими САПР (CAD), засобами інженерного аналізу (CAE) та технологічними САПР (CAM). Програма NX CAM має тісно інтегровану систему постпроцесування, що дозволяє, певною мірою, спростити генерування необхідного коду верстату з ЧПК для більшості типів верстатів та систем ЧПК. Багаторівневий вбудований процес перевірки програми для верстатів з ЧПК включає симуляцію на основі G-cod, що дозволяє виключити необхідність використання зовнішніх пакетів програм для симуляції. Інтеграція NX CAM з системою управління даними і процесами Teamcenter є основою розширеного рішення для виробництва деталей. Це дозволяє легко управляти всіма типами даних, включаючи 3D-моделі деталі, карти наладки, переліки інструментів, а також файлами керуючих програм для верстатів з ЧПК, забезпечуючи повний контроль ревізій. Таке управління даними і процесами гарантує використання потрібних даних, в тому числі оснащення і програм для верстатів з ЧПК, що забезпечує скорочення витрат і часу виготовлення деталей. Останні технології автоматизації програмування верстатів з ЧПК в NX CAM дозволяють підвищити ефективність виробництва. Завдяки обробці на основі елементів можна скоротити

час програмування до 90%. Крім того, шаблони дозволяють використовувати заздалегідь певні процеси на основі правил і тим самим стандартизувати програмовані завдання з метою прискорення їх виконання [17].

1.4 AUTODESK POWERMILL

Autodesk PowerMILL – це програмний продукт САПР компанії Autodesk Inc. (США).

Система призначена для програмування складних видів фрезерної обробки на багатівісєвих верстатах з ЧПК. Містить високоефективні стратегії обробки, що дозволяють значно скоротити час обробки на верстаті та підвищити якість оброблених поверхонь. Програма має велику кількість модулів і можливостей від програмування 2D обробки до 3D, як на трьохвісєвих верстатах, так і на п'ятивісєвих, має власні підпрограми оптимізації припуску, траєкторії, що дозволяє значно скоротити час обробки. Дозволяє виконувати моделювання на малопотужних комп'ютерах, має тісну інтеграцію з CAD/CAE програмами, дозволяє редагувати та створювати 3D/2D моделі [18]. Все із переліченого робить її також привабливою для певного сегменту покупців, при цьому щорічні напрацювання та оновлення роблять програмний продукт Autodesk PowerMILL достойним конкурентом на ринку.

1.5 SOLIDCAM

SolidCAM – це інструмент швидкого та легкого створення керуючих програм для токарних, фрезерних та електроерозійних верстатів з ЧПК. Використання SolidCAM як інтегрованого додатку до програмних продуктів, що входять до складу Autodesk Inventor Series/Professional, що надає можливість створення повнофункціональної CAD/CAM – системи. Програма підтримує всі методи обробки отворів, двух-, трьох- та чотирьохвісєву фрезерну обробку, п'ятивісєву позиційну і неперервну фрезерну обробку, високошвидкісну

фрезерну обробку, токарну та токарно-фрезерну обробку, електроерозійну обробку. Завдяки інтеграції SolidCAM та Autodesk Inventor всі операції обробки визначаються, розраховуються та перевіряються безпосередньо у середовище Autodesk Inventor. Використовувані при обробці двовимірні та тривимірні геометричні дані підтримують повноцінний асоціативний зв'язок з конструкторським проектом Autodesk Inventor. При внесенні змін геометричних параметрів в проект у Autodesk Inventor програма SolidCAM дозволяє автоматично перевизначити всі операції обробки згідно до змінених параметрів. Однією з відмінних особливостей SolidCAM – орієнтація на підтримку інтелектуальних процесів обробки. Програма надає користувачу можливість створювати та складати шаблони обробки для їх багаторазового використання при обробці аналогічних деталей. Завдяки зручному використанню та великій різноманітності підтримуваних операцій обробки SolidCAM найкращим чином підходить для вирішення механообробних задач як в невеликих або середніх цехах одиничного виробництва, так і на великих промислових підприємствах, що виробляють деталі та вузли в масовому та крупносерійному об'ємі [19].

Завдяки широкому набору функцій та модулів, SolidCAM є універсальним інструментом для будь-якого виробництва: електротехнічної, електронної, автомобільної, машинобудівної, аерокосмічної, тощо. Таке різноманіття обумовлено як можливостями самої програми SolidCAM, так і її інтегруванню з Autodesk Inventor, який є основним середовищем просторового моделювання, застосовуваним майже у всіх галузях.

16 CATIA

CATIA - (*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*) САПР французької фірми Dassault Systèmes- одна з найвідоміших універсальних CAD/CAM/CAE/PDM систем. Заслужене місце в лідируючій групі на світовому ринку досягнуто нею завдяки реалізації всебічного комплексного інтегрованого підходу, що дозволив в одній системі успішно здійснювати весь цикл створення

нового виробу: від розробки концептуальних моделей до підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК і випуску необхідних креслень і конструкторсько-технологічної документації [20].

В 1980-х за її допомогою було створено військовий літак фірми Dassault Aviation.

Пізніше програму адаптували для аерокосмічної, автомобільної, суднобудівної та інших галузей. CATIA використовували для проектування музею Гугенхайма в Більбао і Уолт Дісней Концерт Холл у Лос-Анжелесі. Найновішою версією на 2019 рік є V5 з новими модифікаціями. Вперше у даній версії в ранніх її редакціях заснували систему PLM

(Product Lifecycle Management), що визначило рух всієї індустрії САПР на роки вперед [21].

Найбільш відомі проекти, що були реалізовані в програмі CATIA: корпорація Boeing— проектування літаків; проектування Airbus A380 (найбільшого пасажирського літаку); проектування літаку Sukhoi Superjet 100; проектування АПЧ (атомний підводний човен) «Вірджинія»; термоядерний реактор - ITER [22].

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ ТА СТВОРЕННЯ ПРОГРАМИ ДЛЯ ЙОГО МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Дослідження напруг та деформацій, що виникають при експлуатації валу А54

Для дослідження валу А54 створено його модель в системі SolidWorks. Що дозволило в подальшому провести необхідні розрахунки. Для цього спочатку обрано матеріал, закріплено деталь та прикладено зусилля на внутрішню поверхню. Для розрахунку створено сітку.

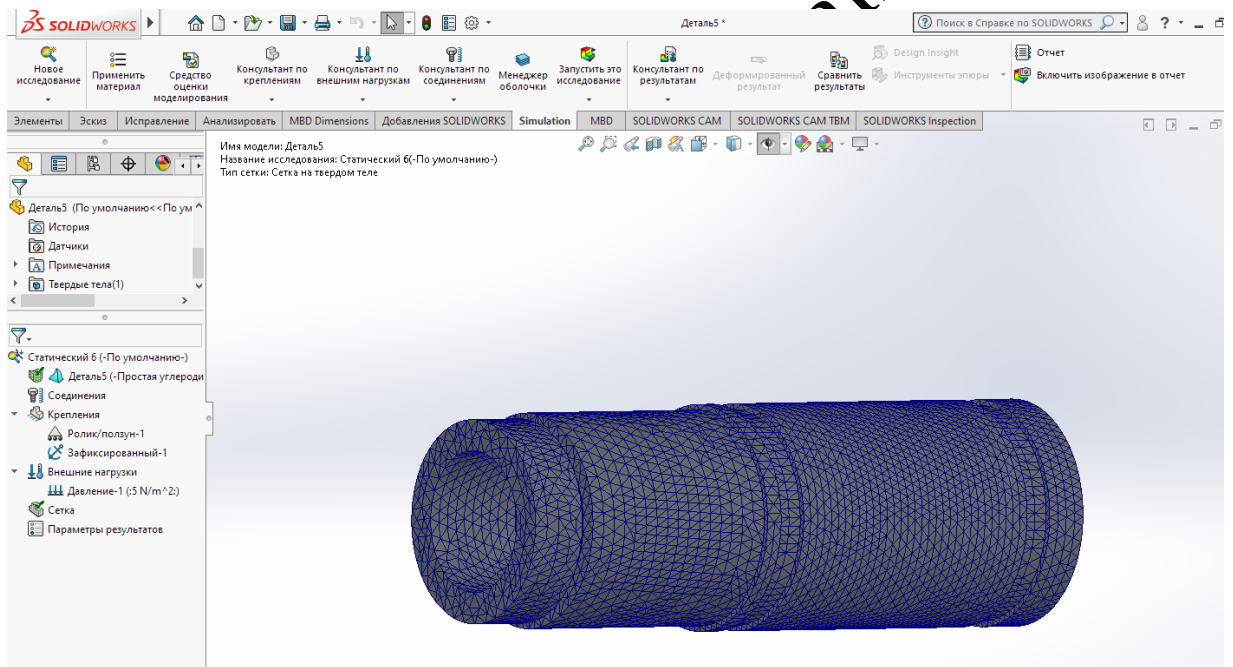


Рисунок 2.1 – Створення сітки на деталі вал А54

Виконаний розрахунок дозволив виявити найбільш небезпечне місце – це канавка (рисунок 2.2), яка містить концентратори напруг і має найменшу товщину стінки. Для того, щоб зменшити можливість руйнування, запропоновано виконати заокруглення (рисунок 2.3).

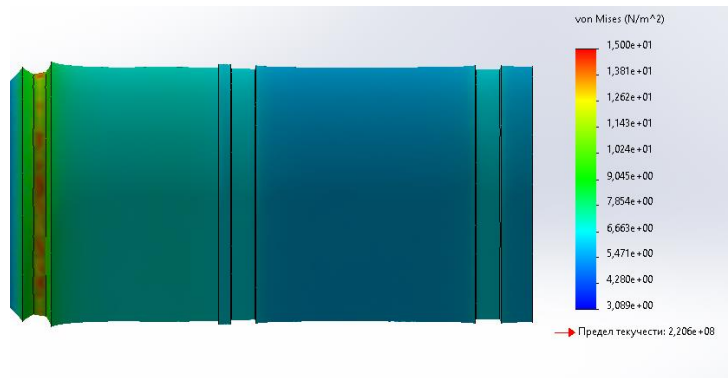


Рисунок 2.2 – Напруження, що виникають при навантаженні валу

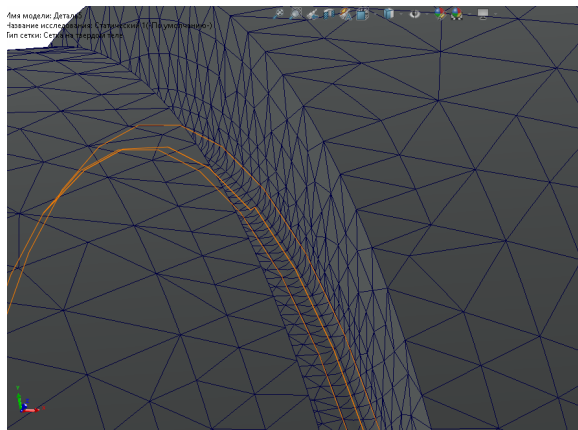


Рисунок 2.3 – Створення радіуси заокруглень

За аналогічних умов виконано моделювання, та отримано значно менші розрахункові значення напружень по Мізесу, тобто значно підвищився ресурс роботи валу.



Рисунок 2.4 – Напруження по Мізесу

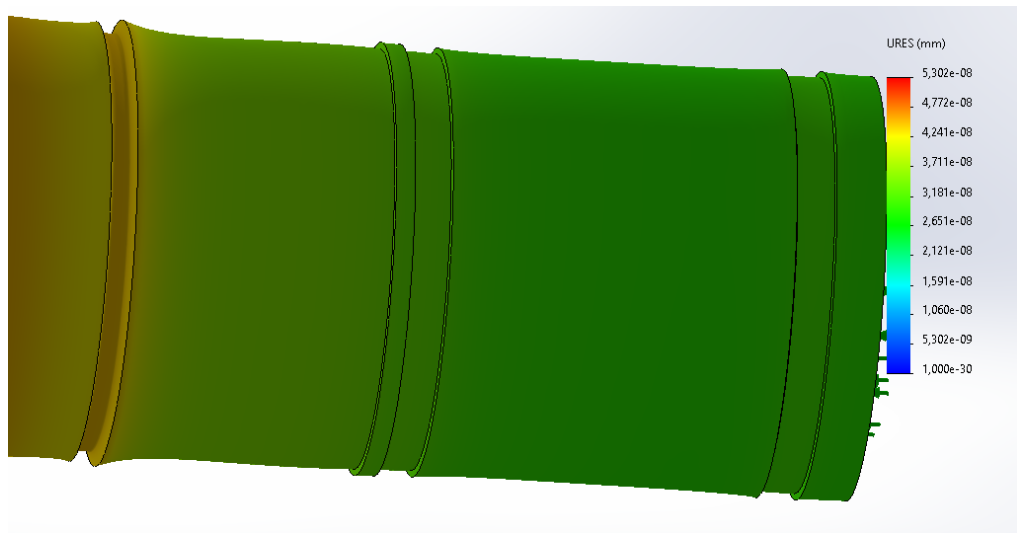


Рисунок 2.5 - Переміщення

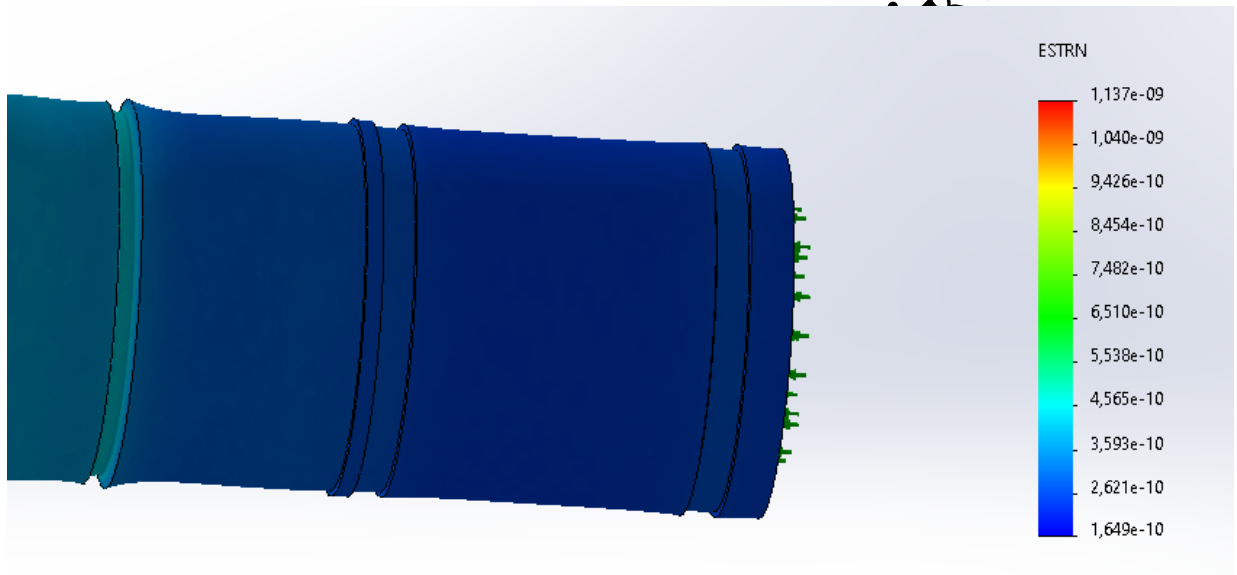


Рисунок 2.6 – Деформації

В результаті отриманих даних можна зробити висновок, що напруження знаходяться в межах, що не призводять до руйнування деталі, а деформації майже відсутні.

2.2 Розробка керуючої програми у CAM Solidworks для виготовлення деталі на верстаті з ЧПУ

Для того, щоб для деталі Вал А54 отримати керуючу програму необхідно спочатку перейти до вкладки CAM Solidworks та обрати необхідний тип верстата.

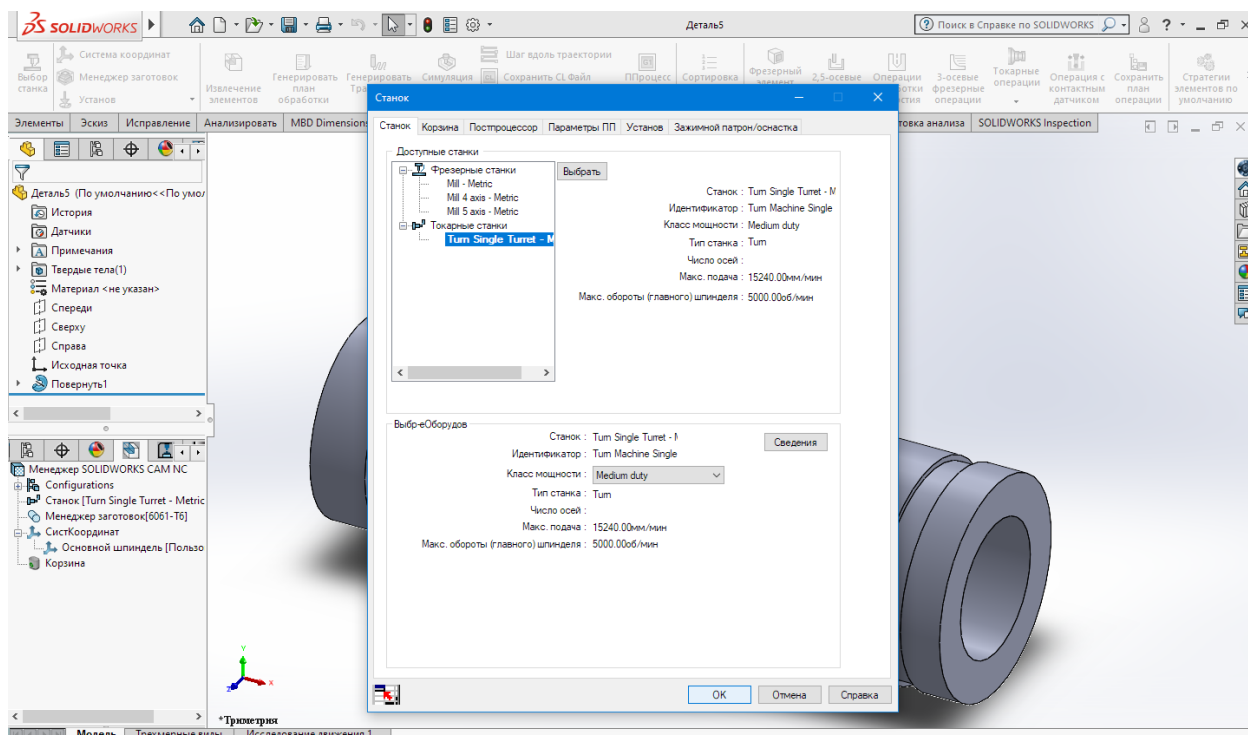


Рисунок 2.2 - Вікно параметрів верстату

Це дозволить обрати відразу доступні інструменти. Крім того потрібно визначити заготовку та її розміри. Після чого задано інтерактивне розпізнавання елементів, тобто шляхом ручного вибору елементів деталі, призначення відповідних режимів обробки і вибору відповідного інструменту, що не були створені при автоматичному розпізнаванні елементів.

Після чого в дереві елементів створено операції, та виконано генерацію плану операцій. Та генерацію траєкторії руху інструменту

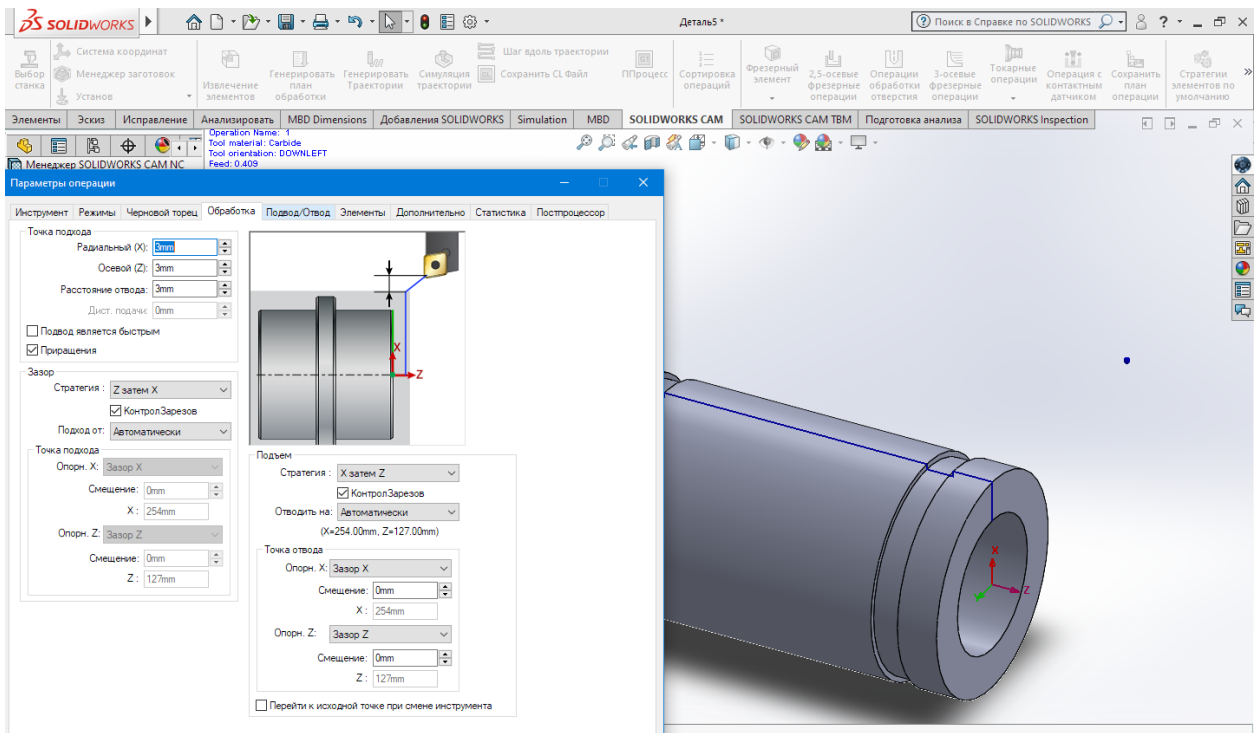


Рисунок 2.8 – Вибір ріжучого інструменту

CAM Solidworks розрахує траєкторію руху інструменту за складеним планом операцій і геометрії деталі.

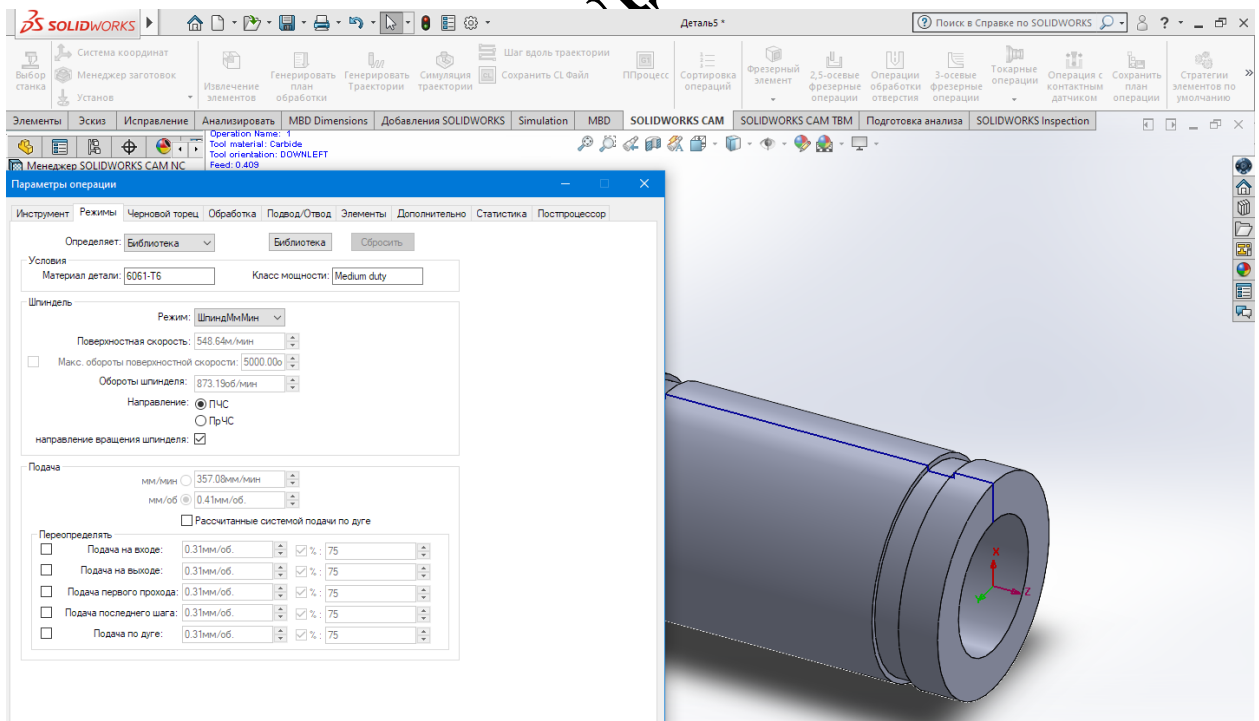


Рисунок 2.9 – Автоматичний розрахунок режимів обробки

```
40 N190 X-.0074 Y-3.2365 I.5418 J1.0612
41 N195 X-.1867 Y-3.0518 I.7348 J.8929
42 N200 G01 X-.1869 Y-3.0515
43 N205 G03 X-.3081 Y-3.0141 Z-.4882 I-.0872 J-.0675
44 N210 X-.3369 Y-3.1011 Z-.4789 I.0175 J-.0541 F650.
45 N215 X-.3051 Y-3.1439 Z-.4742 I1.0699 J.7615
46 N220 X-.1029 Y-3.3522 Z-.4487 I1.0308 J.7986
47 N225 X.14 Y-3.5114 Z-.4233 I.854 J1.0378
48 N230 X.3541 Y-3.6168 Z-.4024 I5.5867 J11.0797
49 N235 G01 X.3626 Y-3.6209 Z-.4016
50 N240 X.5025 Y-3.689
51 N245 X1.0878 Y-3.9739 Z-.4585
52 N250 G03 X1.2718 Y-3.8966 Z-.4783 I.0581 J.1194
53 N255 X1.1839 Y-3.6869 Z-.5 I-.1635 J.0547 F94.8068
54 N260 G01 X1.0154 Y-3.6047
55 N265 X.6689 Y-3.4358 F189.6136
56 N270 G03 X.4721 Y-3.3405 I-15.65 J-32.0872 F188.6229
57 N275 G02 X.2759 Y-3.244 I4.8881 J10.1798 F189.6136
58 N280 X.0881 Y-3.1208 I.4724 J.9253
59 N285 X-.0683 Y-2.9597 I.6411 J.7789
60 N290 X-.1852 Y-2.7681 I.798 J.6182
61 N295 G01 X-.1869 Y-2.7644
62 N300 G03 X-.2413 Y-2.747 Z-.4944 I-.0352 J-.0162
63 N305 G01 X-.2719 Y-2.7644 Z-.4913
64 N310 X-.2688 Y-1.7387 Z-.4016 F650.
65 N315 X-.2666 Y-1.0064
66 N320 X-.2634 Y.0315 Z-.4924
67 N325 X-.253 Y.0209 Z-.4937 F189.6136
68 N330 G03 X-.1866 Y.011 Z-.5 I.0397 J.0387 F94.8068
69 N335 G02 X-.0727 Y.0687 I.9253 J-1.6849
70 N340 X-.0181 Y.0931 I.7993 J-1.7167
71 N345 X.2038 Y.1721 I.7448 J-1.7411 F189.6136
72 N350 X.2586 Y.1869 I.5433 J-1.8913
73 N355 G03 X.3645 Y.2888 Z-.48 I-.037 J.1445
74 N360 X.3061 Y.3521 Z-.4665 I-.048 J.0143 F650.
75 N365 X.1621 Y.3161 Z-.4471 I.4418 J-2.0745
76 N370 X-.136 Y.2047 Z-.4056 I.5641 J-1.9632
77 N375 X-.164 Y.1914 Z-.4016 I.8792 J-1.8882
```

М

Рисунок 2.10 – Генерація NC програми.

Постпроцесування є кінцевим кроком в генерації NC програми. Таким чином було оптимізовано переміщення ріжучого інструмента під часдопоміжних ходів, що дозволило зменшити час на механічну обробку.

Таким чином зроблено оптимізацію конструкції деталі, оптимізовано переміщення інструмента під час допоміжних ходів, що дозволило зменшити час на механічну обробку.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ А

3.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Дана деталь служить корпусом в складі потужного гідроциліндра. Випускається в умовах дрібносерійного виробництва. В деталі немає необхідності спрощувати її конструкцію, оскільки вона не має важкооброблюваних місць.

Так як деталь виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва, то не має необхідності застосовувати високопродуктивні методи обробки.

Деталь має проточки, канавки, різьби, розміри яких уніфіковані. Тому ці розміри можна отримати універсальними інструментами. Важкодоступних місць для обробки немає.

Технологічні та вимірювальні бази можна сумістити при обробці наступних розмірів: 135, 175, 140, 30, 32, 62.

Допустимі відхилення розмірів, шорсткості, відхилення геометричної форми та взаємного розташування поверхонь відповідають призначенню деталі і не суперечать один одному.

Усі розміри на кресленні контролюються стандартними вимірювальними інструментами.

Для базування можна використовувати наступні поверхні: торці від $\varnothing 190$, $\varnothing 125$ та $\varnothing 190$ h11. Введення штучних технологічних баз непотрібно.

Додатковою технологічною операцією є полірування поверхні $\varnothing 152$ і внутрішніх фасок 300. Від неї неможливо відмовитись, так як службове призначення деталі вимагає дуже низької шорсткості на цих поверхнях, що досягається поліруванням.

В умовах дрібносерійного виробництва найбільш раціональним і дешевим методом отримання заготовки є прокат (труба) або штампування на горизонтальних кривошипних гарячештампувальних пресах (ГКМ).

Технологічність деталі будемо оцінювати за допомогою трьох кількісних показників.

1) Коефіцієнт уніфікації.

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (3.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт уніфікації

Розміри								Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Діаметральні		Різьби		Заг.	Уніфік.
Заг.	Уніфік	Заг.	Уніфік	Заг.	Уніфік	Заг.	Уніфік	58	58
22	14	8	8	5	5	11	10		
$Q_{ye}=95$									
$Q_e=109$									

Відповідно до даних наведених в таблиці 2.1 коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = 95/109 = 0,87 > 0,8.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1 / Ш_{ср} \quad (3.2)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість деталі; n_i – кількість поверхонь з шорсткістю $Ш_i$.

Середня шорсткість деталі визначається за формулою:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i}, \quad [\text{МКМ}] \quad (3.3)$$

де $Ш_i$ – шорсткість i -ої поверхні.

Всі значення шорсткості вказані на кресленні записано в таблицю 2.2 відповідно до них середні шорсткість даної деталі складає:

$$Ш_{cp} = \frac{628.1}{58} = 10.8 \quad (\text{МКМ})$$

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,4		$3 \times 0,4 = 1,2$
1,6	1	$1 \times 1,6 = 1,6$
3,2	4	$4 \times 3,2 = 12,8$
6,3	1	6,3
12,5	49	$49 \times 12,5 = 612,5$
Всього:	58	628,1

Відповідно коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1/10,8 = 0,08 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

3) Коефіцієнт точності визначається за формулою:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (3.4)$$

де T_{cp} – середній квалітет; n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i .

Середній квалітет визначається за формулою:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i} \quad (3.5)$$

де T_i – квалітет i -ої поверхні.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Розміри	Кількість розмірів	Розрахунок
11	Ø 190	1	11×1=11
9	Ø 160	1	9×1=9
10	Ø 192	1	10×1=10
8	Ø 125	1	8×1=8
14	всі інші	36	14×36=504
Всього		40	542

3.2 Попереднє визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (3.6)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на ділянці; $\sum P_i$ – кількість робочих місць на ділянці.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Вал 54” і занесені до таблиці 2.4, це чорнове та чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні, та чистове та чорнове розточування отворів.

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, для кожного переходу формула для розрахунку записана в таблицю 3.4

Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k \quad [хв] \quad (3.7)$$

де φ_k – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (3.8)$$

де $N = 200$ шт. – річна програма випуску деталі “Вал А54”; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2030$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P .

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (3.9)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції; P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці визначаються:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (3.10)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання; $\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 26,67 + 38 + 42,1 + 15,43 + 15,98 + 40 = 198,18$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 6$. Відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о}$:

$$K_{з.о} = 198,18 / 6 = 33,03$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 3.4.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – дрібносерійне, що відповідає типу виробництва визначеного наближеним способом (за масою і програмою випуску деталей за рік).

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то поточкову лінію використовувати недоцільно.

$$N_{\delta} = \frac{N}{254}, \quad (3.11)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_3}, \quad (3.12)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i} \quad (3.13)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (16,2 + 10,63 + 9,72 + 27,54 + 11,81 + 10) / 6 = 14,31 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\delta} = \frac{2030}{14.31 \cdot 0.8} = 1.25$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{200}{254} = 0.78$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (3.14)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (24 днів)

$$n = \frac{200 \cdot 24}{254} = 18.89$$

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 19 шт.

3.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготовки

Оскільки матеріал деталі Сталь 45, в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути отримана штампуванням, або з прокату. При штампуванні мінімальний діаметр отвору що отримується 30 мм, отже ми можемо отримати в заготовці отвір $\varnothing 160$ та $\varnothing 125$, що призведе до значної економії металу.

Більшість поверхонь деталі мають 14 квалітет точності, тому доцільно обрати метод отримання заготовки, що забезпечує даний квалітет точності, це дозволить мінімізувати механічну обробку заготовки. Оскільки виробництво серійне то використовувати штампування на молотах недоцільно, так як даний метод є малопродуктивним і отримувати заготовки мають низьку точність, крім

Таблиця 3.4 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{осн} * 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{осн}$, хв	φ_k	$T_{шт.к.}$ хв	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	Чорнове точіння поверхні	0,1dl	D=200; l=600	12	1,35	16,2	0,03	1	0,03	26,67	33,03
2	Розточування отвору попереднє	0,18Dl	D=125; L=350	7,875	1,35	10,63	0,021	1	0,021	38	
3	Розточування отвору попереднє	0,18dl	D=160; l=250	7,2	1,35	9,72	0,019	1	0,019	42,1	
4	Чистове точіння поверхні	0,17dl	D=200; l=600	20,4	1,35	27,54	0,055	1	0,055	15,43	
5	Чистове розточування отвору	0,2Dl	D=125; l=350	8,75	1,35	11,81	0,024	1	0,024	35,98	
6	Чистове розточування отвору	0,2Dl	D=160; l=250	8	1,35	10	0,02	1	0,02	40	

МКР 131 Проектант на механіка ТАМ

того процес важко механізувати та автоматизувати, а умови праці важкі. При штампуванні на кривошипних гарячештампвальних пресах продуктивність значно вища, вища також точність заготовок і відповідно вищий коефіцієнт використання матеріалу, відсутні ударні навантаження, кращі умови праці, але вища вартість обладнання, необхідність в додаткових проміжних операціях, зокрема нагрівання металу. Проміжне положення між двома вище вказаними способами отримання заготовки займає штампування на гвинтових пресах. В даному випадку заготовки мають достатню точність – 13-15% квалітет, пристосування є тихохідне і досить легко процес можна механізувати та автоматизувати. При використанні гідравлічних пресів отримуються заготовки високої точності, але стійкість штампів низька, необхідність в охолодженні штампів і як наслідок висока собівартість заготовок. При штампуванні на горизонтально-кувальних машинах можна штампувати глибокі отвори діаметру, , крім того дані штампи мають дві площини роз'єму, що дозволяє штампувати деталі складної форми. Оскільки деталь має отвір відносно великого діаметру та наскрізний то бажано, для економії матеріалу, даний отвір проштампувати. Але більшість методів забезпечують пробивання отвору глибиною $0,8D$, в даному випадку це 100 мм, що недостатньо для отримання отвору, тобто можуть бути виконані лише намітки і необхідно буде свердлити і розточувати отвір, що приведе до низького коефіцієнту використання матеріалу. Штампування на горизонтально-кувальних машинах забезпечує штампування отвору глибиною $3D$, тобто 375 мм. Тобто використовуючи для отримання заготовки штампування на горизонтально-кувальних машинах ми можемо отримати отвір, тобто матимемо досить високий коефіцієнт використання матеріалу заготовки, що важливо, оскільки виробництво є серійним.

Крім того заготовку можна отримати із прокату, оскільки перепади діаметрів зовнішні і внутрішні незначні, то може бути обраний прокат труби. Оскільки всеодно зовнішні і внутрішні канавки не можуть бути отримані під час штампування через їх невеликі розміри. Крім того трубний прокат забезпечить

наявність отвору в заготовці, що дозволить отримати порівняно високий коефіцієнт використання матеріалу.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки: штампування на горизонтально-кувальних машинах; прокат.

Заготовка отримується штампуванням на горизонтальних кривошипних гарячештампувальних пресах (ГКМ). При цьому використовуються закриті штампи. Оскільки перепади діаметрів на деталі незначні, в якості заготовки можна використовувати прокат. При цьому відсутній заусенець, що зменшує витрати матеріалу та виключає необхідність у відрізанні його.

Згідно ГОСТ 7505-89 на ГКМ при серійному типі виробництва отримуються деталі п'ятого класу точності (Т4).

Деталь виготовляється із Сталі 45, що відповідно містить 0,45% вуглецю, тобто даний матеріал відноситься до другої групи (М2).

Для того, щоб визначити ступінь складності поковок, що є одною із конструктивних характеристик форми поковок, необхідно попередньо обчислити масу штамповки. Скористаємося формулою для орієнтовного розрахунку[4]:

$$M_{п.р.} = M_d \cdot K_p, \text{ [кг]} \quad (3.15)$$

де $M_{п.р.}$ – розрахункова маса поковки; M_d – маса деталі; K_p – розрахунковий коефіцієнт, що для корпусу даної конфігурації дорівнює 1,8 [3].

Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.} = 70 \cdot 1,8 = 126 \text{ (кг)}$$

Корпус вписується у циліндр, маса якого складатиме:

$$M = \pi \cdot 100^2 \cdot 600 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 147 \text{ (кг)}$$

Відношення маси поковки до маси фігури:

$$126/147=0,86$$

Отже, згідно із ГОСТ 7505-89 поковка матиме 1 ступінь складності (С1).

Особливістю ГKM є наявність двох площин роз'єму. При розміщенні їх щодо заготовки необхідно передбачити можливість вільного виходу поковки із полості штампа. Для цього площа любого перерізу поковки вище і нижче поверхні роз'єму повинна зменшуватися по мірі віддалення від цієї поверхні за рахунок відповідних штампувальних нахилів. Роз'єм встановлюється в площині найбільших габаритних розмірів (дивися креслення поковки). В цьому випадкові полості штампа є неглибокими, полегшується їх заповнення, зменшуються напуски. З врахуванням наведеного вище обрано дві плоскі площини роз'єму (перша проходить через вісь циліндру, друга - через його торець).

Згідно [3] вихідний індекс з врахуванням отриманих вище даних складатиме – 14.

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поверхні.

Основні припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними шорсткостями то необхідно на ці поверхні призначити різні припуски [3].

Додаткові припуски призначаються для врахування знімання по площині роз'єму штампа і врахування вигнутості, відхилення від площинності і прямолінійності [3].

При розрахунку розмірів заготовки основні і додаткові припуски сумуються.

Таблиця 3.5- Штамповка на ГKM

Вихідні дані	ГKM
--------------	-----

Клас точності	T4				
Марка матеріалу	M2				
Ступінь складності	C1				
Індекс	14				
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П				
	Розрахункові розміри, мм				
	200 ^{-1.15}	Ø125	Ø 160	600 ^{-1.75}	175 ⁻¹
Припуски:	1	2	3	4	5
Основні	2	2,5	2,3	3	2
Додаткові: для врахування вигнутості і відхилення від площинності	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Розміри заготовок, мм				
	Ø205,6	Ø 118,4	Ø 153,8	605	173,4
Допуски: розмірів	3,6 ^{+2,4} _{-1,2}	3,6 ^{+2,4} _{-1,2}	3,6 ^{+2,4} _{-1,2}	4,5 ^{+3,0} _{-1,5}	3,6 ^{+2,4} _{-1,2}
по вигнутості від площинності і прямолінійності	1,6				
радіусів заокруглень	2				
відцентричності отворів	2,5				

На ГKM можливо проштампувати отвір діаметром не менше 30 мм, що має довжину не більше 3d.

В нашому випадку доцільно буде вибрати з сортаменту трубу, а потім виконати в ній усадку. Для спрощення розрахунків при виборі труби з

сортаменту можна наближено скористатись припусками, що розраховані при штампуванні. З сортаменту найбільш підходящим варіантом прокату є Труба $\frac{203 \times 40 \text{ГОСТ}8732-78}{\text{В45ГОСТ}8731-74}$. В такому випадку штампувати необхідно тільки $\varnothing 160^{+0,1}$ на довжину 175^{-1} .

Іншим варіантом заготовки може бути прокат, а саме труба. Для спрощення розрахунків при виборі труби з сортаменту можна наближено скористатись припусками, що розраховані при штампуванні. З сортаменту найбільш підходящим варіантом прокату є Труба $\frac{203 \times 40 \text{ГОСТ}8732-78}{\text{В45ГОСТ}8731-74}$.

Радіуси заокруглень прийняті рівними 5-7 мм, з врахуванням того, що глибина полості штампа складає більше 60 мм, при цьому допуск на радіус заокруглення дорівнює 2 мм.

Оскільки обрано закрите штампування то заусенець відсутній.

Для полегшення виймання заготовки із штампу зовнішні поверхні робляться з штампувальним нахилом 5° , а внутрішні поверхні - 7° .

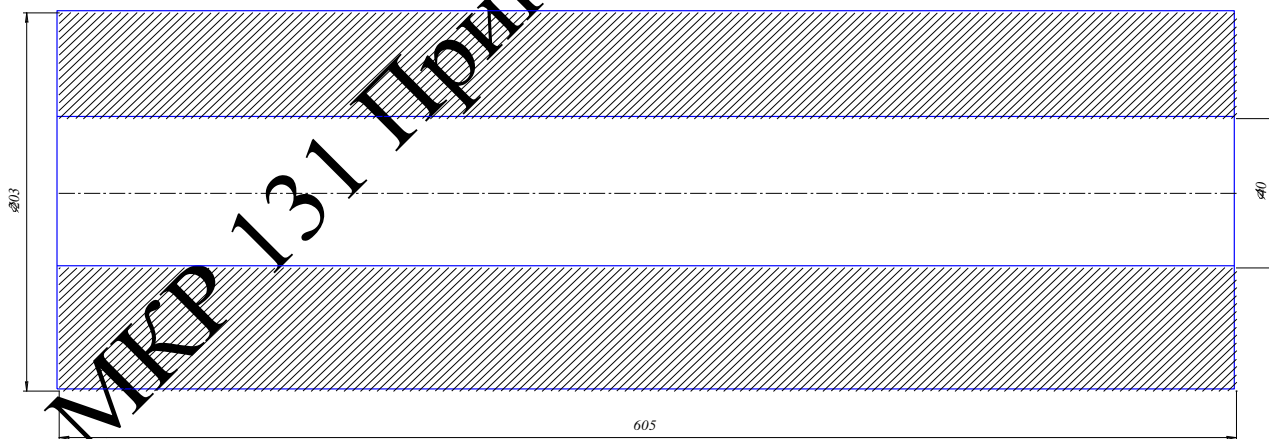
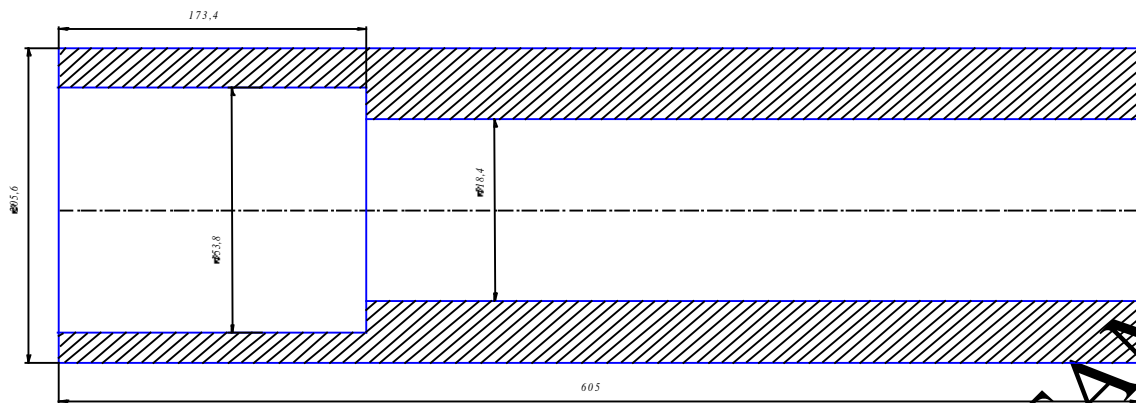


Рисунок 3.1 – Прокат

Рисунок 3.2 – Штампована заготовка



Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 70 / 92 = 0,78.$$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 70 / 97 = 0,72.$$

Бачимо, що в першому і другому варіантах коефіцієнт використання матеріалу відрізняється – у випадку поковки з ГKM $\gamma = 0,78$, а у випадку заготовки з сортаменту $\gamma = 0,72$, що в принципі в дрібносерійному виробництві краще, так як використання штампів в цьому типі виробництва є не досить доцільним і його доцільність можна визначити тільки більш детальними розрахунками. Остаточне рішення ми прийнемо при порівнянні двох технологічних процесів враховуючи додатково собівартість штампування.

Одержані дані дають можливість виконати техніко-економічне порівняння варіантів виготовлення заготовки за собівартістю.

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, [\text{грн}] \quad (3.16)$$

де S – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.; $Q_{\text{дет}}$, $Q_{\text{заг}}$ – маса, відповідно, деталі, заготовки, кг; K_T , K_C , K_B , K_M , K_n – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок; $S_{\text{відх}}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн.

При штампуванні на ГKM отримаємо:

$$C_{\text{заг.шт.}} = \left(\frac{39000}{1000} \cdot 373 \cdot 0,84 \cdot 0,73 \right) - \left(\frac{90 - 70}{1000} \right) \cdot 2240 = 2900,137 \text{ (грн.)}$$

При використанні прокату:

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{20000}{1000} \cdot 97 \right) - \left(\frac{97 - 70}{1000} \right) \frac{224}{1000} = 1879,5 \text{ (грн.)}$$

Для того щоб визначити загальний економічний ефект, потрібно розрахувати затрати на 2 переходи (розточування отвору за 2 проходи) оскільки при отриманні заготовки із прокату ця поверхня не отримується, на відміну від заготовки, що отримується при штампуванні на ГKM.

Тому необхідно розрахувати вартість виконуваних додатково переходів механічної обробки при використанні заготовки, одержаної із прокату:

$$C_{\text{обр}} = \frac{C_{\text{п-з}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{K_B}, [\text{грн}] \quad (3.17)$$

де $C_{\text{п-з}}$ – хвилинні приведені витрати, грн.; $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час на обробку, хв.; K_B – коефіцієнт виконання норм, $K_B \approx 1,3$.

В даному випадкові:

$$C_{обр_2} = \frac{5,31 \cdot (5,04 + 5,6)}{1,3} = 43,46 \text{ (грн).}$$

Хвилині приведені витрати при розточуванні складають 5,31 коп/хв [21].
Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = 0,18 \cdot 160 \cdot 175 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} = 5,04 \text{ (хв)}$$

$$T_{шт-к} = 0,2 \cdot 160 \cdot 175 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} = 5,6 \text{ (хв)}$$

Отже, вартість заготовки із прокату із врахуванням механічної обробки складає:

$$C_{заг} = 1879,5 + 43,46 = 1923 \text{ (грн)}$$

Тобто при отриманні заготовки на ГКМ її собівартість складає 2013 грн, а при отриманні її із прокату з врахуванням механічної обробки (переходів які необхідно виконати, щоб отримати заготовку аналогічну заготовці після ГКМ), собівартість складає 1923 грн. Отже економічно доцільніше отримувати заготовку із прокату.

3.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання наступного методу обробки, що намічається.

Відповідно до наведених вище вимог для усіх поверхонь визначена кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної механічної обробки.

В нашому випадку виробництво дрібносерійне, тому при обробці будуть використовуватись універсальне та спеціалізоване обладнання.

Осьовий отвір $\varnothing 125H8$ служить як напрямна для поршня в складі потужного гідроциліндра тому до цієї поверхні призначенні досить високі вимоги щодо точності і низької шорсткості. Також для заготовки відсутня необхідність виконувати обдирочні роботи, то токарні операції одразу можна виконувати на токарних верстатах. Осьовий отвір $\varnothing 125H8$ попередньо необхідно розточувати. Якщо обробка ведеться на універсальному обладнанні, то після токарної операції можна отримати 7 квалітет точності поверхні, тоді наступною операцією буде шліфувальна, на якій отримується 8 квалітет точності поверхні.

Іншим варіантом може бути використання спеціалізованого обладнання. Після попереднього розточування осьового отвору $\varnothing 125H8$, наприклад на токарному верстаті з ЧПК, можна уникнути шліфувальної операції, а натомість виконати декілька переходів попереднього розточування і тонке розточування, в результаті чого ми отримаємо 8 квалітет точності.

Ще одною вимогливою поверхнею є осьовий отвір $\varnothing 160H9$. Якщо обробка буде виконуватись на універсальному обладнанні, першою буде токарна операція на якій отримується 11 квалітет точності. Остаточна поверхня буде оброблятися на шліфувальному верстаті.

У випадку використання спеціалізованого обладнання, наприклад токарного верстата з ЧПК, за допомогою попереднього і остаточного

розточування можна отримати необхідні вимоги без використання шліфувальних операцій.

Для точіння поверхні $\varnothing 190h11$ достатньо тільки токарних операцій як у випадку використання спеціалізованого, так і у випадку використання універсального обладнання.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (3.18)$$

де ε – загальне уточнення; ε_i – окремі ступені уточнення; n – число ступенів обробки; T_D , T_3 , T_i – допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

В нашому випадку поверхня заданого розміру $\varnothing 125H8$ не отримується штампуванням. Вона отримується при виготовленні самого сортаменту. У гарячекатаній заготовці діаметральні розміри отриманні по 10 квалітету точності, тобто внутрішній діаметр $\varnothing 123H10$, допуск $T_3=160$ мкм.

Визначення кількості ступенів механічної обробки для поверхні $\varnothing 125H8$. Загальне уточнення для цієї поверхні:

$$\varepsilon = 0,16 / 0,063 = 2,52.$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon / 0,46 \quad (3.19)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$n = \lg 2,54 / 0,46 = 0,87.$$

Отже, можна проводити обробку за один перехід, але це не забезпечить необхідної шорсткості. Для забезпечення необхідної шорсткості призначаємо з переходи:

$$\varepsilon_1 = 1,5, \varepsilon_2 = 1,4, \varepsilon_3 = 1,2.$$

Допуск розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 0,16 / 1,5 = 0,1;$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,1 / 1,4 = 0,0714;$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,0714 / 1,2 = 0,0595.$$

Допуск після першого переходу відповідає 9 квалітету точності, після другого – 9 квалітету, після третього – 8 квалітету. Така кількість переходів з такими допусками приймається для того, щоб забезпечити необхідну шорсткість. Оскільки обробляється внутрішній отвір, то доцільно прийняти способи механічної обробки: при обробці на верстаті з ЧПК на базі універсального обладнання – 1 розточування, 2 шліфування; при обробці на спеціалізованому обладнанні – 2 розточування, 1 шліфування.

3.5 Варіантний вибір та розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. В якості чистових баз

використовується зовнішня циліндрична поверхня, при цьому, як показано на рисунку 3.3 заготовка затискається в трьохкулачковому самоцентруючому патроні.

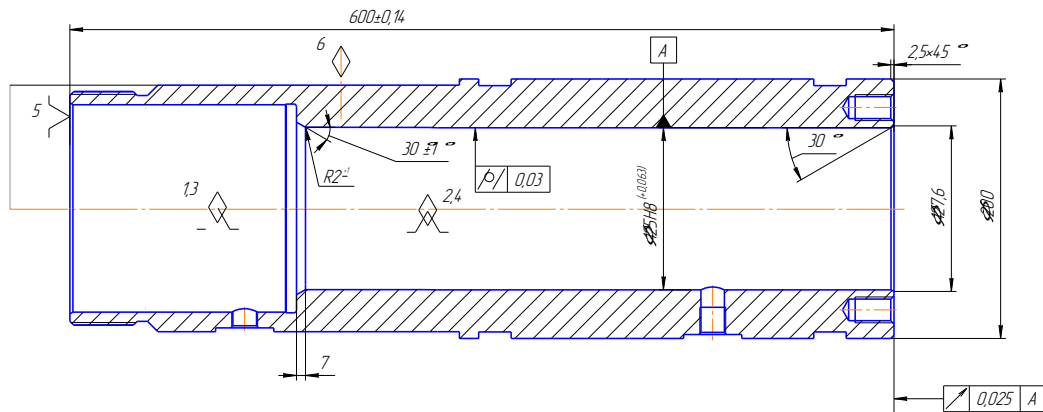


Рисунок 3.3 - Чистові технологічні бази

Похибка базування на отримувани розміри:

$\epsilon_{\delta(600)} = 0$ – виконується принцип співпадання технологічної і вимірювальної баз.

$\epsilon_{\delta(\varnothing 127,6)} = 0$ – діаметральний розмір;

$\epsilon_{\delta(\varnothing 125)} = 0$ – діаметральний розмір;

$\epsilon_{\delta(2,5)} = 0$ – поверхні отримуються з одного установу;

$\epsilon_{\delta(2)} = 0$ – поверхні отримуються з одного установу;

Похибка базування на радіальне биття торцю до поверхні А також рівна нулевій, оскільки ці поверхні отримуються з одного установу.

При обробці лисок та отворів М20 деталь встановлюється на призми. Схема базування показана на рисунку 3.4.

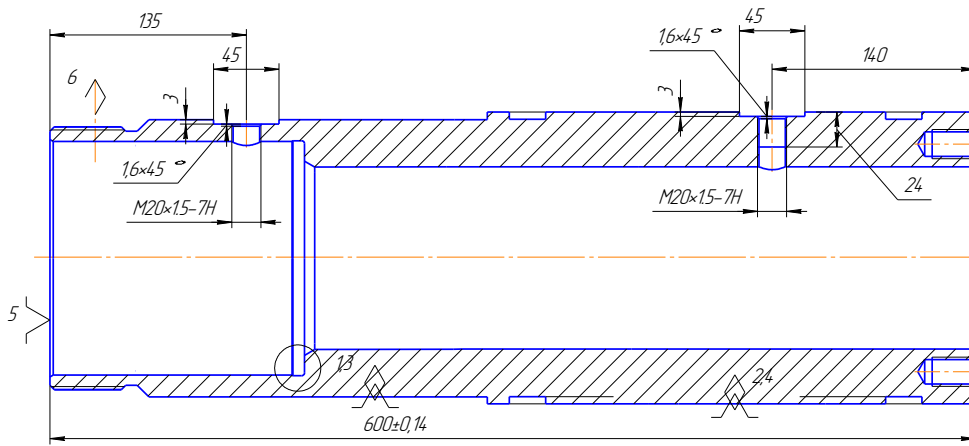


Рисунок 3.4 – Чистові технологічні бази

Похибка базування на отримувані розміри:

$\epsilon_{\sigma(135)} = 0$ – виконується принцип співпаданія технологічної і вимірювальної баз.

$\epsilon_{\sigma(M20)} = 0$ – діаметральний розмір;

$\epsilon_{\sigma(45)} = 0$ – поверхні отримуються з одного установу;

$\epsilon_{\sigma(1,6)} = 0$ – поверхні отримуються з одного установу;

$\epsilon_{\sigma(140)} = T_{600} + c = 0,28 < T_{140} = 1$

$\epsilon_{\sigma(24)} = 0,185(1/\sin(90/2)+1)/2 + 0,185 = 0,4 < T_{24} = 0,52$

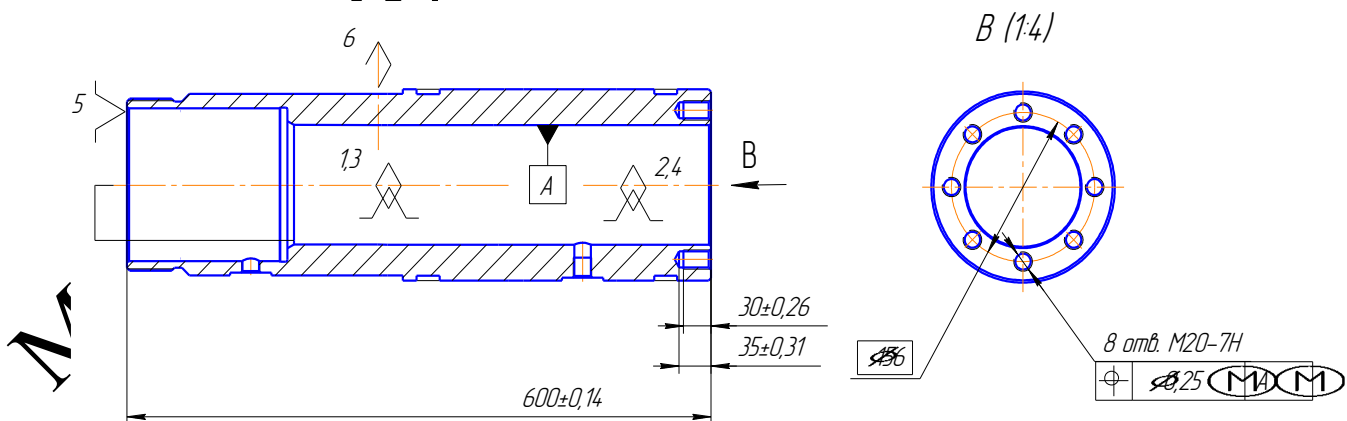


Рисунок 3.5 – Чистові технологічні бази

При свердлінні 8 отворів в торці деталі вона встановлюється на самоцентруючу розжимну оправку. Відповідно похибка базування на

позиціонування отримуваних отворів відносно бази А рівна нулеві, оскільки виконується принцип спів падання вимірювальної і технологічної баз

Похибка базування на отримувані розміри:

$$\varepsilon_{\delta(\varnothing 156)}=0 \text{ – діаметральний розмір;}$$

$$\varepsilon_{\delta(M20)}=0 \text{ – діаметральний розмір;}$$

$$\varepsilon_{\delta(30)}=T_{600}+c=0,28 < T_{140}=0,52$$

$$\varepsilon_{\delta(35)}=T_{600}+c=0,28 < T_{140}=0,62$$

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску з поверхні при подальшій механічній обробці чи зв'язок оброблених і необроблених поверхонь.

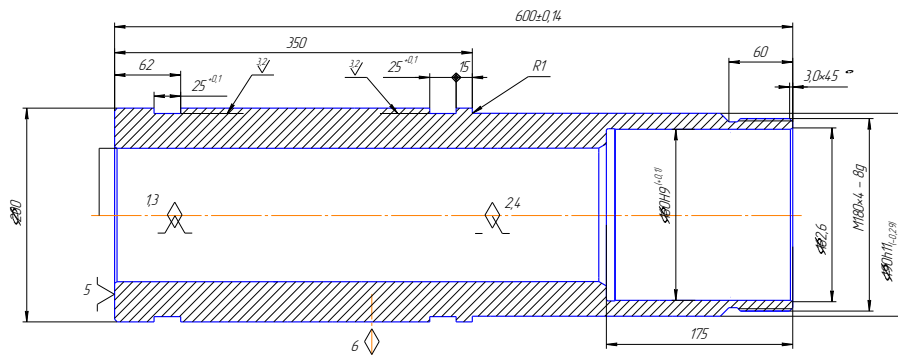


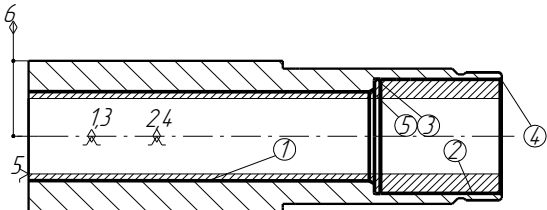
Рисунок 3.6 – Чорнові технологічні бази

На рисунку 3.6 показано чорнові технологічні бази, пропонується встановлювати заготовку на самоцентруючу оправку, що дозволить при подальшій механічній обробці знімати мінімальний рівномірний припуск із внутрішнього отвору. Крім того така схема базування дозволяє обробити зовнішню циліндричну поверхню та торець, які використовуються в якості чистових технологічних баз.

Отже при використанні запропонованих схем базування може бути досягнута вказана на кресленні точність всіх поверхонь.

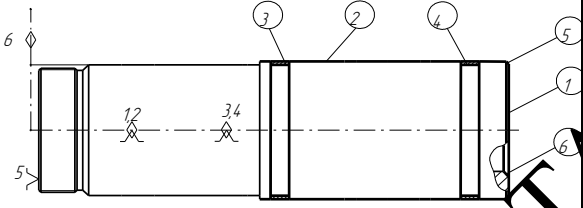
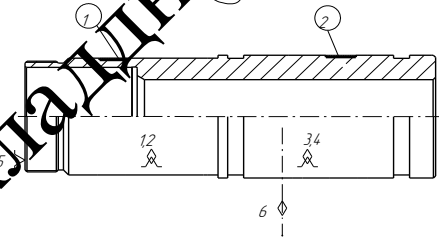
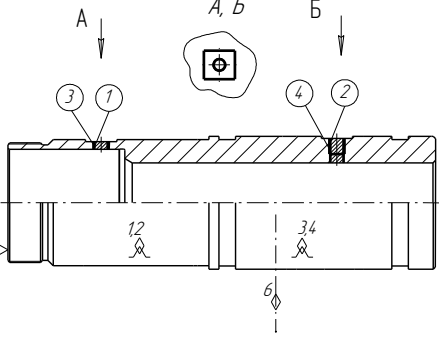
3.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки модернізованого технологічного процесу

Таблиця 3.6 – Маршрут механічної обробки (варіант 1).

№ опер.	Операція, установ	Ескізи та схеми базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Токарна</p> <p>1. Встановити деталь. 2. Підрізати торець 1. 3. Точити поверхні 4, 3, 2 4. Нарізати різь на поверхні 5 5. Точити фаску 6. 6 Зняти деталь</p>		16К20Ф3
010	<p>Токарна</p> <p>1 Встановити деталь 2. Розточити отвір 1. 3. Розточити фаску 4 отвір 2 поперечно. 4. Розточити отвір 2 поперечно 5. Розточити отвір 2 остаточно. 6 Розточити фаску 5 7. Розточити канавку 3 8. Зняти деталь.</p>		16К20Ф3

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4
---	---	---	---

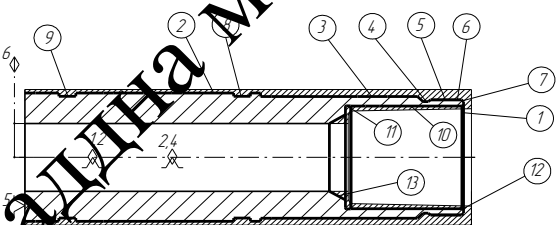
015	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Підрізати торець 1 попередньо. 3. Підрізати торець 1 остаточно. 4. Точити поверхню 2. 5. Точити канавки 3, 4 по чергово. 6 Точити фаску 5. 7. Розточити фаску 6. 8. Зняти деталь 		16K20Ф3
020	<p>Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати поверхню 1, 2 по чергово. 3. Зняти деталь. 		6P15
025	<p>Свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Центрувати отвори 1, 2 по чергово. 3. Свердлити отвори 1, 2 наскрізно по чергово.. 		2P135Ф3

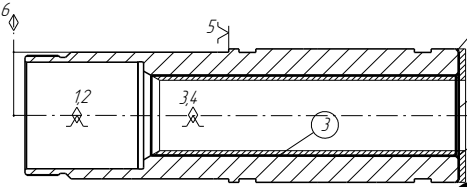
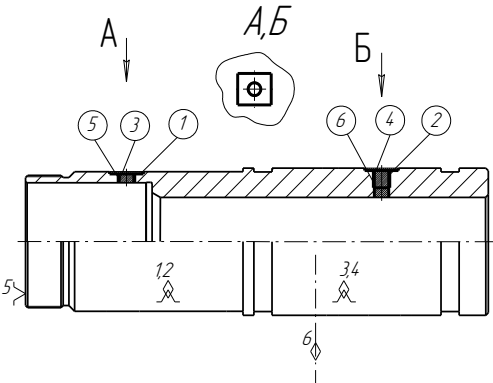
Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4
	4. Нарізати різь 3		

	<p>5. Нарізати різь 4.</p> <p>6. Зняти деталь</p>		
030	<p><u>Свердлильна</u></p> <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Центрувати 8 отворів 1 почергово.</p> <p>3. Свердлити 8 отворів 1, почергово.</p> <p>4 Зенкувати 8 фасок 3 почергово.</p> <p>5. Нарізати різь 2 в 8 отворах почергово.</p> <p>6. Зняти деталь.</p>		2P135Ф3
035	<p><u>Шліфувальна</u></p> <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Шліфувати поверхню 1 попередньо.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		3K227Б
040	<p><u>Шліфувальна</u></p> <p>1. Встановити деталь.</p> <p>2. Шліфувати поверхню 1 остаточно</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		3K227Б

Таблиця 3.7 – Маршрут механічної обробки (варіант 2).

№ операції	Операція, установ	Ескіз та схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><u>Токарна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити де-таль. 2. Підрізати торець 1. 3. Точити поверхні 2, 3, 4, 5. 4. Нарізати різьбу 6 попередньо. 5. Точити фаску 7. 6. Точити канавки 8, 9 почергово. 7. Розточити отвір 10 попередньо. 8. Розточити отвір 10 попередньо. 9. Розточити отвір 10 остаточно. 10. Розточити канавку 11. 12 Розточити фаску 12 13 Розточити фаску 13 14. Зняти деталь. 		1Б365ПФ3

1	2	3	4
010	<p><u>Токарна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Підрізати торець 1 попередньо. 3. Підрізати торець 1 остаточно. 4. Точити фаску 2. 5. Розточити отвір 3 попередньо. 6. Розточити отвір 3 остаточно. 7. Розточити фаску 4 8. Зняти деталь. 		1E365ПФ 3
015	<p><u>Фрезерно-свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити де-таль. 2. Фрезерувати поверхні 1, 2 почергово. 3. Центрувати отвори 3, 4 почергово. 4. Свердлити отвори 3, 4 наскрізно почергово. 5. Нарізати різь 5 6. Нарізати різь 6 7. Зняти деталь. 		2254ВМФ 4

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4
020	<p><u>Свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити деталь. Центрувати 8 отворів 1 почергово. Свердлити 8 отворів 1, почергово. Зенкувати 8 фасок 3 почергово. Нарізати різь 2 в 8 отворах 1 почергово. Зняти деталь. 		2254ВМФ 4
025	<p><u>Шліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити деталь. Шліфувати поверхню 1 Зняти деталь. 		3К227Б

3.7. Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів по мінімуму приведених затрат

Критерієм оптимальності при порівнянні двох варіантів механічної обробки є мінімум зведених витрат на одиницю продукції. При виборі варіанта технологічного маршруту зведені витрати можуть бути визначені в вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання. В якості собівартості розглядається технологічна собівартість, яка включає змінні по статтям витрати.

Нормуються операції, які відрізняються у різних варіантах маршруту механічної обробки. В даному випадкові однаковими є операція 030 першого варіанту маршруту обробки і операція 020 другого варіанту маршруту, а всі інші операції відрізняються. Але оскільки при використанні обох варіантів виконуються однакові процеси обробки різанням, то основний час буде однаковий. Різнитися буде штучний час, оскільки при використанні другого варіанту маршруту механічної обробки зменшаться затрати часу на переустановку деталі і обслуговування верстату.

Годинні зведені витрати можна визначити за формулою [15]:

$$C_{nz} = C_z + C_{cz} + E_n(K_c + K_z), [\text{грн}] \quad (2.24)$$

де C_z – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями, коп/год; C_{cz} – годинні затрати по експлуатації робочого місця, коп/год; E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, для машинобудування складає 0,15; K_c, K_z – питомі годинні капітальні вкладення відповідно в верстат і будівлю, коп/год.

Основна та допоміжна зарплата з нарахуваннями і врахуванням багатOVERстатного обслуговування розраховується за формулою:

$$C_z = \varepsilon \cdot C_{mf} \cdot k \cdot y, [\text{грн}] \quad (2.25)$$

де ε – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату, рівну 9 %, нарахування на соціальне страхування 7,6 % і приробинок до основної зарплати в результаті перевиконання норм на 30 %; $\varepsilon = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,3 = 1,53$; C_{mf} – годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду, коп/год. Оскільки виробництво дрібносерійне, то робітники повинні бути досить кваліфікованими, тому приймаємо 4-ий розряд робітників. . Годинні витрати по експлуатації робочого місця:

$$C_{чз} = C_{чз}^{бн} \cdot k_m, \text{ [грн]} \quad (3.20)$$

де $C_{чз}^{бн}$ – практичні годинні витрати на базовому робочому місці, для дрібносерійного виробництва k_m – коефіцієнт, який показує, в скільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстата, більші, ніж аналогічні витрати у базового верстата.

Таблиця 3.11 – Основний час виконання операцій механічної обробки

№	Перехід	Основний час виконання переходу, $T_o \cdot 10^{-3}$, хв	Основний час виконання операції, T_o , хв
1	2	3	4
Модернізований технологічний процес (1-й варіант)			
005	Підрізка торця	$0,037(D^2-d^2)=0,96$	52,56
	Точіння циліндричних поверхонь і канавки	$0,17dl=10,5$	
	Нарізання різьби попередньо і остаточно	$2 \cdot 1,9dl=41,04$	
	Точити фаску	$0,1dl=0,054$	
010	Розточка отвору і розточка отвору попередньо	$0,18dl+0,2dl=29$	46,3
	Розточка отвору попередньо і остаточно	$0,3dl=16,8$	
	Розточка канавки	$0,2dl=0,26$	
	Розточка фасок	$0,18dl=0,24$	
015	Підрізка торцю попередньо і остаточно	$0,037(D^2-d^2)+0,052(D^2-d^2)=2,3$	15,81
	Точіння циліндричної поверхні	$0,17dl=11,9$	
	Точіння канавок	$0,1dl=1$	

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	Точіння фаски	$0,1dl=0,05$	
	Розточування фаски	$0,18dl=0,56$	
020	Фрезерування поверхонь	$6l=0,54$	0,54
025	Центрування отворів	$0,52dl=0,02$	3,49

	Свердління отворів	$0,52dl=1,57$	
	Нарізання різьби	$1,9dl=1,9$	
035	Шліфування поверхні попереднє і остаточне	$1,5dl+1,8dl=173,9$	173,9
			$\Sigma=292,6$ хв
Модернізований технологічний процес (2-й варіант)			
005	Підрізка торця	$0,037(D^2-d^2)=0,66$	86,4
	Точіння циліндричних поверхонь і канавки	$0,17dl=30,24$	
	Нарізання різьби попередньо і остаточно	$2*1,9dl=41,04$	
	Точити фаску	$0,1dl=0,054$	
	Точити канавки	$0,17dl=1,7$	
	Розточка отвору попередньо	$0,2dl=5,425$	
	Розточка отвору попередньо і остаточно	$0,3dl=16,8$	
	Розточка канавки	$0,2dl=0,25$	
010	Розточка фасок	$0,18dl=0,24$	28,77
	Підрізка торцю попередньо і остаточно	$0,037(D^2-d^2)+0,052(D^2-d^2)=2,16$	
	Точіння фаски	$0,1dl=0,05$	
	Розточка отвору попередньо і остаточно	$0,2dl+0,3 dl=26,5$	
015	Розточування фаски	$0,18dl=0,056$	2,4
	Фрезерування поверхонь	$6l=0,54$	
	Центрування отворів	$0,52dl=0,0078$	
	Свердління отворів	$0,52dl=0,48$	
025	Нарізання різьби	$1,9dl=1,4$	95,6
	Шліфування поверхні	$1,8dl=95,6$	
			$\Sigma=223,17$ хв

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою:

$$C_o = \frac{C_{нз} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B}, \text{ [грн]} \quad (3.22)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час обробки; k_B – коефіцієнт виконання норм, який звичайно приймається рівним 1,3.

Наприклад, для токарного верстата з ЧПК він складає 2. Відповідно штучно-калькуляційний час для токарно-револьверної операції першого варіанту маршруту механічної обробки складатиме:

$$T_{шт-к} = 52,56 \cdot 2 = 105,12 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно визначається штучно-калькуляційний час для усіх інших операцій. Дані заносимо до таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час T_o , хв	Коефіцієнт Φ_k	Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв
I-ий варіант маршруту механічної обробки			
005	52,56	2	105,12
010	46,3	2	92,6
015	15,81	2	31,62
020	0,54	1,84	1
025	3,49	1,75	6,1
035	173,9	2	365,19
II-ий варіант маршруту механічної обробки			
005	96,4	1,8	173,52
010	28,77	1,8	51,786
015	2,4	1,6	3,84
025	95,6	2,1	200,76

Технологічна собівартість операції 005, що виконується на верстаті 2254ВМФ4 буде рівна :

$$C_o = 229,68 \cdot 5,31/60 \cdot 1,3 = 15,636 \text{ (грн)}$$

Аналогічно розраховується технологічна собівартість усіх інших операцій. Результати розрахунку заносимо до таблиці 3.13

Таблиця 3.13 – Технологічна собівартість операцій.

Тип верстату	$T_{шт-к}, хв$	$C_{п.з.}, коп/хв$	$C_o, коп$
І-ий варіант маршруту механічної обробки			
16К20Ф3	105,12+92,6+31,62	168,33	495,58
6Р15	1	187,335	2,4
2М53	6,1	192,63	15,06
3К227Б	365,19	226,44	1060,17
Всього		1575	
ІІ-ий варіант маршруту механічної обробки			
1Е365ПФ3	173,52+51,786	183,255	529
2254ВМФ4	3,84	229,68	11,3
3К227Б	200,76	226,44	582,8
Всього		1120	

Отже, при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операцій виготовлення деталі складатиме 1575 грн, а при використанні другого варіанту – 1120 грн. Тобто, вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів будуть мати більшу собівартість у порівнянні із деталлю, виготовленою за другим варіантом маршруту механічної обробки.

3.11 Розробка технологічних операцій

Згідно із методикою наведеною в підрозділі 2.3.2 розраховано кількість переходів механічної обробки і призначено їх послідовність. Результати занесені до таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø190 h11	$\varepsilon=1.15/0.29=3.96$	$\varepsilon_1=3.96$	$T_1=0.29$	11	Точіння однократне
Ø160 H9	$\varepsilon=1/0.1=10$	$\varepsilon_1=5.2$ $\varepsilon_2=1.92$	$T_1=0.192$ $T_2=0.1$	11 9	Розточування попер. Розточування остат.
Ø125 H8	$\varepsilon=1/0.063=15.87$	$\varepsilon_1=4.5$ $\varepsilon_2=3.2$ $\varepsilon_3=1.1$	$T_1=0.22$ $T_2=0.069$ $T_3=0.063$	11 9 8	Розточування попер. Розточування остат. Шліфування
600	$\varepsilon=1.75/0.28=6.25$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=1.25$	$T_1=0.28$ $T_2=0.28$	11 10	Точіння попереднє Точіння остаточне

3.12 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

Головна задача розмірного аналізу технологічного процесу - правильне та обгрунтоване визначення проміжних та остаточних розмірів і допусків на них. Особливо цього потребують проміжні розміри, що зв'язують протилежні поверхні. Визначення припусків на такі поверхні розрахунково-аналітичним або табличним методом дуже трудомістке.

Технологічні розміри слід розташовувати таким чином, що мінімізувати похибку базування і забезпечити можливість його контролю універсальним інструментом.

При розташуванні усіх розмірів, враховуємо те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, що, у свою чергу, мінімізує похибку базування.

При такому розміщені розміри заготовки розташовані таким чином, щоб забезпечити легкість їх контролю універсальним інструментом.

Технологічні розміри B_1 і B_9 розміщені таким чином, що вони пов'язують між собою два торці деталі і, таким чином, мінімізують похибку базування та дозволяють досить зручно їх контролювати.

Технологічні розміри відповідно B_3 , B_4 відкладені від одного торця, що дозволяє виключити похибку базування на ці розміри взагалі, оскільки вони виконуються з одного установу.

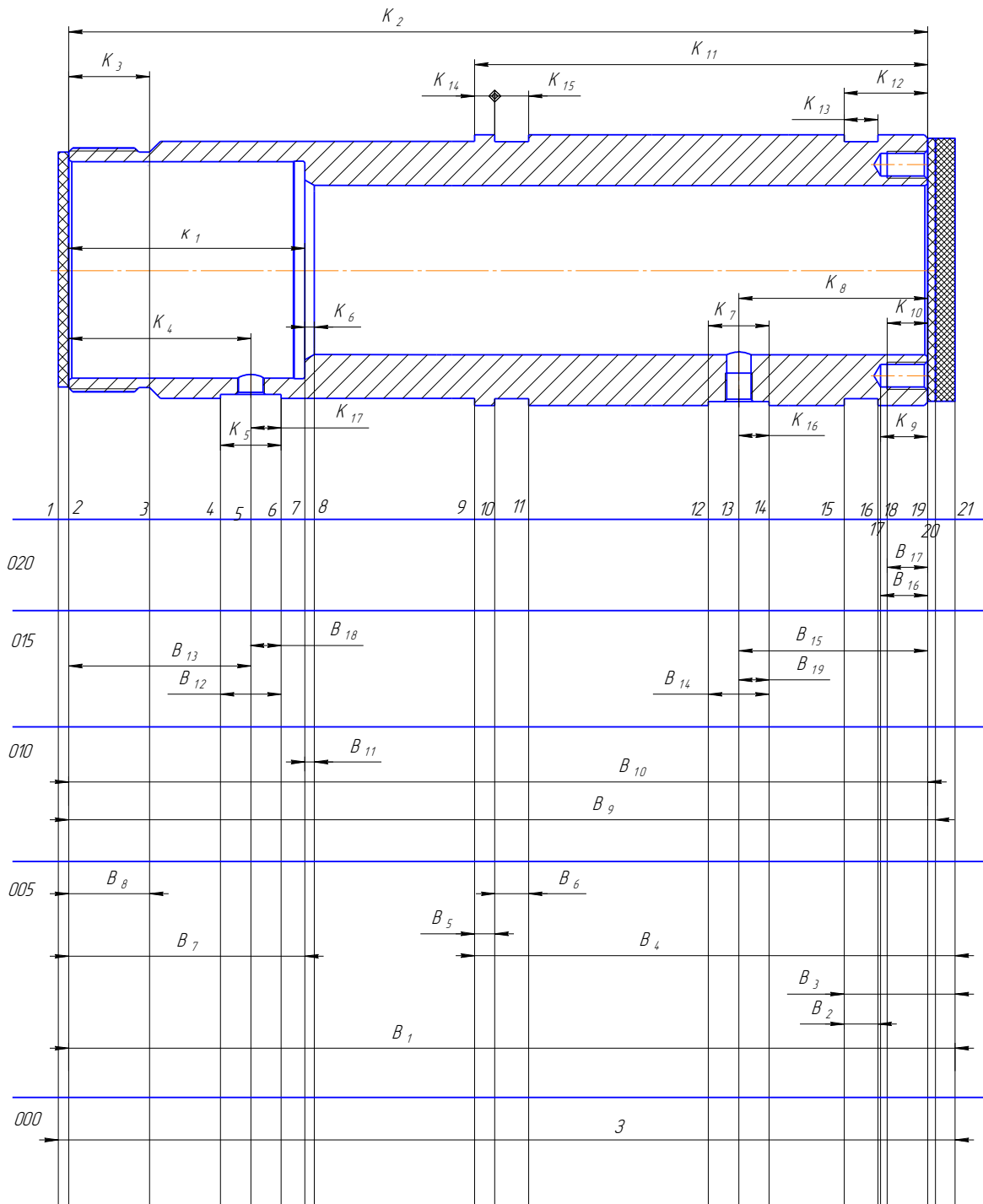
Розміщення технологічних розмірів показано на рисунку 2.9.

Допуски техно

логічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки.

Таблиця 3.15 – Допуски на технологічні розміри

Розміри заготовки	31	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Попередні значення допусків	1,75	0,7	0,1	0,74	1,4	0,43	0,1	1	0,74	0,44
Розміри заготовки	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
Попередні значення допусків	0,28	0,36	0,62	1	0,62	1	0,62	0,52	0,52	0,52



M

Рисунок 3.7 - Розмірна схема технологічного процесу

Один із етапів розмірного аналізу – це виявлення технологічних розмірних ланцюгів за допомогою графів. Теорія графів – одна з математичних дисциплін, яка вивчає складні структури і системи, що складаються з багатьох елементів і зв'язків між ними. Деталь у процесі її виготовлення можна

розглядати як геометричну структуру. Яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Якщо вважати поверхні заготовки і деталі за вершини, зв'язки між ними (розміри) – за ребра, то креслення деталі з конструкторськими та технологічними розмірами можна представити у вигляді двох дерев. Дерево

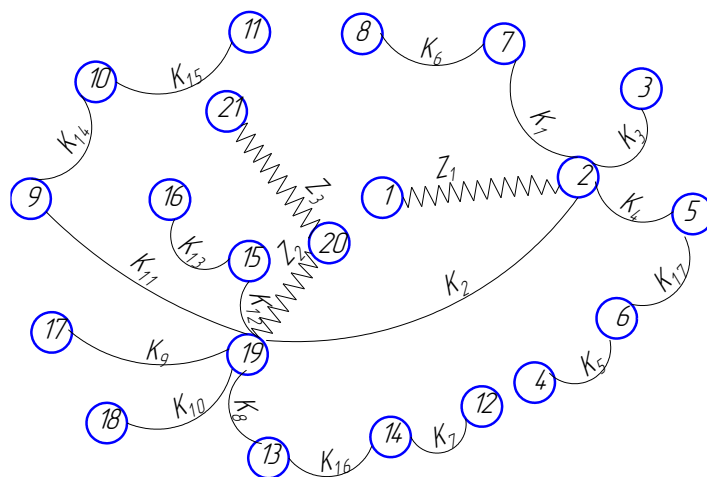


Рисунок 3.8 – Вихідне граф-дерево

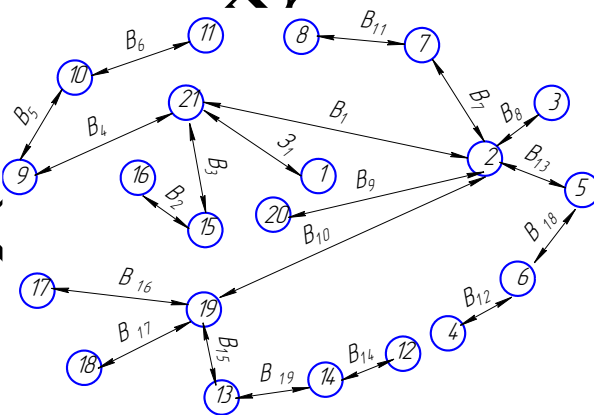


Рисунок 3.9 – Похідне граф-дерево

з конструкторськими розмірами і розмірами припусків на обробку називається вихідним, а дерево з технологічними розмірами – похідним або технологічним.

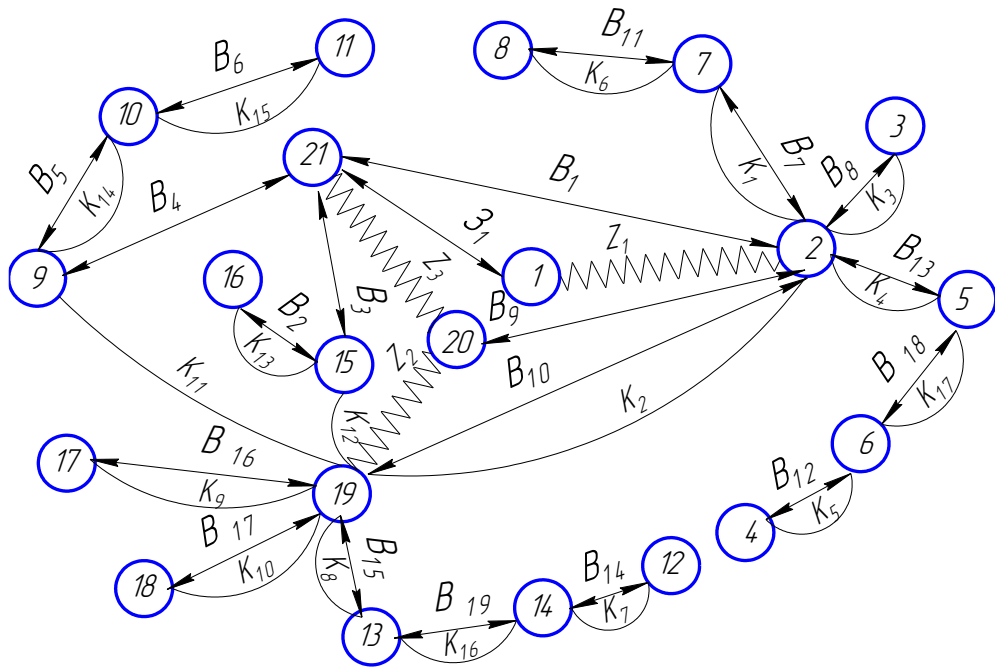


Рисунок 3.10 – Суміщений граф

Якщо тепер обидва дерева сумістити, то такий суміщений граф дає змогу в закодованій формі представити геометричну структуру технологічного процесу обробки деталі. В такому графі всі розмірні зв'язки та технологічні розмірні ланцюги з неявних перетворюються на явні. З'являється можливість не звертатися до креслення, а використовуючи лише ту інформацію яку несе граф, проводити всі необхідні розрахунки і дослідження. Будь – який замкнутий контур на суміщеному графі, що складається з ребер вихідного та технологічного дерева, створює технологічний розмірний ланцюг. Граф-дерева показані на рисунках 2.10-2.12.

Таблиця 3.16-Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3
Z_{\min}	0,6	0.25	0.6

Таблиця 3.17 – Технологічні розмірні ланцюги

№ n/n	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	2	3	4
1	$-K_6 + B_{11} = 0$	$K_6 = B_{11}$	B_{11}
2	$-K_1 + B_7 = 0$	$K_1 = B_7$	B_7
3	$-K_3 + B_8 = 0$	$K_3 = B_8$	B_8
4	$-K_4 + B_{13} = 0$	$K_4 = B_{13}$	B_{13}
5	$-K_{17} + B_{18} = 0$	$K_{17} = B_{18}$	B_{18}
6	$-K_5 + B_{12} = 0$	$K_5 = B_{12}$	B_{12}
7	$-K_7 + B_{14} = 0$	$K_7 = B_{14}$	B_{14}
8	$-K_{16} + B_{19} = 0$	$K_{16} = B_{19}$	B_{19}
9	$-K_8 + B_{15} = 0$	$K_8 = B_{15}$	B_{15}
10	$-K_{10} + B_{17} = 0$	$K_{10} = B_{17}$	B_{17}
11	$-K_9 + B_{16} = 0$	$K_9 = B_{16}$	B_{16}
12	$-K_{13} + B_2 = 0$	$K_{13} = B_2$	B_2
13	$-K_{14} + B_5 = 0$	$K_{14} = B_5$	B_5
14	$-K_{15} + B_6 = 0$	$K_{15} = B_6$	B_6
15	$-K_2 + B_{10} = 0$	$K_2 = B_{10}$	B_{10}
16	$B_9 - Z_2 - B_{10} = 0$	$Z_2 = B_9 - B_{10}$	B_9
17	$B_1 - Z_3 - B_9 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_9$	B_1
18	$Z_1 - Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = Z_1 - B_1$	Z_1
19	$Z_3 + K_{11} + Z_2 - B_4 = 0$	$Z_2 = B_4 - Z_3 - K_{11}$	B_4
20	$Z_3 + K_{12} + Z_2 - B_3 = 0$	$Z_2 = B_3 - Z_3 - K_{12}$	B_3

Відповідно до наведених вище технологічних рівнянь для кожного розміру отримаємо:

1. $K_1 = B_7; B_7 = K_1 = 175 \pm 0.5;$
2. $K_2 = B_{10}; B_{10} = K_2 = 600 \pm 0.14;$
3. $K_3 = B_8; B_8 = K_3 = 60 \pm 0.37;$
4. $K_4 = B_{13} = 7; B_{13} = K_4 = 135 \pm 0.5;$
5. $K_5 = B_{12}; B_{12} = K_5 = 45 \pm 0.31;$
6. $K_6 = B_{11}; B_{11} = K_6 = 7 \pm 0.18;$
7. $K_7 = B_{14}; B_{14} = K_7 = 45 \pm 0.31;$
8. $K_8 = B_{15}; B_{15} = K_8 = 140 \pm 0.5;$

$$9. K_9 = B_{16}; B_{16} = K_9 = 35 \pm 0.31;$$

$$10. K_{10} = B_{17}; B_{17} = K_{10} = 30 \pm 0.26;$$

$$11. K_{13} = B_2; B_2 = K_{13} = 25 \pm 0.05;$$

$$12. K_{14} = B_5; B_5 = K_{14} = 15 \pm 0,21;$$

$$13. K_{15} = B_6; B_6 = K_{15} = 25 \pm 0.05;$$

$$14. K_{16} = B_{19}; B_{19} = K_{16} = 22,5 \pm 0.26;$$

$$15. K_{17} = B_{18}; B_{18} = K_{17} = 22,5 \pm 0.26;$$

$$16. Z_{2min} = B_{9min} - B_{10max};$$

$$B_{9min} = Z_{2min} + B_{10max} = 0,25 + 600,14 = 600,29;$$

$$B_{9max} = 600,29 + 0,44 = 600,73;$$

$$Z_{2max} = B_{9max} - B_{10min} = 600,73 - 599,86 = 0,87 \text{ (MM)}$$

$$17. Z_{3min} = B_{1min} - B_{9max};$$

$$B_{1min} = B_{9max} + Z_{3min} = 600,73 + 0,6 = 601,33;$$

$$B_{1max} = 601,33 + 0,7 = 602,03;$$

$$Z_{3max} = B_{1max} - B_{9min} = 602,03 - 600,29 = 1,74 \text{ (MM)}$$

$$18. Z_{1min} = B_{1max} - B_{3min};$$

$$B_{3min} = B_{1max} + Z_{1min} = 602,03 + 0,6 = 602,63;$$

$$B_{3max} = 602,63 + 1,75 = 604,38;$$

$$Z_{4max} = B_{3max} - B_{1min} = 604,38 - 601,33 = 3,05 \text{ (MM)}$$

$$19. Z_{3min} = B_{4min} - K_{11max} - Z_{2max};$$

$$B_{4min} = Z_{2max} + K_{11max} + Z_{3min} = 350,7 + 0,87 + 0,6 = 352,17;$$

$$B_{4max} = 352,17 + 0,7 = 352,87;$$

$$Z_{3max} = 352,87 - 349,3 - 0,25 = 3,32.$$

$$20. Z_{3min} = B_{3min} - K_{12max} - Z_{2max};$$

$$B_{3min} = Z_{2max} + K_{12max} + Z_{3min} = 62,37 + 0,87 + 0,6 = 63,84;$$

$$B_{3max} = 63,84 + 0,37 = 64,21;$$

$$Z_{3max} = 64,21 - 61,63 - 0,25 = 2,33.$$

Таблиця 3.18 – Технологічні розміри

Технологічні розміри	Z ₁	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉
min	602,63	601,33	24,9	61,63	349,3	14,79	24,95	174,5	59,63	600,29
max	604,38	602,03	25,1	62,37	350,7	15,21	25,05	175,5	60,37	600,73
Технологічні розміри	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉
min	599,84	6,82	44,69	134,5	44,69	139,5	34,69	29,74	22,24	22,24
max	600,14	7,18	45,31	135,5	45,31	140,5	35,31	30,26	22,76	22,76

Таблиця 3.19 – Припуски на механічну обробку

Припуски		Z ₁	Z ₂	Z ₃
Граничні значення	Z _{min}	0,6	0,87	0,6
	Z _{max}	3,05	0,87	3,32

3.13 Аналітичний розрахунок припусків та між операційних розмірів на обробку отвору Ø125H8

Визначення значень R_Z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [5], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні R_Z=200 мкм і T=300 мкм. При попередньому розточуванні приймаємо R_Z=T=50 мкм, а при чистовому точінні – R_Z=20 мкм, T=25 мкм та при шліфуванні R_Z=5 мкм, T=15 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень згідно [5] визначається:

$$\rho = \rho_{zm}, [\text{мкм}] \quad (3.24)$$

де ρ_{zm} – відхилення за рахунок зміщення поверхні, з якої знімається припуск, під час самої обробки відносно технологічних баз, яке не враховується або має мінімальне значення при базуванні на оброблені поверхні.

В даному випадкові $\rho = 300$ мкм.

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мкм]} \quad (3.25)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [5].

$$\rho_1 = 0,04 \cdot 300 = 12 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \text{ [мкм]} \quad (3.26)$$

Мінімальний припуск під розточування:

$$2Z_{1min} = 2(200 + 300 + 300) = 2 \cdot 800 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2min} = 2(50 + 50 + 12) = 2 \cdot 112 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{3min} = 2(20 + 25) = 2 \cdot 45 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні $d = 125,063$ мм.

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

$$d_1 = 125,063 - 2 \cdot 0,045 = 124,973 \text{ (мм)};$$

$$d_2 = 124,973 - 2 \cdot 0,112 = 124,79 \text{ (мм)};$$

$$d_4 = 124,79 - 2 \cdot 0,8 = 123,149 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для шліфування допуск складає 63 мкм, відповідно для 8 квалітету; для чистового точіння, відповідно для 9 квалітету, допуск складає 76 мкм, для попереднього точіння для 9 квалітетів допуск відповідно – 100 мкм та для заготовки, що має 10 квалітет точності, допуск складає 150 мкм.

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$123,15 - 0,15 = 123 \text{ (мм)}$$

$$124,79 - 0,1 = 124,69 \text{ (мм)}$$

$$124,973 - 0,076 = 124,897 \text{ (мм)}$$

$$125,063 - 0,063 = 125 \text{ (мм)}$$

Мінімальні граничні значення припусків Z_{min} рівні різниці найбільших граничних розмірів виконувального і попереднього переходів, а максимальне значення Z_{max} – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

$$2Z_{min3} = 125,063 - 124,973 = 0,09 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{max3} = 125 - 124,897 = 0,103 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{min2} = 124,973 - 124,79 = 0,183 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{max2} = 124,897 - 124,69 = 0,207 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{min1} = 124,79 - 123,15 = 1,64 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{max1} = 124,69 - 123 = 1,69 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.18.

Загальні припуски Z_{0min} і Z_{0max} визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0min} = 90 + 183 + 1640 = 1913 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{0max}=103+207+1690=2000 \text{ (мкм)}.$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{max3}-2Z_{min3}=103-90=13 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3-\delta_2=76-63=13 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max2}-2Z_{min2}=207-183=24 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_4-\delta_3=100-76=24 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max1}-2Z_{min1}=1690-1640=50 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_5-\delta_4=150-100=50 \text{ (мкм)}.$$

Отже, всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

Таблиця 3.20 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору.

Технологічні переходи обробки поверхні Ø125H8	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, d_p , мм	До- пуск δ мкм	Граничний Розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм		
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	200	300	300	–	123,149	50	123	123,15	–	–	
Точіння попереднє	50	50	12	2·800	124,79	100	124,69	124,79	1640	1690	
Точіння остаточне	20	25	–	2·112	124,973	76	124,897	124,973	183	207	
Шліфування	5	15	–	2·45	125,063	63	125	125,063	90	103	
Всього								1913	2000		

МКР 131 Прикладна механіка ГАМ

Згідно з дослідно-статистичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, визначаються без урахування конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно-статистичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно-статистичний метод простий, однак змушує технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умов виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на найбільш точні циліндричні поверхні кришки, інші поверхні по 14 класу якості отримаємо за один перехід.

Таблиця 3.21 – Технологічні розміри циліндричних поверхонь

Вид обробки	Припуск, мм	Технологічні розміри, мм
Ø160H9		
Заготовка		Ø161
Розточування чернове	0,8	Ø160,2
Розточування чистове	0,2	Ø160
M20-7H		
Свердління	9,2	Ø18,4
Нарізання різі	1,6	M20

3.11 Визначення режимів різання

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибина різання t , мм;
- подача s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підбиратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином, режими різання встановлюються виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Останнім переходом при обробці поверхні $\varnothing 125H8$ виконується шліфування на внутрішньошліфувальному верстаті, при цьому режими різання становлять.

Хвилинна подача $S_x=6$ мм/хв;

Подача на подвійний хід $S=0,002$ мм/дв. хід;

Швидкість шліфувального круга $V = 40$ м/с;

Швидкість обертання деталі $V=25$ м/с;

Частота обертання $n=210$ об/хв.

Таблиця 3.22 – Режими різання.

Поверхня	Перехід	Глибина, мм	Таблична подача, мм/об (мм/зуб)	Прийнята подача, мм/об	Прийнята швидкість різання м/хв	Частота обертання шпинделя об/хв	Потужність різання, кВт	Хвилинна подача, мм/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø125H8 (база А)	Розточити отвір попередньо	0,25	0,1	0,045	253,4	645,6	0,103	29,05
	Розточити отвір остаточно	0,05	0,07	0,032	392,7	977,7	0,023	31,29
Площина (Д)	Фрезерувати паз однократно	3	0,5		47,06	599,5	3,67	299,7
Ø20	Свердлити отвір	–	0,27	0,27	34,04	619,5	2,19	167,2
	Нарізати різьбу в отворі	0,66	1,5	1,5	33,57	534,6	1,803	801,9
M180×4– 8g	Точити поверхню однократно	5	1	0,1	109,3	293,9	4,185	29,39
	Нарізати різьбу на поверхні	0,66	1	1	76,15	134,7	4,66	134,7

При розрахунку режимів різання враховувались поправочні коефіцієнти на реальні умови обробки, такі як: вид оброблюваного матеріалу, вид інструментального матеріалу, жорсткість системи ВПД, стан поверхні заготовки, геометрія ріжучого інструменту, а також враховані рекомендації щодо підбору таких режимів різання, щоб забезпечити максимальну продуктивність процесу різання.

Режими різання можуть бути оптимізовані по цілому рядові параметрів, зокрема із врахуванням стійкості інструмента, матеріалу який обробляється, швидкості різання і потужності, які може забезпечити верстат, шорсткості та точності поверхні, яка має бути отримана та ряду інших параметрів. В даному випадкові використовується розрахунково-графічний спосіб, який оснований на тому, що відповідно для кожного обмеження будується пряма і визначається область допустимих значень режимів різання. Тобто це ті значення які можуть бути забезпечені верстатом, і використання яких принесе бажану точність поверхні. При цьому із отриманої області обираються максимальні значення подачі і числа обертів інструмента чи деталі, що дозволяє проводити максимально допустиму продуктивну обробку поверхонь.

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання для свердління отворів $\varnothing 18$ мм та точіння зовнішньої циліндричної поверхні. Отримані графіки для свердління показані на рисунку 2.13. Де заштрихована область допустимих режимів різання і вибрані оптимальні їх значення, зокрема подача 0,32 мм та число обертів інструменту 334 об/хв.

Аналогічно проведені розрахунки і побудовані залежності для режимів різання при розточуванні отвору і визначено, що оптимальними будуть подача 0,36 мм і частота обертання деталі 463 об/хв.

МКР 131 ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА ТАМ

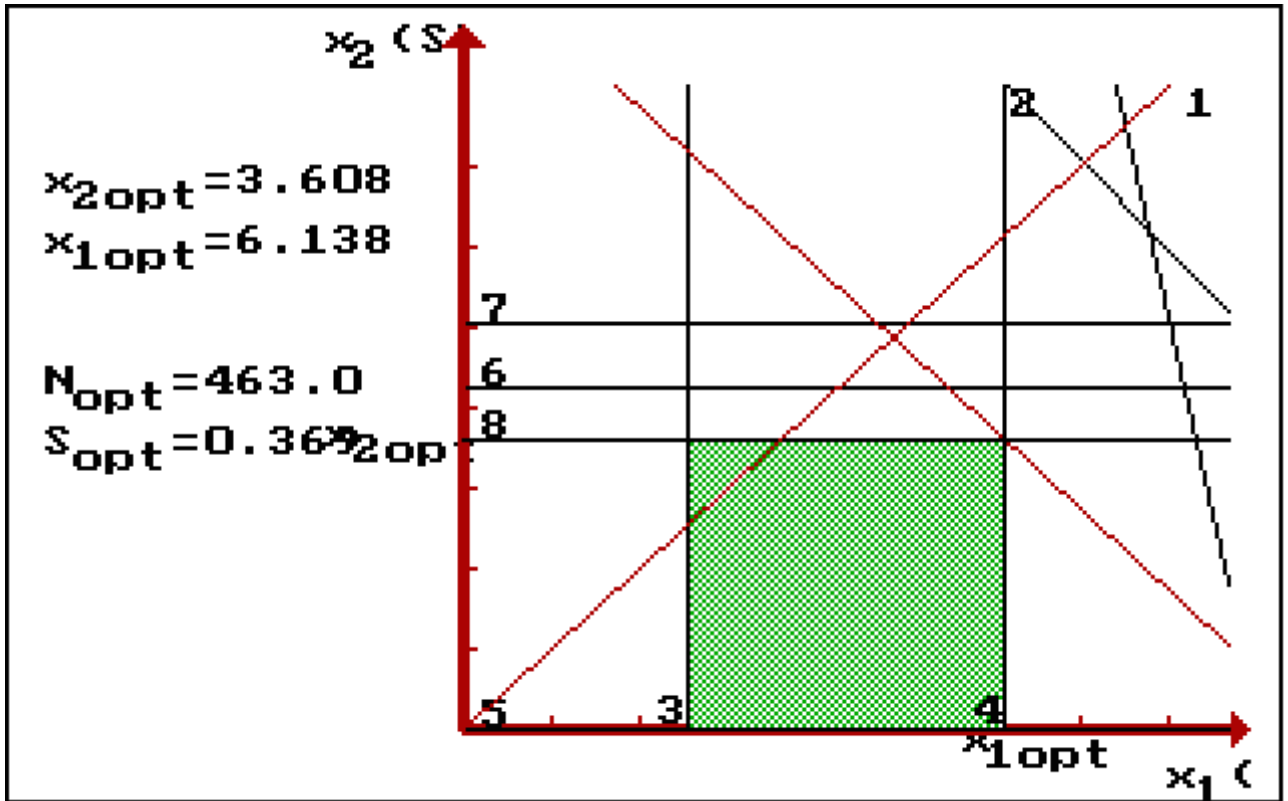


Рисунок 3.11– Оптимізація режимів різання при точінні

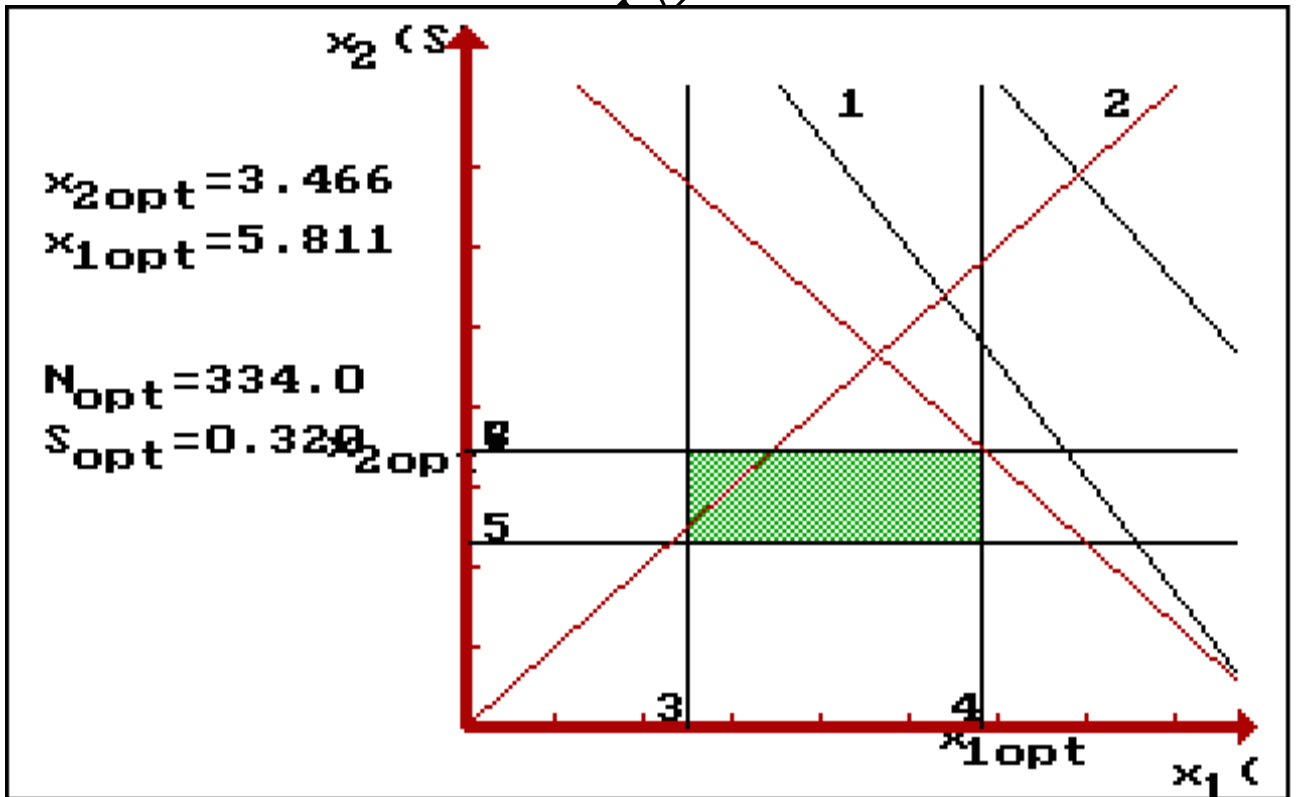


Рисунок 3.12 – Оптимізація режимів різання при свердлінні отворів

Використання програми дозволило отримати оптимальні значення режимів різання для двох переходів. Оптимізація проводиться по багатьох параметрах: максимальній потужності верстату, максимальній частоті обертання та подачі, необхідній точності та шорсткості отримуваної поверхні, стійкість ріжучого інструменту та інших. Це дозволяє визначити область оптимальних значень режимів різання, всі значення із цієї області можуть забезпечити всі вимоги, в тому числі і необхідну якість поверні. А тому з цієї області обирається максимальне значення режимів обробки, що дозволяє виконувати лезвійну обробку із максимальною продуктивністю.

3.12 Розрахунок технічних норм часу

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обгрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва. Розрізняють три методи нормування: технічний розрахунок за нормативами; порівняння і розрахунок за підвищеними типовими нормативами; встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці, а також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обгрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК дещо відрізняється від загальноприйнятого для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо

приклад розрахунку на операції 005.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ [5]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-з}}{n} + T_{шт} \text{ [хв]} \quad (3.27)$$

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} \text{ , [хв]} \quad (3.28)$$

де $T_{n-з}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n – кількість деталей в партії, що налагоджується, шт.;

T_o – основний час, хв.;

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.

$T_{відп}$ – час на відпочинок та особисті потреби, хв.

Допоміжний час $T_{доп}$, в свою чергу, складається з таких елементів:

$$T_{доп} = T_{встан} + T_{закр} + T_{упр} + T_{вим} \text{ , [хв]} \quad (3.29)$$

де $T_{встан}$ – час на установку і зняття деталі, хв.;

$T_{закр}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв.;

$T_{упр}$ – час на прийоми управління, хв.;

$T_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв.

Час на обслуговування робочого місця складається з наступних складових:

$$T_{обсл} = T_{тех} + T_{орг} \text{ , [хв]} \quad (3.30)$$

де $T_{тех}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{орг}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв.

Формуємо підготовчо-заклучний час $T_{n-з}$:

– налагодження верстату та встановлення спеціального пристосування, що встановлюється вручну та закріплюється болтами – 14 хв.;

- встановлення інструментів на верстаті – 9 хв.;
- отримання інструменту і пристосувань до початку і здача їх після обробки партії деталей – 7 хв.;
- введення програми обробки деталі в запам'ятовуючий пристрій системи ЧПК – 10 хв.

Отже,

$$T_{n-3} = 14 + 9 + 7 + 10 = 40 \text{ (хв)}.$$

Основний час T_o визначаємо на основі прийнятих режимів різання за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S};$$

де L – довжина оброблюємої поверхні, мм;

n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

S – робоча подача, мм/об.;

$$T_o = 0,66 + 2,04 + 42,31 + 0,68 + 0,054 + 1,7 + 9,5 + 0,25 + 0,24 = 59,434 \text{ (хв)}.$$

Формуємо допоміжний час $T_{дон}$ [5]. $T_{встан} = 1$ (хв). $T_{зак} = 0,2$ (хв).
 $T_{упр} = 0,01 = 0,01$ (хв).

$$T_{вим} = 1 + 0,25 = 1,25 \text{ (хв)}.$$

$$T_{дон} = (1 + 0,2 + 0,01 + 1,25) \cdot 2 = 4,92 \text{ (хв)}$$

В серійному виробництві $T_{обс} + T_{відн}$ окремо не нормуються, а встановлюються як відсоток від оперативного часу ($T_o + T_{дон}$) [5]:

$$T_{обс} + T_{відн} = (T_o + T_{дон}) \cdot 0,065 = (59,434 + 4,92) \cdot 0,065 = 4,183 \text{ (хв)}.$$

Тоді штучно-калькуляційний час буде дорівнювати:

$$T_{шт-к} = \frac{40}{200} + 59,434 + 4,92 + 4,183 = 68,737 \text{ (хв).}$$

Аналогічно визначаємо штучно-калькуляційний час для інших операцій.

Результати заносимо до таблиці 3.23

Таблиця 3.23–Штучно-калькуляційний час.

Номер операції	T_o	$T_{доп}$			$T_{оп}$	$T_{обсл}$		$T_{відп}$	$T_{шт}$	n	$T_{шт-к}$
		$T_{встан} + T_{зак}$	$T_{упр}$	$T_{вим}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$				
005	59,43	2,4	0,02	2,5	34,35	4,183		68,53	40	200	68,73
010	28,77	2,4	0,02	2,5	33,69	2,19		35,88	40		36,08
015	0,86	0,05	0,02	0,08	0,16	0,186		1,12	29		3,437
020	2,72	0,2	0,1	0,25	0,25	0,415		3,52	12		7,129
025	83,27	3	0,08	0,11	86,46	3,458		89,91	7		89,95
Всього:											205,337

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ

Аналіз схеми базування, вибір оптимальної схеми

При повному базуванні заготовку необхідно залишити 6-ти ступенів волі. Затискна сила забезпечує контакт із заготовкою і надає їй нерухомість.

Від правильного базування залежить точність механічної обробки, надійність і конструкція пристосування. Оптимальним варіантом вибору схеми базування є варіант з мінімальною похибкою базування, тобто коли $\epsilon_6=0$.

В даному випадку оскільки операція свердління відбувається після підготовки чистових технологічних баз, тому ми виконуємо базування по чистових попередньо оброблених поверхнях. На даній операції деталь буде базуватись на площину і два пальці.

При встановленні заготовок на пальці можуть з'являтися різні похибки, які залежать від варіанта встановлення заготовки.



Рисунок 4.1 - Схема базування

4.2 Розробка конструктивної схеми пристосування

В якості опорних елементів приймаємо пальці.

Конструкція затискного механізму повинна бути надійною і безпечною в роботі. Пристосування в цілому повинно бути компактним, простим по конструкції і зручним в обслуговуванні. Цим вимогам відповідає затискний механізм комбінованого типу з приводом від пневмоциліндра.

Шток пневмоциліндра безпосередньо зв'язаний затискним елементом.

Базовим вузлом пристосування є корпус, на якому монтується пальці, механізм затиску і всі інші допоміжні деталі.

Монтується пристосування на столі верстата і кріпиться 2-ма болтами. Орієнтується 2-ма шпонками в пазах стола верстата.

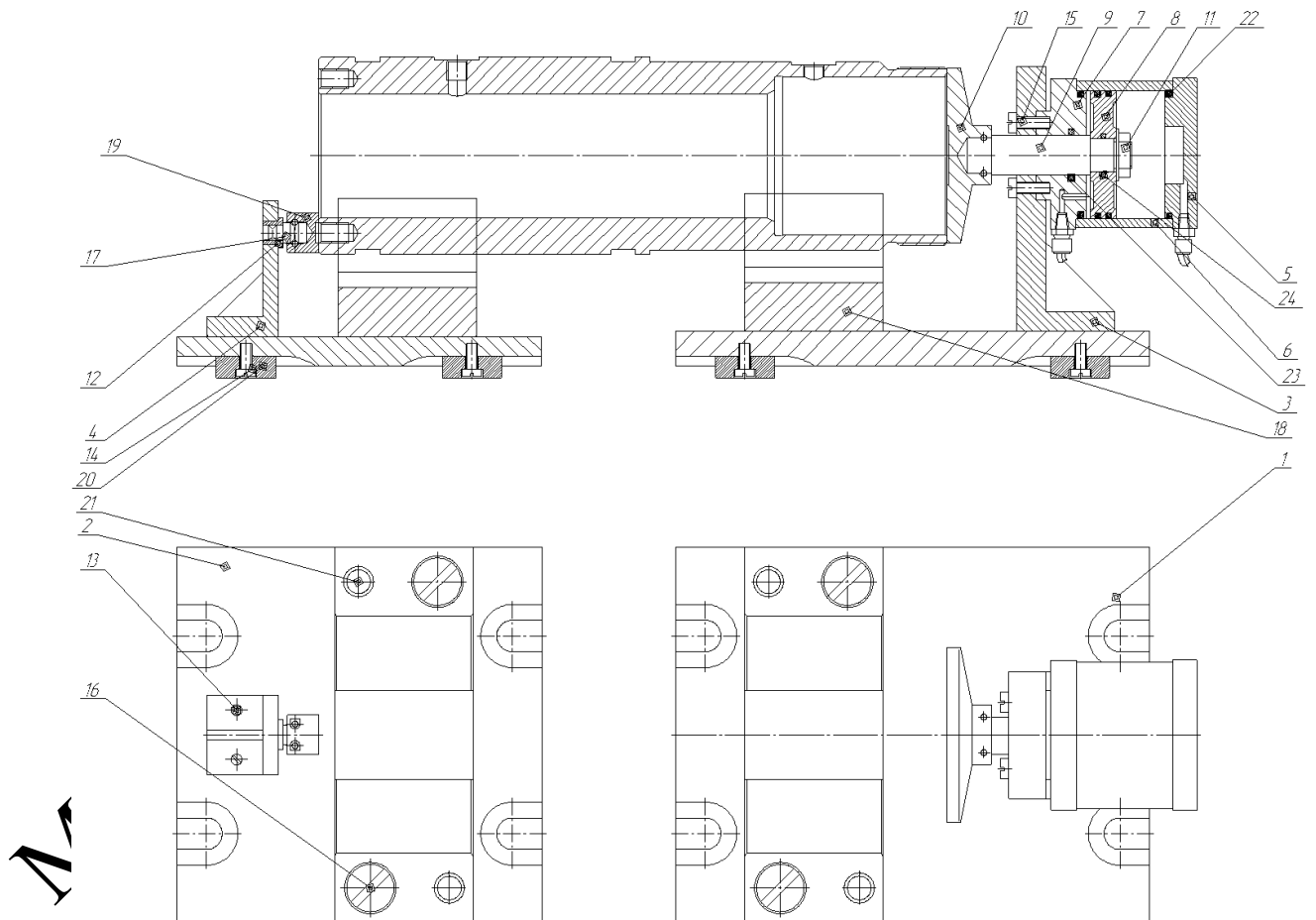


Рисунок 4.2- Конструктивна схема

Розрахунок параметрів затискного пристрою

Затискний механізм повинен забезпечувати швидкий і надійний затиск заготовки. В якості приводу вибраний пневмоциліндр. Сила штока передається безпосередньо на затискні елементи, які контактують із заготовкою і здійснюють затиск.

$$P_{заж} = \sqrt{\frac{D^2}{1.13}} \cdot p; [H]$$

де – D – діаметр отвору що утворюються,

p – тиск у циліндрі.

$$P_{заж} = \sqrt{\frac{60^2}{1.13}} \cdot 0.63 = 6879$$

3.5.2 Визначення сили закріплення

На операції 015, вертикально-свердлильна виконуються одночасне свердління одного отвору.

Поправочні коефіцієнти і показники степенів.

$C_p = 9,8; y = 0,8; q = 1,0; K_p = 1; D = 14 \text{ мм}; s = 0,3 \text{ мм/об.}$

$P_z = 10 \cdot 9,8 \cdot 14^1 \cdot 0,3^{0,4} \cdot 1 = 846 \text{ Н/м.}$

Особа сила P_z прижимає заготовку до опорних пластин, допомагаючи силам тертя.

Складаємо рівняння рівноваги дії сил.

$$K P_z = P_{заж} (f_2 + f_1) - M_k$$

$$P_{заж} = \frac{K \cdot P_z + M_k}{f_2 + f_1}$$

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя відповідно пальцями, затискним елементом і заготовкою, $f_1=0,16$, $f_2=0,2$ (заготовка оброблена).

Коефіцієнт запасу визначаємо:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = k_0' \cdot k_0'' \cdot k_0''' = 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 1,7$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності, при чорновій обробці $k_1 = 1,2$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через затуплення ріжучого інструменту, $k_2 = 1$;

Інші коефіцієнти $k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,8$.

$$k = 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,8 = 3,67.$$

Затискна сила складає:

$$P_{\text{зак}} = \frac{3,67 \cdot 848 + 60}{0,16 + 0,2} = 5982 \text{ Н};$$

Необхідно забезпечити силу затиску $P_{\text{зак}} = 5982 \text{ Н}$, пристосування може забезпечити силу затиску $P_{\text{зак}} = 6879 \text{ Н}$, отже потужність даного пристосування достатня для однозначної установки та затискання заготовки.

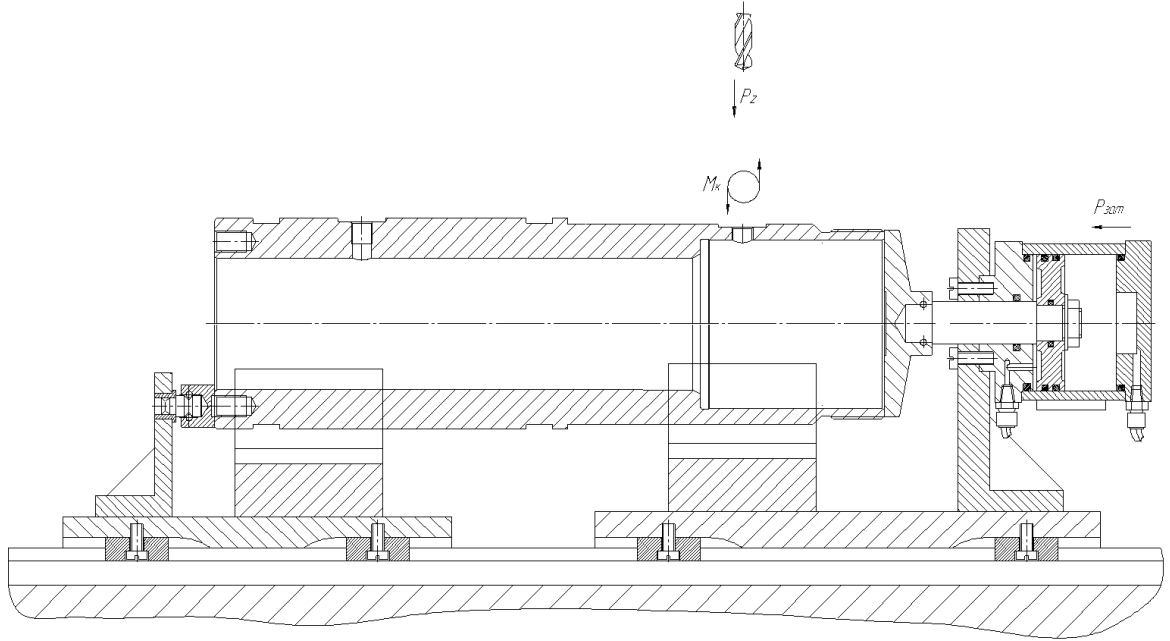


Рисунок 4.3 - Схема сил закріплення

Аналіз точності пристосування

Базування заготовки здійснюємо по оброблених раніше поверхнях основи і двох торцям. Установка в спеціальному пристосуванні з пневмозажимом.

Проведемо розрахунки на точність від провертання. Необхідною умовою обробки є правило, коли сумарна похибка (ϵ_{Σ}) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{\text{дет.}}$ на відповідний розмір $\epsilon_{\Sigma} < T_{\text{дет.}}$

Запас точності служить для компенсації зносу опорних елементів, зносу ріжучого інструменту, напрямних елементів і т. ін.

Сумарна похибка пристосування визначається за формулою:

$$\epsilon_{\text{прис.}} = T_{\text{дет.}} - K_{T1} [(K_1 * \epsilon_6)^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{уст.}}^2 + \epsilon_{13}^2 + \epsilon_{\text{ус}}^2 + (K_{T2} * w)^2]^{0,5};$$

ϵ_6 – похибка базування, для розміру $\epsilon_6 = 0$, тому що конструкторська і технологічна бази співпадають.

ε_3 – похибка закріплення. Сила зажиму направлена перпендикулярно, а тому не впливає на розмір. Приймаємо $\varepsilon_3 = 0$.

$\varepsilon_{уст}$ – похибка установки пристосування на столі верстату. Залежить від зазору між шпонкою і пазом 10Н8 (+0,015). Приймаємо для розрахунків $\varepsilon_{уст} = 0,02\text{мм}$.

$\varepsilon_{із}$ – похибка зносу, обумовлена зносом опорних елементів. $\varepsilon_{із} = u$ мкм.

Проведемо розрахунки на зносостійкість опорних елементу втулки згідно рекомендацій:

1. Вибираємо матеріал і твердість робочих поверхонь опорних елементів. Сталь 20Х, HRC 56...61 (HV = 615...717).

2. Визначаємо критерій зносостійкості Π_1 в залежності від матеріалу заготовки і матеріалу опорних елементів $\Pi_1 = 1$.

3. Визначаємо номінальну площу діючу F мм² із заготовкою. Для пластини з косими пазами $F = 9500$ мм².

4. Визначаємо критерій навантаження Π_2 для опор. Для розрахунків приймаємо $Q = 200\text{кг} = 2000\text{Н}$.

$$\Pi_2 = \frac{Q}{F \cdot HV} = \frac{5500}{480 \cdot 680} = 0,0008.$$

Враховуючи визначені раніше параметри Π_1 і Π_2 визначаємо зносостійкість за формулою:

$$C = m - m_1 \Pi_1 - m_2 \Pi_2 = 6832 - 4287 \cdot 0,94 - 293750 \cdot 0,0008 = 2267.$$

Не значний вплив на установку деталі буде складати проворот деталі на опорному пальці в межах поля допуску на розмір 67h14.

Визначаємо поправочні коефіцієнти:

$$K_{об.} = K_t \cdot K_L \cdot K_y ;$$

де K_t – коефіцієнт, що враховує час нерухомого контакту заготовки з опорами. Машинний час приймаємо $t_m = 1,5$ хв.

$$K_t = 0,79 t_m = 0,79 \cdot 1,5 = 1,2$$

K_L - коефіцієнт, що враховує вплив шляху ковзання заготовки по опорах.

При $L \leq 25$ мм, $K_L = 1,0$.

K_y - коефіцієнт, що враховує умови обробки. Для фрезерування $K_y = 1,0$.

$$K_{об.} = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,95.$$

7. Визначаємо фактичну зносостійкість:

$$C_\phi = \frac{C}{K_{об.}} = \frac{2267}{1,2} = 1133,5 \text{ мкм}^{-1} ;$$

Нормальний знос опор

$$u = \frac{N}{C_\phi} = \frac{2500}{1133,5} = 2,2 \text{ мкм.}$$

E_{yc} – похибка, обумовлена неточністю виготовлення і складання пристосування. $E_{yc} = 0,01 \div 0,02$ мм, приймаємо $E_{yc} = 0,015$ мм.

W – середня економічна точність механічної обробки на МРВ. $W = 0,12$ мм.

K_{T1} – коефіцієнт, що враховує кількість похибок, $K_{T1} = 1,2$. $K_{T2} = 0,8 \div 0,85$; $K_{T3} = 0,6 \div 1,0$.

Підставляючи отримані значення отримаємо:

$$E_{\text{присп.}} = 0,2 - 1,2 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,015^2 + 0,0022^2 + 0,015^2 + (0,82 \cdot 0,12)^2} \approx 0,079 \text{ (мм)}.$$

4.5 Розрахунок точності виготовлення деталей пристосувань з використанням розмірного аналізу

Деталі в пристосуванні виготовляють в межах необхідної точності з допусками на лінійні розміри і допусками розташування поверхонь (непаралельність, не перпендикулярність і т. ін.).

На верстатах нормальної точності (Н) методом шліфування і пригонки можна досягти точність 6...7 квалітету і 6...7 ступенів точності непаралельності або не перпендикулярності.

Поле розсіювання замикаючої ланки $\delta(A_{\Sigma})$ дорівнює сумі допусків складових ланок (ΣT_i). При методі повної взаємозамінності повинні виконуватись наступні вимоги: $\delta(A_{\Sigma}) \leq (T_{A_{\Sigma}})$; $\delta_k(\alpha_{\Sigma}) \leq T_k(\alpha_{\Sigma})$.

Замикаючий допуск непаралельності пристосування по 8 ступеню точності складає 0,04мм, забезпечуючи запас точності.

а) Для лінійних розмірів $\epsilon_{\text{присп.}} = 0,079$ мм.

$$\delta(A_{\Sigma}) = \Sigma T_i = T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} + T_{A4} = 0,03 + 0,02 + 0,01 + 0,019 = 0,079 \text{ (мм)}.$$

$$\epsilon_{\text{присп.}} \geq \delta(A_{\Sigma}); \quad 0,079 = 0,079.$$

б) Для визначення непаралельності деталей виконуємо розрахунок кутового розмірного аналізу.

Припускаємо, що економічно доцільні допуски непаралельності деталей відповідають 6 – ому ступеню точності.

$$T(\alpha_1) = \frac{0,016}{250} ; \quad T(\alpha_2) = \frac{0,01}{80} ; \quad T(\alpha_\Sigma) = \frac{0,04}{250} .$$

Допуски ланок в кутовій мірі складають (градуси):

$$T_k(\alpha_1) = \operatorname{arctg} \frac{0,016}{250} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{о};$$

$$T_k(\alpha_2) = \operatorname{arctg} \frac{0,01}{80} = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{о};$$

$$T_k(\alpha_\Sigma) = \operatorname{arctg} \frac{0,04}{250} = 10,6 \cdot 10^{-3} \text{о};$$

$$\delta_k(\alpha_\Sigma) = 3,6 \cdot 10^{-3} + 6,8 \cdot 10^{-3} = 10,4 \cdot 10^{-3}.$$

$$\delta_k(\alpha_\Sigma) < T_k(\alpha_\Sigma); \quad 10,4 \cdot 10^{-3} < 10,6 \cdot 10^{-3}.$$

Умови по точності пристосування виконуються. Для забезпечення непаралельності рекомендується шліфувати опорні пластини в складі пристосування.

Вибір приводу, розрахунок його параметрів

Затискний механізм ми вибрали з гідроприводом, який забезпечує швидкий надійний затиск заготовки.

Діаметр пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot p}} ; [\text{мм}]$$

де p - тиск стисненого повітря в магістралі, $p = 0,63$ Мпа;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5982}{3,14 \cdot 0,63}} = 56,5 \text{ мм}$$

З конструкторських міркувань приймаємо стандартний діаметр циліндра $D = 60 \text{ мм}$, діаметр штока $d = 20 \text{ мм}$.

Управління пневмоциліндром здійснюється краном управління або від шафи управління через золотник. Стиснуте повітря повинно бути насичене краплями масла для змащування стінок гільзи і поршня.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

6 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

6.1 Уточнення виробничої програми

При дрібносерійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (5.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = 3 \sqrt{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (5.2)$$

m_i - маса i -ї деталі, $m_{\text{пр}}$ - маса представника

Для деталі корпус 1 отримаємо:

$$K_{11} = 3 \sqrt{\frac{69}{70}} = 0,95$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (5.3)$$

де N-програма випуску представника, програма випуску i-ї деталі, N-показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{200}{180}\right)^{0.15} = 1,02$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (5.4)$$

K_{Ti} , $K_{T.пр.}$ - середні значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{a.пр.}$ - середні значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{13,5}{13,55}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{10}{10,8}\right)^{\alpha_2} = 1$$

Коефіцієнт приведення для вала А54 складає:

$$K_1 = 0,95 \cdot 1 \cdot 1,02 = 0,969$$

Отримані результати занесено до таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Середній квалітет	Середня шорсткість	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
					масі	точності	серійності		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вал А54	70	13,5 5	10,8	200	1	1	1	1	200
Вал 54 1	69	13,5	10	180	0,95	1	1,02	0,969	175
Вал 54 2	71	12,2	8,4	210	1,056	0,875	0,99	0,91	191
Вал 54 3	70,5	12,8	8,2	210	1,04	0,9	0,99	0,927	195
Вал 54 4	74	12,3	8,9	230	1,13	0,86	0,97	0,943	217
Вал 54 5	69	14,1	12,5	175	0,95	1,125	1,04	1,11	195
Вал 54 6	67	14,6	15	190	0,89	1,25	1,01	1,12	213
Вал 54 7	72	14,2	11	350	1,1	1,2	0,96	1,267	444
Вал 54 8	74	14,8	12	420	1,13	1,4	0,95	1,502	632
Вал 54 9	72	14,2	10,2	350	1,13	1,12	0,985	1,25	436
Вал 54 10	71	12,8	8,4	359	1,2	0,94	0,983	1,12	402
Приведена програма							3300		

5.11 Визначення кількості обладнання

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{пр} / (\Phi_d \cdot m) \quad (5.5)$$

де $T_{\text{пр}}$ – сумарна трудомісткість деталей, год; Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год; m – кількість робочих змін

Враховуючи проведенне раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

$$T_{\text{пр}} = \frac{68,7 \cdot 3300}{60} = 3778,5 \text{ (год)}$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{36,08 \cdot 3300}{60} = 1984,4 \text{ (год)}$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{1,12 \cdot 3300}{60} = 61,6 \text{ (год)}$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{3,52 \cdot 3300}{60} = 193,6 \text{ (год)}$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{89,9 \cdot 3300}{60} = 4944,5 \text{ (год)}$$

Отже кількість верстатів

$$C_p = \frac{3778,5}{2040} = 1,8$$

$$C_p = \frac{1984,4}{2040} = 0,97$$

$$C_p = \frac{61,6}{2040} = 0,03$$

$$C_p = \frac{193,6}{2040} = 0,095$$

$$C_p = \frac{4944,5}{2040} = 2,42$$

Отримані результати занесено до таблиці 5.2

Коефіцієнт завантаження для токарних верстатів складатиме:

$$\eta_z = 1,8/2 = 0,917$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці 5.2.

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці складатиме:

$$\eta = (0,9417 \cdot 3 + 0,092 + 0,125 + 0,8079 \cdot 3) / 8 = 0,6832 \text{ або } 68,32\%$$

Таблиця 5.2 - Розрахунок кількості обладнання.

N _{оп}	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Токарна з ЧПК	1,8	2	0,9	0,6832	0,84
010	Токарна з ЧПК	0,97	1	0,97		0,84
015	Фрезерно-свердлильна	0,092	1	0,092		0,7678
020	Свердлильна	0,125	1	0,125		0,784
025	Шліфувальна	2,42	3	0,8079		0,926

5.12 Визначення кількості працюючих на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою:

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (5.6)$$

де $C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів, шт;

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатостаночного обслуговування.

Наприклад для роботи на токарному верстаті необхідно:

$$P=3 \cdot 2040 \cdot 0,9417 / 1 \cdot 1840 = 3,013$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідно 3 робітника.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Кількість робітників –верстатників

Назви операцій	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	Φ , год	K_z	K_m	P , чол	$P_{пр}$, чол
Токарна з ЧПК		2040	0,9	1	1,99	2
Токарна з ЧПК	1		0,97	1	1,07	1
Фрезерно-свердлильна	1		0,092	1	0,1	1
Свердлильна	1		0,125	1	0,14	1
Шліфувальна	3		0,8079	1	2,69	3

Згідно таблиці 4.3 сума всіх основних робочих - 8 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно $P_{др}=(0,2 \dots 0,25) \cdot 8 = 1,6 \dots 2$ Приймаємо 2 допоміжних робітника.

При велико серійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто $P_{ІТР}=(0,15 \dots 0,21) \cdot 8 = 1,2 \dots 1,68$ Приймаємо 2 чоловіка ІТР.

Кількість службовців при дрібносерійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 0,6-1,6% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{СКП}=(0,006...0,016) \cdot 8 = 0,048...0,0128$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (8+2+2+1)=0,26$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			8
Допоміжні робітники	20...25%	1,6...2	2
ІТР	15...21%	1,2...1,68	2
СКП	0,6...1,6%	0,048...0,0128	1
МОП	2%	0,26	1

5.13 Розрахунок маси грузопотоків дільниці механічного цеху

Із складу заготовок надходить вантажопотік масою:

$$97 \cdot 3300 = 320100 \text{ (кг)}$$

Спочатку всі деталі обробляються на токарних верстатах, після чого поступають до фрезерно-свердлильного верстату, де продовжується механічна обробка. Після цього вони обробляються на свердлильному верстаті і закінчується обробка на шліфувальному верстаті, де виконується фінішна обробка отворів. Після чого вантажопотік деталей які надходять на проміжний склад становить:

$$80 \cdot 3300 = 264000 \text{ (кг)}$$

А вантажопотік стружки відповідно складає:

$$320100 - 264000 = 56100 \text{ (кг)}$$

Тобто після обробки ми отримуємо два вантажопотоки: один деталей масою 364 т, а інший стружки масою 56,1 т.

5.14 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту

Для перевезення вантажів із складів до дільниці використовуємо електровозики. Вони відносяться до екологічно чистого транспорту, так як їх живлення здійснюється від акумуляторних батарей. Їх кількість розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{тр}} = Q \cdot (l_{\text{ср}} / v_{\text{ср}} + t_3 + t_p) / (q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t_{\text{зм}}); \quad (5.7)$$

де: Q- сумарний вантаж, що перевозиться протягом розрахункового періоду, (року) т;

q- номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т ;

F- річний фонд часу роботи електровізка;

m- кількість змін;

l_{cp} - сумарна відстань переміщення в прямому і зворотньому напрямках, м;

v_{cp} - середня швидкість електровізка;

t_3 - час на завантаження для однієї операції;

t_p – час на розвантаження для однієї операції;

K_1 – коефіцієнт (враховує витрати часу на ремонт) використання фонду часу крана;

K_2 – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу;

$t_{зм}$ – тривалість однієї зміни, год.

$$K_{тр} = 320,1 \cdot (144/80 + 5 + 5) / (60 \cdot 2040 \cdot 1,7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,002) = 5,24$$

Приймаємо 6 електровізків.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовують ручні візки, кількість візків дорівнює кількості верстатів – 8.

5.15 Розробка плану розташування обладнання.

При дрібносерійному типіві виробництва доцільно розташовувати обладнання в порядку технологічного процесу. В даному випадкові спочатку розміщуються три токарних верстати з ЧПК – 1E365ПФ3, потім розміщуються фрезерно-свердлильний та свердлильний верстати моделей 2254ВМФ4 та 2М53. Закінчується дільниця трьома шліфувальними верстатами 3К227Б. Таке розташування обладнання полегшить його обслуговування, зокрема забезпечення інструментом та пристосуваннями, не буде паралельного руху заготовок у протилежних напрямках, що ускладнює їх транспортування.

5.16 Проектування допоміжних відділень механічного цеху

5.16.1 Відділення по відводу та переробці стружки

Площу відділення по відведенню та переробці стружки визначаємо згідно рекомендацій [1] в залежності від кількості обладнання механічної дільниці, і вона складатиме 210 м^2 .

Для вибору способу відведення та переробки стружки необхідно визначити скільки тонн стружки приходить на 1 м^2 площі дільниці:

$$56,1/210=0,267 \text{ (т/ м}^2\text{)}$$

Відповідно до рекомендацій [2] при кількості стружки до $0,3 \text{ т}$ в рік, що приходить на 1 м^2 площі цеху, доцільно збирати стружку в спеціальні ємності і доставляти до місця збирання і переробки напольним транспортом.

5.16.2 Відділення для приготування та роздачі

охолоджувальної рідини (ЗОР), склад масел

Оскільки механічний цех є відносно малих розмірів, то відповідно приймаємо площу відділення для приготування і роздачі ЗОР рівною 35 м^2 . Площа складу масел відповідно складає 12 м^2 .

5.16.3 Контрольні пункти відділу технічного контролю

Кількість контролерів приймаємо рівною 12% від кількості основних верстатників, тобто $8 \cdot 0,12 = 0,96$ чол.

Отже достатньо 1 контролера на дільницю.

Питома площа одного контрольного пункту складає 6 м^2 .

5.7.4 Цеховий склад матеріалів і заготовок

Цеховий склад призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами і заготовками. Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою:

$$S_{сз}=Q_{чорн} \cdot t / 260 \cdot q \cdot K_v \quad (5.8)$$

де $Q_{чорн}$ – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, тобто сума маси деталей та маси стружки, 320,1 т; t – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступання їх на обробку, згідно рекомендацій [1] складає 4 днів; q – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, при способі збереження матеріалів і заготовок в штабелях складає $1,2 \text{ т} / \text{м}^2$; K_v – коефіцієнт використання площ складування, 0,3.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{сз}=320,1 / 260 \cdot 1,2 \cdot 0,3= 15,6 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 16 м^2 .

Оскільки ми суміщуємо склад матеріалів із заготівельним відділенням. То площа зростає і складатиме 20 м^2 .

5.7.5 Проміжний склад

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є проміжний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складальних вузлів: підшипники, прокладки, електрообладнання і т.п.

Необхідну площу для проміжного складу розраховують за формулою:

$$S_{\text{прс}}=Q \cdot t / 260 \cdot q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{в}} \quad (5.11)$$

де Q – маса деталей та вузлів річної програми випуску, які підлягають зберіганню, 264 т; t – середня кількість робочих днів запасу, згідно рекомендацій [1] складає 3 дні; $q_{\text{пр}}$ – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, складає $1 \text{ т} / \text{м}^2$; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання площ складування, 0,25.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{\text{прз}}=264 \cdot 3 / 260 \cdot 1 \cdot 0,25=12,18 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 13 м^2 .

5.7.6 Інструментально-роздавальний та інші склади

Площа інструментально – роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва за рекомендаціями [14]. З врахуванням того, що на ділянці має працювати 5 металорізальних верстатів розраховано площі складів допоміжного обладнання, інструментального оснащення та інструментально-роздавального (див. таблицю 5.5)

Таблиця 5.5 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкти зберігання			Площа складу, м^2
--------	--------------------	--	--	----------------------------

		Норми площі на металорізальний верстат, м ²	Кількість верстатів	розрахункова	прийнята
Інструментально-роздавальний	Ріжучий і допоміжний інструмент	0,4	8	3,2	4
	Вимірювальний інструмент	0,1	8	0,8	1
Допоміжний	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,2	8	1,6	1
Інструментального оснащення	Пристосування і всі види інструмента	0,5	8	4	4ц

5.17 Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатника; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.

При раціональній організації робоче місце в умовах дрібносерійного виробництва повинно бути оснащено у відповідності з вимогами виробничого процесу та умовами виконання робіт з дотриманням правил санітарної гігієни та техніки безпеки.

Нормативами передбачено для кожного робітника мінімальну виробничу площу 45м² та мінімальний об'єм 15м³. Розташування обладнання на робочому місці, інвентарю, виробничих меблів, тари, стелажів для заготовок, та готової продукції планується з таким розрахунком, щоб не утворювались незручні умови праці, зайві витрати часу на переміщення по цеху та пошуки необхідних пристосувань.

Освітлення робочого місця повинно бути вірним та достатнім для нормальної праці робітників. Необхідна освітленість визначається в залежності від характеру та точності роботи, розмірів об'єкта розрізнення, контрасту

об'єкта, що розглядається з фоном та діючими санітарними нормами. При освітленні рекомендується, щоб світло падало на об'єкт зліва або спереду. При наявності місцевого освітлення світло не повинно сліпити очі, тінь не повинна падати на деталь, що оброблюється. Зовнішнє оформлення робочих місць та виробничих приміщень повинно відповідати вимогам технічної естетики.

Кількість інструмента та пристосувань на робочому місці повинна бути мінімально необхідною для забезпечення безперебійної роботи на протязі зміни з найменшими затратами часу на отримання та їх заміну. Інструмент постачається з інструментального складу в інструментальний ящик, розташований біля кожного верстату, а з нього – в робочу зону.

Заготовки з складу заготовок перекладаються в контейнер та за допомогою ручного візка переміщуються до верстату №1. Для обробки заготовки виймаються із контейнера для заготовок та після обробки перекладаються в контейнер для готових виробів. Після обробки всіх заготовок з контейнера за допомогою візка підвозиться наступний контейнер, а в пустий контейнер, в якому була попередня партія заготовок, складаються готові вироби. Верстатник, який працює на верстаті №2 при необхідності завантажує контейнер для готових виробів біля верстату №1 на візок, перевозить його до свого верстату та встановлює на місце контейнеру для заготовок. Після обробки деталі складаються в контейнер для готових виробів. Аналогічним чином проходить переміщення деталі до верстатів №3, 4 і так далі – контейнер з готовими деталями від попереднього верстату встановлюється на місце контейнеру для заготовок наступного верстату, а в пустий контейнер від обробленої партії заготовок складаються готові вироби. Після обробки на останньому верстаті контейнер з готовими виробами перевантажується на візок та транспортується на проміжний склад.

5.18 Організація інструментального господарства

Номенклатуру ріжучого інструмента складають на основі розроблених технологічних процесів виготовлення виробів. Мінімальний оборотний фонд

визначають за нормативами в залежності від кількості замін і одночасно працюючих інструментів. Для непотокового виробництва мінімальний оборотний фонд може бути визначений за рекомендаціями [15]. Наприклад на операції 020 виконується фрезерування поверхні, торцевою фрезою для якої період стійкості становить 4, враховуючи, що одночасно працює лише один інструмент мінімальний оборотний фонд інструмента складатиме 5 шт. Аналогічно проводимо розрахунки для всіх інших інструментів і занесемо результати до таблиці 5.6.

Норма витрат інструменту за рік визначається за формулою:

$$N_i = T_{\text{сф}} / T_{\text{д}} \quad (5.9)$$

$T_{\text{сф}}$ – сумарний час формоутворення даним інструментом всіх деталей, тобто сумарний основний час на обробку даним інструментом всіх деталей за річною програмою, в год;

$T_{\text{д}}$ – дійсний термін служби інструмента даного виду і розміру з урахуванням всіх можливих його переточувань), год.

Де N – кількість деталей за річною програмою, що підлягають обробці із застосуванням інструмента даного виду і розміру.

$t_{\text{осн}}$ – основний час.

Наприклад час формоутворення фрезою:

$$T_{\text{сф}} = 0,31 \cdot 3300 / 60 = 17,05 \text{ (год)}.$$

Дійсний термін служби інструмента визначається за формулою:

$$T_{\text{д}} = (L/I + 1) \cdot T_{\text{с}} \cdot \eta \quad (5.11)$$

де L – довжина робочої частини інструмента, що для фрези складає 5 мм;

I – величина допустимого сточування робочої частини за одне заточування, (0,25 мм);

T_c – період стійкості інструмента, (4);

η - коефіцієнт, що враховує додаткові витрати інструмента через руйнування (0,92).

Відповідно для фрез дійсний термін служби інструмента складає:

$$T_d = (4 \cdot 5 / 0,25 + 4) \cdot 0,92 = 83,68 \text{ (год).}$$

Отже норма витрат інструменту:

$$N_i = 17,05 / 83,68 = 0,2 \text{ (шт)}$$

Приймаємо 1 фрезу.

Максимальний оборотний фонд інструмента:

$$N = N_{\phi} + N_i$$

Тобто максимальний оборотний фонд торцевих фрез складає:

$$N = 1 + 5 = 6 \text{ фрези}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для всіх інших типів ріжучого інструмента та заносимо результати до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Відомість потреб в ріжучому інструменті дільниць

№	Інструмент	час		Дійсний термін служби		Величина сточування, L, мм	Довжина роблючої частини L, мм	Кількість заготовок, L, шт	К-т випадків поломки η	Річна потреба N_1 , шт	Мінімальний оборотний фонд $N_{ф}$, шт	Максимальний оборотний фонд N , шт
		Основний обробки $t_{осн}, XВ$	Сумарний основний обробки	Тс, год	Тд, год							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Різець підрізний 2112-0031 ГОСТ 18871-73	0,32	1056	1,5	19,5	0,5	5,2	13	0,93	1	10	11
2	Різець прохідний 2100-0555 ГОСТ 18869-73	9,31	3512	1	12,8	0,5	6,5	13	0,92	40	15	55
3	Свердло центровочне 2317-0101 ГОСТ 14952-75	0,5	27,5	0,2	10,5	0,9	55	61,11	0,55	3	10	13
4	Свердло спіральне Ø18 2301-3551 ГОСТ 10903-77	1,11	61,05	0,2	10,5	0,9	55	61,11	0,55	6	10	16
6	Різець розточний 2142 ГОСТ 10044-73	55,03	3000,5	1,5	13,5	0,4	4	10	0,82	224	24	248
7	Різець різьбовий 2660-0001 ГОСТ 18885-73	6,48	356,4	1,5	13,5	0,4	4	10	0,82	27	24	51
8	Мітчик машинний М12 2620-0842 ГОСТ 17931-72	1,19	65,45	0,6	4,8	1	9	9	0,8	14	10	24
9	Фреза 2210-0061 ГОСТ 9304-69	0,31	17,05	4	83,6	0,2	5	20	0,92	1	5	6
10	Свердло спіральне Ø16 2301-3607 ГОСТ 10903-77	0,51	28,05	0,2	10,5	0,9	55	61,11	0,55	3	10	13

5.10 Організація механічного контролю на дільниці механічного цеху

Річну потребу окремих видів вимірювального інструмента найбільш точно можна визначити на основі його зносостійкості. Цей спосіб оснований на річній програмі контролюємих деталей і кількості деталей, які можна виміряти до середньомовірного зношування інструмента.

$$I_{\text{вим}} = \frac{D \cdot B \cdot K_y}{n_d \cdot \delta \cdot K_p} \quad (5.12)$$

де D – кількість контрольованих деталей, 3300 шт.

Але оскільки безпосередньо вимірюються розміри на 30% деталей, то кількість контрольованих деталей складає:

$$3300 \cdot 0,3 = 990 \text{ (шт)}$$

n_d – кількість фактично вимірюваних деталей при зношуванні даного вимірювального інструмента на 1 мкм, приймаємо 200 мкм;

δ - середньомовірне зношування інструмента, наприклад для штангенциркуля приймаємо 7 мкм;

K_p – коефіцієнт, що враховує кількість ремонтів, приймаємо 1.1;

K_y – коефіцієнт, що враховує випадковий вихід з ладу інструмента через поломки, приймаємо 1.5;

B – кількість промірів даним видом інструмента 1 деталі. Наприклад при контролі деталей штангенциркулем на операції 005 проводиться 2 замірів на кожній деталі, відповідно потреба у цьому інструменті:

$$I_{\text{вим}} = \frac{990 \cdot 2 \cdot 1,1}{200 \cdot 7 \cdot 2} = 13.42$$

Отже для виконання всіх необхідних замірів даного типу необхідно 14 штангенциркулів в рік.

Аналогічно визначається кількість вимірювального інструмента інших типів та на решті ділянок результати заносимо до таблиці 5.7

Таблиця 5.7 – Відомість потреб у вимірювальному інструменті ділянок

Вимірювальний інструмент	Кількість деталей, що підлягають контролю Д, шт	Кількість вимірювань В, шт	Кількість промірів при зношуванні на 1 мкм $n_{з.н.}$	Середньомовірне зношування інструмента δ , мкм	К-нт, що враховує поломки інструм.	К-нт, що враховує ремонт інструм. K_p	Річна потреба в вимірювальному інструменті $I_{вим}$	
							Розрахуна	Пройнята
Штангенциркуль	17081	2	200	7	1,1	2	13,42	14
Калібр-пробка	17081	1	250	5	1,05	1,5	38,26	39
Калібр розташування	17081	1	300	6	1,04	1,7	5,8	6
Калібр-пробка	17081	1	250	5	1,05	1,5	9,57	10

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

В магістерській роботі розробляються і досліджуються методи поверхневої пластичної деформації, які дозволяють отримати точні деталі та із зміцненим поверхневим шаром. При цьому враховується матеріал деталі, її форма та середовище в якому вона працює. Деталь «Вал А54» слугує для встановлення колеса в складальній одиниці, а саме підвісці автомобілів ВАЗ. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням поверхонь обертання. Внутрішня поверхня – отвір, що має складну поверхню, яка має високі вимоги точності обробки, та до якої мають бути застосовані методи поверхневої пластичної деформації.

Ступень новизни науково-дослідної роботи складає 35 балів, оскільки робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження, розроблено більш простий спосіб обкочування роликком для забезпечення потрібної твердості.

Показник рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи складає 25, оскільки робота містить практичні рекомендації для окремого випадку обкочування конкретної деталі, а саме тонкого валу.

Показник, який характеризує науковий ефект:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 35 + 0,4 \cdot 25 = 31$$

Отже досягнутий достатній рівень показника наукового ефекту. Це досягнуто за рахунок розробки нової конструкції інструменту для обкочування, що забезпечує кращі параметри процесу.

6.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності, тобто під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Таблиця 6.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виславлені експертами:		
1. Технічна здійсненність концепції	2	3	
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	2	2	2
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	2	2	2
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	4	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	3	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	1	1	1
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	2	2	2
Сума балів	СБ ₁ =32	СБ ₂ =31	СБ ₃ =32
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$(32+31+32)/3=32$		

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями.

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

6.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

6.3.1 Витрати на оплату праці

Основна заробітна плата розробників (дослідників) Z_o , які працюють в наукових установах бюджетної сфери розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} t \text{ [грн]} \quad (6.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

T_p – число робочих днів в місяці; приймемо $T_p = 22$ дні;

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн..	Оплата за робочий день, грн..	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн..
Керівник проекту	14000	636,36	20	12727,27
Інженер-технолог	10000	454,55	20	9090,91
			Всього	21818,18

Основна заробітна плата робітників, розраховується за формулою 6.2.

$$Z_o = \sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ [грн]} \quad (6.2)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує роботу. грн/год;

t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, год.;

$$C_i = \frac{M_m K_i K_c}{T_p t_{зм}} [\text{грн/год}]$$

де M_m — розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), 6700 грн;

K_i , — коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду, 1,5 – 4 розряд

K_c — мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати. 1,65

T_p — середня кількість робочих днів в місяці, приблизно 22 дні

$t_{зм}$ — тривалість зміни, год.

Наприклад, розрахуємо погодинну тарифну ставку для виконання робіт з демонтажу обладнання.

$$C_i = 6700 \cdot 1,5 \cdot 1,65 / 22 \cdot 8 = 43,14 \text{ (грн./год.)}$$

Витрати на основну заробітну плату робітників з врахуванням програми випуску складатиме:

$$Z_p = 5,43 \cdot 15480 = 84005,61 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників розраховується як (10...12)% від величини основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o$$

$$Z_d = 0,12 \cdot (21818,18 + 84005,61) = 12698,85 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 6.3 - Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Токарна з ЧПК	0,05	4	43,14	1,60
Багатоцільова	0,12	4	43,14	3,83
Всього				5,43

6.3.2 Відрахування на соціальні заходи

До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ — єдиний соціальний внесок).

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_H = (21818,18 + 84005,61 + 12698,85) \cdot 0,22 = 26074,98 \text{ (грн.)}$$

6.3.3 Сировина та матеріали

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_B \text{ [грн.]}, \quad (6.3)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 3,2 кг, C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 11 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат,

$K_i = 1,1$. V_i – маса відходів i -го найменування, 0,14 кг, C_v – ціна відходів i -го найменування, 5 грн./кг. n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 6.4 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45	11	3,2	0,14	5	38,02

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь 45 і відповідно отримаємо:

$$M = 11 \cdot 3,2 \cdot 1,1 - 0,14 \cdot 4 = 38,02 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$38,02 \cdot 15480 = 588\,549,6 \text{ (грн.)}$$

6.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі виріб, які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_j^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (6.4)$$

де H_j — кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C — покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_u — коефіцієнт транспортних витрат, 1.1

Оскільки проектується і досліджується технологічний процес, то комплектуючими є ріжучий інструмент.

Таблиця 3.4 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт	Ціна за шт, грн	Сума, грн
Різці токарні	36	130	4680
Свердла	8	150	1200
Фрези	10	320	3200
Зенкери	6	360	2160
Розвертки	4	450	1800
Всього			13040

6.3.5 Програмне забезпечення для наукових робіт.

При виконанні МКР використовуються програми, які є у вільному доступі та на підприємстві.

6.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б \cdot t_{вик}}{T_н \cdot 12}$$

де $Ц_б$ – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$t_{вик}$ – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,211 год для однієї деталі, відповідно (з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,1187 \cdot 15480 / (8 \cdot 30) = 34 \text{ місяців}$$

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання, 12 років

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Токарний	650000	12	34,01778	153552,47
Фрезерний	850000	12	20,21	119295,14
Всього			272847,61	

6.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i C_e K_{ени}}{\eta_i} \text{ [грн.]} \quad (6.5)$$

W_{yi} - встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e - вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

$K_{ени}$ - коефіцієнт, що враховує використання потужності,

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$C_e = (C_{онт} + C_{розн} + C_{посл}) \left(1 + \frac{ПДВ}{100\%}\right)$$

$C_{онт}$ - середня оптова ціна електроенергії, яка визначається оператором ринку, грн за 1кВт·год

$C_{розн}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ), грн за 1кВт·год;

$C_{\text{пост}}$ - вартість постачання електроенергії від енергорозподільчої компанії до конкретного споживача (без ПДВ), грн за 1кВт·год.

$$C_e = (1150,40 + 293,93 + 3513,57) \cdot (1 + 0,2) / 10^3 = 5,95 \text{ (грн)}$$

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи	Сума, грн
Токарний з ЧПК	10	0,05	3,35
Фрезерний	10	0,12	8,03
Всього			11,38

А для всієї партії:

$$11,38 \cdot 15480 = 176137,33 \text{ (грн.)}$$

6.3.9 Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$V_{\text{св}} = 0,22 (21818,18 + 84005,61) = 23281,23 \text{ (грн)}$$

6.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

До статті «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» належать витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами,

установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуються як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{\text{сп}}=0,3 (21818,18+84005,61)= 31747,14 \text{ (грн)}$$

6.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$I_{\text{в}}=0,5 (21818,18+84005,61)= 52911,89 \text{ (грн)}$$

6.3.12 Накладні (загальнопробничі) витрати

До статті «Накладні (загальнопробничі витрати)» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

$$V_{\text{нзв}}=1,1 (21818,18+84005,61)= 116406,17 \text{ (грн)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат:

$$B_{\text{заг}}=21818,18+84005,61+12698,85+26074,98+588549,6+14500+272847,61+176137,33+23281,23+31747,14+52911,89+116406,17=1434018,59 \text{ (грн)}$$

Загальні витрати ЗВ на завершення науково—дослідної (науково—технічної) роботи та оформлення її результатів, із врахуванням того розробка знаходиться на стадії розробки дослідного зразка:

$$ЗВ=1434018,59 /0,5=2868037,19 \text{ (грн)}$$

6.4 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи

$$K_p=(5^3 \cdot 3 \cdot 4)/(143401859 \cdot 1)=0,178$$

Тобто робота є відносно ефективною.

6.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу, то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – 5480 шт, тобто за рахунок кращого поверхневого шару і більшої зносостійкості; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 10 000 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 2480 грн; зміна вартості пристрою

(зростання чи зниження) від впровадження результатів науково технічної розробки в аналізовані періоди часу 320 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2023 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2023-го, 2024-го, 2025-го та 2026-го років.

У 2027 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку Π_i , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження.

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot e^{-(i-1) \cdot \rho / 100} \quad (6.6)$$

де Π_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

ρ – ставка податку на прибуток. $\rho = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (320 \cdot 10000 + 2800 \cdot 5480) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 3167806,62 \text{ (грн.)}$$

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \quad (6.7)$$

де Π_i – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

t – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $t = 0,10$ (або 10%);

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{3467806,62}{(1+0.1)^2} + \frac{3467806,62}{(1+0.1)^3} + \frac{3467806,62}{(1+0.1)^4} + \frac{3467806,62}{(1+0.1)^5} = 9128655,21 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$PV = 2 \cdot 2\,868\,037,19 = 5\,736\,074,38 \text{ (грн.)}$$

$$E_{\text{абс}} = 9\,128\,655,21 - 5\,736\,074,38 = 3\,392\,580,83 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_j]{1 + E_{abc}/PV} - 1 \quad (6.8)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій PV – теперішня вартість інвестицій;

T_j – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 2392580,83/5736074,38} - 1 = 0,26 = 26\%$$

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (6.9)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,1...0,12)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau \text{ мін} = 0,11 + 0,10 = 0,21 \text{ або } \tau \text{ мін} = 21\%$$

Оскільки величина $E_B = 26\% > \tau \text{ мін} = 21\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій:

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,26 = 3,82$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на автоматизацію дільниці механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (3,82 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час дослідження удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54" на працівника, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [31], могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; пряма і відбита блискіть; підвищення яскравість; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

7.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Під робочим місцем дослідника мається на увазі зона його трудової діяльності, оснащення необхідними засобами праці.

Загальною вимогою раціональної організації робочих місць є створення працівникам максимальної зручності для здійснення їх діяльності, вивільнення від нераціональних переміщень та рухів, зниження на цій основі витрат праці на виконувану роботу. Економія часу і сил працівника - головні критерії раціональності організації робочих місць.

Робоче місце і взаємне розташування усіх її елементів має відповідати антропометричним, фізичним і неординарним психологічним вимогам [32]. Важливе значення має також характеру роботи. Зокрема, з організацією робочого місця проектувальника мають бути дотримані такі основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що до складу робочого

місця;

- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні руху, і переміщення;

- необхідне природне, і штучне висвітлення до виконання поставлених завдань;

- рівень акустичного шуму, який не перевищує допустимого значення;

- достатня вентиляція робочого місця;

Головними елементами робочого місця розробника є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до вимог [32].

Необхідно передбачити при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від ПК, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли ПК має низьку якість зображення, наприклад, помітні миготіння, відстань від очей до екрана роблять більшою (близько 700 мм), ніж відстань від ока до документа (300-450 мм). В загальному випадку, при високій якості зображення на ПК відстань від очей користувача до екрана, документа і клавіатури може бути рівним.

Велике значення надається характеристикам робочого крісла [33]. При проектуванні крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні дослідника його поза повинна бути фізіологічно правильно обгрунтованою, тобто положення частин тіла повинно бути оптимальним. Для задоволення вимог фізіології, що впливають з аналізу положення тіла людини в положенні сидячи, конструкція робочого сидіння повинна відповідати таким основним вимогам:

- допускати можливість зміни положення тіла, тобто забезпечити вільне переміщення корпусу і кінцівок тіла один щодо одного;

- допускати регулювання висоти в залежності від росту працюючої людини (в межах від 400 до 550 мм);

– мати злегка увігнуту поверхню, мати невеликий нахил, тому поверхню сидіння рекомендується робити м'якою, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованим.

Приміщення, де здійснювалася робота за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, мало заповишене, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів) [34].

На робочому місці з усього обладнання металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, в якого крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення та провід з заземлюючий жилкою для приєднання до джерела живлення.

Електротехнічне устаткування: апаратури, таблиці й керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки устатковуються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).
- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.
- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

У випадку виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення пошкодження проводів електричного живлення, несправності заземлення та інших пошкодженнях електрообладнання, виникненні запаху гарі, диму - негайно вимкнути електричне живлення і повідомити про аварійну ситуацію свого безпосереднього керівника й чергового електрика;
- при попаданні людини під електричну напругу негайно звільнити

її від дії струму шляхом вимкнення електричного живлення, до прибуття лікаря надати потерпілому долікарську медичну допомогу;

- при будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання або програмного забезпечення негайно викликати представника технічної служби з питань експлуатації обчислювальної техніки;

- у випадку виникнення різі в очах, різкого погіршення зору, виникнення головного болю, больових відчуттів у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття - негайно припинити роботу з використанням ЕОМ, повідомити про те, що сталося, свого безпосереднього керівника й звернутися до медичної установи;

- при загорянні обладнання негайно відключити його від електромережі;

- про загорання повідомити свого безпосереднього керівника, оперативного чергового, пожежну службу, ужити заходів щодо ліквідації вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника.

7.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

7.2.1. Мікроклімат

Робота, яка виконується дослідником, згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [35]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.7.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [6]).

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено система опалення, система кондиціонування та систематичне вологе прибирання.

Вимірювання параметрів мікроклімату проводиться на робочому місці і в робочій зоні на початку, в середині та в кінці робочої зміни. Вимірювання здійснюються не менше 2-х разів на рік (теплий та холодний періоди року) у порядку поточного санітарного нагляду, а також при прийманні до експлуатації нового технологічного устаткування, внесенні технічних змін в конструкцію діючого устаткування, організації нових робочих місць тощо.

7.2.2. Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні для людини концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини.

Для створення здорових і безпечних умов праці потрібно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрацій у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

В приміщенні, де здійснюється робота можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Озон	0,16	0,03	4
------	------	------	---

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл..7.3).

Таблиця 7.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

7.2.3. Виробниче освітлення

Серед чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло посідає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90 % усієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Підчас здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів належать адаптація, акомодация та конвергенція.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. У разі поганого освітлення людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 7.4 (відповідно ДБН В.2.5-28-2018 [37]):

Таблиця 7.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, $e_n, \%$			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє-бокове	Бокове	Верхнє або верхнє-бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 2) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

7.2.4. Виробничий шум

Для робочих місць в приміщеннях із ПК характерна наявність механічних шумів (виникають внаслідок коливання деталей машин та їхнім взаємним переміщенням), аеродинамічних шумів (виникають в пружних конструкціях у газі або рідині) та шумів електричних машин.

Деякі ПК є потенційними джерелами цілого ряду звукових коливань як чутного, так і ультразвукового діапазону. Найчастіше рівні акустичного випромінювання, що виходить від ПК, охоплюють діапазон частот від 6,3 до 40 кГц.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [38]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

7.5. Виробничі випромінювання

Під час дослідження існує ризик виникнення підвищеного рівня електромагнітного поля. Несприятливу дію на організм людини мають електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, джерелами яких є телевізійні і радіомовні станції, пристрої стільникового радіозв'язку, апарати високочастотного нагрівання і навіть побутова апаратура.

Електромагнітні поля чинять термічний і морфологічний вплив на організм людини, викликаючи в ньому функціональні зміни.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 7.6.

Таблиця 7.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	20кВ / м 15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

7.3. Пожежна безпека

Метою пожежної безпеки об'єкта є попередження виникнення пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а у випадку виникнення пожежі – обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

В приміщенні, де здійснювалося дослідження удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54" використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані. Тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д».

За вогнестійкістю приміщення відноситься до другої категорії [9]. Робоча зона розробника відноситься до класу вибухонебезпечності В-Па, оскільки вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

7.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Система попередження пожежі – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на усунення умов виникнення пожежі.

У дослідженому приміщенні є відповідальний за пожежну безпеку працівник. Меблі та обладнання розміщені таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення. Евакуаційні шляхи та виходи постійно утримуються вільними.

Документи, папір та інші горючі матеріали зберігаються на відстані не менше 1 м від електрощитів, електрозборок і електрокабелів, 0,5 м від світильників та 0,25 м від приладів опалення. Засоби протипожежного захисту (пожежні крани, пожежна та охороно - пожежна сигналізація, первинні засоби пожежегасіння тощо), які є у приміщенні утримуються у справному стані.

Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні такі:

- несправна електропроводка (іскріння, перегрів провідників, пересихання електроізоляційних матеріалів);
- використання електрообладнання пристроїв (електрочайники, обігрівачі); попадання вологи на працююче електрообладнання;

Для запобігання виникнення пожежі здійснюються такі заходи:

- щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів та занять за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, що відповідальні за пожежну безпеку;
- утримання в справному стані засобів протипожежного захисту;
- своєчасне інформування про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо.

7.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів, а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї

У приміщенні на випадок виникнення пожежі для обмеження її

розповсюдження знаходиться переносний вуглекислотний вогнегасник типу ОУ-5, що відповідає нормам. Підходи до засобів первинного пожежогасіння та відключення електросхем устаткування вільні.

З метою дотримання протипожежного захисту забороняється:

- влаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по горючій основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, які не відповідають вимогам Правил улаштування електроустановок;

- пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу та інших предметів, обгортати електролампи й світильники, заклеювати ділянки електропроводки горючою тканиною, папером;

- використовувати побутові електропристосування, чайники і таке інше, залишати без нагляду увімкненими в електромережу кондиціонери,;

- захищати підступи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні крани, рукави й пожежний інвентар не за призначенням, зберігати документи, різні матеріали, предмети та інвентар у шафах (нішах) інженерних комунікацій;

- палити (окрім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом «Місце для паління» та забезпечених урною), проводити зварювальні та інші вогневі роботи без оформлення відповідального дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз сучасних засобів для моделювання деталей та дослідженні напруженого стану та деформацій при їх навантаженні та експлуатації.

Створена 3d модель деталі типу вал А54 в середовищі SolidWorks, та накладено навантаження, що відповідають тим, при яких вона експлуатується. При цьому отримано небезпечний переріз (канавка), де найбільш можливе руйнування деталі. Для того, щоб уникнути концентраторів напружень, запропоновано створити округлення, що дозволило в значній мірі зменшити напруження. Для створеної моделі засобами САМ системи SolidWorks розроблено технологічний процес механічної обробки. Для цього обрано заготовку, різучий інструмент, траєкторію переміщення інструменту. І як результат отримано програми для верстатів з ЧПК для механічної обробки заготовки.

Це враховано при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Вал А54». В технологічній частині роботи визначений тип виробництва - дрібносерійний і форми організації роботи (групова), виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний метод отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів. Вибір способу виготовлення заготовки був виконаний на основі сучасних наукових досягнень. Результатом вибору є прокат. Проведено розрахунки припусків на обробку, здійснений вибір чистових і чорнових технологічних баз, спроектований технологічний процес, виконаний розмірний аналіз технологічного процесу та проектування ділянки механічної обробки деталі. 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. Для контролю якості оброблених поверхонь та деталей в цілому, розроблено схеми контролю та вибрано типи вимірювального інструменту.

Для фрезерної операції розроблено конструкцію пристосування, яка дозволяє закріпити отвори та отримати поверхні заданої точності.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (3,82 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою

Проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Вал», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Autodesk PowerMill [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.powermill.com/ru/>.152. Archetti C., Hertz A., Speranza M.G. A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem / C. Archetti, A. Hertz, M.G. Speranza // Transportation Science, 2006. – Vol. 40. – P. 64-73.
2. SolidWorks [Електронний ресурс].–Режим доступу: https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANgsdoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN_7IbFRyepPd9zYDUK_nX2QPIMyQUaAjmLEALw_wcB
3. FlowVision [Електронний ресурс].–Режим доступу: <https://sapr.ru/article/21879>
4. ANSYS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sharenet.ca/help/index.php/ANSYS>
5. ABAQUS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://tesis.com.ru/cae_branch/abaqus/
6. Особливості фрезерної обробки деталей з просторово-складними поверхнями [Електронний ресурс] // Погляд у майбутнє приладобудування №12. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.fpi.ua/handle/123456789/27843>.
7. 3D Parts Milled with iMachining 3D + HSM [Електронний ресурс] // Solidcam. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.solidcam.com/hh/cam-megoldasok/cammodulok/hsm-3d-nagybessegu-megmunkalas/>.
8. HSR/HSM Modules for 3D High Speed Milling [Електронний ресурс] // Solidcam. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.solidcam.com/hh/cam-megoldasok/cammodulok/hsm-3d-nagybessegu-megmunkalas/>

18. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с

19. Огородніков В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородніков, В. Г. Нахайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

20. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.

21. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Л. О. Лозінський. –Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.

22. 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.

23. 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.

24. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с

25. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування :навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

26. Дерібо О. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 114 с.

27. Кован В. М. Расчет припусков на обработку Козловський В. О.

Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістрських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.

28. Наказ МОЗУ №528 від 27.12.2001 «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text>

29. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=70028.

30. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-1801_ua.php.

31. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням:

90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/crew/32704903/>.

32. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

33. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

34. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

35. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osviltennja-nor8425.html>

36. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму,

ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:
<http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

37. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

38. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

39. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54"»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 85,1% Схожість 14,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться намісні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____ Ільченко В.І.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

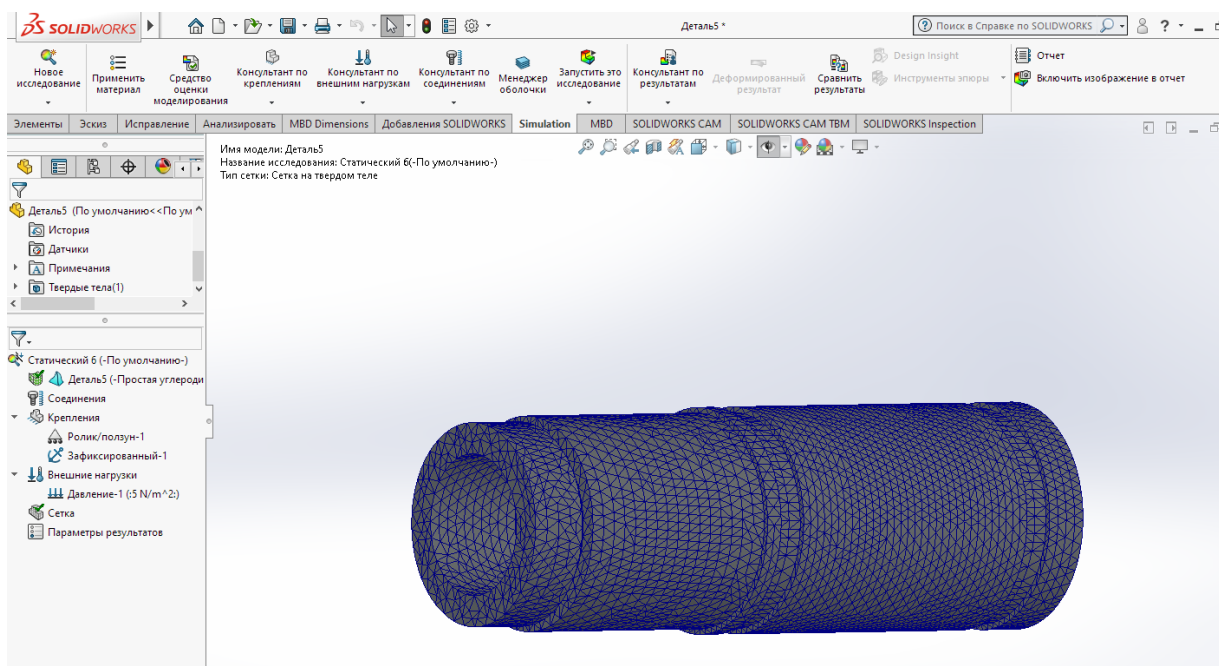
Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

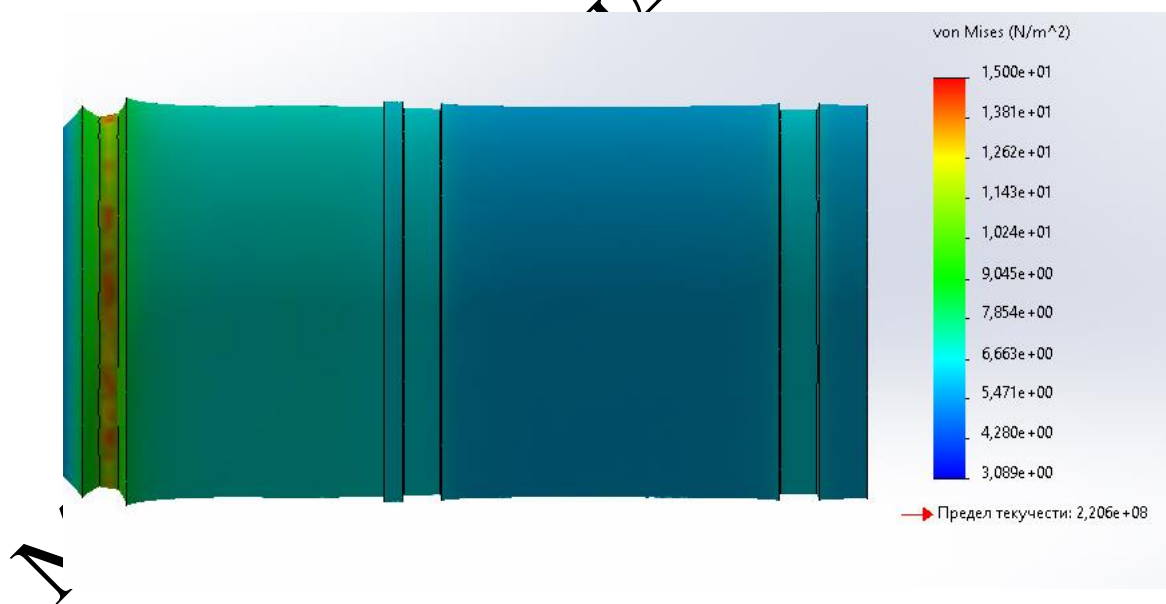
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ А54"

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

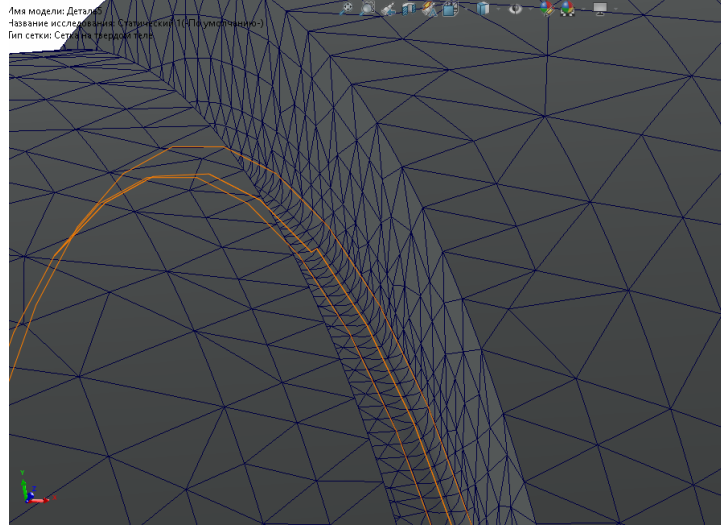
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ



Створення сітки на деталі вал А54



Напряження, що виникають при навантаженні валу



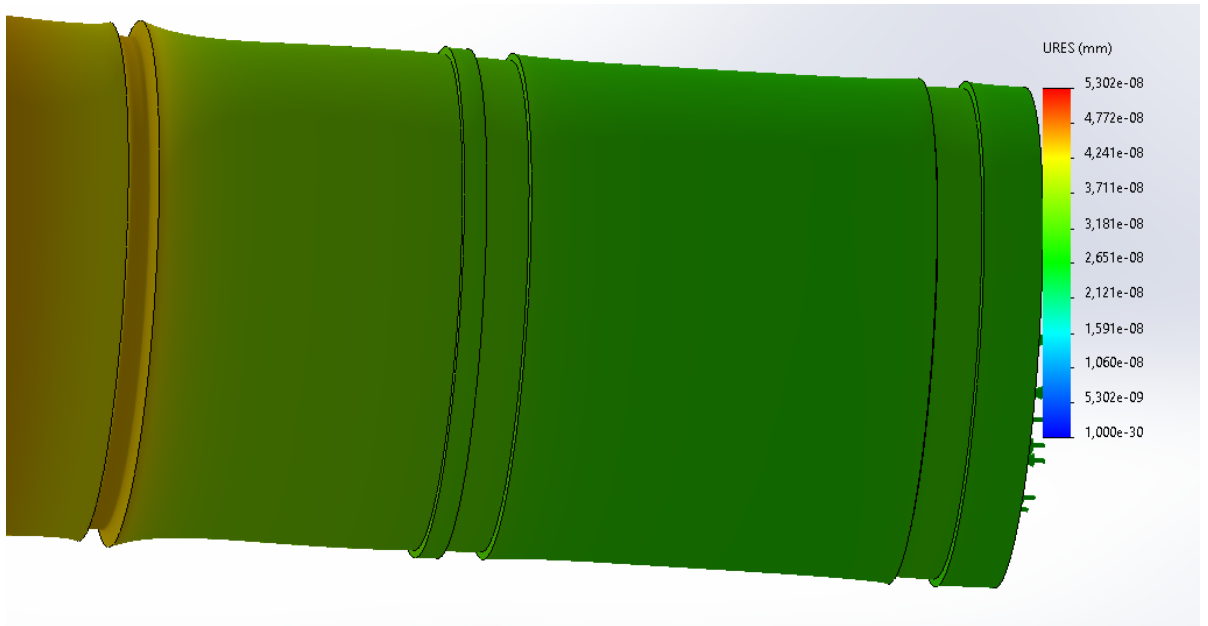
Створені радіуси заокруглень

Механіка ТАМ

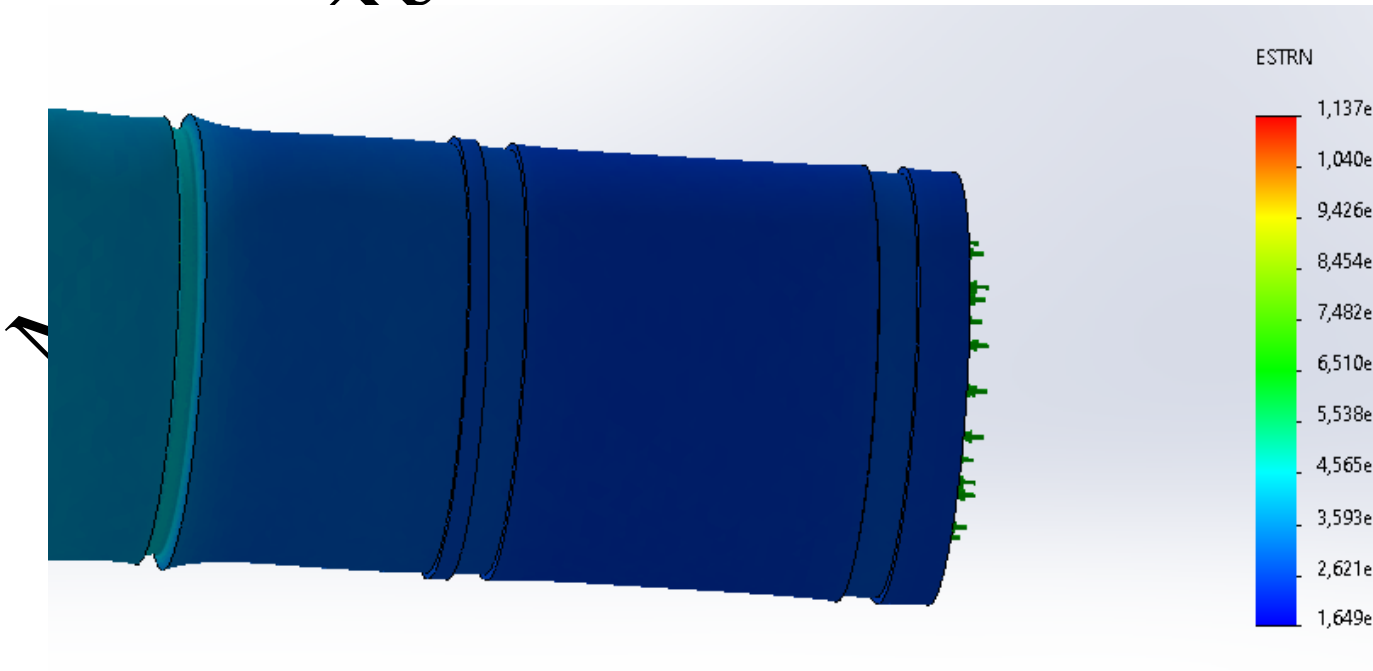


Напруження по Мізесу

МКР

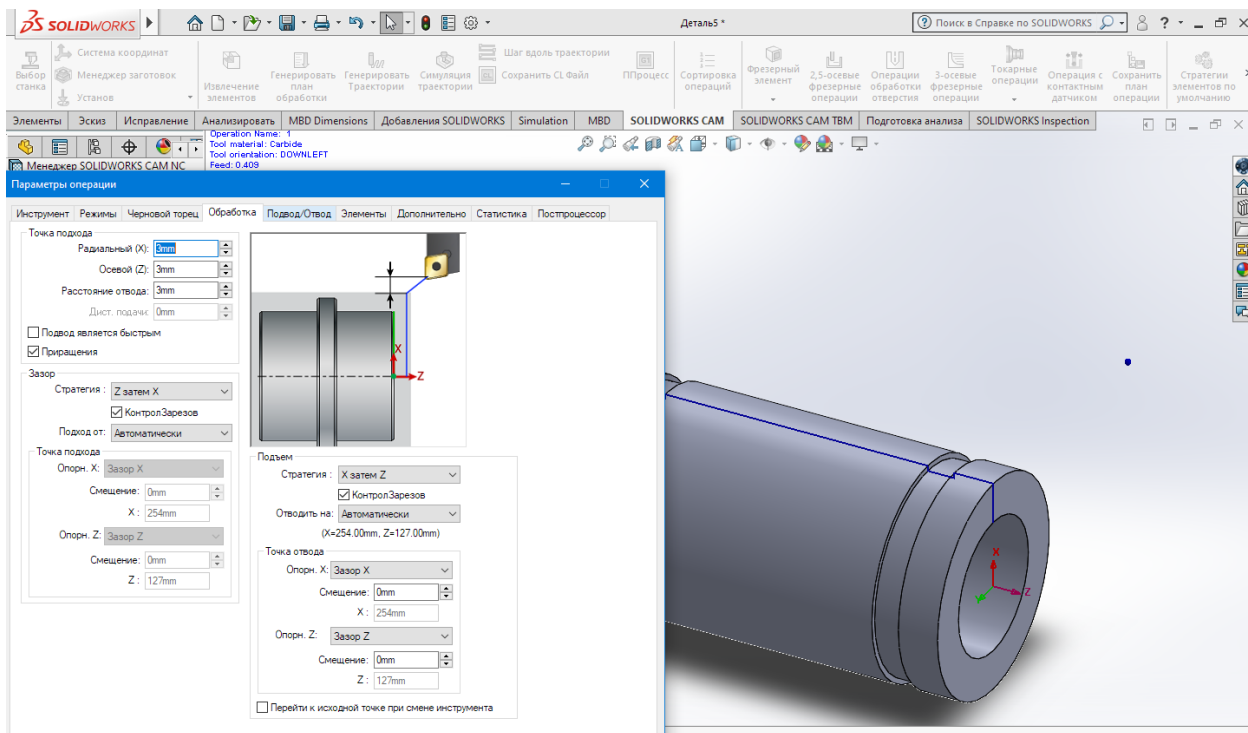


Збірка
Переміщення

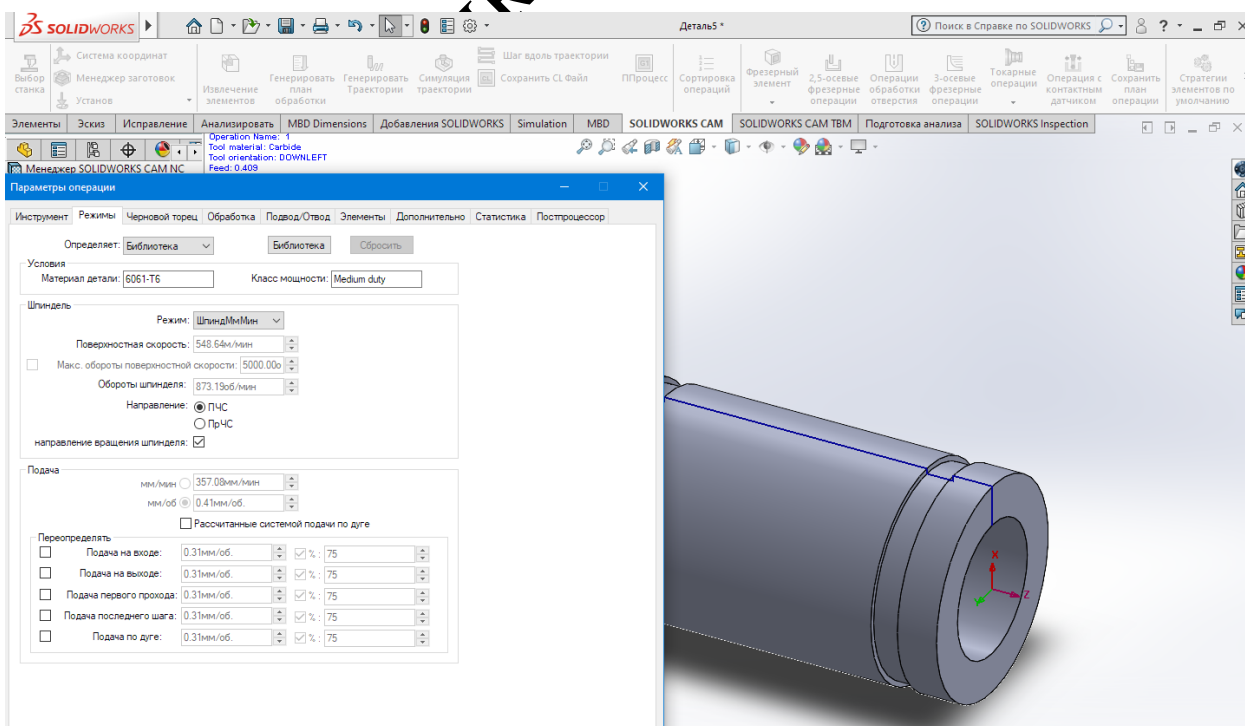


Деформації

Розробка керуючої програми у CAM Solidworks для виготовлення деталі на верстаті з ЧПУ



Вибір різального інструменту



Автоматичний розрахунок режимів обробки

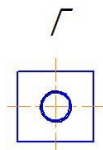
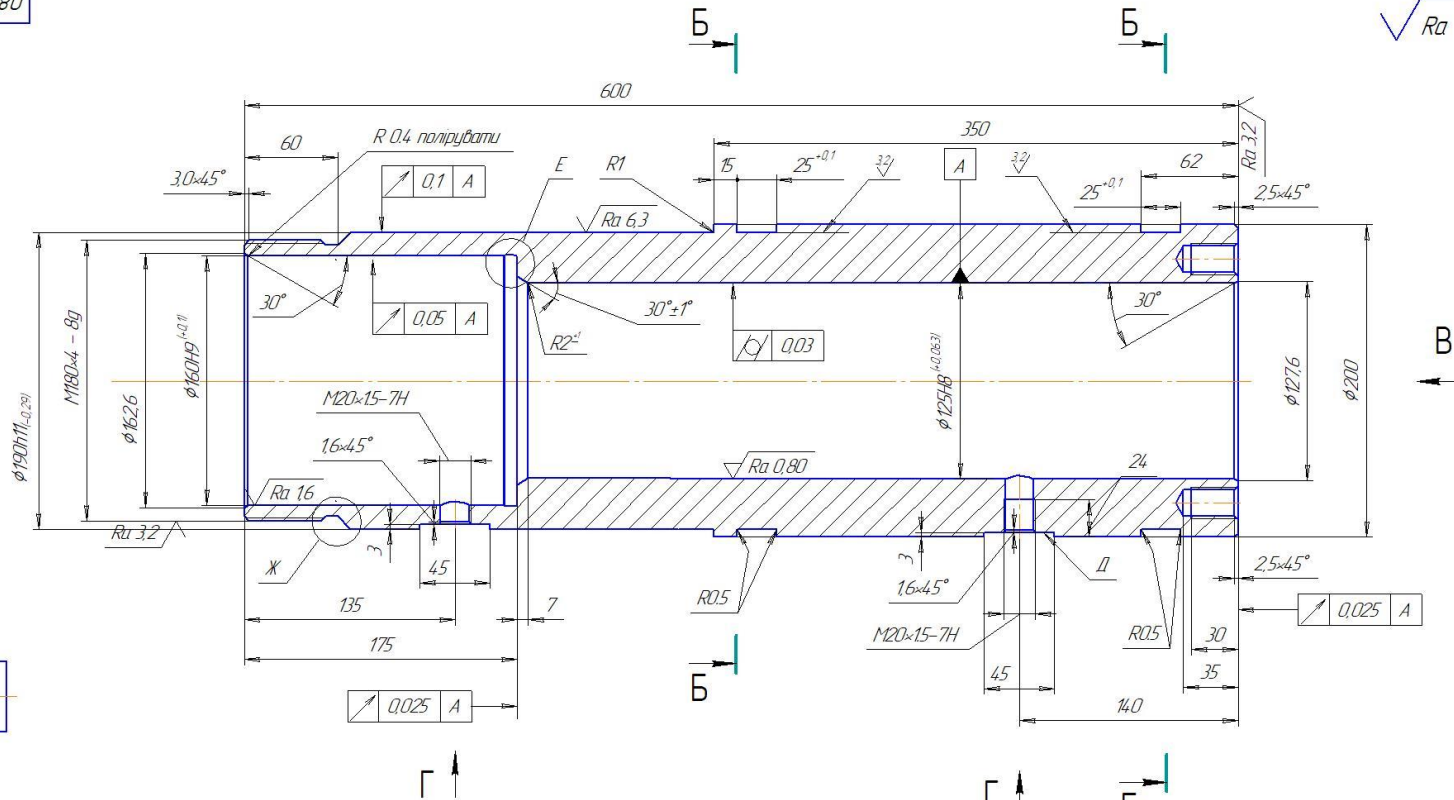
Klart Vies DNS TG.txt	
40	N190 X-.0074 Y-3.2365 I.5418 J1.0612
41	N195 X-.1867 Y-3.0518 I.7348 J.8929
42	N200 G01 X-.1869 Y-3.0515
43	N205 G03 X-.3081 Y-3.0141 Z-.4882 I-.0872 J-.0675
44	N210 X-.3369 Y-3.1011 Z-.4789 I.0175 J-.0541 F650.
45	N215 X-.3051 Y-3.1439 Z-.4742 I1.0699 J.7615
46	N220 X-.1029 Y-3.3522 Z-.4487 I1.0308 J.7986
47	N225 X.14 Y-3.5114 Z-.4233 I.854 J1.0378
48	N230 X.3541 Y-3.6168 Z-.4024 I5.5867 J11.0797
49	N235 G01 X.3626 Y-3.6209 Z-.4016
50	N240 X.5025 Y-3.689
51	N245 X1.0878 Y-3.9739 Z-.4585
52	N250 G03 X1.2718 Y-3.8966 Z-.4783 I.0581 J.1194
53	N255 X1.1839 Y-3.6869 Z-.5 I-.1635 J.0547 F94.8068
54	N260 G01 X1.0154 Y-3.6047
55	N265 X.6689 Y-3.4358 F189.6136
56	N270 G03 X.4721 Y-3.3405 I-15.65 J-32.0872 F188.6229
57	N275 G02 X.2759 Y-3.244 I4.8881 J10.1798 F189.6136
58	N280 X.0881 Y-3.1208 I.4724 J.9253
59	N285 X-.0683 Y-2.9597 I.6411 J.7789
60	N290 X-.1852 Y-2.7681 I.798 J.6182
61	N295 G01 X-.1869 Y-2.7644
62	N300 G03 X-.2413 Y-2.747 Z-.4944 I-.0352 J-.0162
63	N305 G01 X-.2719 Y-2.7644 Z-.4913
64	N310 X-.2688 Y-1.7387 Z-.4016 F650.
65	N315 X-.2666 Y-1.0064
66	N320 X-.2634 Y.0315 Z-.4924
67	N325 X-.253 Y.0209 Z-.4937 F189.6136
68	N330 G03 X-.1866 Y.011 Z-.5 I.0397 J.0387 F94.8068
69	N335 G02 X-.0727 Y.0687 I.9253 J-1.6849
70	N340 X-.0181 Y.0931 I.7993 J-1.7167
71	N345 X.2038 Y.1721 I.7448 J-1.7411 F189.6136
72	N350 X.2586 Y.1869 I.5433 J-1.8913
73	N355 G03 X.3645 Y.2888 Z-.48 I-.037 J.1445
74	N360 X.3061 Y.3521 Z-.4665 I-.048 J.0143 F650.
75	N365 X.1621 Y.3161 Z-.4471 I.4418 J-2.0745
76	N370 X-.136 Y.2047 Z-.4056 I.5641 J-1.9632
77	N375 X-.164 Y.1914 Z-.4016 I.8792 J-1.8882

Генерація NC програми

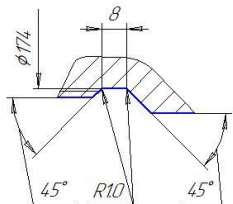
МКР 134

08-26.МКР.003.000.01

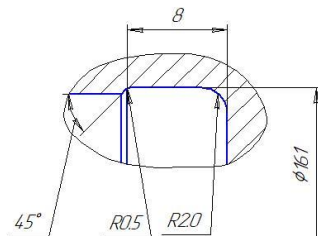
$\sqrt{Ra 12,5 (\sqrt{1})}$



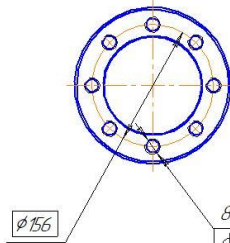
Ж (1:1)



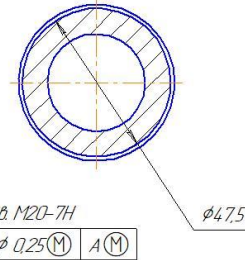
Е (4:1)



В (1:4)



Б-Б (1:4)



Невказані граничні відхилення: Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

08-26.МКР.003.000.01				Лист	Маса	Масштаб
Лист	№ докум.	Підп.	Дата	697	12	
Розроб	Львівська			Лист		
Проб.	Свердлов			Листов		
Технік				ВНТУ		
Інженер	Свердлов			Ст 45 ГОСТ 8731-74		
Змін.	Авдієв Л.Г.			зр. 1114-2111		

Копіювати

Формат А2

Лист розміри

Сторінка №

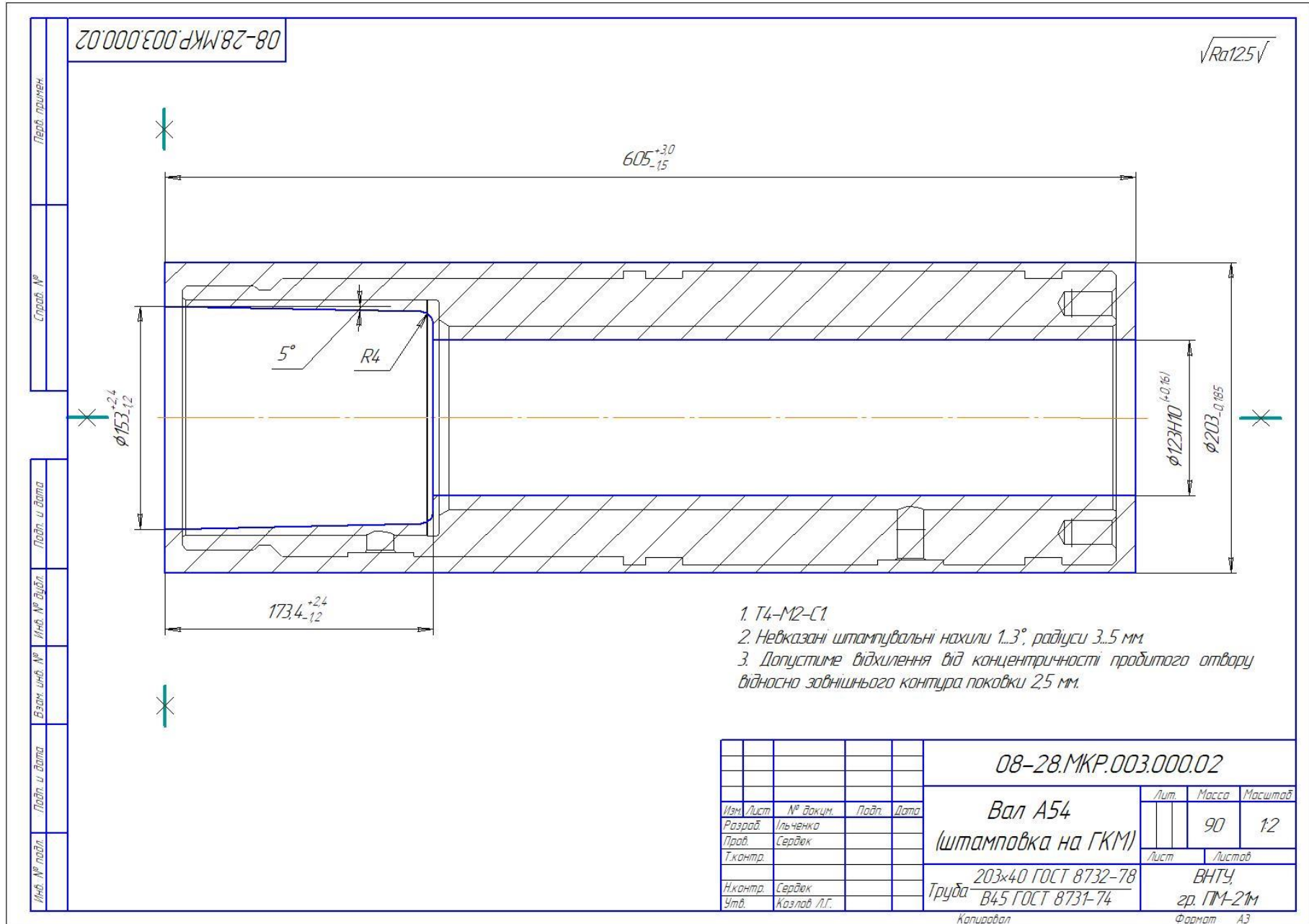
Листів у даній

Базисний №

Листів у базисі

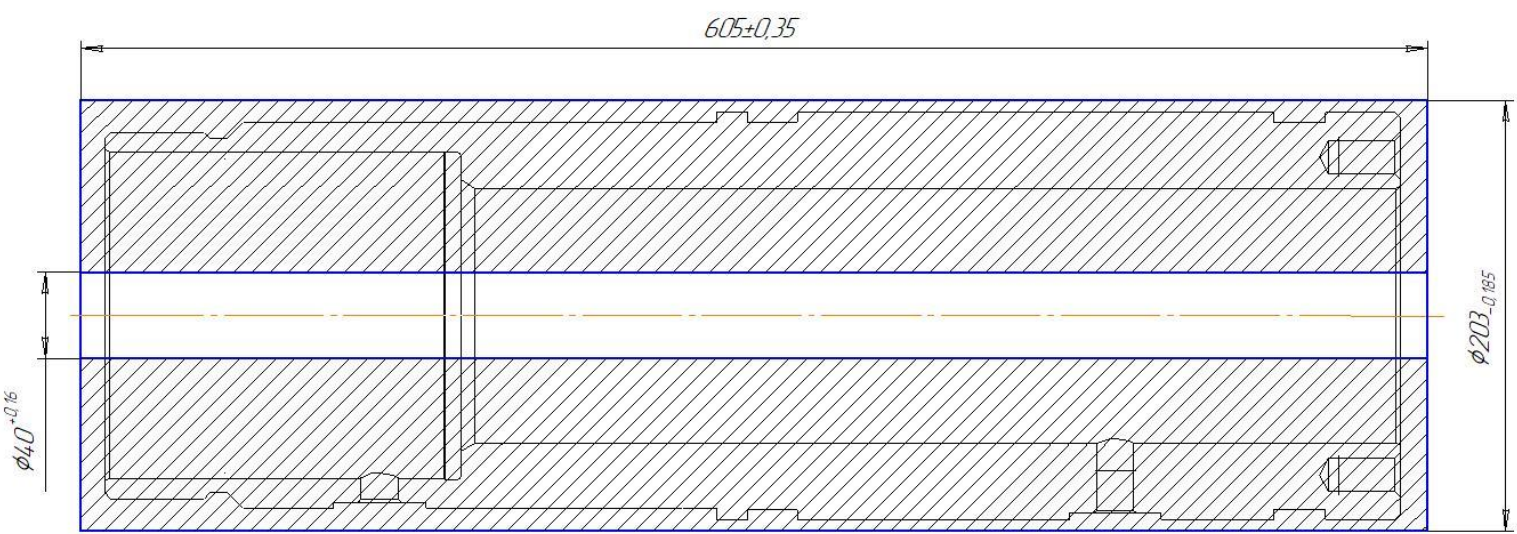
Листів у базисі

Листів у базисі



08-26.МКР.003.00.003

$\sqrt{Ra12.5}$



Инд. № лист	Лист и дата	Взам. инд. №	Инд. № докум.	Лист и дата	Справ. №	Перв. примен.
-------------	-------------	--------------	---------------	-------------	----------	---------------

				08-26.МКР.003.00.003			
Изм.	Лист	№ док.и.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Ильченко					90	12
Проб.	Сердюк				Лист	Листов	
Т.контр.							
И.контр.	Сердюк				ВНТУ		
Утв.	Козлов Л.Г.				гр. ПМ-21М		
					Формат А3		

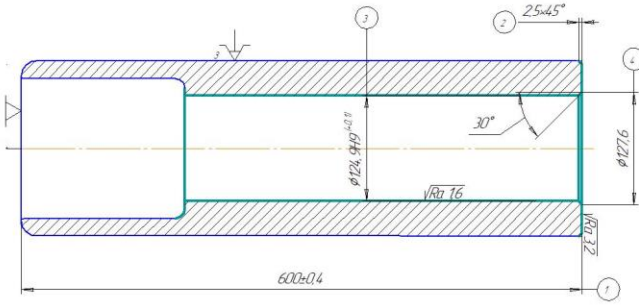
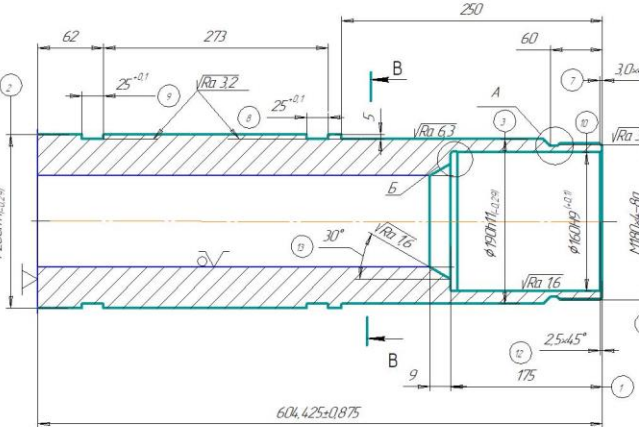
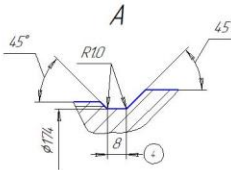
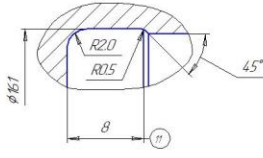

08-26.МКР.003.00.003

Вал А54
(прокат)

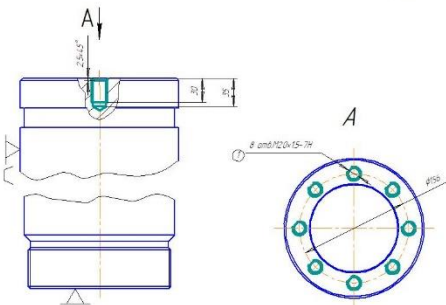
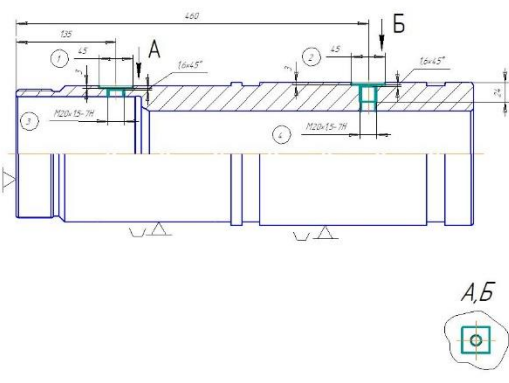
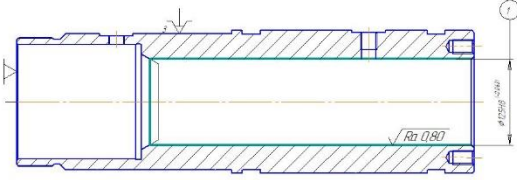
Труба 203×40 ГОСТ 8732-78
В45 ГОСТ 8731-74

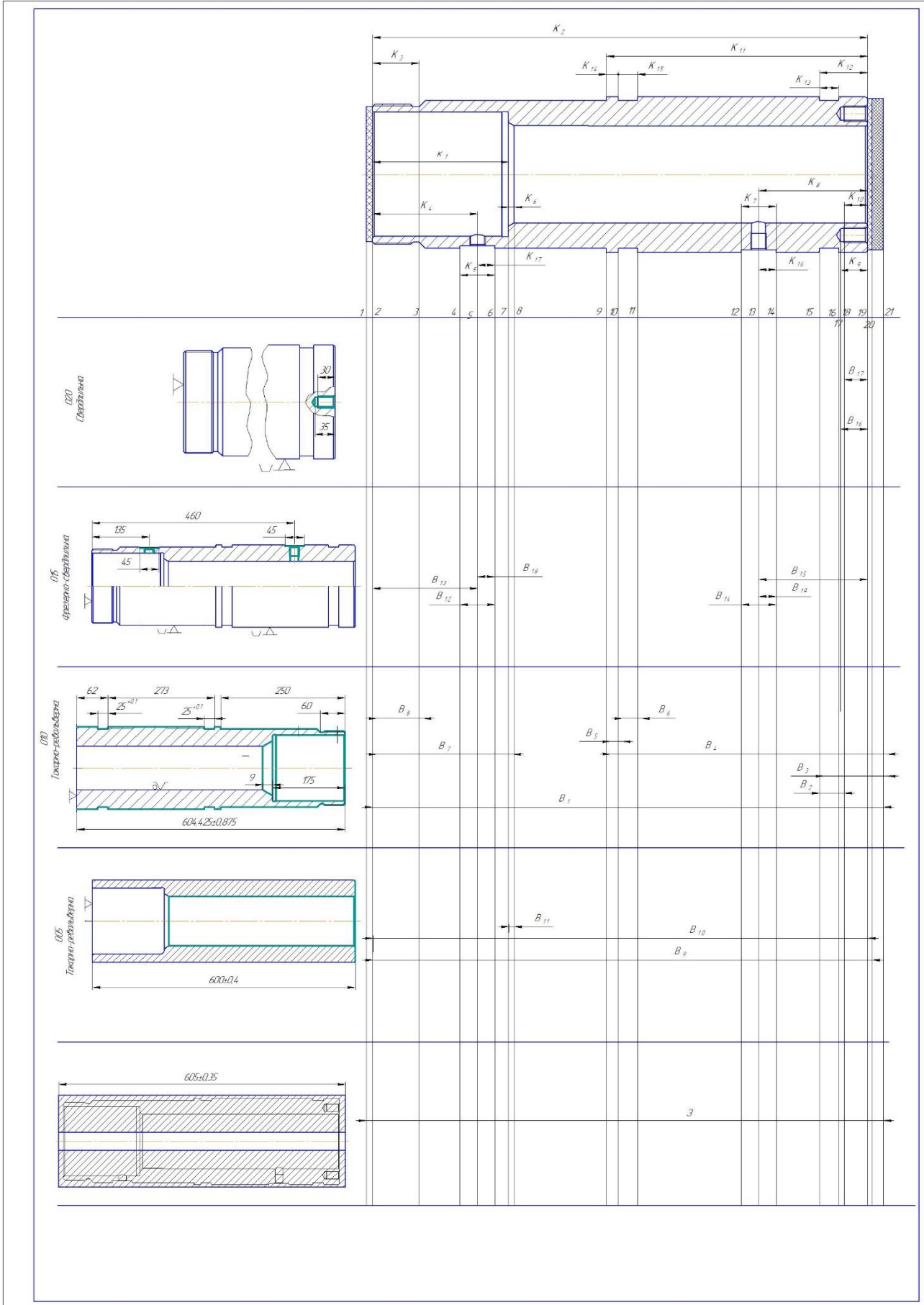
Копирова

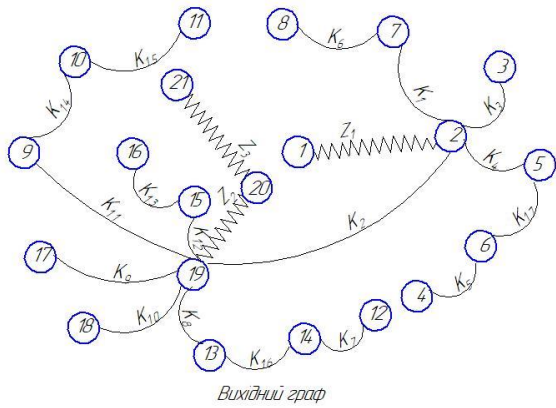
Маршрут механічної обробки

№ операції	Операція, установ	Схема установки, обробки	Обладнання
005	<p style="text-align: center;">Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Підрізати торець 1 в розмір $60 \pm 0,1675 \pm 0,0875$ попередньо. 3. Підрізати торець 1 в розмір відповідно ескізу остаточно. 4. Точити фаску 2 відповідно ескізу. 5. Розточити отвір 3 в розмір $\phi 124,75 \pm 0,01$ попередньо. 6. Розточити отвір 3 в розмір відповідно ескізу остаточно. 7. Розточити фаску 4 відповідно ескізу. 8. Зняти деталь. 	<div style="text-align: right;">$\sqrt{Ra} 6,3 (\sqrt{I})$</div>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Невказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Токарно – револьверний верстат з ЧПК 1E365ПФ3</p>
010	<p style="text-align: center;">Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Підрізати торець 1 в розмір відповідно ескізу. 3. Точити поверхню 2 в розмір відповідно ескізу, точити поверхню 3 в розмір відповідно ескізу, точити канавку 4 відповідно ескізу, точити поверхню 6 в розмір $\phi 180 \text{H}9^{-0,01}$. 4. Нарізати різь 6 в розмір M180×4–8g. 5. Точити фаску 7 відповідно ескізу. 6. Точити канавку 8, 9 по черзі відповідно ескізу. 7. Розточити отвір 10 в розмір $\phi 157 \text{H}11^{-0,25}$ попередньо. 8. Розточити отвір 10 в розмір $\phi 159 \text{H}10^{-0,16}$ попередньо. 9. Розточити отвір 10 в розмір відповідно ескізу остаточно. 10. Розточити канавку 11 відповідно ескізу. 11. Розточити фаску 12 відповідно ескізу. 12. Розточити фаску 13 відповідно ескізу. 13. Зняти деталь. 	<div style="text-align: right;">$\sqrt{Ra} 12,5 (\sqrt{I})$</div>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>A</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>B</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>B-B</p>  </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Невказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Токарно – револьверний верстат з ЧПК 1E365ПФ3</p>

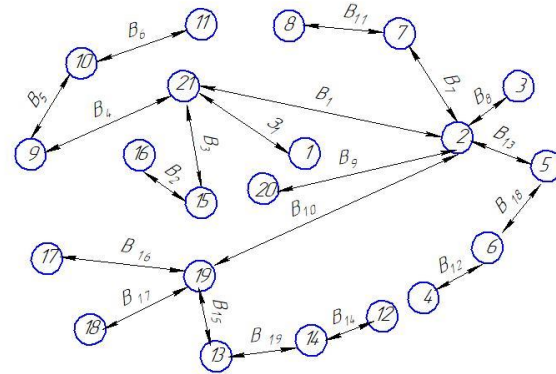
Маршрут механічної обробки (продовження)

№ операції	Операція, установа	Схема установки, обробки	Обладнання
015	<p style="text-align: center;"><u>Свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Центрувати в отворі 1 на глибину 2 мм відповідно ескізу почергова. 3. Свердлити в отворі 1 в розмір $\phi 18,5$ відповідно ескізу почергова. 4. Нарізати різьбу в 8 отворах 1 відповідно ескізу почергова. 5. Свердлити фаску в 8 отворах 1 відповідно ескізу почергова. 6. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\sqrt{1})}$</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Неказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p style="text-align: center;">Вертикальний радіально- свердильний верстат 2М53</p>
020	<p style="text-align: center;"><u>Фрезерно-свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати пази 1, 2 відповідно ескізу почергова. 3. Центрувати отвори 3, 4 на глибину 4 мм почергова. 4. Свердлити отвори 3, 4 в розмір $\phi 18,5$ наскрізно почергова. 5. Нарізати різьбу в отворі 3 відповідно ескізу. 6. Нарізати різьбу в отворі 4 відповідно ескізу. 7. Свердлити фаску в отворах 3, 4 відповідно ескізу почергова. 8. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\sqrt{1})}$</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Неказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p style="text-align: center;">Вертикальний фрезерний з ЧПК 2254ВМФ4</p>
025	<p style="text-align: center;"><u>Шліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 відповідно ескізу. 3. Зняти деталь. 	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 0,80}$</p>	<p style="text-align: center;">Внутрішня- шліфувальний верстат ЗК227Б</p>

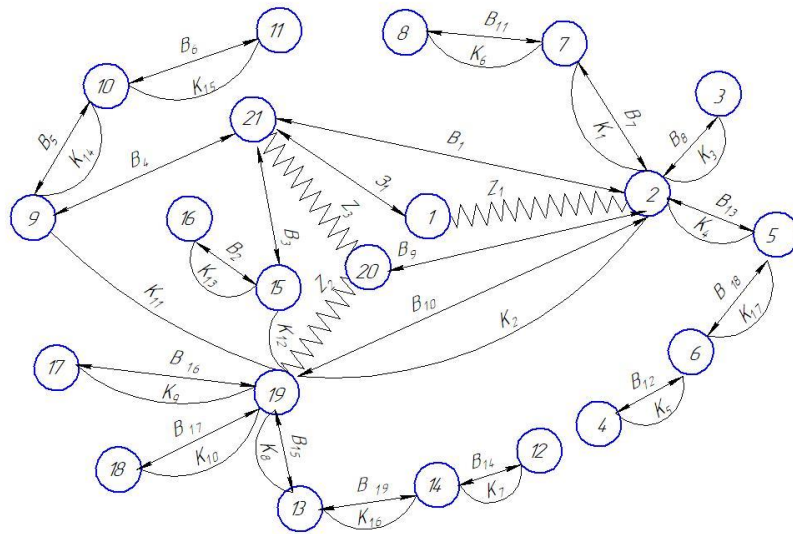




Вихідний граф

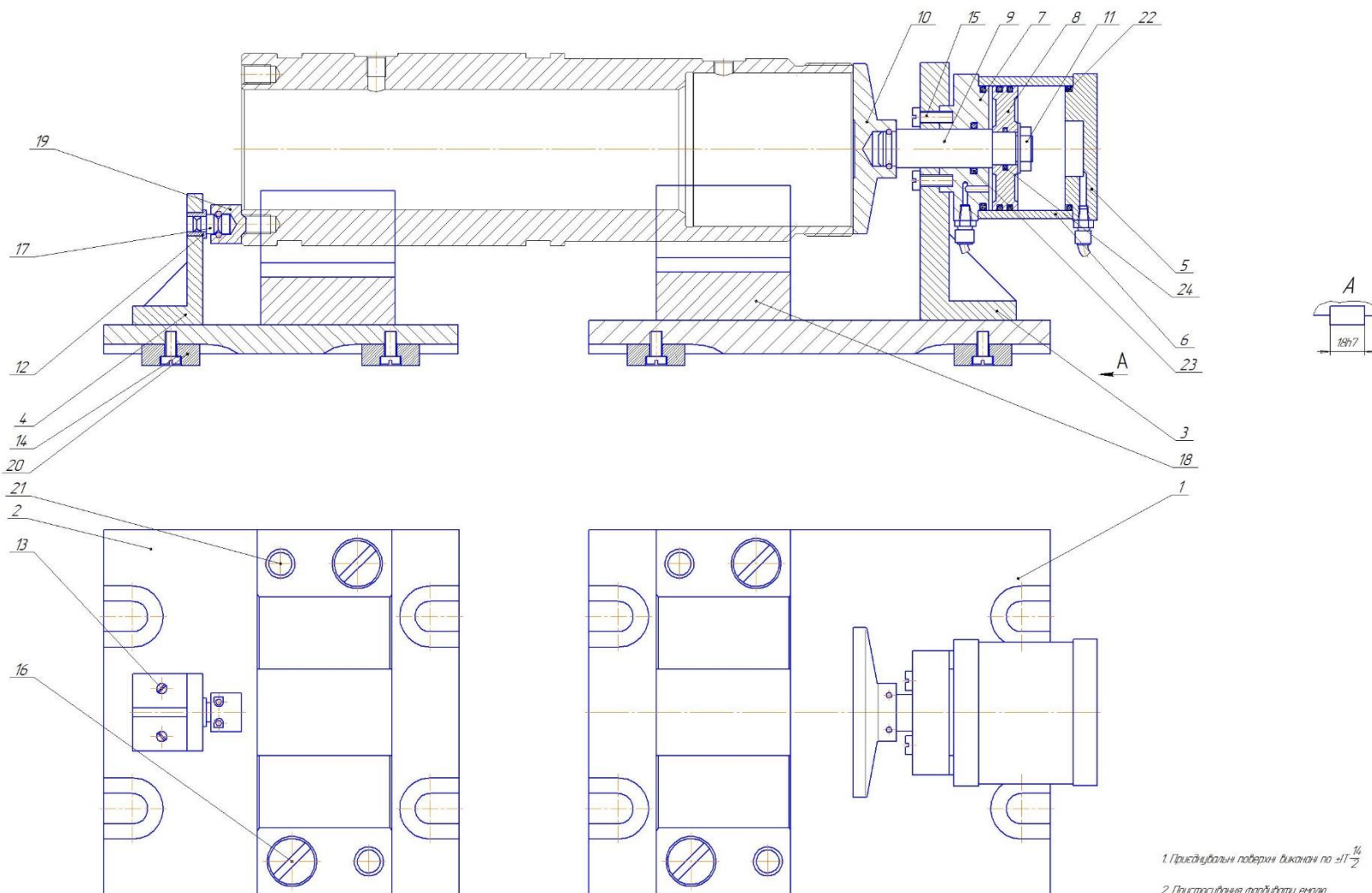


Похідний граф



Суміщене граф-дерево

08-26.МКР.003.00.006

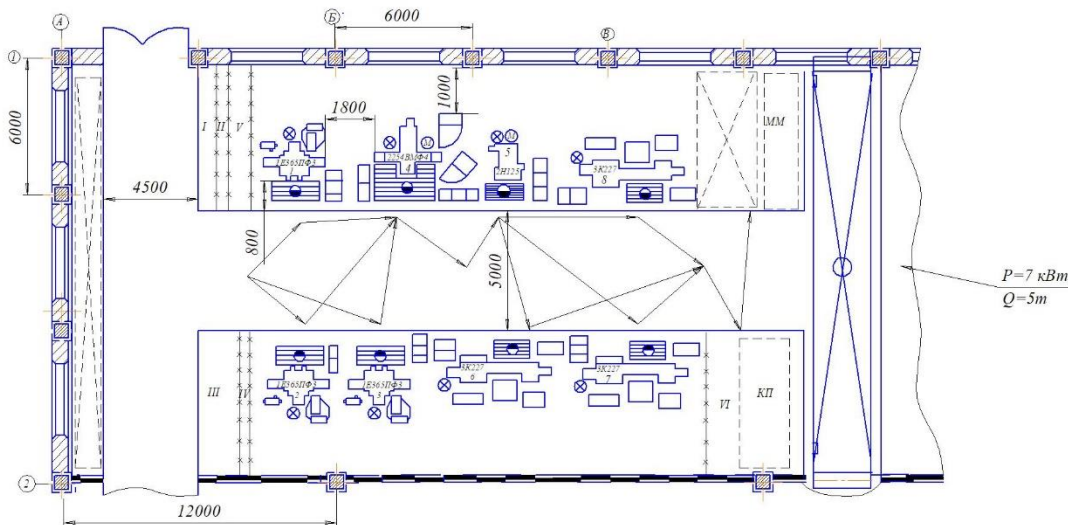


1. Приєднальні поверхні виконані по $\pm IT_7$
2. Пристосування фартуєвати енгало
3. Капір віднобно стандарту
4. Тиск в системі 0.63 МПа
5. Точність позиціонування 0.1 мм

08-26.МКР.003.00.006
 08-26.МКР.003.00.006
 08-26.МКР.003.00.006
 08-26.МКР.003.00.006

08-26.МКР.003.00.006				Лист	Масштаб
Верстатне пристосування				Лист	Листів
ВНТЧ				Формат А1	
гр. 1П-21					

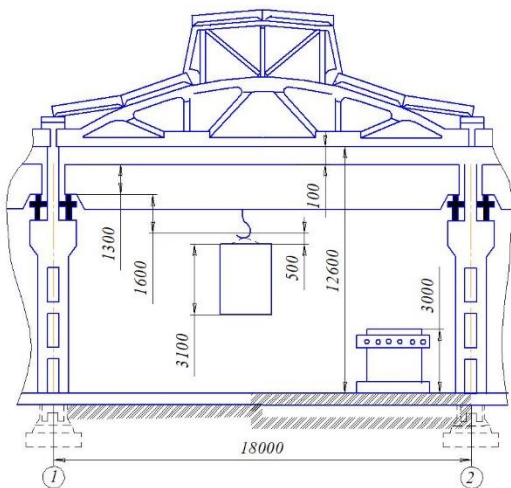
08-26.МКР.003.00.007.3В



п. %	94.17	68.32		80.79
Модель верстаку	1Е365ПФ 3	2254ВМФ 4	2М53	3К227Б
Операції	Точарний з ЧПК	Фрезерний з ЧПК	Вертикально-свердильний	шліфувальний

Графік завантаження обладнання

- I- інструментально-роздавальний склад ріжучого і допоміжного інструменту
 - II - допоміжний склад пристосувань
 - III - відділення для приготування та роздачі ЗОР
 - IV - інструментально-роздавальний склад вимірювального інструменту
 - V-склад інструментального оснащення
 - VI - відділення по переробці стружки
1. На ділянці проводиться обов'язкове прибирання стружки в кінці зміни.
2. Не загромождувати проходи, проїзди, підходи до первинних засобів пожежогашіння.
3. Наявність на підлозі мастила і емульсії не допускається.
- 4 Площа ділянки:
загальна - 1170 м; виробнича - 720 м.
- 5 Кількість працюючих:
основних робітників - 8 чел;
загальна - 13 чел.



п. %	94.17	85.28		92.6
T, хв	76.78	78.4		89.92
Модель верстаку	1Е365ПФ 3	2254ВМФ 4	2М53	3К227Б
Операції	Точарний з ЧПК	Фрезерний з ЧПК	Вертикально-свердильний	шліфувальний

Графік використання обладнання за основним часом

				08-26.МКР.003.00.007.3В		
Ім'я	Вік	М. народ.	Ліній.	Ліній.	Ліній.	Ліній.
Розроб.	Вір.	Вір.	Вір.	Вір.	Вір.	Вір.
Проф.	Серед.	Серед.	Серед.	Серед.	Серед.	Серед.
Габарити						
Масштаб	Серед.					
Вид	Кресло	ЛГ				
				Планівка ділянки		
				Лист	Листів	1/100
				ВНТЧ		
				дд. 11.11.21		
				Формат А1		

Додаток В
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1				Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
A2	1		08-26.МКР.003.06.001	Опорна пластина	1	
A3	2		08-26.МКР.003.06.002	Опорна пластина	1	
A4	3		08-26.МКР.003.06.003	Кронштейн	1	
A3	4		08-26.МКР.003.06.004	Кронштейн	1	
A4	5		08-26.МКР.003.06.005	Кришка	1	
A3	6		08-26.МКР.003.06.006	Гільза	1	
A4	7		08-26.МКР.003.06.007	Кришка	1	
A4	8		08-26.МКР.003.06.008	Поршень	1	
A4	9		08-26.МКР.003.06.009	Шток	1	
A4	10		08-26.МКР.003.06.010	Пята	1	
A4	11		08-26.МКР.003.06.011	Гайка	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
		12		Втулка 7030-0124		
				ГОСТ 12214-66	1	
				Гвинти по ГОСТ 1491-80		
		13		M6 x 10	2	
		14		M6 x 12	4	
		15		M6 x 14	2	
		16		M16 x 30	4	
08-26.МКР.003.06.000 СП						
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Ильченко В.				
Проб.		Сердюк				
Н.контр.		Сердюк				
Утв.		Козлов ЛГ.				
Пристосування верстатне				Лист.	Лист	Листов
					1	2
ВНТУ гр. 1ПМ-21м						
Копіював				Формат А4		

Додаток Г
(обов'язковий)

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ