

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))

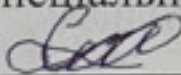
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

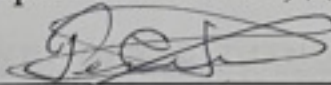
«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу “Барабан млина 80-012”»

08-64.МКР.019.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, гр. 1ПМ-22м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

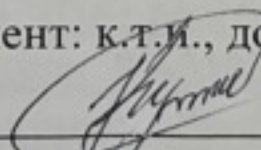
 Семенюк Ю. А.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Репінський С. В.

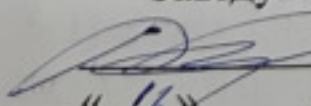
« 5 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В. П.

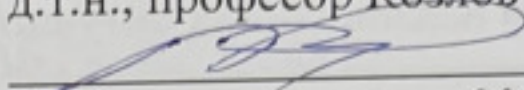
« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л. Г.

« 16 » 12 2023 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., професор Козлов Л. Г.

« 16 » жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Семенюку Юрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»

керівник роботи Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 18 » вересня 2023 року № 274.

2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Барабан млина 80-012»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 8 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»; проектування верстатного пристосування для багатоцільового верстата з ЧПК; розрахунок дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Барабан млина 80-012» (A2); тривимірна модель деталі «Барабан млина» (A2); Барабан млина (виливки) (A2); маршрут механічної обробки (2A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (A2); застосування математичного планування експерименту для дослідження точності обробки при точінні (3A1); пристосування верстатне (A1); 3D-модель верстатного пристосування (A1); план дільниці механічної обробки (A1); техніко-економічні показники (A1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання пр
Спеціальна частина	Репінський С. В., доцент кафедри ТАМ	 16.10.23	 6.12.23
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 24.10.23	 30.11.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	 24.10.23	 30.11.23

7. Дата видачі завдання « 16 » жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примі
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 24.10.23	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 27.10.23	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 1.11.23	
4	Розв'язання поставлених задач	до 21.11.23	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 6.12.23	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 30.11.23	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 30.11.23	
8	Попередній захист МКР	5.12.23	
9	Перевірка роботи на плагіат	12.12.23	
10	Нормоконтроль МКР	13.12.23	
11	Опонування МКР	15.12.23	
12	Захист МКР	18.12.23	

Студент

(підпис)

Семенюк Ю. А.

Керівник роботи

(підпис)

Репінський С. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Семенюк Ю. А. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2023. 144 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 27 назв; рис.: 26; табл. 46.

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012». У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Барабан млина 80-012» з використанням верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу; визначено режими різання та норми часу; застосовано математичне планування експерименту для дослідження процесу зовнішнього точіння заготовки деталі «Барабан млина 80-012»; спроектовано верстатне пристосування; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, дільниця механічної обробки.

ABSTRACT

Semeniuk Yu. A. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Mill drum 80-012» type part. Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2023. 144 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 27 titles; fig.: 26; tabl. 46.

In the master's qualification work, the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type "Mill drum 80-012" was improved. In the general part of the work, an overview of the manufacturing technologies of the "Hull" type part was carried out, the justified feasibility of improving the existing technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Mill drum 80-012» type part was substantiated.

In the technological part, the variant selection and technical and economic justification of the method of manufacturing the workpiece are performed; options for the route of mechanical processing of the «Mill drum 80-012» type part using CNC machines were developed and the best one was selected based on the minimum costs; dimensional and accurate modeling of the improved technological process was carried out; cutting modes and time standards are defined; mathematical planning of the experiment was applied to study the process of external turning of the workpiece part «Mill drum 80-012»; the machine tool is designed; the given program, the number of equipment and employees are calculated; improved mechanical processing department.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of mechanical processing of the workpiece, the payback period and the economic effect obtained as a result of the improvement of the technological process and the mechanical processing section are calculated. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, part, mechanical processing section.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	10
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	10
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	11
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «БАРАБАН МЛИНА 80-012»	16
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	16
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	20
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	25
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	35
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	36
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	38
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	44
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	45
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	50
2.10 Призначення режимів різання	56
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	67
2.12 Визначення технічних норм часу	68
2.13 Застосування математичного планування експерименту для дослідження точності обробки при точінні	72
3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК	78
3.1 Вихідні дані для проектування пристосування	78

	6
3.2 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки	80
3.3 Розрахунок зусилля закріплення	86
3.4 Розрахунок деталей пристосування на міцність	93
3.5 Опис роботи пристосування	94
4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «БАРАБАН МЛИНА 80-012»	96
4.1 Розрахунок приведеної програми	96
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	98
4.3 Розрахунок кількості працівників на дільниці	103
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «БАРАБАН МЛИНА 80-012»	106
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	106
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»	113
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	119
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	123
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	124
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	124
5.7 Висновки	127
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	128
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	128
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	131
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів НС	136
ВИСНОВКИ	140
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	142
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	145
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	146

ВСТУП

Актуальність. Впровадження новітніх технологічних методів у виробництво займає провідне місце в науково-технічному прогресі машинобудування. Якість, надійність, довговічність і економічність експлуатації залежать не лише від удосконалення конструкцій, але й від технологічних процесів виготовлення. Застосування передових та високопродуктивних методів обробки забезпечує високу точність та якість поверхонь деталей машин, а також ефективні методи створення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталей і машин в цілому. Ефективне використання автоматизованих ліній, верстатів з числовим програмним керуванням, персональних комп'ютерів та застосування передових методів організації і економіки технологічних процесів спрямовані на вирішення ключових завдань: підвищення ефективності промисловості та підвищення якості продукції, із одночасним зменшенням витрат при цьому.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленого технологічного процесу;
- застосування математичного планування експерименту для дослідження точності обробки при точінні;
- проектування верстатного пристосування;

- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;
- проведення економічних розрахунків по впровадженню запропонованих у роботі рішень;
- виконання розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання.

Наукова новизна одержаних результатів. За допомогою математичного планування експерименту, проведеного за програмою повного трифакторного планування другого порядку, отримала подальший розвиток математична модель залежності зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру заготовки d) від факторів процесу різання, а саме подачі S , глибини різання t та головного кута різця в плані φ при зовнішньому точінні заготовки деталі «Барабан млина 80-012».

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012». Запропоновані рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в оболонкові форми, оскільки вартість заготовки складає 361,13 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 398 грн.
- удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» з використанням верстатів з ЧПК;

- проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру заготовки d) від таких параметрів, як подача S , глибина різання t і головний кут різця в плані φ . Отримане рівняння математичної моделі адекватне, тому його можна використовувати як інтерполяційну формулу для обчислення величини y ;

- спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 020 операції на багатоцільовому верстаті з ЧПК моделі ЛФ260МФ3, що оснащений ділильною головкою;

- спроектовано діляницю механічної обробки деталі типу «Барабан млина 80-012».

Апробація результатів роботи. Прийнято участь у III-ій Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023», Вінниця, 01-03 червня 2023 р. У співавторстві опубліковано тезу доповіді [1].

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення, технічні умови на виготовлення

Деталь «Барaban млина 80-012» (рис. 1.1) є складовою деталлю вузлів шлюзових затворів. Шлюзовий затвор призначений для передачі сипучих матеріалів з бункера в транспортер.

Службове призначення деталі «Барaban млина 80-012» полягає в забезпеченні необхідної точності розташування приєднувальних деталей як в статиці, так і в процесі роботи. Крім того «Барaban млина 80-012» виконує роль розподільника сипучих матеріалів та їх переміщення.

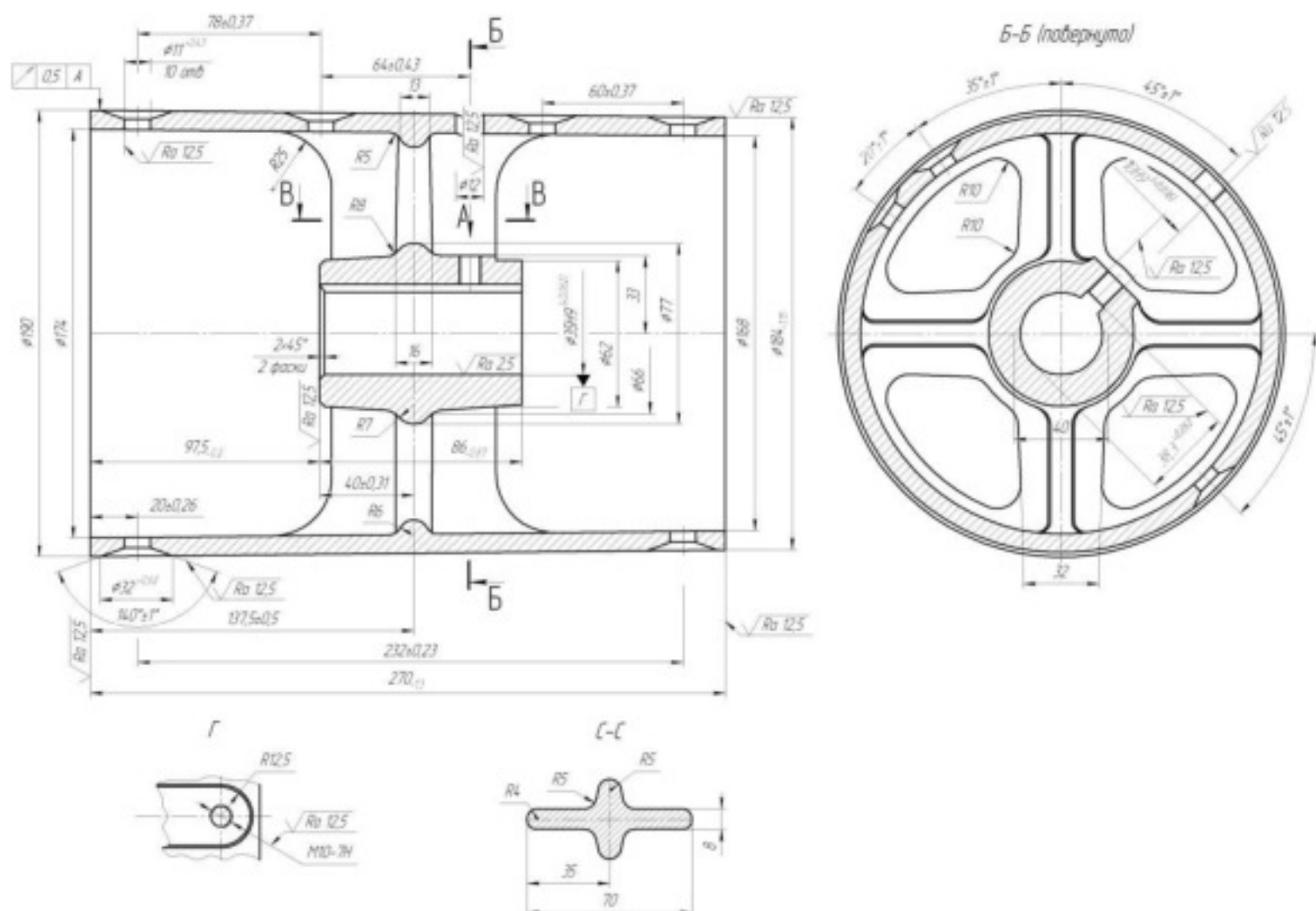


Рисунок 1.1 – Деталь «Барaban млина 80-012»

Основні технічні вимоги, які пред'являються до деталі «Барaban млина 80-012»:

- забезпечити герметичність в посадочних місцях;

- забезпечити жорсткість і надійність роботи вузла;
- забезпечити необхідну точність розташування основних базових поверхонь;
- радіальне биття зовнішнього діаметра деталі «Барабан млина 80-012» відносно базового отвору А не більше 0,5 мм.

Деталь середніх розмірів $L = 270$ мм, $d = 190$ мм. Форма деталі має середню складність конструкції.

Матеріал деталі: СЧ 15 ГОСТ 1412-85 має добрі властивості обробки різанням, добрі ливарні властивості, що дає змогу виготовляти заготовку методом лиття.

Маса деталі $m=15$ кг.

Деталь «Барабан млина 80-012» є тілом обертання з внутрішнім отвором для посадки його на вал. Отвір $\varnothing 39H9$ є основною конструкторською базою і відповідно до нього ставляться самі високі вимоги по точності обробки. Допоміжні конструкторські бази – це торцеві поверхні та зовнішній діаметр. До них вимоги ставляться значно нижчі.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»

Деталь «Барабан млина 80-012» належить до класу корпусних деталей. Матеріал деталі СЧ15 ГОСТ 1412-85. Тип виробництва – середньосерійний.

Для обробки деталей даного класу розроблені сучасні типові маршрутні технології [2-8]. Тому при розробці маршруту механічної обробки доцільно користуватися типовими ТП обробки подібних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

Найбільш сучасними способами виготовлення заготовок є лиття в оболонкові форми, відцентрове лиття та лиття за виплавними моделями, які дають можливість зменшити припуски і знизити трудоемкість обробки. Якість поверхонь і точність заготовок значно вище ніж в заготовках, які виготовлені

способом лиття в піщано-глинисті форми.

Для одночасної обробки отворів 4 отв. $\varnothing 9$ в сучасній технології широко застосовуються багатошпindelні свердлильні головки. При цьому скорочується основний час в декілька разів і підвищується точність розташування отворів.

Для обробки різних поверхонь застосовують багатоцільові верстати з поворотним столом. З одного установа можливо обробити декілька поверхонь з багатьма переходами.

Типовий технологічний процес виготовлення деталей типу «Корпус» показаний в таблиці 1.1.

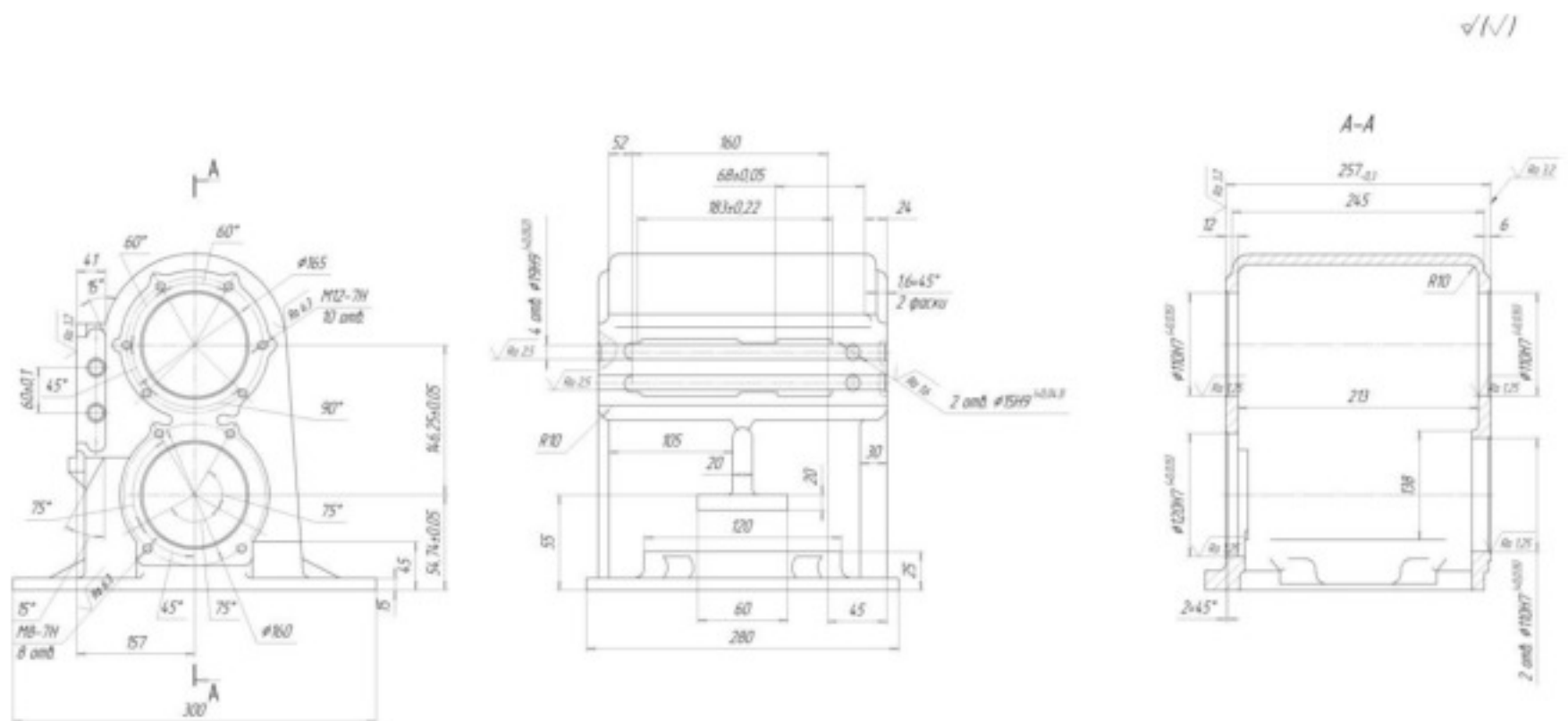


Рисунок 1.2 – Корпус коробки подач

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес виготовлення деталей типу «Корпус»

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
1	2	3
005	Фрезерна Фрезерувати ліву бічну площину попередньо і остаточно. Свердли, зенкерувати і розвернути 2 отвори $\varnothing 15H9$, свердли 6 отворів $\varnothing 14,5$ мм.	Вертикально-фрезерний з ЧПК та інструментальним магазином ГФ2171

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
010	<p style="text-align: center;">Комбінована</p> <p>Фрезерувати передню площину остаточно, розточити отвір Ø110H7 і Ø120H7 остаточно, свердлити і нарізати різьбу M12-7H у десяти отворах остаточно. Фрезерувати уступ на лівій бічній площині остаточно, свердлити і нарізати різьбу M8-H7 у восьми отворах остаточно, свердлити, зенкерувати і розвернути 2 отвори Ø15H9 остаточно. Фрезерувати задню площину остаточно, розточити отвори Ø100H7 і Ø110H7 остаточно. Свердлити і нарізати різьбу M8-7H у восьми отворах остаточно, свердлити, зенкерувати і розвернути чотири отвори Ø19H9 остаточно</p>	<p style="text-align: center;">Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином IP500MФ4 або 69Б04ПМФ2</p>
015	Притупити гострі кромки	Верстат
020	Нанесення антикорозійного покриття	

В серійному виробництві широко застосовуються верстати з ЧПК, які збільшують продуктивність, якість і покращують умови праці.

При розробці ТП необхідно застосовувати нові досягнення науки і технології і передові методи праці. Нові технології направлені на зменшення металоємкості виробів, збільшення надійності і точності обробки.

Виробництво деталі «Барабан млина 80-012» є середньосерійним. Тому доцільно застосувати для механічної обробки принцип концентрації операцій і використати для його реалізації верстати з числовим програмним керуванням. Це дасть змогу зменшити кількість переустановок деталі в процесі обробки, кількість верстатів, працюючих, підвищити точність обробки та продуктивність праці і знизити собівартість продукції.

Річна програма випуску $N_p = 8000$ шт./рік, маса деталі $m = 15$ кг, виробництво деталей середньосерійне.

Базовий технологічний процес представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Базовий маршрут механічної обробки деталі типу «Барабан млина 80-012»

№ операції	Операції і переходи	Тип обладнання, верстат
1	2	3
005	Токарна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити торець деталі. 3. Точити торець бобишки. 4. Розточити внутрішній отвір попередньо. 5. Зняти деталь	Токарний універсальний верстат 16К20
010	Токарна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити торець. 3. Точити зовнішню діаметральну поверхню. 4. Точити торець бобишки. 5. Точити фаску. 6. Зняти деталь.	Токарний універсальний верстат 16К20
015	Токарна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Розточити внутрішній отвір остаточно. 3. Точити фаску. 4. Зняти деталь.	Токарний універсальний верстат 16К20
020	Вертикально-свердлильна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Свердлити отвори на зовнішній поверхні. 3. Зняти деталь.	Вертикально-свердлильний верстат
025	Вертикально-свердлильна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Свердлити отвори на зовнішній поверхні. 3. Зняти деталь.	Вертикально-свердлильний верстат
030	Вертикально-свердлильна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Свердлити отвір на зовнішній поверхні. 3. Зняти деталь.	Вертикально-свердлильний верстат
035	Вертикально-свердлильна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Свердлити отвір на зовнішній поверхні. 3. Зняти деталь.	Вертикально-свердлильний верстат
040	Вертикально-свердлильна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Нарізати різь в отворі на зовнішній поверхні. 3. Зняти деталь.	Вертикально-свердлильний верстат

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
045	Протягувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Протягнути паз. 3. Зняти деталь.	Протягувальний верстат

В базовому варіанті застосовані універсальні верстати 16К20 на операціях 005-015, універсальний радіально-свердлильний верстат 2М55 на операціях 020-025, універсальний вертикально-свердлильний верстат 2Н135 на операціях 030-040 та протягувальний верстат 7Б55 на операції 045. Обробка отворів проводиться в кондукторах з пневмозажимом.

В якості пристосувань використовується 3-х кулачковий патрон, кондукторні пристосування та планшайба зі спеціальним затискним пристроєм.

Недоліком такого технологічного процесу є велика кількість операцій, універсальне обладнання, яке вимагає значної кількості ручної праці і не дозволяє працювати в автоматизованому режимі, використовувати багатOVERстатне обслуговування.

Такий технологічний процес вимагає великої кількості переустановки деталі з одного верстата на інший. Це призводить до зниження точності обробки, збільшення штучно-калькуляційного часу, а значить і зниження продуктивності праці. В загальному це збільшує собівартість механічної обробки, а значить і виробу «Барабан млина 80-012».

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «БАРАБАН МЛИНА 80-012»

2.1 Аналіз технологічності деталі

На основі робочого креслення деталі виконується аналіз технологічності конструкції деталі – якісний та кількісний.

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Барабан млина 80-012» є складовою деталлю вузлів шлюзових затворів. Шлюзовий затвор призначений для передачі сипучих матеріалів з бункера в транспортер.

Деталь середніх розмірів $L=270$ мм, $d=190$ мм. Форма деталі має середню складність конструкції.

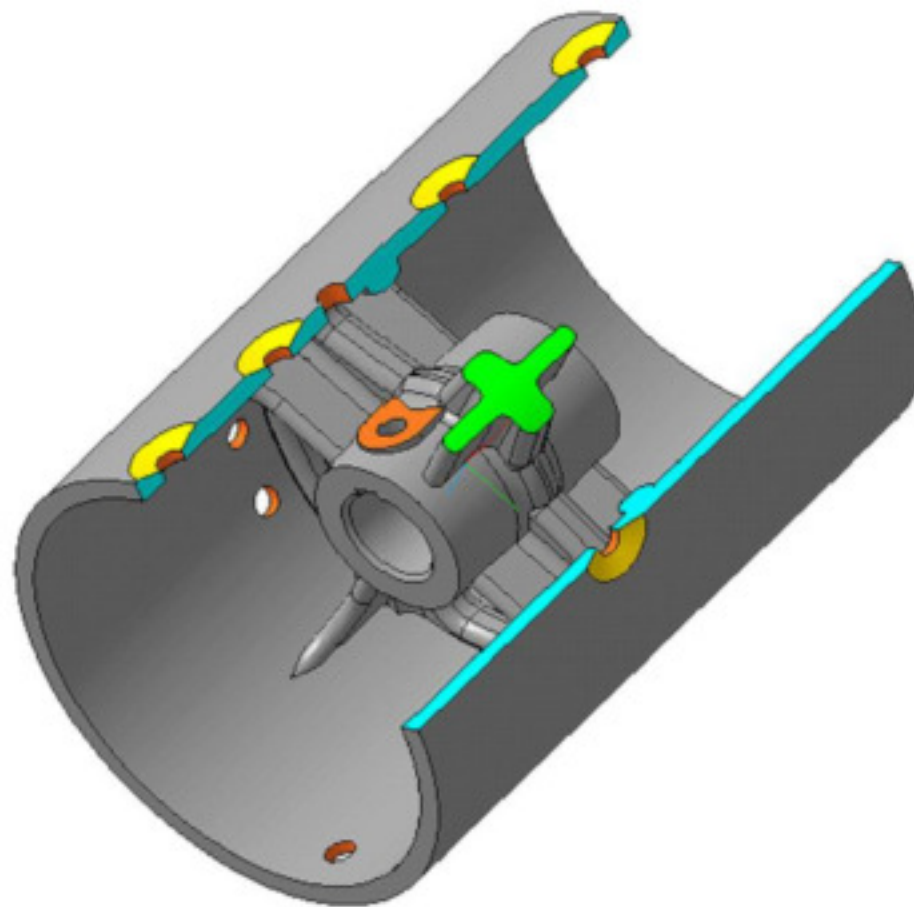


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Барабан млина 80-012»

Матеріал деталі: СЧ 15 ГОСТ 1412-85 має добрі властивості обробки різанням, добрі ливарні властивості, що дає змогу виготовляти заготовку методом лиття.

Маса деталі $m=15$ кг.

Деталь «Барабан млина 80-012» є тілом обертання з внутрішнім отвором для посадки його на вал. Отвір $\varnothing 39H9$ є основною конструкторською базою і відповідно до нього ставляться самі високі вимоги по точності обробки. Допоміжні конструкторські бази – це торцеві поверхні та зовнішній діаметр. До них вимоги ставляться значно нижчі.

Матеріал деталі відповідає вимогам за службовим призначенням, тому заміна матеріалу є недоцільна, СЧ12 має добрі ливарні властивості (див. табл. 2.1 та 2.2). Заготовку можна отримувати литтям. Виробництво середньосерійне і доцільним є застосування верстатів, що дозволяють ввести елементи автоматизації в даних умовах, тобто верстати з ЧПК.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сірого чавуну в %

Марка чавуну	C	Si	Mn	Cr	Не більше	
					P	S
СЧ12	3,1-3,4	1,2-1,5	0,6-0,9	–	0,3	0,12

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сірого чавуну

Марка чавуну	Границя міцності при розтягу, $\sigma_{вр}$, МПа не менше	Границя міцності при згині $\sigma_{нви}$, МПа не менше	Твердість за Брінеллем НВ, МПа не більше	Стріла прогину мм, при розтягу між опорами 300 мм
СЧ12	280	480	170-241	3

Виливок досить простий по конфігурації, але вимагає використання стержневої формовки для утворення внутрішніх порожнин.

При обробці є можливість забезпечити суміщення вимірювальних і технологічних баз, використавши в якості технологічної бази поверхню А, хоча це дещо ускладнюється тим, що поверхня є конусоподібною.

2.1.2 Кількісний аналіз [5, 9]

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye}/Q_e, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, Q_e – загальна кількість елементів. Всі елементи наведені в таблицях 2.3, 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.3 – Лінійні розміри

Лінійний розмір	78	Ø11 (10отв)		108,5	60	Ø12	262	33	97, 5	86	40	20	190	174	168	
Уніфікований розмір	-	+		-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Лінійний розмір	184	32	137,5	270	13	5	8	16	66	7	6	77	12	5	4	
Уніфікований розмір	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	
Лінійний розмір	5	5	35	70	8	10	10	40	32	Ø35		10	38,3			
Уніфікований розмір	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+		-			
Кількість лінійних розмірів 51							Кількість уніфікованих розмірів 34									

Таблиця 2.4 – Кутові розміри

Кутовий розмір	20	35	45	45	140
Уніфікований розмір	+	+	+	+	-
Кількість кутових розмірів 5			Кількість уніфікованих розмірів 4		

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Ш	Ш _y
P_x	$P_{x,y}$	P	P_y		
51	34	5	4	12	12
$Q_{ye}=50$ $Q_e=68$				$K_y = \frac{50}{68} = 0.735$	

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K = 1 - \frac{1}{T_{\varphi}}, \quad (2.2)$$

де T_{φ} – середній квалітет точності

$$T_{\varphi} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі, n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітету.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
9	2	2·9=18
12	1	1·12=12
14	34	14·34=476
16	19	19·16=304
Всього	56	810

$$T_{\varphi} = \frac{810}{56} = 14.46 ; \quad K_T = 1 - \frac{1}{14.46} = 0.93 .$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_w = \frac{1}{Ш_{\varphi}}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{\varphi}$ – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{\varphi} = \frac{\sum Ш_k \cdot n_k}{\sum n_k} \text{ [МКМ]}, \quad (2.5)$$

де $Ш_k$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_k – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Таблиця 2.7 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
2,5	1	$2,5 \cdot 1 = 2,5$
12,5	11	$12,5 \cdot 11 = 137,5$
$Ш_{\varphi} = \frac{140}{12} = 11,67$ $K_T = \frac{1}{11,67} = 0,086$		140

Отже, виконуються умови:

$$K_y > 0,6, \quad K_T > 0,8, \quad K_m < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Отже, деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [9]:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.6)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Барабан млина 80-012» і занесені до таблиці 2.8 (чорнове точіння поверхні, свердління отворів; чорнове та чистове розточування отвору та підрізання торцю).

Таблиця 2.8 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{осн}$, хв	Φ_k	$T_{шт.к.}$, хв	C_p	P	$\Pi_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	Чорнове точіння поверхні	$0,1dl$	$D=184;$ $l=270$	4,968	1,35	6,7	0,306	1	0,306	2,45	18,2
2	Свердління 10 отворів	$0,52Dl$	$D=11; L=8$	0,457	1,3	0,594	0,027	1	0,027	27,8	
3	Попереднє розточування отвору	$0,18dl$	$D=35; l=86$	0,541	1,35	0,73	0,025	1	0,024	30	
4	Остаточне розточування отвору	$0,2dl$	$D=35; l=86$	0,602	1,35	0,8127	0,028	1	0,028	26,8	
5	Підрізання торцю	$0,52(D^2 - d^2)$	$D=184;$ $d=168$	2,929	1,35	3,954	0,18	1	0,18	4,17	

Для записаних в таблиці 2.8 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, наприклад, для чорнового точіння він складає:

$$T_{осн} = 0,1 \cdot 184 \cdot 270 \cdot 0,001 = 4,968 \text{ (хв.)}$$

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Визначено штучно калькуляційний час $T_{шт.к.}$:

$$T_{шт.к.} = T_{осн} \cdot \Phi_k \text{ [хв.]}, \quad (2.7)$$

де Φ_k – коефіцієнт.

Для чорнового точіння штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.-к.}} = 4,968 \cdot 1,35 = 6,7 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно визначено штучно-калькуляційний час для інших переходів механічної обробки, результати занесені до таблиці 2.8.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{\text{шт.-к.}}}{60 F_d \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (2.8)$$

де $N = 8000$ шт. – річна програма випуску деталі «Барабан млина 80-012»;

$T_{\text{шт.-к.}}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год. при роботі в дві зміни);

$\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{\text{з.н.}} = 0,75$).

Кількість верстатів для чорнового точіння зовнішньої циліндричної поверхні:

$$C_{pi} = 8000 \cdot 6,7 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,306.$$

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

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.9)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Для механічного переходу – точіння зовнішньої поверхні достатньо одного верстату, який відповідно буде завантажений на 14,6%.

Встановлено кількість операцій, які виконуються на i -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.10)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

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

Кількість операцій, що виконуються на 1-му місці:

$$O_1 = 0,75/0,306 = 2,45.$$

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях

$$\sum O_i = 2,45+27,8+30+26,8+4,17 = 91,22.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$.

Встановлено коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$

$$K_{з.о.} = 91,22/5 = 18,2.$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – середньосерійний.

Визначення форми організації роботи [9]

Добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.11)$$

де 254 кількість робочих днів в року.

Добова продуктивність лінії:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{\text{шт-к.ср}}} \cdot \eta_{\gamma} \text{ [шт.]}, \quad (2.12)$$

де $T_{\text{шт-к.ср}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_{γ} – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{\text{шт-к.ср}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к.і}}}{\sum n_i} \text{ [хв.]}, \quad (2.13)$$

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт-к.ср}} = (6,7+0,594+0,73+0,8127+3,954)/5 = 2,558 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\delta} = \frac{952 \cdot 0,75}{2,558} = 279,1 \rightarrow 280 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{8000}{254} = 32 \text{ (шт.)}$$

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.14)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{8000 \cdot 6}{254} = 188,98 \rightarrow 189 \text{ (шт.)}$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях

$$C = \frac{T_{\text{max-ксп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{2,558 \cdot 189}{476 \cdot 0,75} = 1,35 \text{ (змін)}.$$

Кількість деталей в партії, які необхідні для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n_{\text{сп}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 2}{2,558} = 274 \text{ (шт.)}$$

Отже, тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 274 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки [10, 11]

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових

даних, робимо висновок, що заготовку потрібно одержати методом литтям, так як чавун СЧ-15 має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в облицьований кокіль, лиття в оболонкові форми.

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокіль на поверхні заготовки утворюється відбілений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми.

Розрахунок розмірів заготовки для обох способів її виготовлення [11, 12]

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність:

а) клас розмірної точності вилівка.

Тип сплаву – чорні, найбільший габаритний розмір в діапазоні „від 250 до 630”. Отже, клас розмірної точності вилівка знаходиться в межах 9-13 для першого способу лиття і в межах від 9т до 13 для лиття в оболонкові форми, відповідно приймаємо 12 та 11т клас розмірної точності.

б) ступінь жолоблення елементів вилівка.

Відношення мінімального розміру елемента вилівка до максимального: $8/270=0,0296$; вилівок виготовляється в разових формах, він нетермооброблюваний, отже, ступінь жолоблення в межах 6-9. Для дрібносерійного виробництва приймаємо 8;

в) ступінь точності поверхонь вилівка. Визначаємо по аналогії з класом розмірної точності вилівка. Отримана ступінь точності в межах від 13 до 19 для лиття в піщано-глинисті форми і від 9 до 15 для лиття в оболонкові форми. Відповідно приймаємо 17 та 13 ступінь точності поверхонь вилівка.

г) шорсткість поверхонь вилівка. Для ступіню точності вилівка 17 – 80 мкм, для ступеню точності вилівка 13 -шорсткість $Ra=32$ мкм;

д) клас точності маси вилівка. Маса даної деталі в межах до 10 кг. Отже, клас точності маси: 7-15 та 6-13 відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми, приймаємо 13 та 10 клас точності маси відповідно;

є) ряд припусків. В залежності від ступеня точності поверхні, маємо ряд припусків 8-11 та 5-8, приймаємо 10 та 6 ряд припусків відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми.

Вибір допусків заготовки

а) допуск розмірів визначаємо для кожного розміру, що буде вилитися, в залежності від класу точності;

б) форми чи розміщення поверхонь;

в) допуск маси. В залежності від номінальної маси (15 кг) і класу точності маси вилівка, приймаємо допуск маси 24% та 10% відповідно для першого та другого способів лиття;

г) допуск нерівностей. Для ступіню точності поверхонь вилівка 16 та 13, допуск нерівностей дорівнює 2 та 0,8 відповідно;

д) загальний допуск. Визначається для кожного розміру, що виливається з урахуванням допуску розміру від поверхні до бази і допуску форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків заготовки

а) мінімальний ливарний припуск на сторону. Для рядів припусків 10 та 6 дорівнює 1,6 та 0,6 відповідно;

б) Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі. Визначається співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка, за допомогою допуску розміру вилівка визначають кількість переходів;

в) Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності форми, розміщення поверхонь оброблюваної деталі.

Остаточна кількість переходів механічної обробки встановлюється за більшим значенням, які будуть отримані в двох попередніх пунктах.

г) загальний припуск на сторону. Визначається в залежності від загального допуску, від виду кінцевої механічної обробки та від ряду припуску вилівка.

Таблиця 2.9 – Розрахунок розмірів заготовки при литті в піщано-глинисті форми

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555			Прийнято		
Клас розмірної точності	9-13			12		
Ступінь жолоблення	6-9			8		
Ступінь точності поверхонь	13-19			17		
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra = 80 мкм			Ra = 80 мкм		
Клас точності маси	7-15			13		
Ряд припусків	8-11			10		
Розрахункові розміри, мм						
Допуски:	$\varnothing 190_{-0,15}$	$\varnothing 184_{-0,15}$	$\varnothing 35H9$	$270_{-0,3}$	$97,5_{-0,75}$	$86_{-0,87}$
розмірів	7	7	4,4	8	5,6	5,6
форми чи розміщ.	1,6					
зміщен. по площ.	-	-	1,6	1,6	-	1,6
маси	24					
нерівностей	2					
загальний	8	8	5,6	8	7	7
мінімальний припуск	1,6					
загальний припуск	6	6	8	6	5,4	5,4
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю	1	1	4	1	1	1
за відхилен.	1	1	1			
Кількість переходів	1	1	4	1	1	1
Розмір заготовки	$\varnothing 202$	$\varnothing 196$	$\varnothing 24$	282	98,1	96,8

Вибір конструктивних елементів заготовки.

а) Товщина стінок.

Зведений габарит заготовки:

$$N = (2l+b+h)/3 \text{ [мм]}, \quad (2.15)$$

де l, b, h – відповідно довжина, ширина і висота деталі,

$$N = (2 \cdot 320 + 180 + 84)/3 = 301,3 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок розмірів заготовки при литті в оболонкові форми

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555			Прийнято		
Клас розмірної точності	9Т-13			11Т		
Ступінь жолоблення	6-9			8		
Ступінь точності поверхонь	9-15			13		
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra = 32 мкм			Ra = 32 мкм		
Клас точності маси	6-13			10		
Ряд припусків	5-8			6		
Розрахункові розміри, мм						
Допуски:	$\varnothing 190_{-1,15}$	$\varnothing 184_{-1,15}$	$\varnothing 35H9$	$270_{-1,3}$	$97,5_{-0,75}$	$86_{-0,87}$
розмірів	4,4	4,4	2,8	5	3,6	3,6
форми чи розміщ.	1,6					
зміщен. по площ	-	-	1	1	-	1
маси	10					
нерівностей	0,8					
загальний	5,6	5,6	3,6	5,6	4,4	4,4
мінімальний припуск	0,6					
загальний припуск	3,6	3,6	4,4	3,6	3	3
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю	1	1	3	1	1	1
за відхилен.	1	1	1			
Кількість переходів	1	1	3	1	1	1
Розмір заготовки	$\varnothing 197,2$	$\varnothing 191,2$	$\varnothing 26,2$	$277,2$	$98,1$	92

Приймаємо мінімальну товщину стінок 4 мм для лиття в піщано-глинисті форми та 3 мм для лиття в оболонкові форми.

б) Приймаємо радіуси заокруглень 5 мм при литті в піщано-глинисті форми та 3 мм при литті в оболонкові форми.

в) При висоті основної формоутворюючої поверхні 135 мм нахили $5^{\circ}03'$.

г) Мінімальний діаметр отвору, що виливається:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]}, \quad (2.16)$$

d_0 – мінімальний діаметр, для чавуну рівен 8 мм, відповідно:

$$d_{\min} = 8 + 0,1 \cdot 29 = 10,9 \text{ (мм)}.$$

Отже, мінімальний діаметр, що виливається 10,9 мм.

Ескіз заготовки з зображенням припусків і напусків показаний на рис. 2.2.

Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для обох варіантів заготовки.

Виливок в піщано-глинисті форми.

Маса заготовки розраховується за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \rho = \sum V_i \rho \text{ [кг]}, \quad (2.17)$$

де V_i – об'єм елементарних фігур, які входять в заготовку;

ρ – густина СЧ15, $\rho = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$.

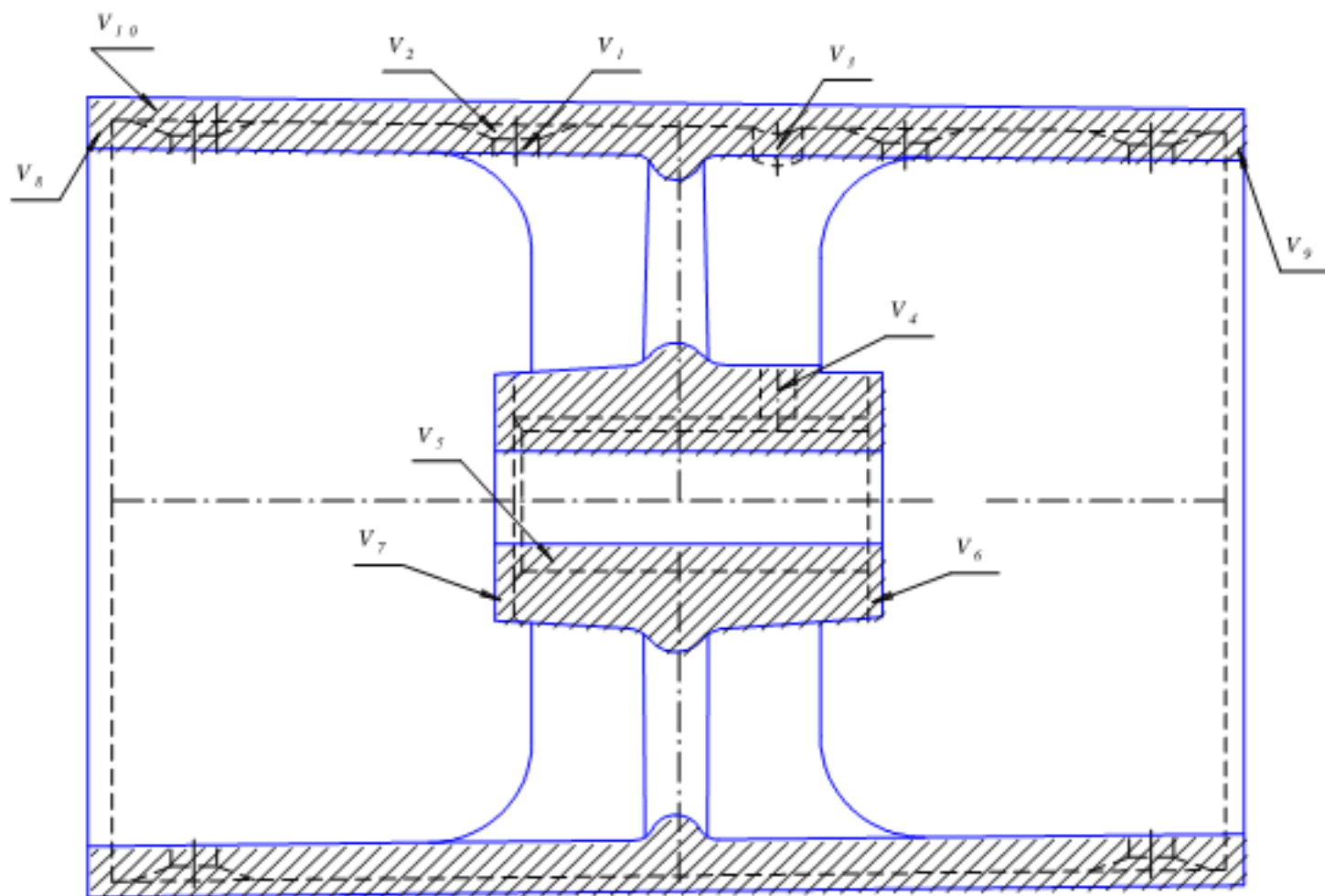


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки з зображенням припусків і напусків

Маса заготовки включає в себе:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{дет}} + \sum Q_{\text{прип } i} + \sum Q_{\text{нап } j}, \quad (2.18)$$

де $Q_{\text{прип } i}$ – припуск, що знімається з i -ої поверхні,

$Q_{\text{нап } j}$ – напуск, що знімається з j -ої поверхні.

Знайдемо масу припусків та масу напусків. До напусків в даному випадкові належать отвори.

Маса напусків:

$$M_1 = 3,14 \cdot 5,5^2 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,0337 \text{ (кг);}$$

$$M_2 = 3,14 \cdot 3 \cdot (16^2 + 5,5^2 + 16 \cdot 5,5) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} / 3 = 0,0834 \text{ (кг);}$$

$$M_3 = 3,14 \cdot 6^2 \cdot 8 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,0064 \text{ (кг);}$$

$$M_4 = 3,14 \cdot 15,5 \cdot 5^2 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,0086 \text{ (кг).}$$

Маса напусків:

$$M_{\text{н}} = 0,0337 + 0,0834 + 0,0064 + 0,0086 = 0,1321 \text{ (кг).}$$

Маса припусків:

$$M_5 = 3,14 \cdot 96,8 \cdot (17,5^2 - 12^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,35 \text{ (кг);}$$

$$M_6 = M_7 = 3,14 \cdot 5,4 \cdot (33^2 - 12^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,0725 \text{ (кг);}$$

$$M_8 = 3,14 \cdot 6 \cdot (101^2 - 95^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,157 \text{ (кг);}$$

$$M_9 = 3,14 \cdot 6 \cdot (98^2 - 92^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,152 \text{ (кг);}$$

$$M_{10} = 3,14 \cdot 270 \cdot (101^2 + 98^2 + 101 \cdot 98 - 95^2 - 92^2 - 95 \cdot 92) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} / 3 = 6,97 \text{ (кг).}$$

Отже, маса припусків:

$$M_{\text{пр}} = 0,35 + 0,157 + 0,152 + 2 \cdot 0,0725 + 6,97 = 7,774 \text{ (кг).}$$

Маса заготовки це сума маси деталі, припусків та напусків:

$$Q_{\text{заг}} = 7,774 + 0,1321 + 15 = 22,906 \text{ (кг)}.$$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$J = 15/22,906 = 0,6548.$$

Значення коефіцієнта точності маси заготовки є досить високим, так як заготовка виготовлена литтям в піщано-глинисті форми.

Виливок в оболонковій формі.

Маса припусків:

$$M_5 = 3,14 \cdot 92 \cdot (17,5^2 - 13,1^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,276 \text{ (кг)};$$

$$M_6 = M_7 = 3,14 \cdot 3 \cdot (31^2 - 13,1^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,053 \text{ (кг)};$$

$$M_8 = 3,14 \cdot 3,6 \cdot (98,6^2 - 95^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,0559 \text{ (кг)};$$

$$M_9 = 3,14 \cdot 3,6 \cdot (95,6^2 - 92^2) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 0,0542 \text{ (кг)};$$

$$M_{10} = 3,14 \cdot 270 \cdot (98,6^2 + 95,6^2 + 98,6 \cdot 95,6 - 95^2 - 92^2 - 95 \cdot 92) \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} / 3 = 2,063 \text{ (кг)}.$$

Маса припусків:

$$M_{\text{пр}} = 2,063 + 0,276 + 0,0559 + 0,0542 + 2 \cdot 0,053 = 2,5551 \text{ (кг)}.$$

Маса заготовки це сума маси деталі, припусків та напусків:

$$Q_{\text{заг}} = 2,5551 + 0,1321 + 15 = 17,6872 \text{ (кг)}.$$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$J = 15/17,7 = 0,848.$$

Значення коефіцієнта точності маси заготовки є допустимим, так як

заготовка виготовлена литтям в оболонкові форми.

Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Собівартість заготовок розраховується за формулою [11]:

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{всх}}) \frac{S_{\text{всх}}}{1000} \text{ [грн.],} \quad (2.19)$$

де S – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$K_{\text{т}}$, $K_{\text{с}}$, $K_{\text{в}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{п}}$ – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

$S_{\text{всх}}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн.

Таким чином, вказані показники:

При литті в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг}1} = \left(\frac{20600}{1000} \cdot 22,906 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1 \right) - (22,906 - 15) \frac{2300}{1000} = 398 \text{ (грн.)}$$

При литті в оболонкові форми

$$C_{\text{заг}2} = \left(\frac{25340}{1000} \cdot 17,7 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 1 \right) - (17,7 - 15) \frac{2300}{1000} = 361,13 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при використанні лиття в оболонкові форми:

$$E = (C_{\text{заг}1} - C_{\text{заг}2}) \cdot N \text{ [грн.],} \quad (2.20)$$

$$E = (398 - 361,13) \cdot 8000 = 294960 \text{ (грн.)}$$

Отже, економічно доцільно використовувати лиття в оболонковій формі.

Собівартість виготовлення литої заготовки також додатково розрахована за допомогою розробленої комп'ютерної програми [1]. На рис. 2.3 показано інтерфейс комп'ютерної програми та результати розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям в піщано-глинисті форми. Отримані за допомогою комп'ютерної програми дані співпадають з даними отриманими за допомогою ручних розрахунків.

Заготовка виготовлена литтям

Оберіть спосіб лиття

- Лиття в піщано-глинисті форми
- Лиття в оболонковій формі
- Лиття в необлицьований кокіль
- Лиття в облицьований кокіль
- Лиття під тиском
- Лиття за виплавними моделями

Коефіцієнт K_p

Матеріал заготовки: K_p Чавун

Коефіцієнт K_q

Матеріал заготовки: K_q Чавун

Коефіцієнт K_m

Матеріал заготовки: K_m Чавуни - СЧ10, СЧ15, СЧ

Коефіцієнт K_c

Матеріал заготовки: K_c Чавун, сталь

Коефіцієнт K_t

- Чорні метали
- Кольорові метали

Вихідні дані

Маса деталі: 15 кг

Маса виливка: 22.906 кг

Вартість однієї тонни відходів: 2300 грн

Вартість однієї тонни заготовок: 20600 грн

Об'єм виробництва: 8000 тис. шт.

Клас розмірної точності: 12

Група складності: 3

Отримати розрахунок

Повернутись назад

Розрахунки по литтю

Вартість заготовки $C_{заг. шт.}$: 397.99

Коефіцієнт K_t : 1.05

Коефіцієнт K_m : 1

Коефіцієнт K_c : 1

Коефіцієнт K_q : 0.84

Коефіцієнт K_p : 1

Зберегти результати

Закрити форму

Рисунок 2.3 – Інтерфейс комп'ютерної програми та результати розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

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

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

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i, \quad (2.21)$$

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.

Для розміру $\varnothing 35H9^{(+0,062)}$ загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = \frac{2,8}{0,062} = 45,2$$

Кількість переходів:

$$\varepsilon_1 = 5,65; \quad \varepsilon_2 = 4; \quad \varepsilon_3 = 2;$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5,65 \cdot 4 \cdot 2 = 45,2.$$

Допуск після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = 2,8 / 5,65 = 0,5 \text{ (мм)}, \quad (\text{IT } 14);$$

$$T_2 = 0,5 / 4 = 0,125 \text{ (мм)}, \quad (\text{IT } 11);$$

$$T_3 = 0,125 / 2 = 0,062 \text{ (мм)}, \quad (\text{IT } 9).$$

Оскільки обробляється отвір, то доцільно використати метод обробки – розточування.

Метод обробки і кількість ступенів механічної обробки визначається аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø35H9	$\varepsilon=58,06$	$\varepsilon_1=5,65$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=2$	$T_{\text{заг}}=2,8$ $T_1=0,5$ $T_2=0,125$ $T_3=0,062$	16 14 11 9	Розточування попер. Розточування попер. Розточування остат.
86h10	$\varepsilon=3,6/0,87$ $=4,8$	$\varepsilon_1=4,8$	$T_{\text{заг}}=3,6$ $T_1=0,87$	16 14	Точіння
270	$\varepsilon=5,0/1,3$ $=4,9$	$\varepsilon_1=3,85$	$T_{\text{заг}}=5$ $T_1=1,3$	16 14	Точіння
190	$\varepsilon=4,4/1,15$ $=4,7$	$\varepsilon_1=3,83$	$T_{\text{заг}}=4,4$ $T_1=1,15$	16 14	Точіння
184	$\varepsilon=4,4/1,15$ $=4,7$	$\varepsilon_1=3,83$	$T_{\text{заг}}=4,4$ $T_1=1,15$	16 14	Точіння
97,5	$\varepsilon=3,6/0,75$ $=4,8$	$\varepsilon_1=4,8$	$T_{\text{заг}}=3,6$ $T_1=0,75$	16 14	Точіння

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри.

На операції 005 використовується схема базування показана на рис. 2.4, обробляється отвір $\varnothing 35\text{H9}^{(+0,062)}$, який в подальшому використовується як чистова технологічна база.

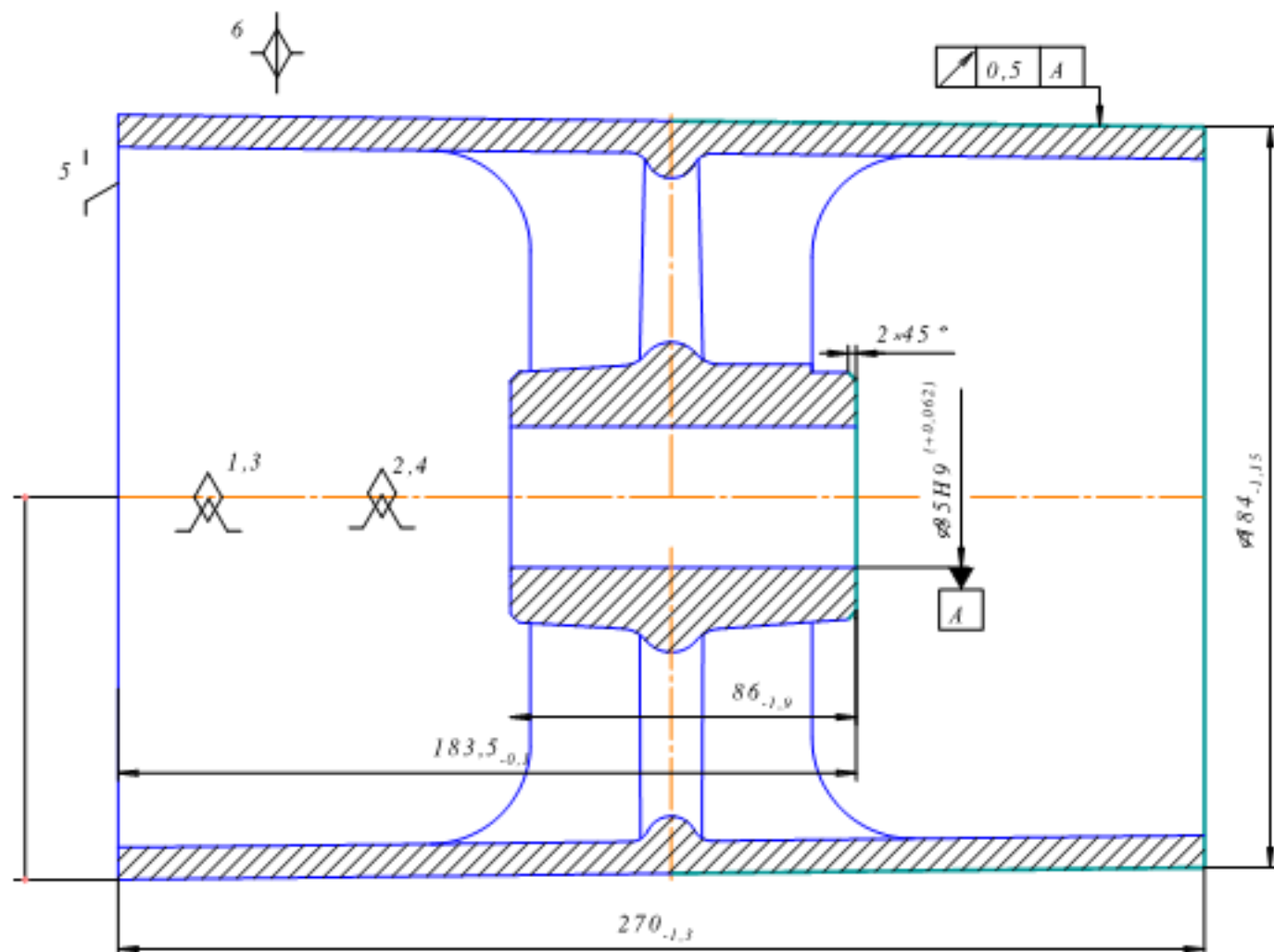


Рисунок 2.4 – Чорнові бази (операція 005)

Похибка базування складатиме:

$\varepsilon_{6(270)} = 0$ – виконується принцип співпадання технологічної і вимірювальної баз.

$\varepsilon_{6(\varnothing 184)} = 0$ – діаметральний розмір.

Похибка базування є лише на розмір 86 і вона визначається:

$$\varepsilon_{686} = T_{183,5} + C = 0,1 + 0 = 0,1 < T_{86} = 1,9 \text{ (мм)}.$$

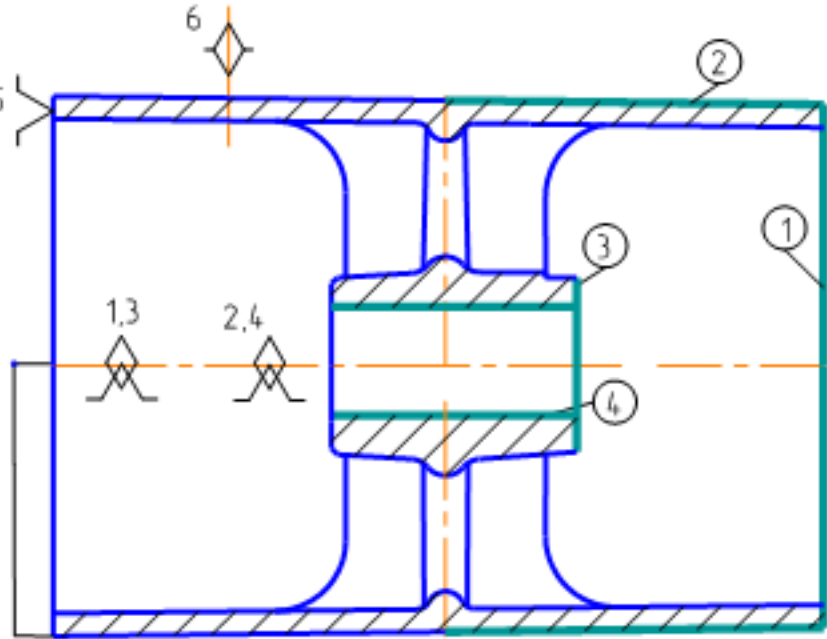
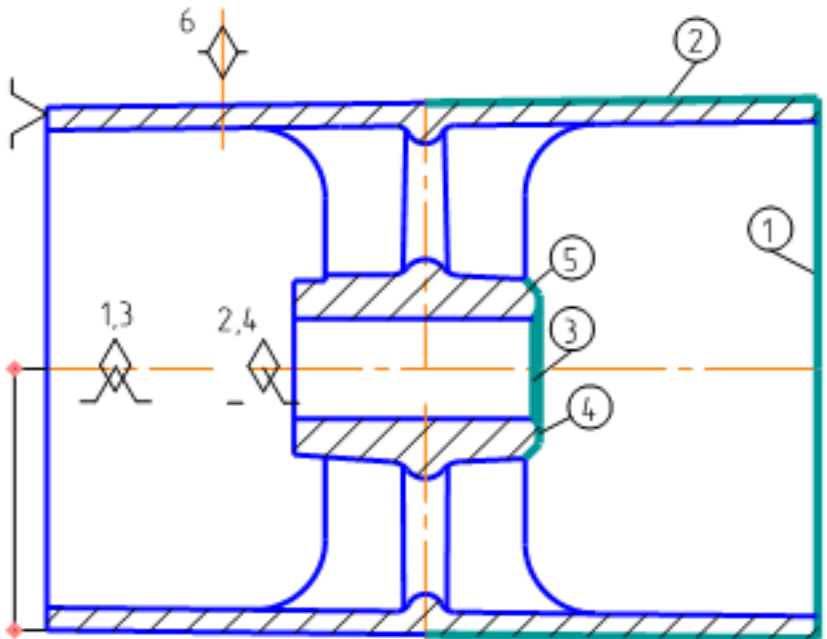
Отже, отримувана похибка не перевищує допуск вказаний на цей розмір.

При виборі чорнових баз вирішена задача зняття рівномірного припуску з діаметральних поверхонь.

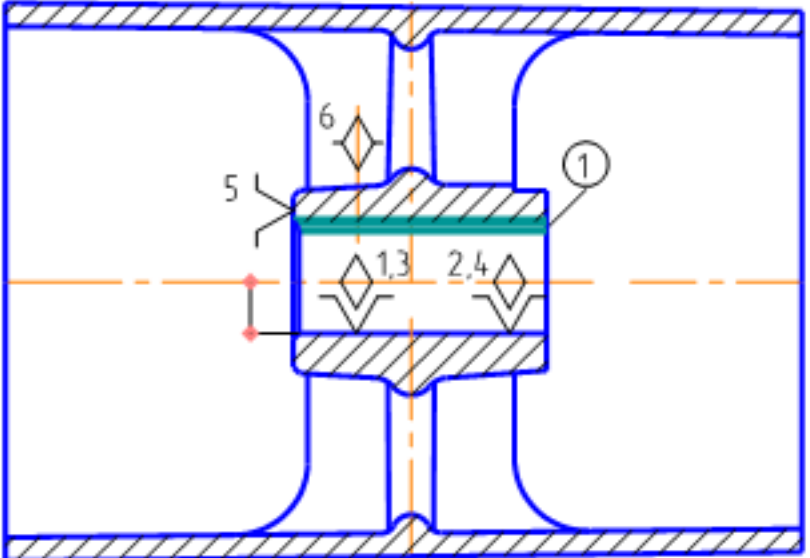
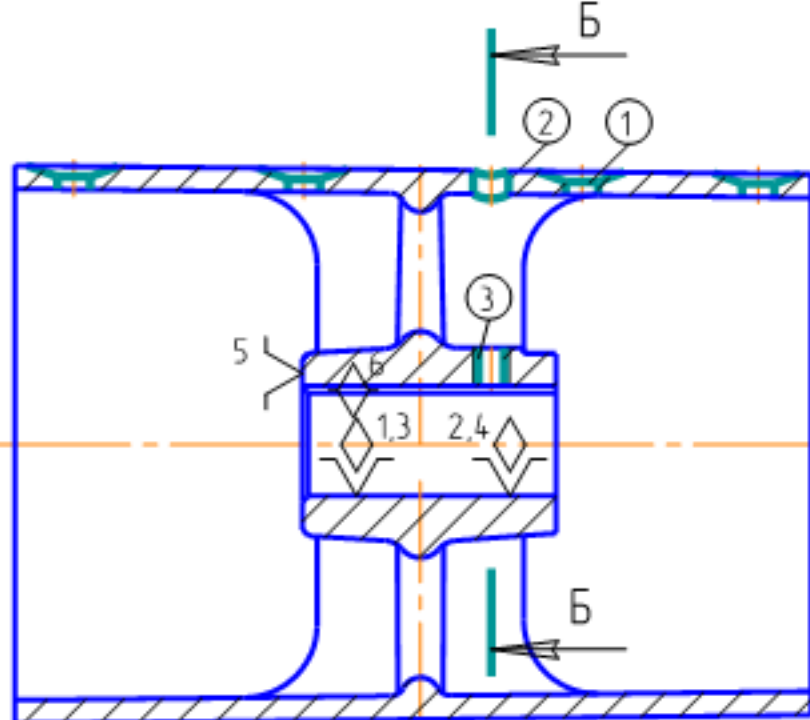
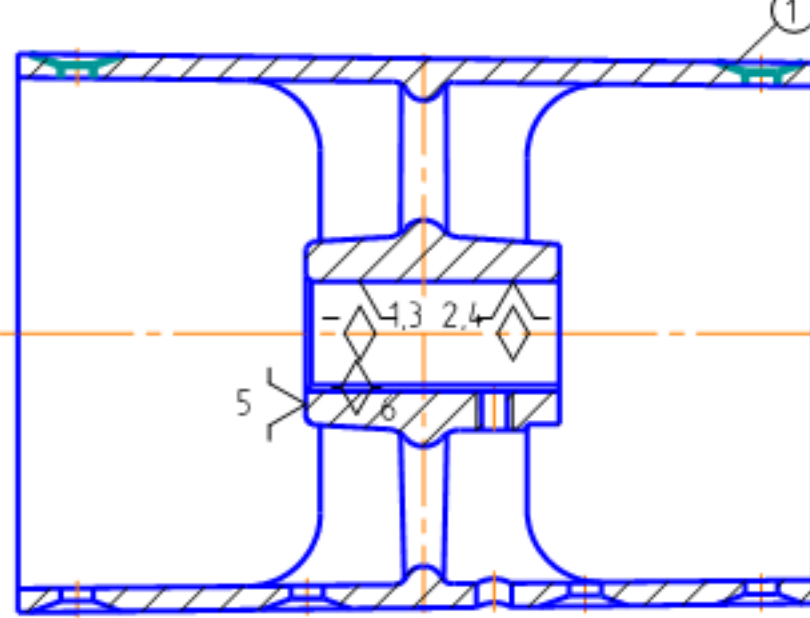
Вибір чистових технологічних баз.

На 015, 020 операціях протягується паз, свердяться отвори, нарізається різьба, при цьому використовується схема базування показана на рис. 2.5.

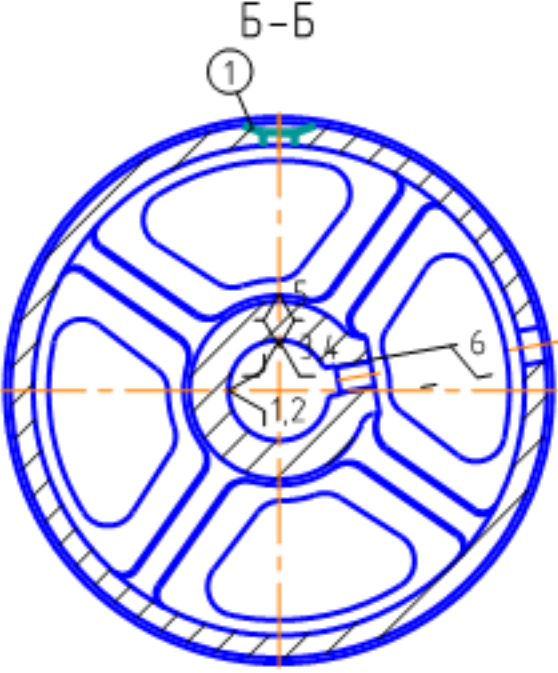
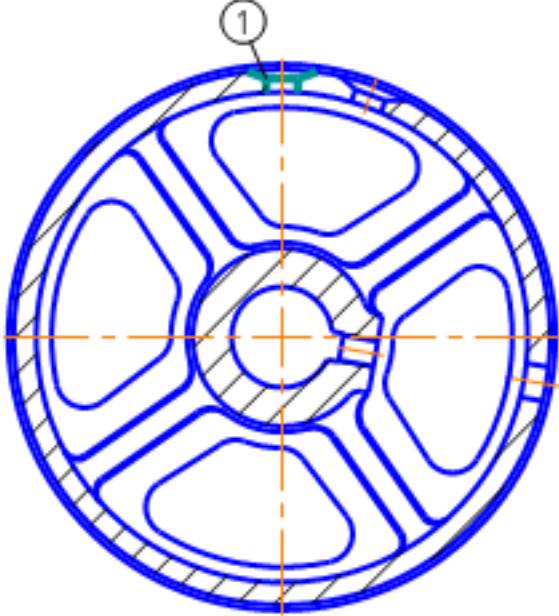
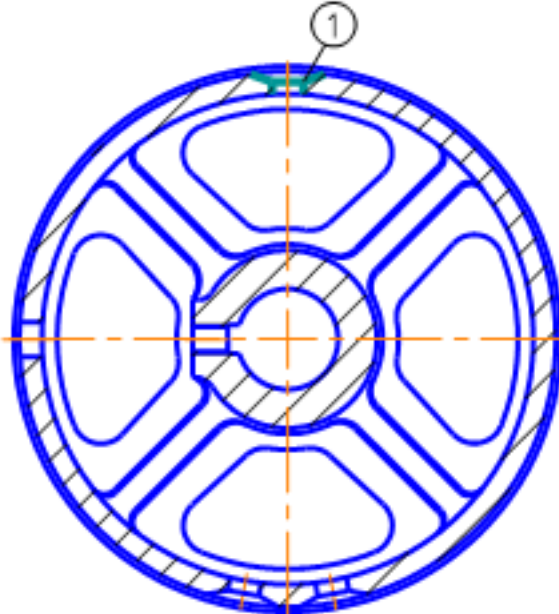
Таблиця 2.12 – Маршрут механічної обробки (I варіант)

№ операції	Операції і переходи	Ескіз та схема базування	Тип обладнання
005	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити деталь 2 Точити торець ①, точити поверхню ② однократно 3 Точити торець ③ однократно, розточити отвір ④ попередньо 4 Розточити попередньо отвір ④ попередньо 5 Розточити отвір ④ остаточно 6 Зняти деталь</p>		1П420ПФ30
010	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити деталь 2 Точити торець ①, поверхню ② однократно 3 Точити фаску ③, поверхню ④ та фаску ⑤ однократно 4 Зняти деталь</p>		1П420ПФ30

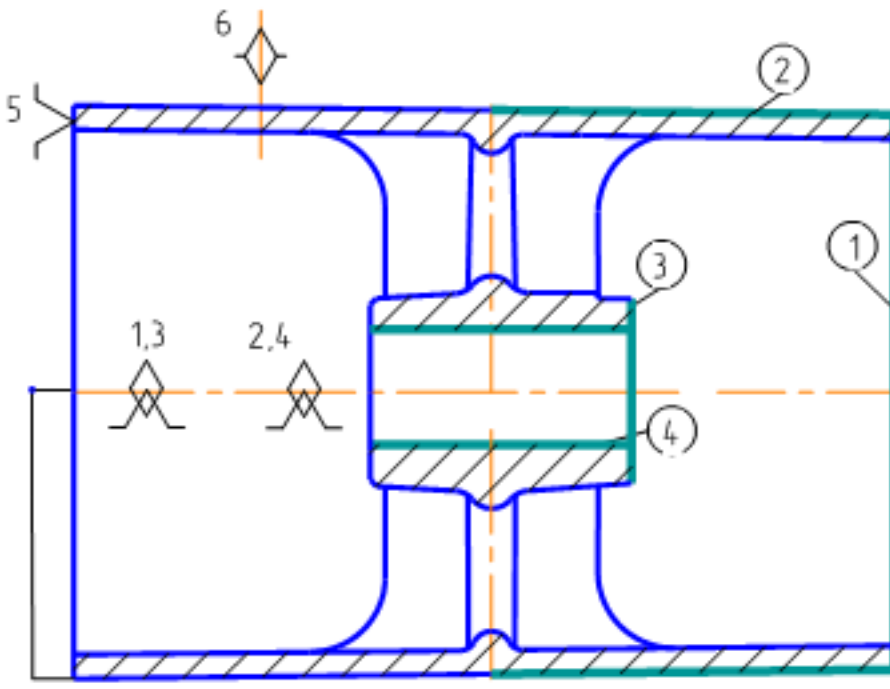
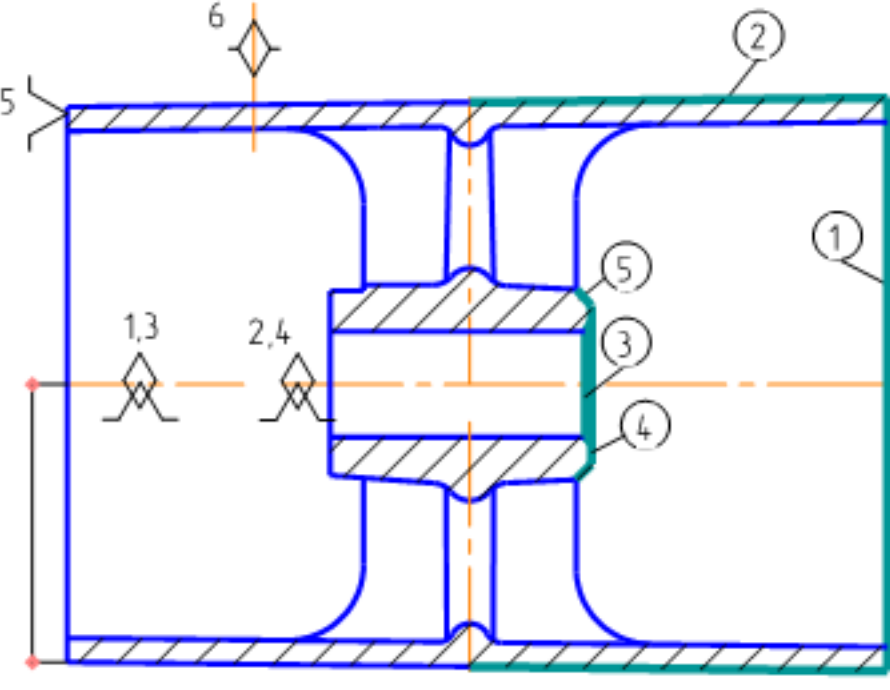
Продовження таблиці 2.12

№ операції	Операції і переходи	Ескіз та схема базування	Тип обладнання
015	<p>Протягувальна</p> <p>1 Встановити деталь 2 Протягнути паз ① 3 Зняти деталь</p>		7655
020	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>1 Встановити деталь 2 Центрувати 4 отв. ① центрувати отв. ② 3 Свердлити 4 отв. ① свердлити отв. ② 4 Зенкувати 4 отв. ① 5 Центрувати отв. ③ 6 Свердлити отв. ③ 7 Нарізати різь в отв. ③ 8 Зняти деталь</p>		2Н135Ф2
025	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>1 Встановити деталь 2 Центрувати 2 отв. ① 3 Свердлити 2 отв. ① 4 Зенкувати 2 отв. ① 5 Зняти деталь</p>		2Н135Ф2

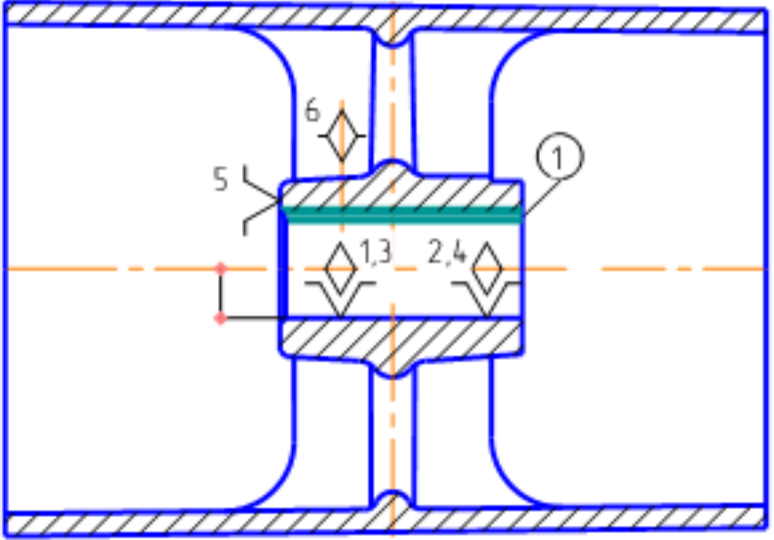
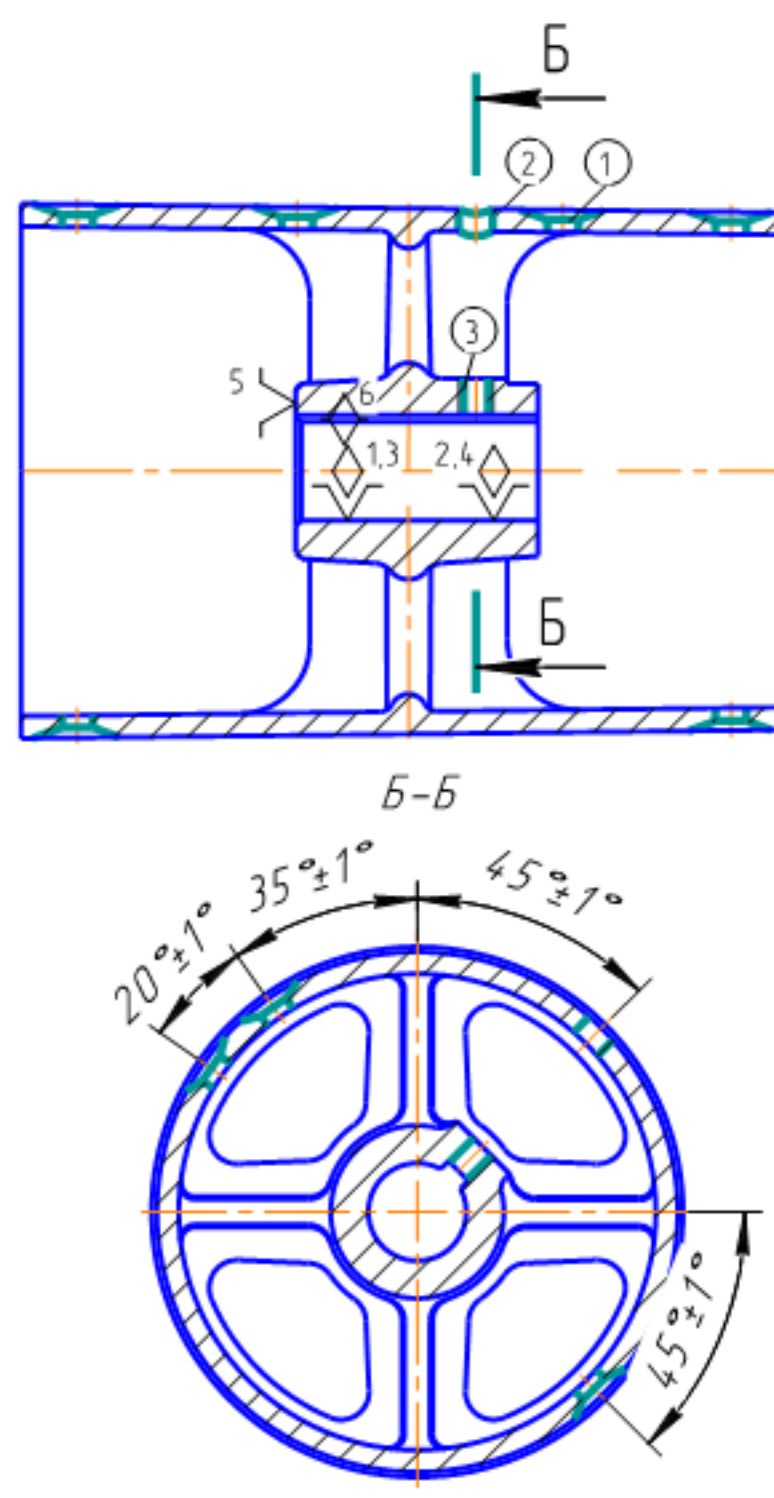
Продовження таблиці 2.12

№ операції	Операції і переходи	Ескіз та схема базування	Тип обладнання
030	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>1 Встановити деталь</p> <p>2 Центрувати отв. ①</p> <p>3 Свердлити отв. ①</p> <p>4 Зенкувати отв. ①</p> <p>5 Зняти деталь</p>		2Н135Ф2
035	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>1 Встановити деталь</p> <p>2 Центрувати отв. ①</p> <p>3 Свердлити отв. ①</p> <p>4 Зенкувати отв. ①</p> <p>5 Зняти деталь</p>	 <p data-bbox="1073 1774 1619 1813">Схема базування див. операцію 030</p>	2Н135Ф2
040	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>1 Встановити деталь</p> <p>2 Центрувати отв. ①</p> <p>3 Свердлити отв. ①</p> <p>4 Зенкувати отв. ①</p> <p>5 Зняти деталь</p>	 <p data-bbox="1058 2487 1604 2525">Схема базування див. операцію 030</p>	2Н135Ф2

Таблиця 2.13 – Маршрут механічної обробки (II варіант)

№ операції	Операції і переходи	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
005	<p style="text-align: center;"><i>Токарно-револьверна з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Точити торець 1, поверхню 2 однократно. 3. Точити торець 3 однократно, розточити отвір 4 попередньо. 4. Розточити отвір 4 попередньо. 5. Розточити отвір 4 остаточно. 6. Зняти деталь. 		<p style="text-align: center;"><i>Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30</i></p>
010	<p style="text-align: center;"><i>Токарно-револьверна з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Точити торець 1, поверхню 2 однократно. 3. Точити фаску 3, торець 4, фаску 5 однократно. 4. Зняти деталь. 		<p style="text-align: center;"><i>Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30</i></p>

Продовження таблиці 2.13

№ операції	Операції і переходи	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
015	<p>Протягувальна</p> <p>1. Встановити деталь. 2. Протягнути паз 1. 3. Зняти деталь.</p>		Протягувальний 7Б55
020	<p>Комбінована</p> <p>1 Встановити деталь 2 Центрувати 4 отв. 1 , центрувати отв. 2 , повернути деталь на 80°, центрувати отв. 1 , повернути деталь на 20°, центрувати отв. 1 , повернути деталь на 80°, центрувати 2 отв. 1 , повернути деталь на 90°, центрувати отв. 1 3 Свердлити отв. 1 , повернути деталь на 90°, свердлити 2 отв. 1 , повернути деталь на 80°, свердлити отв. 1 , повернути деталь на 20°, свердлити отв. 1 , повернути деталь на 80°, свердлити 4 отв. 1 , свердлити отв. 2 4 Центрувати отв. 3 5 Свердлити отв. 3 6 Нарізати різь в отв. 3 7 Зенкувати 4 отв. 1 , повернути деталь на 80°, зенкувати отв. 1 , повернути деталь на 20°, зенкувати отв. 1 , повернути деталь на 80°, зенкувати 2 отв. 1 , повернути деталь на 90°, зенкувати отв. 1 8 Зняти деталь</p>		Багатоцільовий ЛФ260МФ3 з ділянкою головною, яка керується від системи ЧПК

2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат

Критерієм оптимальності при порівнянні двох варіантів механічної обробки є технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою [5]:

$$C_o = C_{п.з.} \cdot T_{шт-к} / 60 \cdot k_v \text{ [грн.],} \quad (2.22)$$

де k_v – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3.

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час на виконання операції. Для точних розрахунків визначається нормуванням операцій технологічного процесу.

Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами.

Нормуються операції, які відрізняються у різних варіантах маршруту механічної обробки. В даному випадкові це операції 020, 025, 030, 035, 040 першого варіанту маршруту механічної обробки і операція 020 другого варіанту.

Сумарний основний час обробки на операціях 020, 025, 030, 035, 040 для першого варіанту маршруту механічної обробки складає $T_0 = 4,58$ хв.

Основний час обробки на операції 020 за другим варіантом маршруту механічної обробки також складає $T_0 = 1,86$ хв.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi_k \text{ [хв],} \quad (2.23)$$

де φ_k – коефіцієнт, що визначається типом обладнання.

Результати розрахунку технологічної собівартості заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	φ_k	$T_{шт-к}, \text{хв.}$	$C_{п.з.}, \text{грн./год.}$	$C_o, \text{грн.}$
Перший варіант маршруту механічної обробки				
2Н135Ф2	1,35	6,183	36,5	2,69
2Н135Ф2				
2Н135Ф2				
2Н135Ф2				
2Н135Ф2				
Другий варіант маршруту механічної обробки				
1П420ПФ30	1,4	2,6	80,7	2,89
1П420ПФ30				
ЛФ260МФ3				

Отже, при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операцій виготовлення деталі складатиме 2,69 грн., а при використанні другого варіанту – 2,89 грн. Економічний ефект складатиме:

$$E = (2,89 - 2,69) \cdot 8000 = 1600 \text{ (грн.)}$$

Отже, вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів будуть мати більшу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту технологічної обробки.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів

При розташуванні усіх розмірів, враховувалося те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, це у свою чергу мінімізує похибку базування. Розміщення технологічних розмірів показана на рис. 2.5.

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [5, 11] для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

Відповідно:

$T(B_1)=2,1$ мм; $T(B_2)=1,4$ мм; $T(B_3)=1,3$ мм; $T(B_4)=0,87$ мм; $T(B_5)=0,87$ мм;
 $T(B_6)=0,52$ мм; $T(B_7)=0,74$ мм; $T(B_8)=0,74$ мм; $T(B_9)=0,4$ мм; $T(B_{10})=0,86$ мм;
 $T(Z_1)=3,2$ мм; $T(Z_2)=2,2$ мм; $T(Z_3)=2,2$ мм.

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.6.

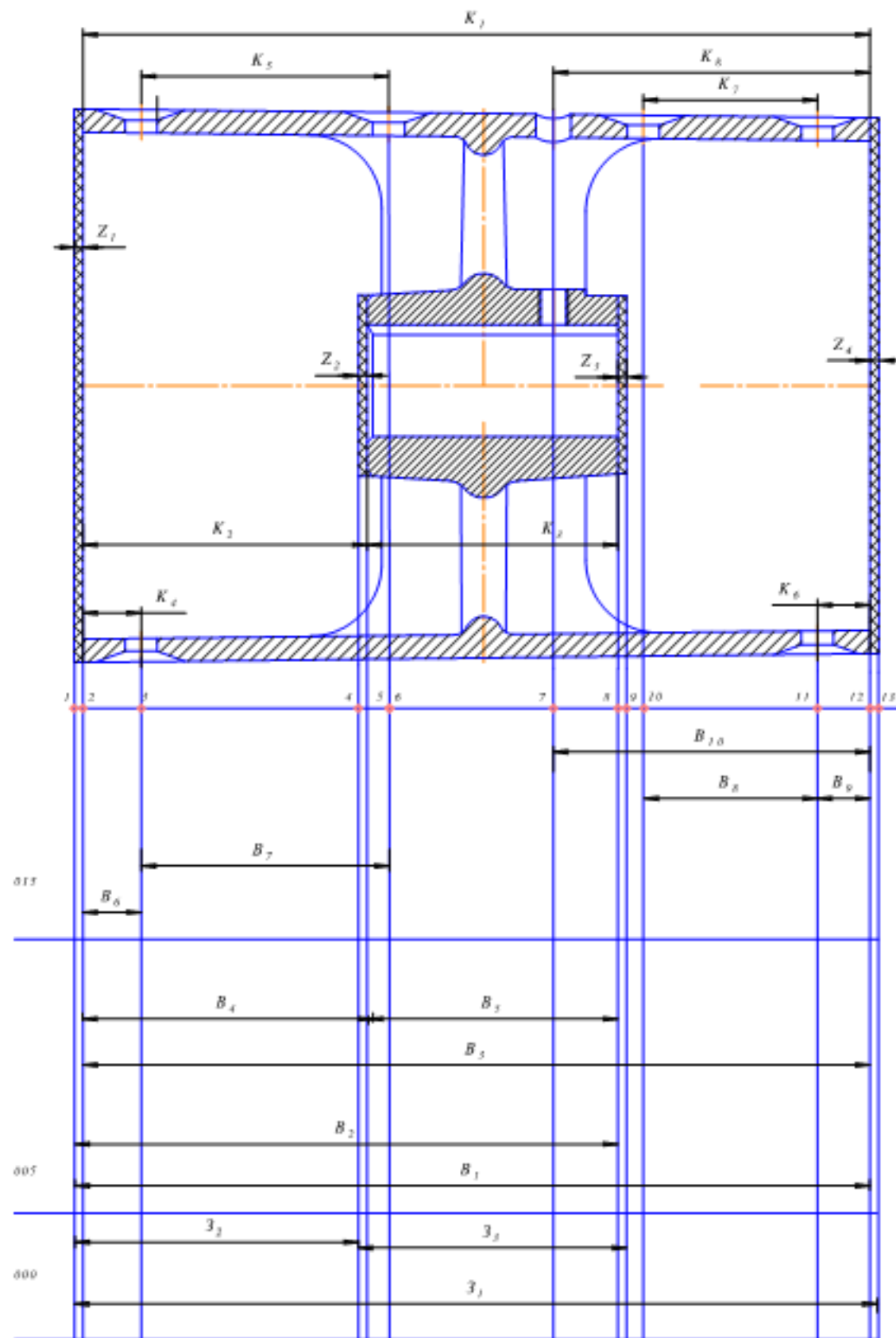


Рисунок 2.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф-дерево

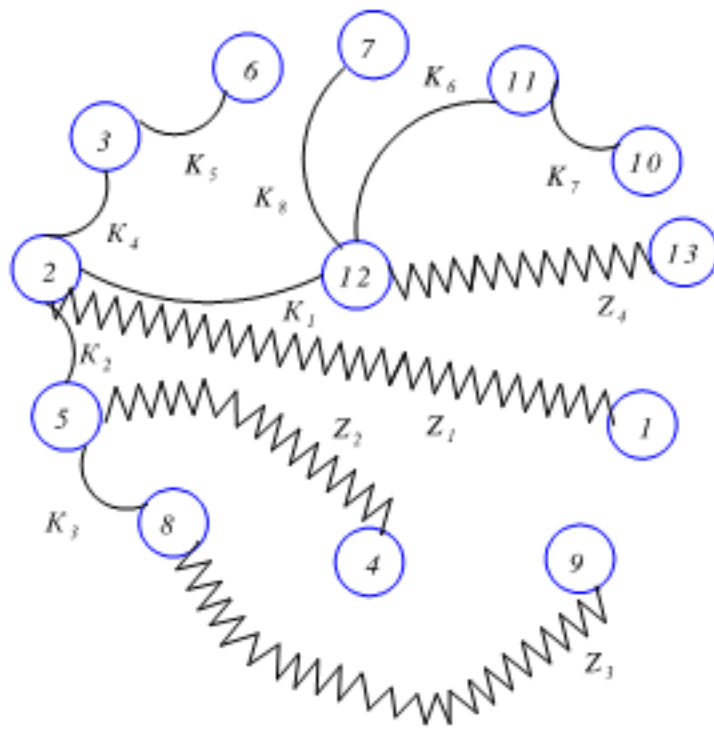


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

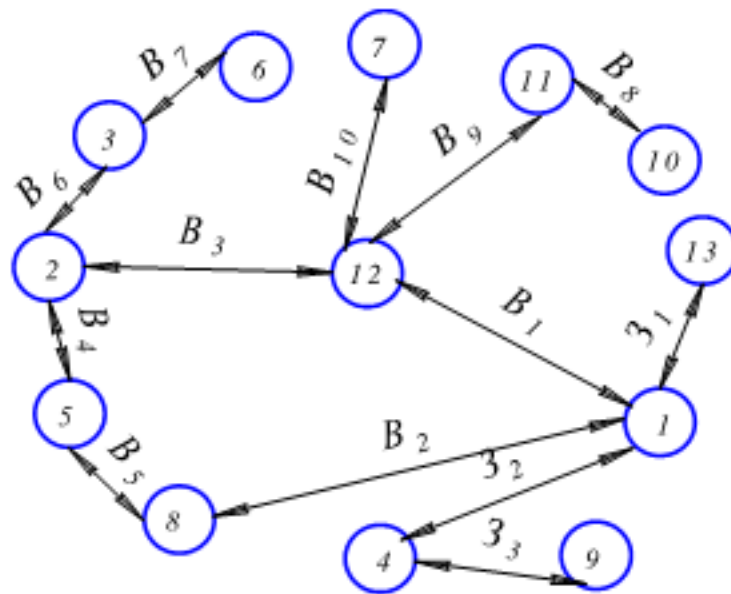


Рисунок 2.8 – Похідний граф-дерево

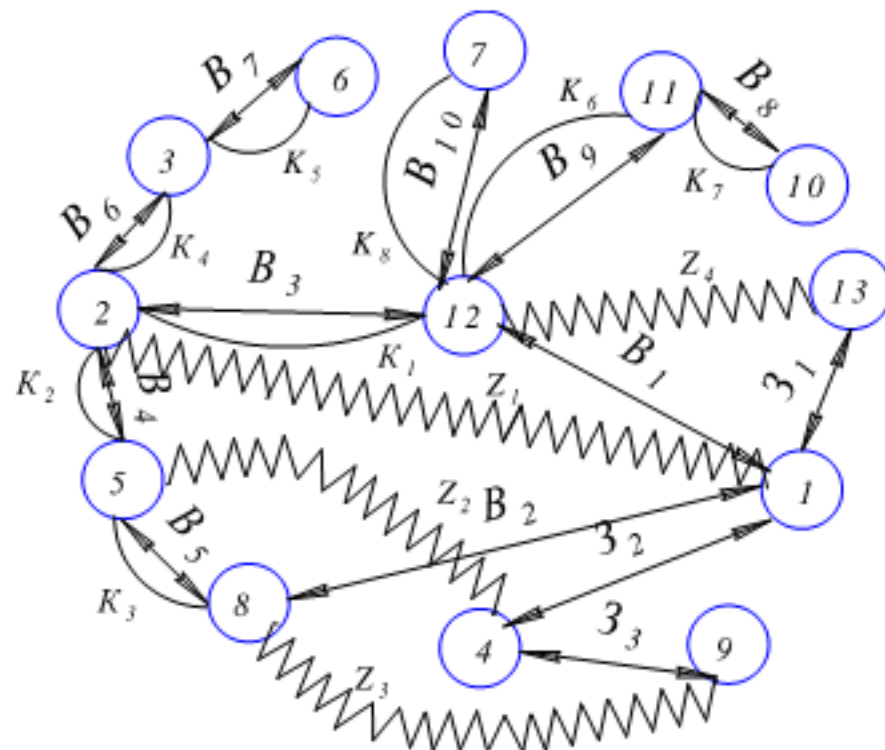


Рисунок 2.9 – Суміщений граф

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [3]. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці валу, які входять в один діапазон і обробляються: кожен за один прохід, то мінімальний припуск буде однаковий для всіх торців, тобто:

$$Z_{1\min} = Z_{2\min} = Z_{3\min} = Z_{4\min} = 0,6 \text{ мм.}$$

Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева записано розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесені до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
$B_3 - K_1 = 0$	$B_3 = K_1$	B_3
$B_4 - K_2 = 0$	$B_4 = K_2$	B_4
$B_5 - K_3 = 0$	$B_5 = K_3$	B_5
$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
$B_7 - K_5 = 0$	$B_7 = K_5$	B_7
$B_8 - K_7 = 0$	$B_8 = K_7$	B_8
$B_9 - K_6 = 0$	$B_9 = K_6$	B_9
$B_{10} - K_8 = 0$	$B_{10} = K_8$	B_{10}
$B_1 - B_3 - Z_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_1$	B_1
$B_2 - K_3 - K_2 + K_1 - B_1 = 0$	$Z_2 = B_2 - K_3$	B_2
$Z_1 - Z_4 - B_1 = 0$	$Z_4 = Z_1 - B_1$	Z_1
$B_2 - B_5 - Z_2 - Z_3 = 0$	$Z_1 = Z_3 + Z_2 - K_2$	Z_2
$Z_3 - Z_3 - K_5 - Z_2 = 0$	$Z_3 = Z_3 - B_2$	Z_3

Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних

розмірів і (або) маршруту механічної обробки

Відповідно до наведених вище технологічних рівнянь для кожного розміру отримаємо:

$$B_3 = K_1 = 270^{-1.3} \text{ мм};$$

$$B_{3 \min} = 268,7 \text{ мм}; B_{3 \max} = 270 \text{ (мм)}.$$

$$B_4 = K_2 = 97,5^{-0.87} \text{ мм};$$

$$B_{4 \min} = 96,63 \text{ мм}; B_{4 \max} = 97,5 \text{ (мм)}.$$

$$B_5 = K_3 = 86^{-0.87} \text{ мм};$$

$$B_{5 \min} = 85,13 \text{ мм}; B_{5 \max} = 86 \text{ (мм)}.$$

$$B_6 = K_4 = 20^{+0.26} \text{ мм};$$

$$B_{6 \min} = 19,74 \text{ мм}; B_{6 \max} = 20,26 \text{ (мм)}.$$

$$B_7 = K_5 = 78^{\pm 0.37} \text{ мм};$$

$$B_{7 \min} = 77,63 \text{ мм}; B_{7 \max} = 78,37 \text{ (мм)}.$$

$$B_8 = K_7 = 60^{+0.37} \text{ мм};$$

$$B_{8 \min} = 59,63 \text{ мм}; B_{8 \max} = 60,37 \text{ (мм)}.$$

$$B_9 = K_6 = 18^{\pm 0.2} \text{ мм};$$

$$B_{9 \min} = 17,8 \text{ мм}; B_{9 \max} = 18,2 \text{ (мм)}.$$

$$B_{10} = K_8 = 108,5^{\pm 0.43} \text{ мм};$$

$$B_{10 \min} = 107,93 \text{ мм}; B_{10 \max} = 108,93 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{1 \min} = B_{1 \min} - K_{1 \max};$$

$$B_{1 \min} = Z_{1 \min} + K_{1 \max} = 0,6 + 270 = 270,6 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + IT(B_1) = 270,6 + 2,1 = 272,7 \text{ (мм)}.$$

$$B_1 = 271,65^{\pm 1.05} \text{ мм};$$

$$Z_{1 \max} = B_{1 \max} - K_{1 \min};$$

$$Z_{1 \max} = 272,7 - 268,7 = 4 \text{ (мм)}.$$

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

$$B_{2 \min} = Z_{2 \min} + K_{3 \max} = 0,6 + 86 = 86,6 \text{ (мм)};$$

$$B_{2 \max} = B_{2 \min} + IT(B_2) = 86,6 + 1,4 = 88 \text{ (мм)}.$$

$$B_2 = 87,3^{\pm 0.7} \text{ мм};$$

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

$$Z_{2\max} = 88 - 85,13 = 2,87 \text{ (MM)}.$$

$$Z_{4\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = 0,6 + 272,7 = 273,3 \text{ (MM)};$$

$$3_{1\max} = 273,3 + 3,2 = 276,5 \text{ (MM)};$$

$$3_1 = 274,9^{+1,6} \text{ MM};$$

$$Z_{4\max} = 3_{1\max} - B_{1\min};$$

$$Z_{4\max} = 276,5 - 270,6 = 5,9 \text{ (MM)}.$$

$$Z_{1\min} = 3_{2\min} + Z_{2\min} - K_{2\max};$$

$$3_{2\min} = 0,6 - 0,6 + 97,5 = 97,5 \text{ (MM)};$$

$$3_{2\max} = 97,5 + 2,2 = 99,7 \text{ (MM)};$$

$$3_2 = 98,6^{\pm 1,1} \text{ MM};$$

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

$$3_{3\min} = 0,6 + 88 = 88,6 \text{ (MM)};$$

$$3_{3\max} = 88,6 + 2,2 = 90,8 \text{ (MM)};$$

$$3_3 = 89,7^{\pm 1,1} \text{ MM}$$

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

$$Z_{3\max} = 90,8 - 86,6 = 4,2 \text{ (MM)}.$$

Отже, визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 35H9^{(+0,062)}$

Елементи припуску. Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [5], враховуючи, що для заготовки дані параметри

рівні 600 мкм. При попередньому розточуванні приймаємо $R_z=T=100$ мкм, а на наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому розточуванні – 30 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень згідно [5] визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [МКМ]}, \quad (2.24)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – просторові відхилення спричинені жолобленням

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз. Для даної деталі відповідно:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 35)^2 + (0,7 \cdot 86)^2} = 77,68 \text{ (МКМ)};$$

$$\rho_{\text{зм}} = 220 \text{ МКМ};$$

$$\rho = \sqrt{77,68^2 + 220^2} = 233 \text{ (МКМ)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [МКМ]}, \quad (2.25)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 233 = 14 \text{ (МКМ)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 14 = 0,7 \text{ (МКМ)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_\gamma^2} \text{ [МКМ]}, \quad (2.26)$$

де ε_δ – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_γ – похибка закріплення, що при установці в самоцентруючому трьохкулачковому патроні складає 140 мкм. Відповідно похибка установки: $\varepsilon_1 = 140$ мкм.

При повторному попередньому розточуванні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 140 \cdot 0,05 = 7 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий припуск

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

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.27)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(600 + 600 + \sqrt{233^2 + 140^2}) = 2 \cdot 1472 \text{ (мкм)};$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{14^2 + 7^2}) = 2 \cdot 216 \text{ (мкм)};$$

остаточне розточування:

$$2Z_{3\min} = 2(50 + 50 + 0,7) = 2 \cdot 100,7 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені: $d = 35,062$ мм.

Тоді, для остаточного розточування:

$$d_1 = 35,062 - 2 \cdot 0,1007 = 34,8606 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_2 = 34,8606 - 2 \cdot 0,216 = 34,4286 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_3 = 34,4286 - 2 \cdot 1,472 = 31,4846 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки занесено до таблиці 2.17.

Граничні розміри

$$34,86 - 0,1 = 34,76 \text{ (мм)};$$

$$34,43 - 0,25 = 34,18 \text{ (мм)};$$

$$31,49 - 0,62 = 30,87 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків

для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 3} = 35,062 - 34,86 = 0,202 \text{ мм} = 202 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 35 - 34,76 = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 34,86 - 34,43 = 0,43 \text{ мм} = 430 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 34,76 - 34,18 = 0,58 \text{ мм} = 580 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 34,43 - 31,49 = 2,94 \text{ мм} = 2940 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 34,18 - 30,87 = 3,31 \text{ мм} = 3310 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 35\text{H9}^{(+0,062)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	600	600	233			31,4846	620	30,87	31,49		
розточування попереднє	100	100	14	140	140	34,4286	250	34,18	34,43	2940	3310
розточування попереднє	50	50	0,7	7	7	34,8606	100	34,76	34,86	430	580
розточування остаточне	30	30	-	7	-	35,062	62	35	35,162	202	240
Всього										3572	4130

На основі даних розрахунку будемо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору $\varnothing 35\text{H9}^{(+0,062)}$.

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

$$2Z_{0\min} = 2940 + 430 + 202 = 3572 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 3310 + 580 + 240 = 4130 \text{ (мкм)}.$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 240 - 202 = 38 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 100 - 62 = 38 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 580 - 430 = 150 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 250 - 100 = 150 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 3310 - 2940 = 370 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 620 - 250 = 370 \text{ (мкм)}.$$

Отже, всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 35\text{H9}^{(+0,062)}$ показана на рис. 2.10.

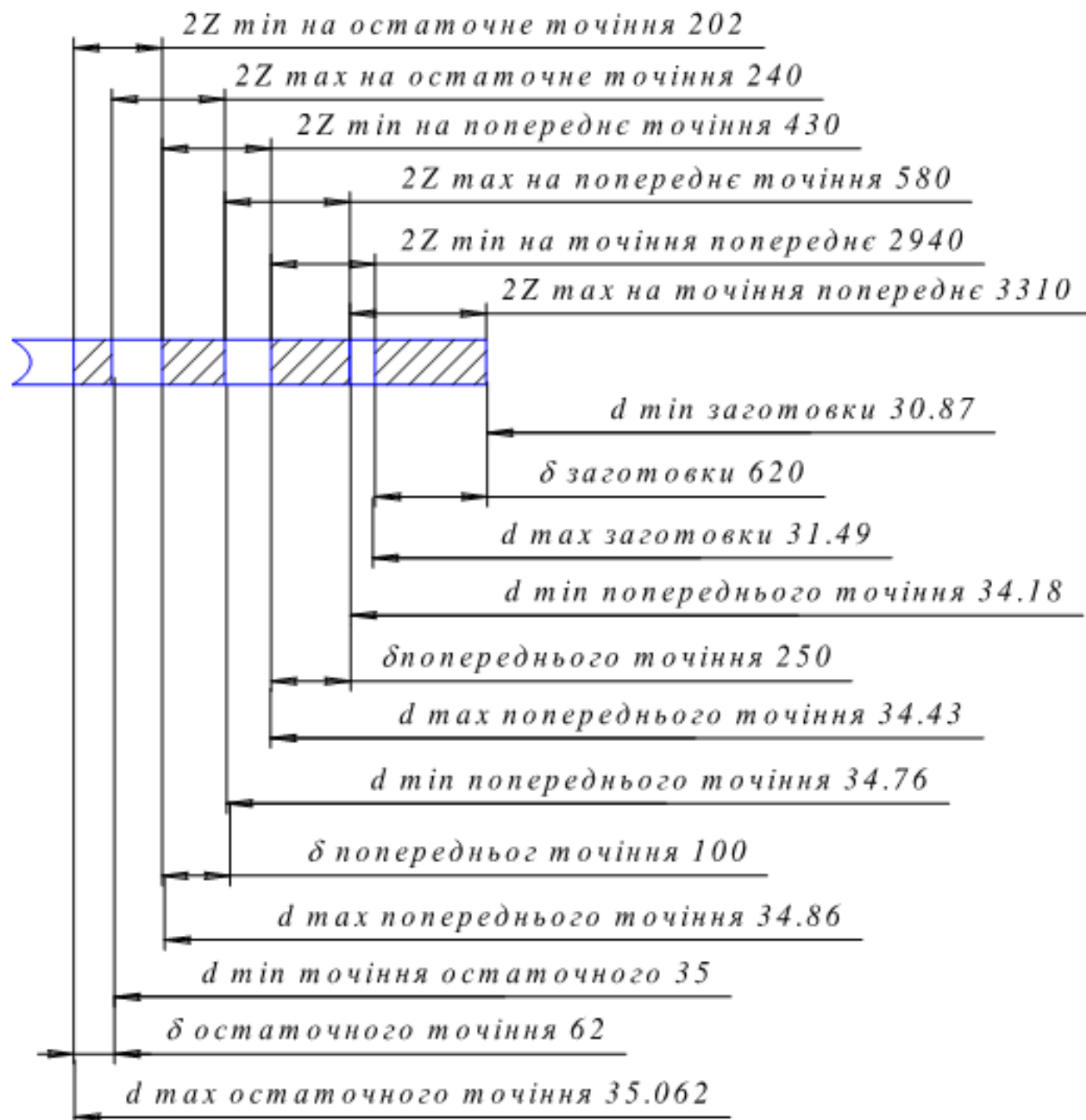


Рисунок 2.10 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 35\text{H9}^{(+0,062)}$

2.9.2 Визначення проміжних припусків за нормативами і розрахунок технологічних розмірів і максимальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Припуски на циліндричні поверхні барабану. На зовнішню циліндричну поверхню згідно довідникових таблиць приймасмо припуск рівний 3,6 мм на діаметр.

Таблиця 2.18 – Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø190	Точіння зовнішньої поверхні	3,6	Ø191,2
Ø184	Точіння зовнішньої поверхні	3,6	Ø184
270	Підрізання торцю	3,6	276,6
	Підрізання торцю	3,6	273
86	Підрізання торцю	3	89
	Підрізання торцю	3	86
97,5	Підрізання торцю	3,6	100,5
	Підрізання торцю	3	97,5

2.10 Призначення режимів різання

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння зовнішньої поверхні.

При чорновому точінні зовнішньої циліндричної поверхні глибина різання приймається рівна всьому припускові і складає в даному випадку 3,6 мм, держка різця при цьому приймається розміром 25×40 мм. Подачу згідно [5, 13] приймаємо рівною 1,1 мм. Але при чорновій обробці потрібно перевірити на міцність державку різця і твердосплавні пластинки.

Міцність державки різця перевіряють розрахунком на згин від дії вертикальної складової сили різання, тобто має виконуватися така умова:

$$P_z \leq \frac{BH^2[\sigma]_u}{6l} \text{ [кГ]}, \quad (2.28)$$

де $[\sigma]_u = 20 \text{ кг/мм}^2$, оскільки прийнято, що державка виготовлена із конструкційної сталі; В, Н, l – ширина, висота і довжина державки різця. Відповідно отримаємо:

$$P_z \leq \frac{25 \cdot 40^2 \cdot 20}{6 \cdot 120} = 1111,11 \text{ (кГ)}.$$

Подача, яка допускається міцністю пластинки із твердого сплаву, товщиною 4 мм, рівна 1,1 мм.

Швидкість різання розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.29)$$

де T – стійкість інструменту, середнє значення для одноінструментальної обробки складає 60 хв; C_v , x_v , y_v , m – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [5, 13] вони рівні:

$$C_v=340; \quad x_v=0,15; \quad y_v=0,45; \quad m=0,2.$$

K_v – загальний поправковий коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi_1 v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}. \quad (2.30)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{nv} – стан поверхні заготовки, 0,85;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 1 (ВК);

$K_{\phi v}$ – передній кут різця, 1 ($\phi=45$);

$K_{\phi_1 v}$ – допоміжний передній кут, 1 ($\phi_1=10$);

K_{rv} – радіус вершини різця, 1 (2 мм);

K_{qv} – розміри державки різця, 1,04 (25x40);

K_{ov} – вид обробки, 1,04.

Отже загальний поправковий коефіцієнт:

$$K = 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 11 \cdot 1,04 \cdot 1,04 = 0,91936.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 3,6^{0,15} \cdot 1,1^{0,45}} \cdot 0,91936 = 109 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання має три складових: тангенційну P_z , радіальну P_y і осьову P_x , їх розраховують за формулою:

$$P_z(P_y; P_x) = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} K_p \text{ [Н]}, \quad (2.31)$$

де C_p , x_p , y_p , n_p – коефіцієнти і показники степені в формулах для розрахунку складових сили різання.

Для тангенційної складової:

$$C_p = 92; x_p = 1; y_p = 0,75; n_p = 0.$$

Для радіальної складової:

$$C_p = 54; x_p = 0,9; y_p = 0,75; n_p = 0.$$

Для осьової складової сили різання:

$$C_p = 46; x_p = 1; y_p = 0,4; n_p = 0.$$

Поправковий коефіцієнт є добутком цілого ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\tau_p} \cdot K_{\lambda_p}. \quad (2.32)$$

Ці коефіцієнти враховують реальні умови протікання процесу різання.

$K_{Mр}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив механічних властивостей сірого чавуну на сили різання, 1;

$K_{\phiр}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на складові сили різання, 1;

$K_{\gammaр}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на складові сили різання, 1;

$K_{rр}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив радіусу при вершинці різця на складові сили різання, 1;

$K_{\lambdaр}$ – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза, 1.

Отже, поправковий коефіцієнт:

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Тоді складові сили різання:

$$P_z = 92 \cdot 3.6^1 \cdot 1,1^{0,75} \cdot 109^0 \cdot 1 = 355,74 \text{ (Н)};$$

$$P_y = 54 \cdot 3.6^{0,9} \cdot 1,1^{0,75} \cdot 109^0 \cdot 1 = 183,7 \text{ (Н)};$$

$$P_x = 46 \cdot 3.6^1 \cdot 1,1^{0,4} \cdot 109^0 \cdot 1 = 172,04 \text{ (Н)}.$$

Отже, виконується рівність, тобто державка різця придатна для використання її при точінні з обраними режимами різання.

Потужність різання розраховують за формулою:

$$N = \frac{P_z V}{102 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.33)$$

Враховуючи отримані раніше параметри отримаємо:

$$N = \frac{355 \cdot 74 \cdot 109}{102 \cdot 60} = 6.34 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки обраний верстат має потужність 10 кВт, то він може бути використаний для даного переходу механічної обробки.

Розрахунок режимів різання за нормативами

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі виконання операції 005.

На даній операції виконується точіння торцю 1, торця 2 та циліндричної поверхні 3: попередньо, попередньо та остаточно. При цьому знімаються припуски:

поверхня 1 – припуск 2,2 мм;

поверхня 2 – припуск 2,2 мм;

поверхня 3 – припуски: 2,2; 1,1; 0,4 мм.

При цьому згідно [5, 13] рекомендована подача для точіння торців складає:

$$S_{от1}=0,97 \text{ мм/об};$$

$$S_{от2}= 0,97 \text{ мм}.$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів.

- Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові T14K8) $K_{SU}=1,15$.

- Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{SP}=1,1$;

- Коефіцієнт, що залежить від перерізу державки (20×20) $K_{SG}=1$.

- Коефіцієнт, що залежить від міцності ріжучої частини інструменту, а саме від його товщини, що згідно рекомендацій прийнята рівною 4 мм $K_{sh}=1$.

- Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$.

- Коефіцієнт, що враховує схему установки (в трьохкулачковому самоцентруючому патроні) $K_{sy}=1,2$.

- Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{sp}=0,85$.

- Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{sq}=0,95$.

- Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{sj}=0,75$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1,15 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,75=1,1.$$

Відповідно подача складатиме

$$S_{o1}=0,97 \cdot 1,1=1,067 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{o2}=0,97 \cdot 1,1=1,067 \text{ (мм/об).}$$

При розточуванні рекомендовані подачі при чорновій, напівчистовій та чистовій обробці складають:

$$S_{от3}=0,74 \text{ мм/об;}$$

$$S_{от4}=0,55 \text{ мм;}$$

$$S_{от4}=0,4 \text{ мм.}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів, для чорнового та напівчистового розточування:

- Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{su}=1$.

- Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{sp}=1,1$.

- Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$.

- Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{sp}=0,85$.
- Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{S\phi}=0,95$.
- Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{SI}=0,95$.
- Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі $K_{SD}=0,8$.

Загальний коефіцієнт становить

$$K=1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,2=0,767.$$

Відповідно подача складатиме

$$S_{o3}=0,74 \cdot 0,77=0,567 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от4}=0,55 \cdot 0,767=0,421 \text{ (мм/об).}$$

Для чистового розточування поправкові коефіцієнти складають.

- Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=1$.

- Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$.

- Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця $K_{sr}=0,8$.
- Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані $K_{S\phi K}=0,95$.
- Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{SI}=0,9$.
- Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі $K_{SK}=1$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1=0,8208.$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o5}=0,4 \cdot 0,8208=0,328 \text{ (мм/об)}.$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{тріз1}}=108 \text{ м/хв}; V_{\text{тріз2}}=108 \text{ м/хв}; V_{\text{тріз3}}=138 \text{ м/хв}; V_{\text{тріз4}}=148 \text{ м/хв}; V_{\text{тріз5}}=415 \text{ м/хв}.$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=5 \text{ кВт}; P_2=5 \text{ кВт}; P_3=3,7 \text{ кВт}; P_4=3,4 \text{ кВт}.$$

Але для того щоб врахувати умови в яких виконується процес, вид інструменту і стан деталі введемо поправкові коефіцієнти.

- Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту $K_{vi}=1$.
- Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу $K_{vc}=1$.
- Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{vj}=0,75$.
- Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{vm}=1,3$.
- Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{v\phi}=0,95$.
- Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту $K_{vt}=1,1$.
- Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) $K_{vj}=0,75$.
- Коефіцієнт, що враховує вид обробки для підрізання торцю: $K_{vo}=1$; для розточування отвору $K_{vo}=1,2$.

Загальний коефіцієнт складає

$$K_1=1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,7641;$$

$$K_2=1 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,917.$$

Отже швидкість різання складатиме

$$V_{\text{триз1}}=108 \cdot 0,7641=82,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз2}}=108 \cdot 0,7641=82,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз3}}=138 \cdot 0,7641=105,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз4}}=148 \cdot 0,7641=113,1 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз5}}=415 \cdot 0,917=380,555 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]}. \quad (2.34)$$

Відповідно отримаємо

$$n_1=1000 \cdot 82,5 / 3,14 \cdot 190=138,28 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_2=1000 \cdot 82,5 / 3,14 \cdot 190=138,28 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_3=1000 \cdot 105,5 / 3,14 \cdot 190=176,84 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_4=1000 \cdot 113,1 / 3,14 \cdot 190=189,6 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_5=1000 \cdot 380,555 / 3,14 \cdot 190=637,87 \text{ (об/хв.)}$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання

$$n_1=138 \text{ об/хв.};$$

$$n_2=138 \text{ об/хв.};$$

$$n_3=176 \text{ об/хв.};$$

$$n_4=189 \text{ об/хв.};$$

$$n_5=637 \text{ об/хв.}$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_o \text{ [ММ/ХВ.]}, \quad (2.35)$$

В даному випадкові отримаємо

$$S_{M1} = 138 \cdot 1,067 = 147,246 \text{ (ММ/ХВ.)};$$

$$S_{M2} = 138 \cdot 1,067 = 147,246 \text{ (ММ/ХВ.)};$$

$$S_{M3} = 176 \cdot 0,567 = 99,792 \text{ (ММ/ХВ.)};$$

$$S_{M4} = 189 \cdot 0,421 = 79,569 \text{ (ММ/ХВ.)};$$

$$S_{M5} = 637 \cdot 0,328 = 208,936 \text{ (ММ/ХВ.)}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для другого переходу операції 005. Отримані результати заносимо до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Режими різання на операції 005

Перехід	Глибина, мм	Таблична подача, мм/об	Прийнята подача, мм/об	Таблична швидкість різання, м/хв.	Прийнята швидкість різання, м/хв.	Частота обертання шпинделя, об/хв.	Потужність різання	Хвилинна подача
Операція 005								
1 Точіння торцю	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
2 точіння торцю	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
3 Розточування отвору попереднє	2,2	0,74	0,567	138	105,5	176	3,7	99,79
4 Розточування отвору попереднє	1,1	0,55	0,421	148	113,1	189	3,4	79,57
5 Розточування отвору остаточне	0,4	0,4	0,328	415	380,55	637	-	208,9
Операція 010								
1 Підрізка торцю	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
2 Точіння фаски	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2

Аналогічно проводяться розрахунки при свердлінні, результати їх занесено до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Режими різання на операції 020

Перехід	Глибина, мм	Таблична подача, мм/об	Прийнята подача, мм/об	Таблична швидкість різання, м/хв.	Прийнята швидкість різання, м/хв.	Частота обертання шпинделя, об/хв.	Потужність різання, кВт	Осьова сила різання, Н
1 Центрування отворів	2,5	0,13	0,13	27,5	23,375	39	0,2	509
2 Свердління отворів Ø11	5,5	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675
3 Центрування отворів	2,5	0,13	0,13	27,5	23,375	39	0,2	509
4 Свердління отворів Ø11	5,5	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675
5 Свердління отвору Ø12	6	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675
6 Центрування отвору	2,5	0,13	0,13	27,5	23,375	39	0,2	509
7 Свердління отвору Ø7,5	3,75	0,35	0,35	25,8	21,93	36	1,1	2647
8 Нарізання різи в отворі		1,25	1,25	7,2	6,12	10,26	0,17	15

На операції 015 протягується паз. При цьому швидкість різання становить 8 м/хв, подача на зуб 0,1 мм. Питома сила різання складає 2070 Н/мм. Для забезпечення вище вказаних режимів різання необхідно потужність 0,52 кВт, що забезпечується обраним верстатом.

При нарізанні різи: крутний момент складає 0,9 Н·м, та момент руйнування – 45 Н·м.

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання на ЕОМ

Знайдемо оптимальні режими різання за допомогою спеціальної комп'ютерної програми оптимізації режимів різання для поздовжнього точіння (розточування).

Результат оптимізації при чорновому точінні зовнішньої циліндричної поверхні показаний на рисунку 2.11.

Результати, отримані за допомогою комп'ютерної програми, мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Таким чином максимальна продуктивність обробки на верстаті з ЧПК буде забезпечена.

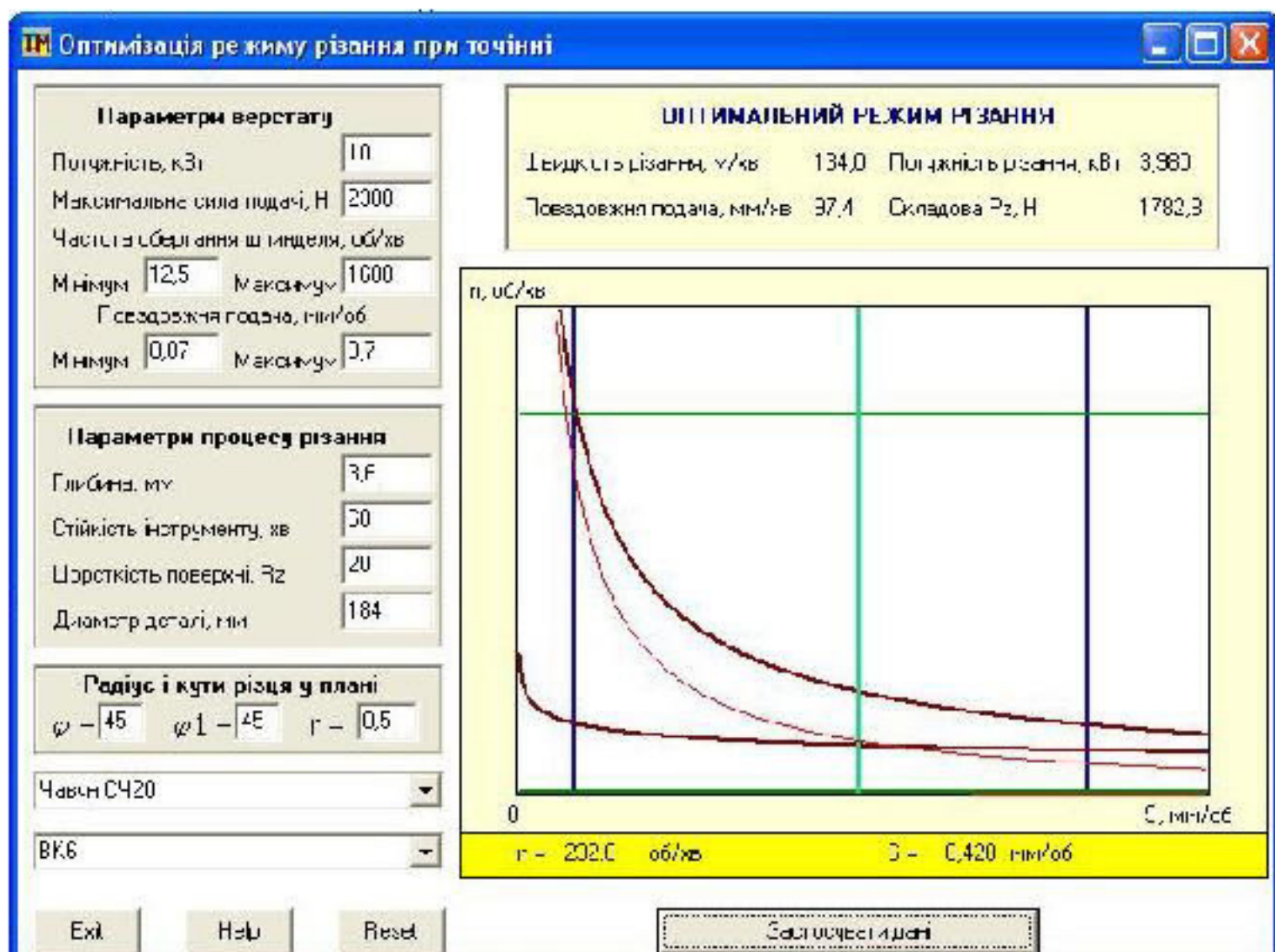


Рисунок 2.11 – Оптимізація режимів різання при чорновому точінні зовнішньої циліндричної поверхні

2.12 Визначення технічних норм часу

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [5, 13] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{у.а.} + T_{а}) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) \text{ [хв.]}, \quad (2.36)$$

де $T_{в}$ – допоміжний час, що складається із:

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{ввим} \text{ [хв.]}, \quad (2.37)$$

$T_{вуст}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 хв. в трьохкулачковому патроні для першого установу та 0,85 хв. для встановлення на розтискну оправку при виконанні другого установу хв.;

$T_{воп}$ – допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв.;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв.;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{воп} = 0,15 + 0,32 + 0,03 = 0,5 \text{ (хв.)};$$

$T_{ввим}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із двох замірів штангенциркулем, одного заміру скобою після виконання операцій на першому установі та двох замірювань штангенциркулем після виконання операцій другого установу. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ВВМ}} = (0,11 \cdot 2 + 0,2) + 0,11 \cdot 2 = 0,64 \text{ (хв.)}$$

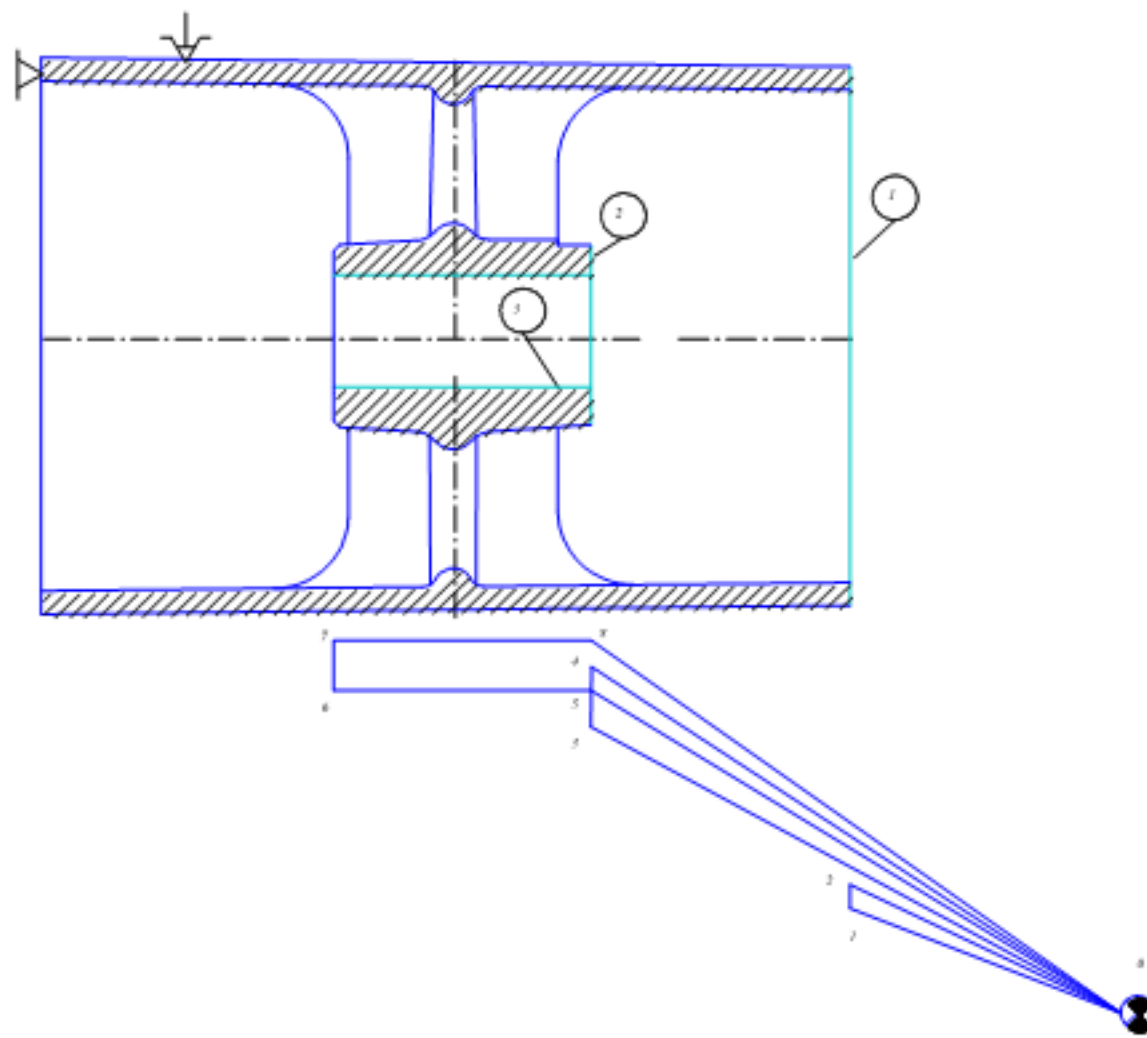


Рисунок 2.12 – Схема переміщення інструменту на операції 005

Таблиця 2.21 – Час на виконання автоматичного циклу точення

Ділянка траєкторії (номери позицій інструментів попереднього і робочого положень)	Приріст по осі Z	Приріст по осі X	Довжина і-ї ділянки	Хвилинна подача на ділянці	Основний час автоматичної роботи верстату по програмі, T _о , хв	Машинний допоміжний час. T _{мв} , хв
1	2	3	4	5	6	7
Інструмент №5-№1						0,083
0-1	-149	-184,5	237,2	4000		0,059
1-2	-6	0	6	147,2	0,04	
2-0	155	184,5	240	2000		0,12
Інструмент №1-№2						0,05
0-3	-210	-271	342,8	4000		0,086
3-4	-15,5	0	15,5	147,2	0,105	
4-0	225,5	271	351,78	2000		0,176
Інструмент №2-№3						0,05

Продовження таблиці 2.21

1	2	3	4	5	6	7
0-5	-223,5	-271	351,27	4000		0,0878
5-6	0	-88	88	99,79	0,882	
6-7	-2,5	0	2,5	2000		0,00125
7-8	0	88	88	2000		0,044
8-0	226	271	352,87	2000		0,176
Інструмент №3-№4						0,05
0-5	-223,5	-271	351,27	4000		0,0878
5-6	0	-88	88	79,57	1,1059	
6-7	-2,5	0	2,5	2000		0,00125
7-8	0	88	88	2000		0,044
8-0	226	271	352,87	2000		0,176
Інструмент №4-№5						0,05
0-5	-223,5	-271	351,27	4000		0,0878
5-6	0	-88	88	208,9	0,421	
6-7	-2,5	0	2,5	2000		0,00125
7-8	0	88	88	2000		0,044
8-0	226	271	352,87	2000		0,176
Всього					2,5539	1,80115

Аналогічно знаходиться час на виконання операцій другого установу, на якому основний час автоматичної роботи верстата складатиме 0,145 хв, а машинно допоміжний час 0,574 хв. Відповідно час на автоматичний цикл складає:

$$T_{\text{ца}}=(0,145+2,5539)+(1,80115+0,574)=5,07405 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_{\text{дет}}} \text{ [шт.]}, \quad (2.38)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

$n_{\text{дет}}$ – кількість деталей в партії, шт.

Для операції 020 визначається довжина робочого ходу:

$$L_{p.x.} = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \text{ [мм]}, \quad (2.39)$$

де l_0 – глибина отвору; l_1 – довжина підводу інструмента; l_2 – довжина врізання інструмента; l_3 – довжина перебігу інструмента.

При свердлінні отвору $\varnothing 10$ згідно [5, 13]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 5 \text{ (мм)}.$$

При свердлінні отвору $\varnothing 12$ згідно [5, 13]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 5,5 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.22 – Нормування операції 020, хв.

Переходи	Час на виконання автоматичного циклу	Допоміжний час			Час на організаційне і технічне обслуговування і особисті потреби, %	Штучно-калькуляційний час
		Час на установку і зняття деталі	Час на вмикання і вимикання верстату	Контрольні вимірювання		
2-33	1,688	1,2	0,1	0,52	0,28	3,788
		1,82				

На операції 015 виконується протягування отвору, при цьому оперативний час рівний:

$$T_0 = l/1000 \cdot V = 360/1000 \cdot 8 = 0,45 \text{ (хв.)}$$

Штучно калькуляційний час складає відповідно до [5, 13] 1,25 хв.

Отже визначено оперативний та штучно-калькуляційний час для всіх операцій, що дозволяє визначити кількість верстатів для всіх операцій.

Отримані норми часу зведемо до таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Норми часу

Операції	Основний час, хв.	Штучно-калькуляційний час, хв.
005	5,07	5,52
010	2,54	2,77
015	0,45	1,25
020	1,688	4,2

2.13 Застосування математичного планування експерименту для дослідження точності обробки при точінні

Мета роботи – дослідження впливу факторів процесу різання на величину зміщення осі заготовки та точність обробки діаметрального розміру під впливом сил різання за допомогою математичного планування експерименту.

Розглядається деталь «Барабан млина 80-012» зовнішня діаметральна поверхня якої обробляється точінням на токарно-револьверному верстаті з ЧПК. Аналізується вплив наступних факторів: величини подачі s , глибини різання t і головного кута різця в плані φ на точність обробки діаметральної поверхні d .

Залежність $y = f(S, t, \varphi)$ вирішено апроксимувати поліномом другого ступеня [14-15]. Проведено повний трифакторний експеримент. Прийняті у дослідженні рівні та інтервали варіювання факторів зазначені в табл. 2.24.

Таблиця 2.24 – Рівні та інтервали варіювання факторів

Фактори	Кодове позначення	Інтервали варіювання	Натуральні рівні факторів, що відповідають кодованим		
			+1	0	-1
S – подача, мм/об	x_1	0,25	0,75	0,5	0,25
t – глибина різання, мм	x_2	1,5	3,5	2,0	0,5
φ – головний кут різця в плані, °	x_3	15	75	60	45

Матриця планування та результати дослідів наведено в табл. 2.25. План другого порядку для трьох факторів складається з плану повного факторного експерименту типу 2^3 (див. табл. 2.25, досліди 1–8).

Таблиця 2.25 – Матриця планування та результати дослідів

№ дослідів	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y , МКМ
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6,34
2	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	9,34
3	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	20,34
4	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	30,34
5	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	31,0
6	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	16,34
7	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	36,34
8	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	67,0

За результатами дослідів, виконаних відповідно до прийнятого плану експерименту, можна оцінити коефіцієнти рівняння регресії виду

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (2.40)$$

Коефіцієнти рівняння (2.40) визначаються за формулами (2.41) – (2.43):

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{y}_j}{N}; \quad (2.41)$$

$$b_j = \frac{\sum_{j=1}^N x_j \bar{y}_j}{N}; \quad (2.42)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} x_{ij} \bar{y}_j}{N}. \quad (2.43)$$

Використовуючи наведені вище формули, знайдено коефіцієнти рівняння регресії (2.40).

Вільний член b_0

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{y}_j}{N} = (58,3 + 55,3 + 85,7 + 124,7 + 50 + 56,7 + 55,3 + 107) / 8 = 74,1.$$

Коефіцієнти, які характеризують лінійні ефекти моделі (b_1 , b_2 і b_3), визначено з виразів

$$b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} \bar{y}_j}{N} = (-58,3 + 55,3 - 85,7 + 124,7 - 50 + 56,7 - 55,3 + 107) / 8 = 11,8;$$

$$b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} \bar{y}_j}{N} = (-58,3 - 55,3 + 85,7 + 124,7 - 50 - 56,7 + 55,3 + 107) / 8 = 19,1;$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} \bar{y}_j}{N} = (-58,3 - 55,3 - 85,7 - 124,7 + 50 + 56,7 + 55,3 + 107) / 8 = -6,9.$$

Коефіцієнти ефекту взаємодії ($x_1 x_2$, $x_1 x_3$, $x_2 x_3$ і $x_1 x_2 x_3$) розраховано за залежностями

$$b_{12} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} \bar{y}_j}{N} = (58,3 - 55,3 - 85,7 + 124,7 + 50 - 56,7 - 55,3 + 107) / 8 = 10,9;$$

$$b_{13} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = (58,3 - 55,3 + 85,7 - 124,7 - 50 + 56,7 - 55,3 + 107) / 8 = 2,8;$$

$$b_{23} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = (58,3 + 55,3 - 85,7 - 124,7 - 50 - 56,7 + 55,3 + 107) / 8 = -5,2;$$

$$b_{123} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = (-58,3 + 55,3 + 85,7 - 124,7 + 50 - 56,7 - 55,3 + 107) / 8 = 0,4.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (2.40) отримано

$$\begin{aligned} \hat{y} &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 = \\ &= 74,1 + 11,8 x_1 + 19,1 x_2 - 6,9 x_3 + 10,9 x_1 x_2 + 2,8 x_1 x_3 - 5,2 x_2 x_3 + 0,4 x_1 x_2 x_3 \end{aligned} \quad (2.44)$$

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів виконано за t -критерієм Стьюдента. Для повного факторного експерименту помилки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються за формулою

$$S(b_i) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 5,2 / \sqrt{8 \cdot 3} = 1,06 \quad (2.45)$$

Далі визначено довірчий інтервал довжиною $2\Delta b_i$

$$\Delta b_i = \pm t_{\alpha} \cdot S(b_i) = 2,12 \cdot 1,06 = \pm 2,25 \quad (2.46)$$

Критичне значення $t_{\alpha} = 2,12$ прийняте згідно [14, 15] для числа ступенів свободи $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$ (при $\alpha = 0,05$).

Коефіцієнт є значимим, якщо $|b_i| \geq \Delta b_i$.

Якщо в рівнянні (2.44) є статистично незначущі коефіцієнти ($|b_i| < \Delta b_i$), то їх можна усунути без перерахунку інших.

В рівнянні (2.44) таким коефіцієнтом є $|b_{123}| = 0,4$, тому його можна виключити без перерахунку інших.

Нехтуючи статистично незначущим коефіцієнтом, рівняння (2.44) набуло вигляду

$$\hat{y} = 74,1 + 11,8 x_1 + 19,1 x_2 - 6,9 x_3 + 10,9 x_1 x_2 + 2,8 x_1 x_3 - 5,2 x_2 x_3, \quad (2.47)$$

або у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$\hat{y} = 74,1 + 11,8 \frac{S - 0,5}{0,25} + 19,1 \frac{t - 2}{1,5} - 6,9 \frac{\varphi - 60}{15} + 10,9 \left(\frac{S - 0,5}{0,25} \right) \left(\frac{t - 2}{1,5} \right) + 2,8 \left(\frac{S - 0,5}{0,25} \right) \left(\frac{\varphi - 60}{15} \right) - 5,2 \left(\frac{t - 2}{1,5} \right) \left(\frac{\varphi - 60}{15} \right), \quad (2.48)$$

Перевірка гіпотези адекватності моделі (2.48) показала, що модель адекватна при 5%-ному рівні значимості, так як розрахункове значення F -критерію менше табличного ($F_p = 0,131 \leq F_{\text{табл}} = 4,49$). Обчислені за рівнянням (2.53) значення y відрізняються від експериментальних на величини, що не перевищують помилку досліду.

Отримані за рівнянням (2.53), апроксимовані лінійні залежності зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру деталі d) від факторів процесу різання показано на рис. 2.13-2.15.

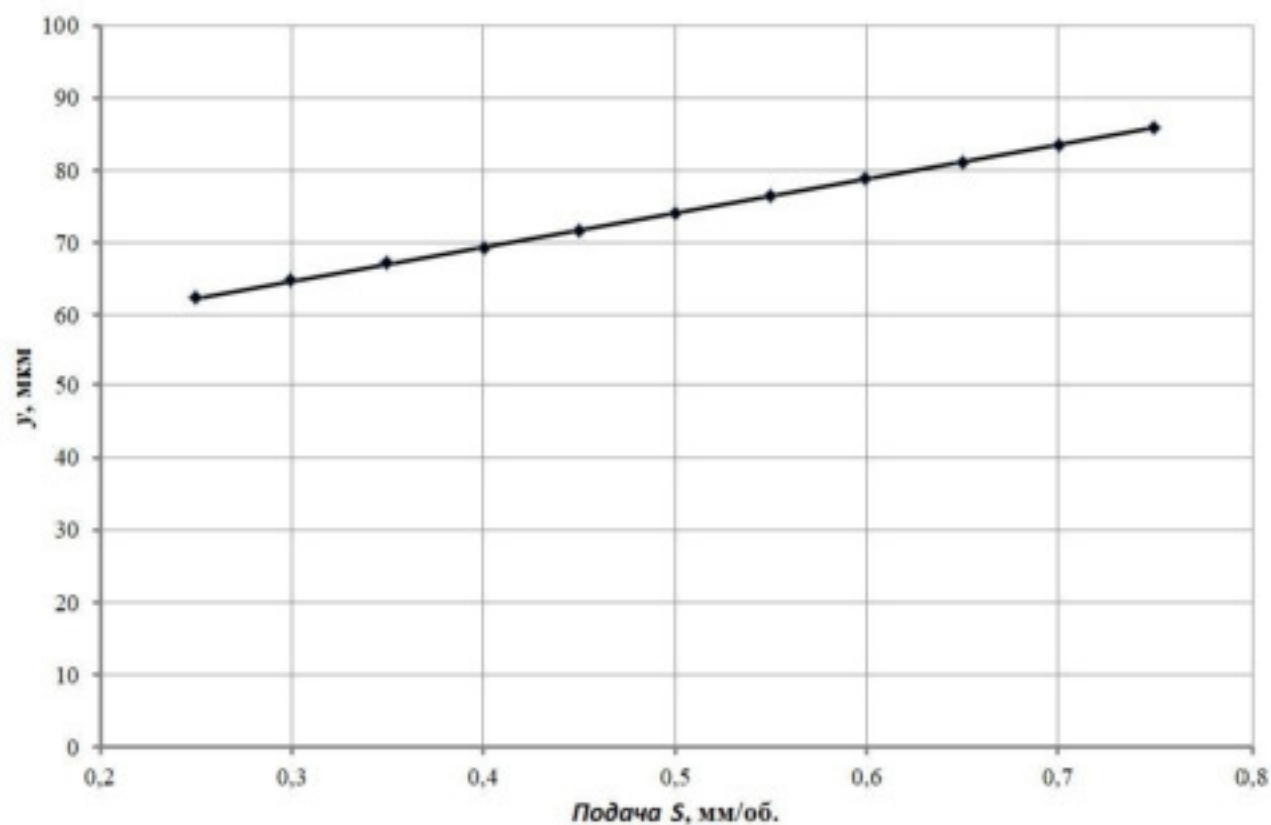


Рисунок 2.13 – Залежність зміщення осі заготовки y від подачі S

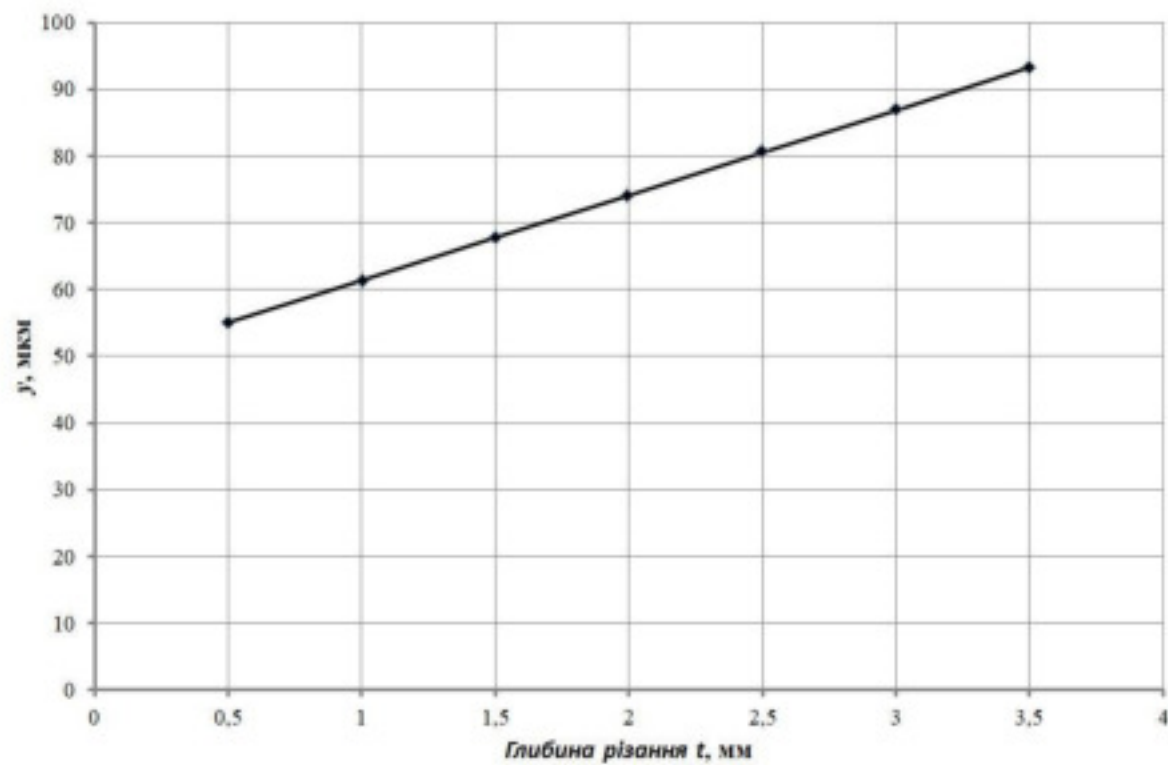


Рисунок 2.14 – Залежність зміщення осі заготовки y від глибини різання t

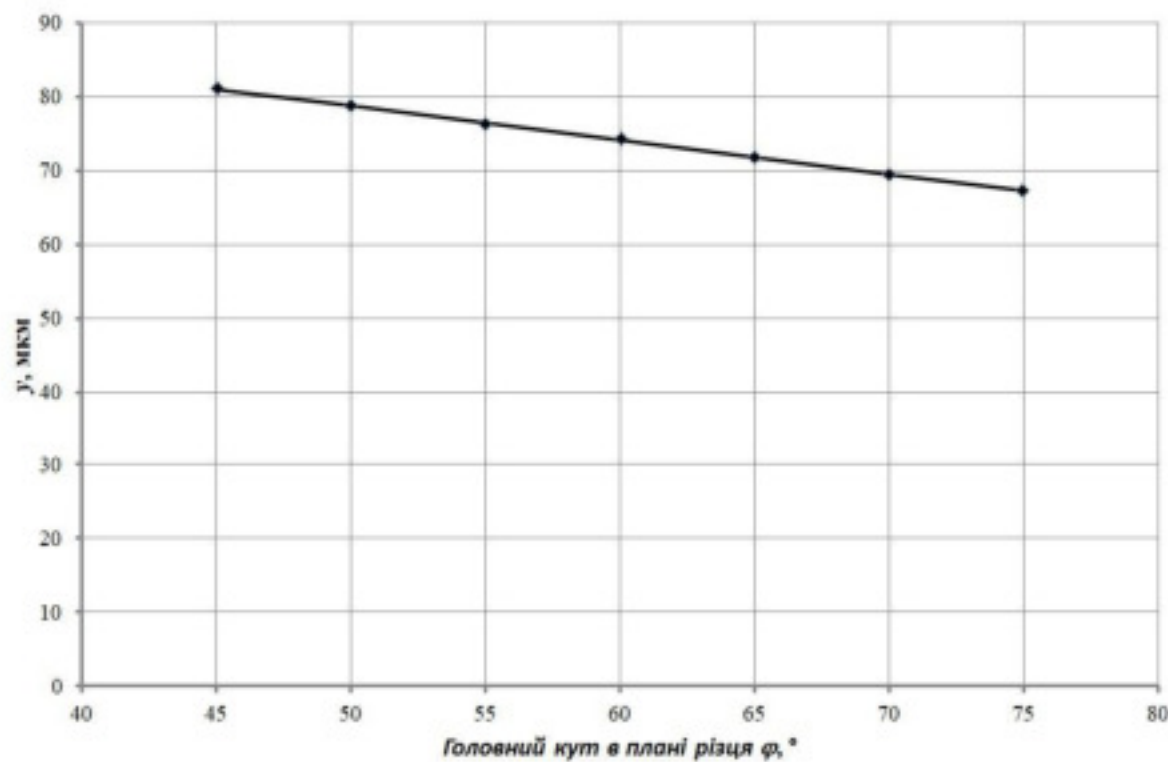


Рисунок 2.15 – Залежність зміщення осі заготовки y від головного кута в плані φ

Висновок. Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру заготовки d) від таких параметрів, як подача S , глибина різання t і головний кут різця в плані φ . Рівняння (2.53) адекватне, тому можна використовувати як інтерполяційну формулу для обчислення величини y .

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК

3.1 Вихідні дані для проектування пристосування

В якості завдання на пристосування взяті такі вихідні дані:

- креслення деталі «Барaban млина 80-012»;
- креслення заготовки деталі;
- технологічний маршрут обробки деталі;
- операційна карта на операцію 020;
- програма виготовлення деталі – 8000 шт/рік (середньосерійний тип виробництва);
- маса деталі $m = 15$ кг;
- матеріал деталі – сірий чавун марки СЧ15 ГОСТ 1412-85;
- партія запуску деталей – 189 шт.

Конструкція деталі (деталь можна віднести до деталей класу «Поліциліндри») достатньо проста і її заготовка, найкращим варіантом повинен слугувати вилівок, який і представлений в якості вихідних даних.

Деталь має поверхні, які підлягають механічній обробці, зручні для підведення і відведення інструменту, всі вони обробляються на прохід інструментом, за винятком глухих зенківок в отворах $\varnothing 11H12$. Майже всі ці поверхні розташовані симетрично відносно вісі, крім того конструкція деталі створює умови для зручного базування та закріплення але при обробці отворів $\varnothing 11H12$, які розташовані в різних площинах, вимагає досить складного за конструкцією верстатного обладнання.

До технологічних елементів конструкції деталі відноситься зовнішня поверхня і як вказувалося вище, розташування отворів $\varnothing 11H12$, до того ж, існує ще один отвір – $M10H7$, який обробляється через один з оброблених отворів $\varnothing 11H12$.

Вимоги до жорсткості та точності поверхонь невисокі – вони коливаються відповідно в межах $Ra = 2,5 \div 12,5$ мкм, Н9-Н12.

Обробка деталі на заданій операції 020 здійснюється на багатоцільовому верстаті з ЧПК мод. ЛФ260МФ3 з ділильною головкою на певну кількість різальних інструментах, що достатньо для обробки всіх поверхонь згідно складу операції.

Тобто, вихідні дані за своїм об'ємом є достатніми, а рівень технологічності конструкції деталі задовольняє можливості розробки верстатного обладнання на операцію 020.

Проектування пристосування спрямоване на отримання на базі теоретичного курсу практичних навичок виконання аналітично-розрахунково-конструктоської роботи, пов'язаної із створенням оптимальної конструкції верстатного пристосування, спроможного найбільш повно виконати своє функціональне призначення згідно отриманого завдання.

Для того, щоб виконати завдання потрібно спочатку теоретично обґрунтувати схему базування деталі на заданій операції, виходячи із розгляду декількох альтернативних варіантів, що закріплюється відповідними розрахунками. Маючи оптимальну схему базування деталі розробляється схема установу деталі, який реалізується у вигляді відповідного конструкторського рішення. Для того, щоб гарантувати використання запропонованої конструкції, розраховується точність пристосування взагалі та окремих його складових деталей. Продуктивність роботи пристосування залежить від можливості обмежити функції керування його роботою обслуговуючим персоналом. Це досягається в даному проекті відповідним силовим розрахунком пристосування, в який входить і матеріал по визначенню і розрахунку параметрів відповідного швидкодіючого механізму та його приводу для даних умов проектування.

Відповідні аналітичні обґрунтування, розрахунки ілюструються графічною частиною.

3.2 Розробка та вибір схеми базування та установки заготовки

Розглянемо 2 альтернативних варіанти схеми базування заготовки деталі «Барабан млина 80-012» при обробці поверхонь на операції 020, яке виконується на верстаті вертикально-свердлильного типу мод. ЛФ260МФ3.

1-й варіант. Заготовка встановлюється з упором в лівий торець деталі $\varnothing 190$.

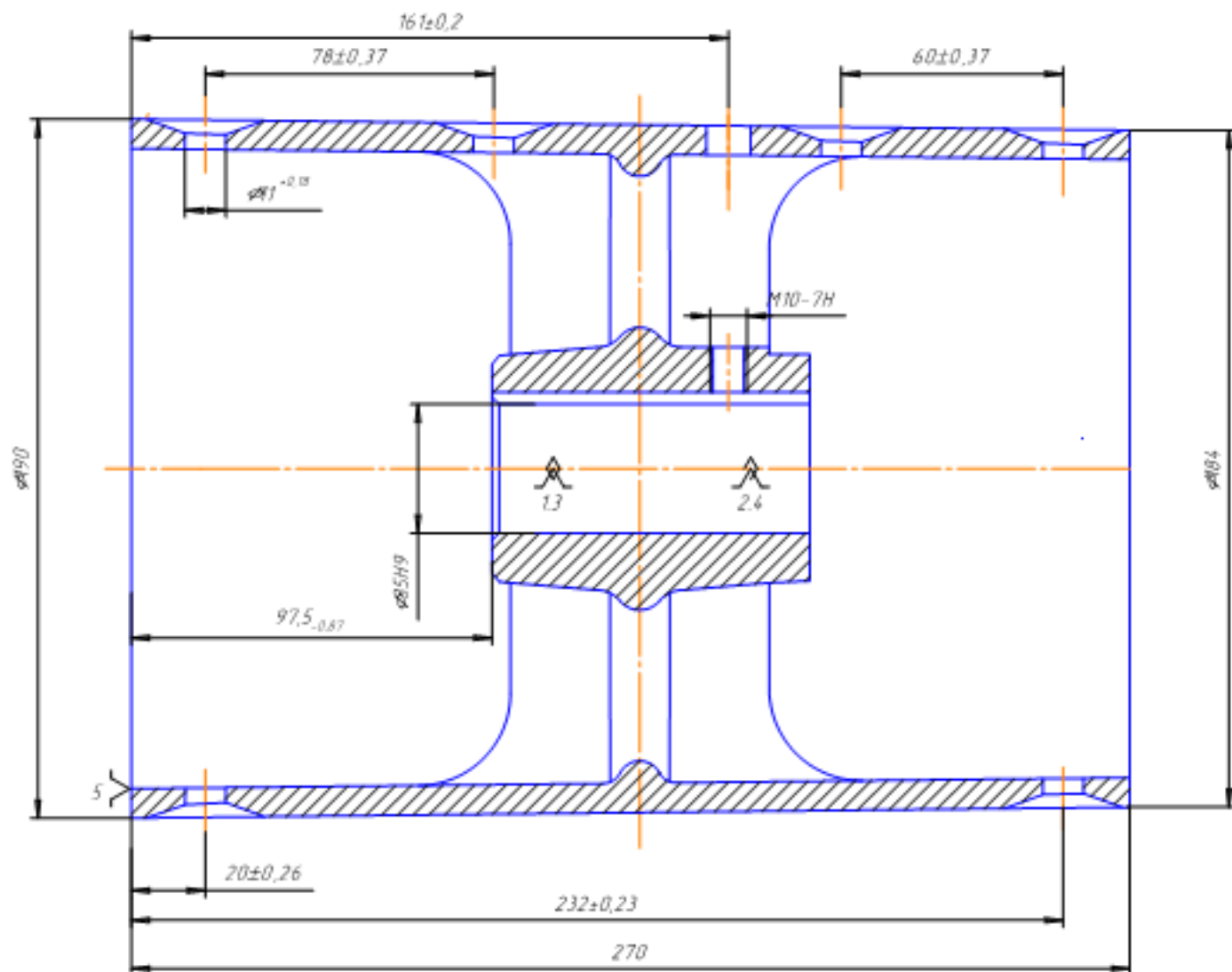
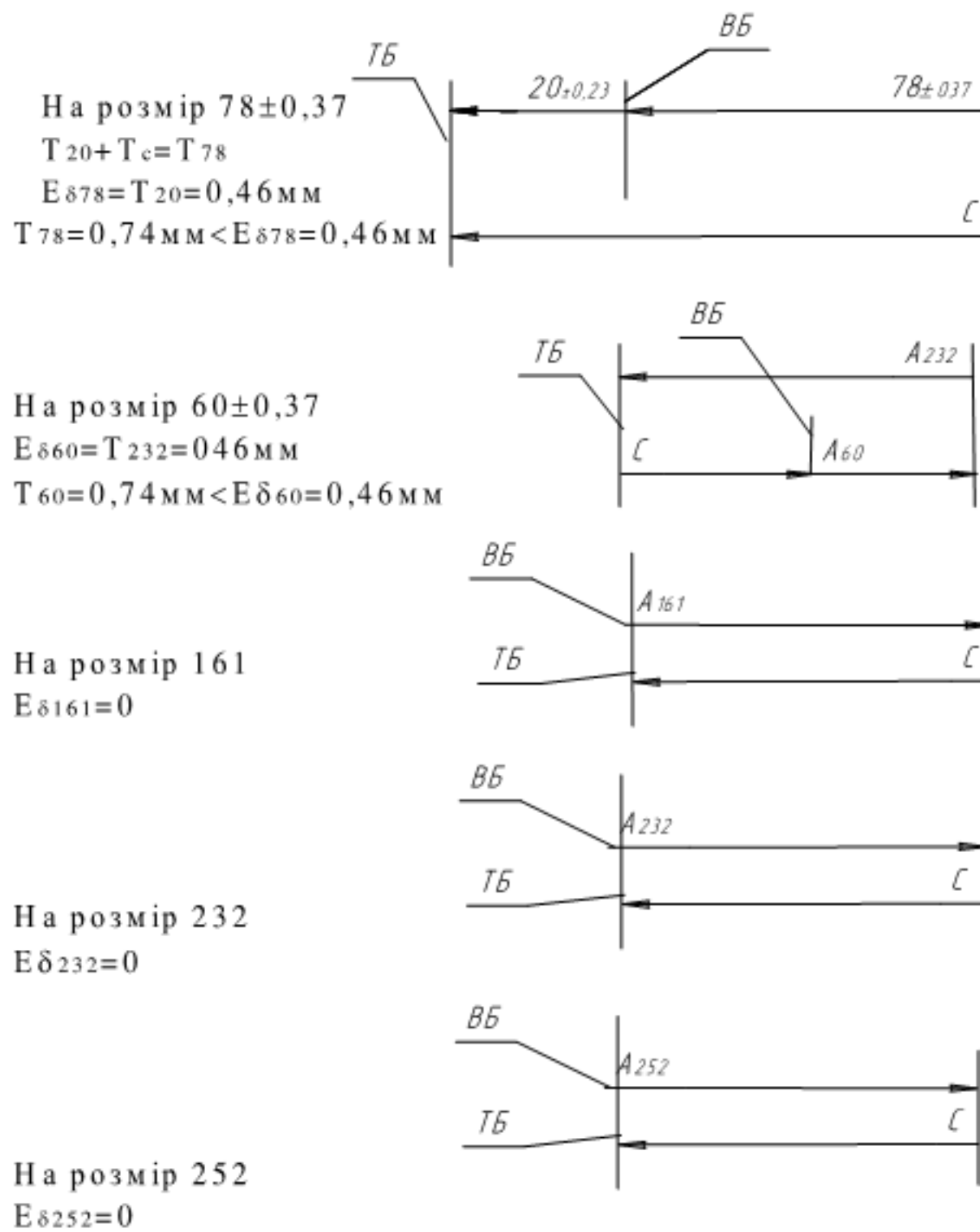


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки по 1-му варіанту

Визначимо похибки базування, які можуть мати місце при даному варіанті базування, на розміри поверхонь при обробці:

На діаметральні розміри (10 отв. $\varnothing 11^{+0,18}$) похибка базування буде утворюватися мірним інструментом, це також відноситься до утворення розмірів M10-7H та $\varnothing 10H9^{(+0,030)}$



Висновок: отже в більшості випадків похибка базування рівна нулеві, а коли вона виникає то не перевищує допуску розміру, що розглядається.

2-й варіант. Заготовка встановлюється з базуванням по отвору $\text{Ø}35\text{H}9$ з упором лівого торця ступиці.

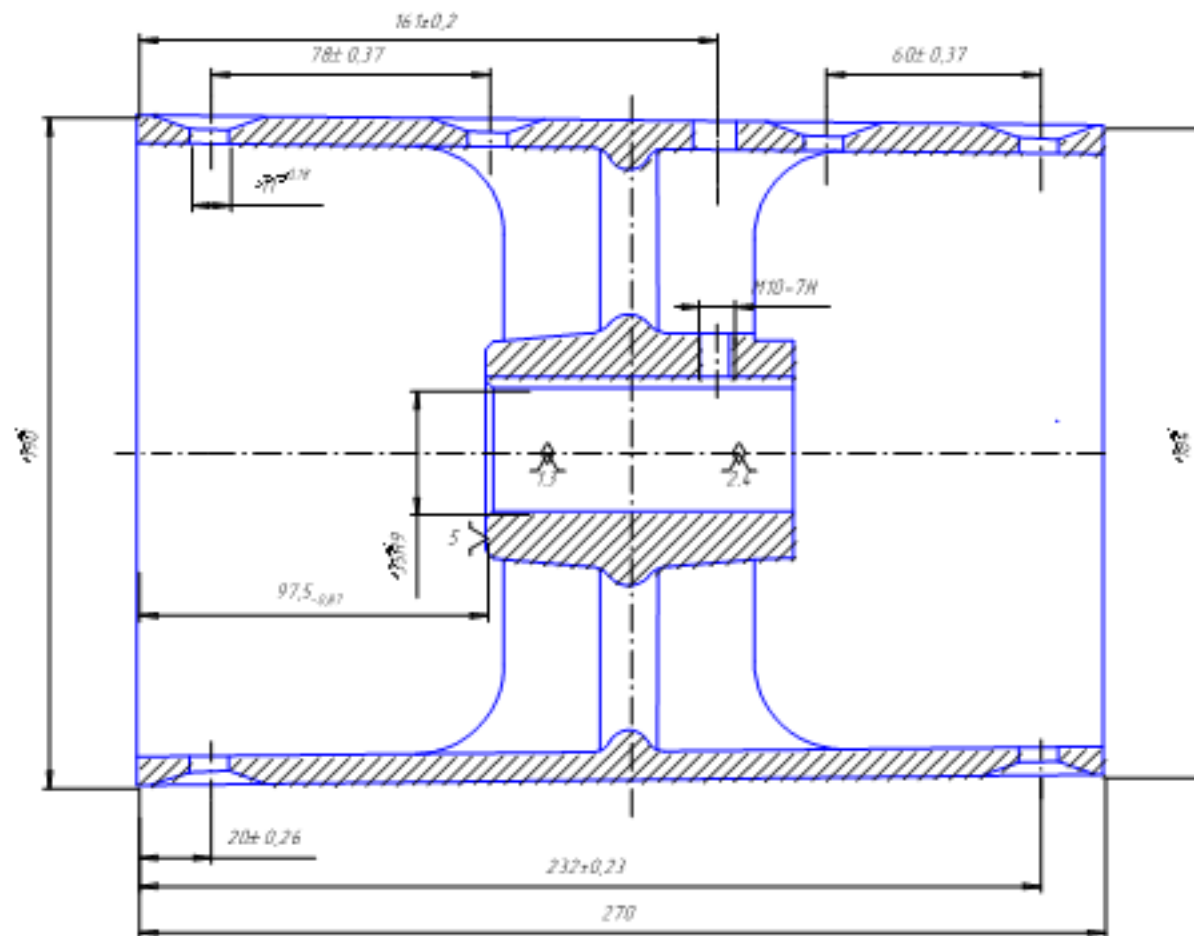
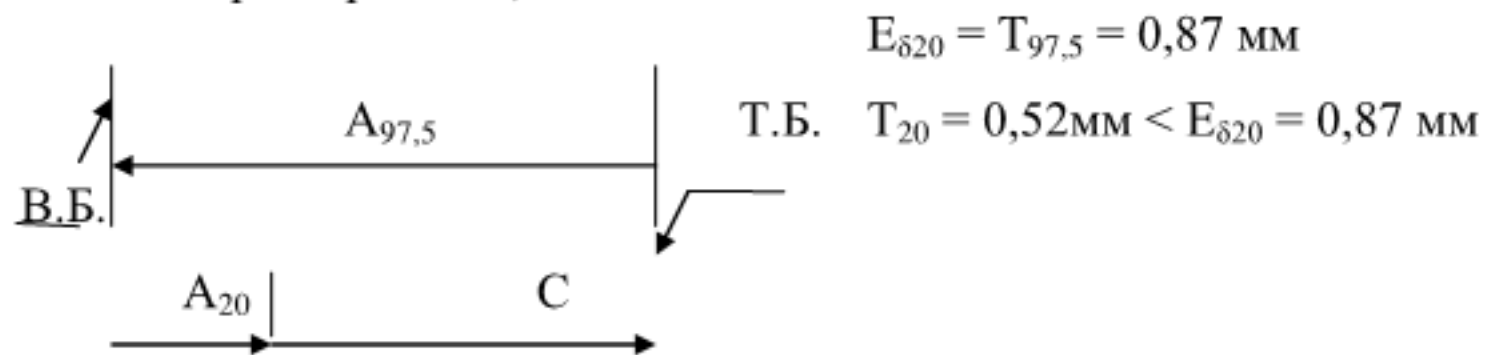


Рисунок 3.2 – Схема базування заготовки по 2-му варіанту

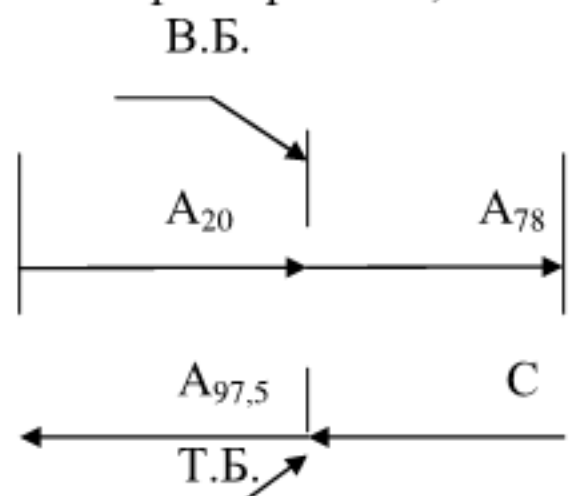
Аналогічно 1-му варіанту похибка базування при обробці отв. $\text{Ø}11^{+0,18}$ та отв. M10-7H буде дорівнювати нулю – поверхні отворів утворюються мірним інструментом.

На розмір $20 \pm 0,26$:



$$E_{\delta 20} = T_{97,5} = 0,87\text{ мм}$$

На розмір $78 \pm 0,37$:

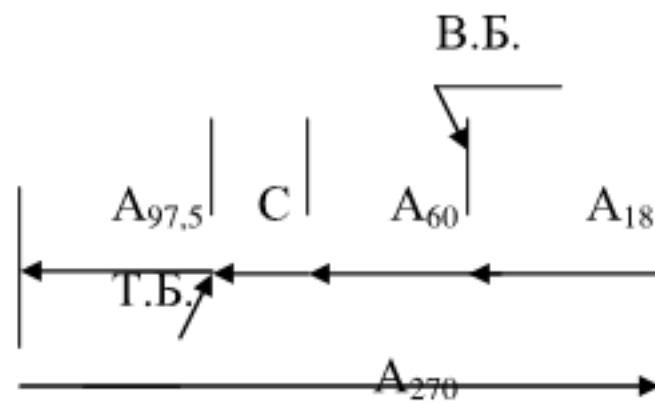


$$T_{97,5} = T_{20} + T_{78}$$

$$E_{\delta 78} = T_{97,5} - T_{20} = 0,87 - 0,52 = 0,35\text{ мм}$$

$$T_{78} = 0,74\text{ мм} > E_{\delta 78} = 0,35\text{ мм}$$

На розмір $60 \pm 0,37$:



$$T_{18} + T_{60} + T_{(c)} + T_{97,5} = T_{270}$$

$$E_{\delta 60} = T_{270} - T_{97,5} - T_{18} = 1,3 - 0,87 - 0,4 = 0,03 \text{ мм}$$

$$T_{60} = 0,74 \text{ мм} > E_{60} = 0,03 \text{ мм}$$

При даній схемі базування похибки базування, що виникають не перевищують допусків на відповідні розміри.

Висновок. На основі проведеного кількісного аналізу 2-х альтернативних варіантів схеми базування заготовки в робочій зоні верстата перевагу віддаємо 1-му варіанту.

Обґрунтування схеми установки

Прийнята схема базування деталі на операції 020 може бути реалізована шляхом встановлення останньої на циліндричній оправці по отвору $\text{Ø}35\text{H}9$ з упором лівого торця ступиці в поверхню оправки більшого діаметру. З правого боку ступиця фіксується від можливого ковзання в осьовому напрямку шайбою за допомогою гвинта в поперечному напрямку. Посадочна поверхня оправки має призматичну шпонку, а в деталі, згідно її службового призначення виконано шпонковий паз, тобто деталь спрягається із оправкою за допомогою шпонкового з'єднання.

Розробка конструктивної схеми пристосування

На основі обраної схеми установу розробляємо конструктивну схему пристосування (див. лист графічної частини). З лівого боку на оправку насаджено на приварено диск з отворами, які надають можливість фіксувати деталь за допомогою відповідного пальця в певному кутовому положенні (деталь

потрібно фіксувати в 3-х кутових положеннях внаслідок певного розташування 10 отв. Ø11H12 на її поверхні).

Зібрання деталі в оправку встановлюється зверху в низ у отвори, з лівого боку фіксується у певному кутовому положенні, як було сказано вище, а з лівого боку – притискається до опори відповідною планкою.

Опори (дві стійки з напівотворами) приварюються до основи плити призматичної форми з призматичними з двох протилежних боків для закріплення за допомогою пар: «болт з Т-подібною головкою – гайка» у Т-подібних пазах столу верстата. На основній площині основи поздовжньо виконано з обох протилежних боків пази, у які встановлено дві привертні призматичні шпонки. За допомогою цих шпонок пристосування встановлюється (центрується) на столі верстата по середньому, найбільш точному, Т-подібному пазі.

На лівій стійці виконано отвір, куди посаджена втулка-напрямна під фіксаторний палець.

Розробка конструкції корпусу верстатного пристосування

Корпус є базовою деталлю пристосування, на яку встановлюють всі інші елементи конструкції (установні, затискні, напрямні тощо). Також на корпусі повинні бути передбачені конструкторські бази для встановлення пристосування на верстат.

Корпус пристосування сприймає сили, що виникають при закріпленні і обробці заготовки, тому він повинен бути міцним, жорстким, зносостійким. Пристосування не повинне деформуватися як під час процесу обробки, так і в процесі закріплення та зберігати стійкість при різних положеннях.

Корпус пристосування має таку конструкцію, яка дозволяє здійснювати встановлення пристосування на верстат без вивіряння основної бази корпусу. Для цього в корпусі пристосування передбачені базувальні елементи, виконані так, щоб відповідати посадковим місцям верстату.

Монтується пристосування на супутнику і кріпиться 4-ма болтами в отворах, передбачених на супутнику. Супутник орієнтується на столі верстату за рахунок спеціально передбачених провудин під кріпильні болти. Крім того, підібрані стандартні кріпильні елементи такі, як гвинти, болти, гайки, штифти.

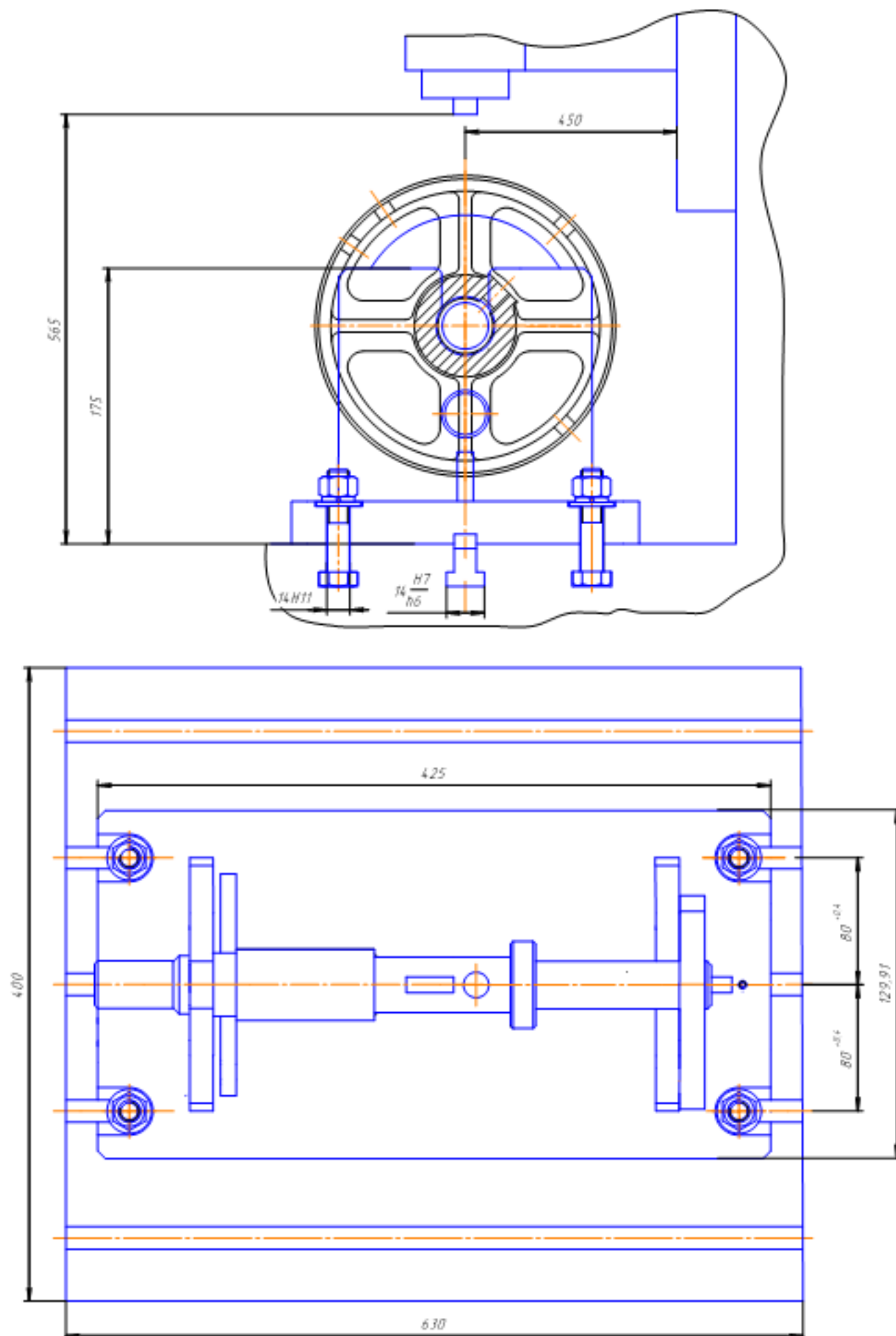


Рисунок 3.3 – Конструкція корпусу верстаного пристосування та схема монтажу пристосування на верстаті

3.3 Розрахунок зусилля закріплення

3.3.1 Визначення складових похибки установки

Визначимо складові похибки установки.

Розрахункову похибку пристосування визначаємо за формулою [16, 17]

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_x^2 + \varepsilon_{\text{мв}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.1)$$

де T – допуск на більш точний розмір, який досягається при обробці; розглядається розмір $18 \pm 0,2$ ($T=0,4$ мм);

K_T – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення; приймаємо $K_T=1,0$ ($K_T=1 \dots 1,2$);

K_{T1} – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах; приймаємо $K_{T1} = 0,8$ ($K_{T1} = 0,8 \dots 0,85$);

K_{T2} – коефіцієнт, який враховує частину похибки обробки в сумарній похибці. Ця похибка викликається факторами, які залежать від пристосування; приймаємо $K_{T2} = 0,6$ ($K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$);

ω – економічна точність при свердлінні; приймаємо $\omega = 0,18$ мм;

ε_{δ} – похибка базування; $\varepsilon_{\delta} = 0,43$ мм;

ε_z – похибка закріплення; $\varepsilon_z = 0,30$ мкм (встановлення на циліндричній оправці);

ε_y – похибка встановлення; встановлення пристосування здійснюється на горизонтальний стіл по T – подібному пазу. $\varepsilon_y = 0,02$ мм;

ε_u – похибка деталі внаслідок зношення установних елементів пристосування; похибка визначається за формулою:

$$\varepsilon_u = U = U_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot N/N_0 \text{ [мкм]}, \quad (3.2)$$

де N_0 – середнє значення установних елементів для заготовки із чавуна при зусиллі затискання $P_0 = 2,5$ кН та базової кількості встановлень $N = 100000$ разів; $N_0 = 45$ мкм; k_1, k_2, k_3, k_4 – відповідкі коефіцієнти, які враховують вплив матеріалу, обладнання, умов обробки та кількості встановлень заготовки:

$$k_1 = 1,0; k_2 = 1,0; k_3 = 1,12; k_4 = 2,8;$$

N – кількість встановлень заготовки, $N = 200$ разів.

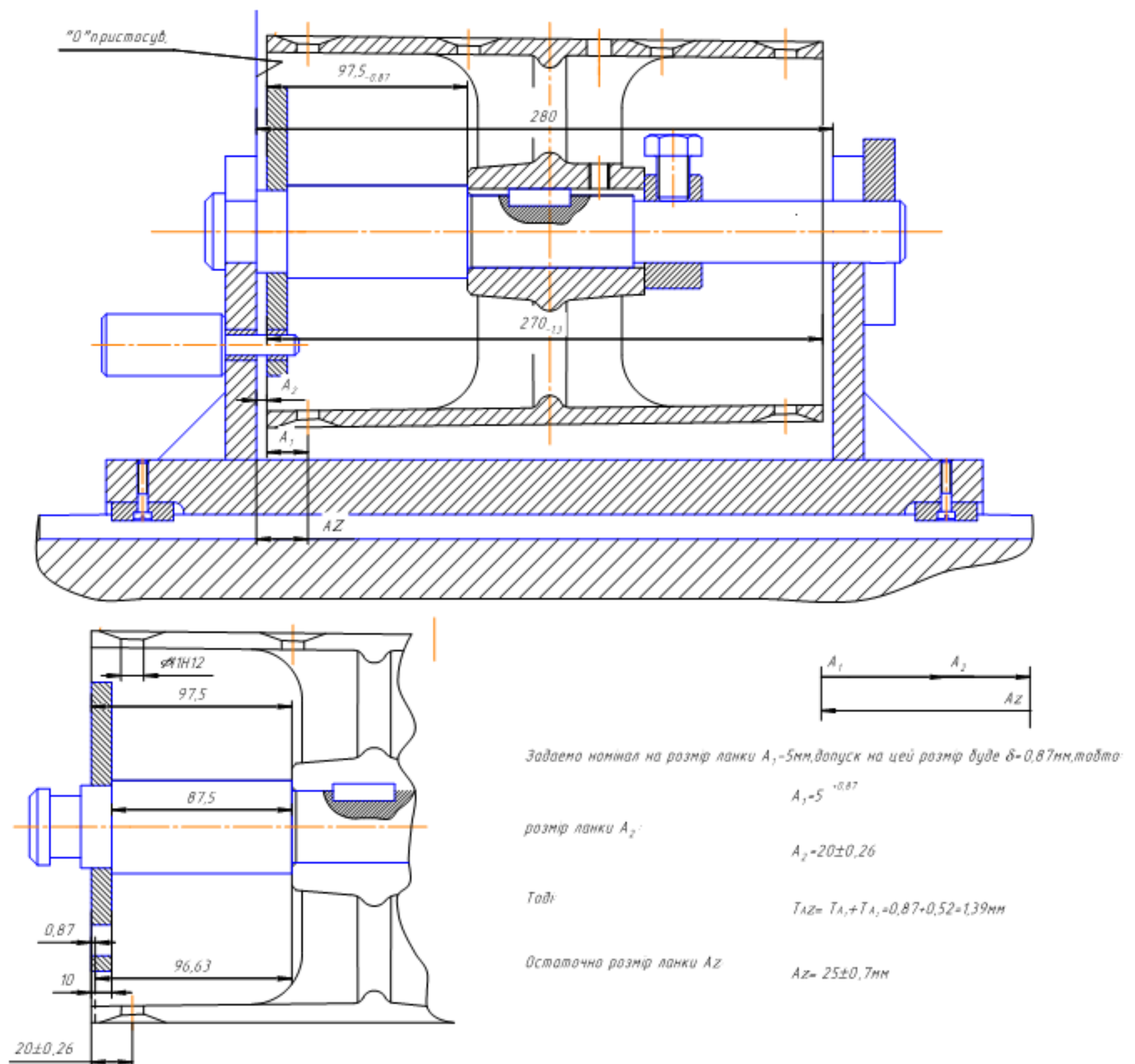


Рисунок 3.4 – Схема розрахунку пристосування на точність

Знаходимо шукану похибку:

$$\varepsilon_{\text{ин}} = 0,045 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 \cdot 2,8 \cdot (200/100000) = 0,00028 \text{ (мм)}.$$

де $\varepsilon_{\text{ин}}$ – похибка внаслідок зміщення інструменту; $\varepsilon_{\text{ин}} = 0$ – відсутні напрямні елементу для інструменту.

3.3.2 Визначення точності пристосування

Підставляємо отримані значення у вихідну формулу (3.1)

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,4 - 1,0 \sqrt{(0,8 \cdot 0,43)^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 0,00028^2 + 0 + (0,6 \cdot 0,18)^2} = 0,04 \text{ (мм)};$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} < T.$$

Висновок. Точність проектує мого пристосування має здатність забезпечити точність заданого розміру деталі (найбільш точного), яка встановлюється при обробці в ньому.

3.3.3 Вибір розрахункових параметрів, що визначають точність пристосування

Точність пристосування знаходиться по параметрам, які впливають на досягнення вимагає мої точності розміру найбільш точної поверхні, яка підлягає обробці.

Обробка 10 отв. Ø11Н12 здійснюється на верстаті з ЧПК. До специфіки налагодження верстата з ЧПК відноситься вибір координатних систем пристосування деталі, інструмента, верстата та визначення розмірних зв'язків між початком координат цих систем. Це дає змогу продуктивно і якісно проводити обробку партії деталей. Зокрема, в якості початку координат пристосування задаємо внутрішню площину лівої стінки-опори і повинні перевірити (складових елементів на можливість дотримувати один найбільш

точний розмір деталі для партій запуску – це відстань від торця деталі до вісі крайнього з лівого боку отвору – розмір $20 \pm 0,26$ мм.

3.3.4 Розрахунок точності виготовлення деталей пристосування

Наведемо креслення циліндричної оправки

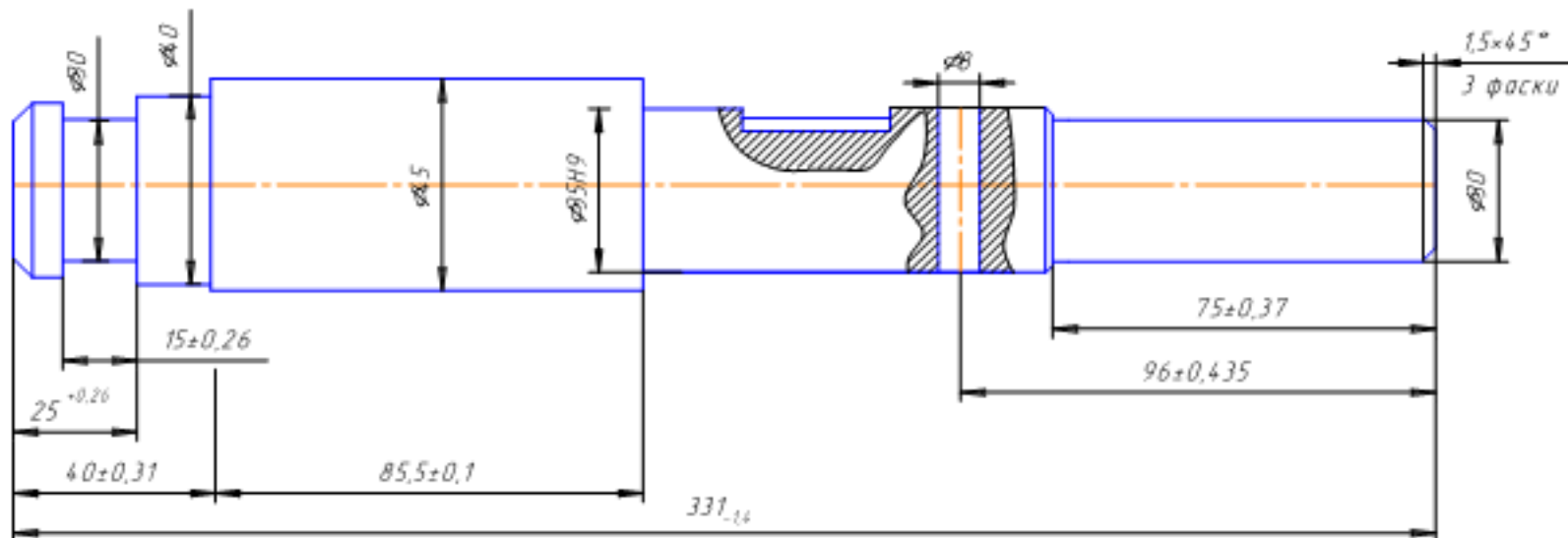


Рисунок 3.5 – Циліндрична оправка

3.3.5 Вибір типу затискного пристрою

Як було викладено вище, деталь встановлюємо в шпонкову частину циліндричної оправки з упором лівого торця в оправку більшого діаметру.

Для фіксації деталі в цьому положення застосовуємо опорну шайбу, в радіальному напрямку якої виконано наскрізний з одного боку різевий отвір, куди вгвинчується болт і за рахунок сили тертя, яке утворюється під силою затискання гвинта між його кінцем та поверхню оправки деталь фіксується на оправці.

3.3.6 Визначення сили затискання

Сила затискання повинна протидіяти виникаючим в процесі обробка сили та моменту різання. Визначимо ці параметри при свердлінні отв. $\text{Ø}11\text{H}12$:

а) крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н}\cdot\text{м]}, \quad (3.3)$$

де $C_m = 0,021$; $D = 11$ мм; $q = 2,0$; $S = 0,35$ мм/об; $y = 0,8$; $K_p = 1,0$;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 11^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,0 = 0,21 \cdot 121 \cdot 0,43 = 10,9 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

б) осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (3.4)$$

де $C_p = 42,7$; $D = 11 \text{ мм}$; $q = 1,0$; $S = 0,35 \text{ мм/об}$; $y = 0,8$; $K_p = 1,0$.

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 11^{1,0} \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,0 = 427 \cdot 11 \cdot 0,43 = 2019,7 \approx 2020 \text{ (Н)};$$

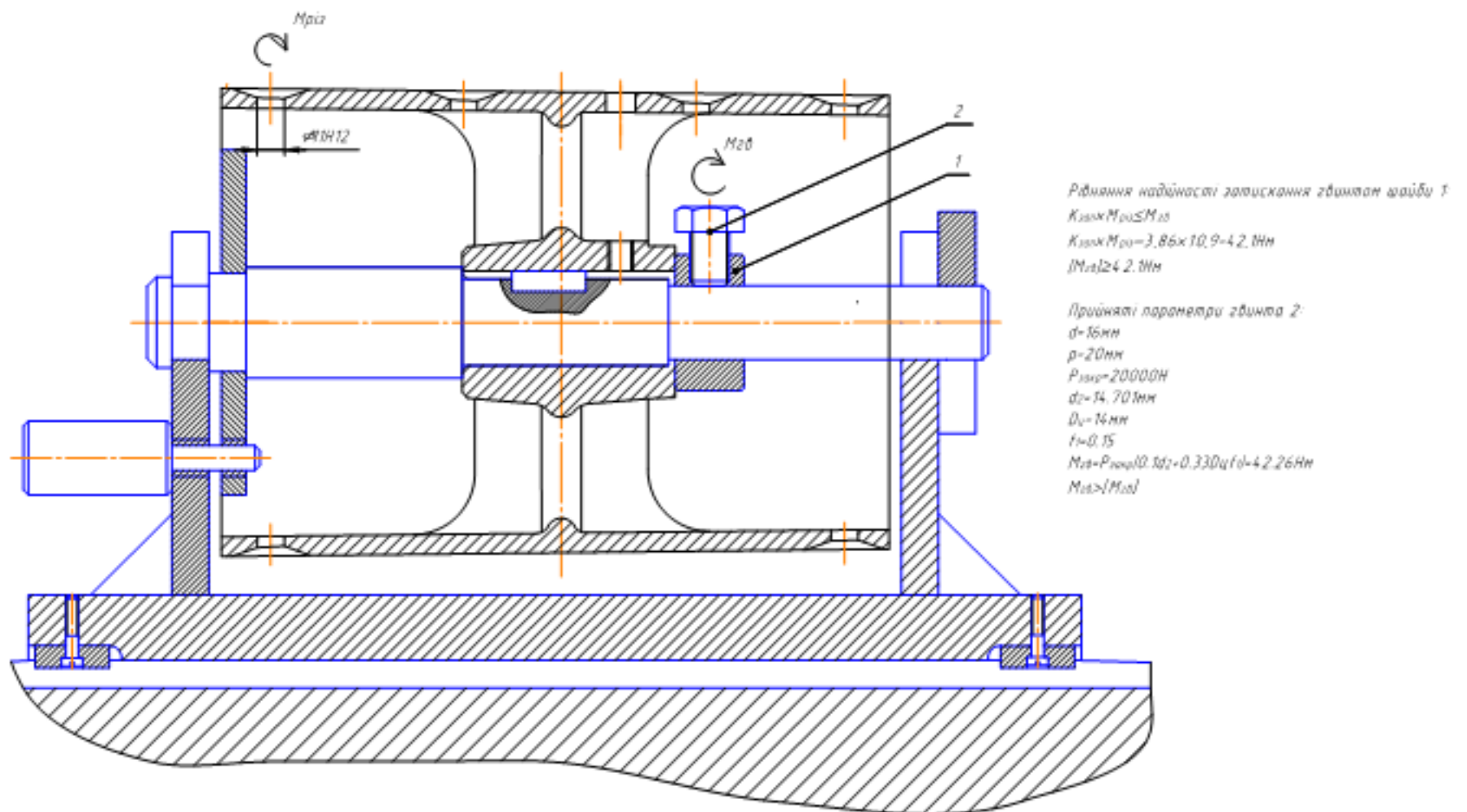


Рисунок 3.6 – Схема закріплення заготовки

в) колова сила:

$$P_z = M_{кр} / d_{св} = 10,9 / 0,011 = 991 \text{ (Н)}.$$

Визначимо коефіцієнт надійності затискання:

$$K_{\text{зат}} = 1,5 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

де $K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_2 = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання від прогресуйочого затуплення інструмента.

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при перервчастому різанні.

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили затискання, яке розвивається силолвим приводом пристосування.

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку ручних затискних елементів.

$K_6 = 1,5$ – коефіцієнт, який враховується тільки при наявності крутних моментів, здатних повернути оброблювану деталь.

Тоді

$$K_{\text{зат}} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,86.$$

Визначимо зусилля, яке повинно тримати опорну шайбу, притиснуту до торця ступиці деталі і зафвксовану в цьому положенні гвинтом.

Рівняння надійності затискання гвинтом шайби має такий вигляд:

$$K_{\text{зат}} \cdot M_{\text{кр}} \leq M_{\text{гв}},$$

(в крутний момент, як видно з формули, наведеної вище виходить окружна сила P_z , яка і намагається зсунути деталь на оправці в осьовому напрямку),
або

$$K_{\text{зат}} \cdot M_{\text{кр}} = 3,86 \cdot 10,9 = 42,07 \approx 42,1 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Тобто, момент $M_{\text{гв}}$, який потрібно створити для запобігання зсуву деталі в осьовому напрямку, повинен бути:

$$M_{гв} \geq 42,1 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

3.3.7 Розрахунок параметрів затискного пристрою

- Задаємо параметри гвинта: $d = 16 \text{ мм}$, $p_{\text{(крок різі)}} = 2,0 \text{ мм}$,
 $d_{1\text{(внутрішній діаметр різі)}} = 13,833 \text{ мм}$, $d_{2\text{(внутрішній діаметр різі)}} = 14,701 \text{ мм}$,
 $P_{\text{з(сила закріплення)}} = 20000 \text{ Н}$ (для орієнтиру взяте значення колової сили, яка виникає
в процесі різання, $P_z = 991 \text{ Н}$), навантаження розтягу гвинта $\sigma_p = 157 \text{ МПа}$.

- Приймаємо $\beta=30^\circ$, $\varphi_{пр}=6^\circ40'$ та обчислюємо кут підйому різі:

$$d = \arctg p/\pi d_2 = \arctg 2,0/3,14 \cdot 14,701 = \arctg 0,0433 = 2^\circ29'.$$

- Обираємо форму кінця гвинта – циліндрична (по попередньо обробленій поверхні).

- Визначаємо к.к.д. гвинтової пари:

$$\eta = \operatorname{tg} \alpha / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + 2/3 f_1 \cdot D_{ц}/d_2] = \operatorname{tg} 2^\circ29' / [\operatorname{tg}(2^\circ29' + 6^\circ40') + 2/3 \cdot 0,15 \cdot 14/14,701] = \\ = 0,0433 / (\operatorname{tg}(9^\circ9' + 2/3 \cdot 0,15 \cdot 14/14,701)) = 0,0433 / (0,1611 + 0,095) = 0,0433 / 0,2561 \approx 0,17.$$

Якщо $\eta \leq 0,4$, то гвинтовий затискач надійний від само відгвинчування. В нашому випадку $\eta = 0,17$, тобто умова виконується.

- Визначаємо момент, який потрібно прикласти до гвинта для створення сили затискання.

$$M_{гв} = P_z(0,1 \cdot d_2 + 0,33 f_1 \cdot D_{ц}) = 20000 \cdot (0,1 \cdot 14,701 + 0,33 \cdot 14 \cdot 0,15) = \\ = 20000 \cdot (1,47 + 0,693) = 43260 \text{ (Н}\cdot\text{мм)} = 42,26 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Тобто, можливості обраного гвинта затискача перевищують необхідні умови затискання ($M_{необх} = 42,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$).

- Обираємо плече гайкового ключа:

$$L = M_{\text{гв}} / 147 \div 196 = 43260 / 190 \approx 227,68 \text{ (мм)}, \quad L = 230 \text{ мм.}$$

- Знаючи матеріал та твердість гвинта, знаходимо $[\sigma_p] = 150 \div 170$ МПа. Таким чином, міцність гвинта на розтяг забезпечується, тому що $[\sigma_p] > 157$ МПа.

- Визначимо силу, яку потрібно прикласти до ключа:

$$Q_{\text{кл}} = M_{\text{гв}} / L_{\text{пр}} = 43260 / 230 = 188 \text{ (Н)} = 19 \text{ (кг)}.$$

3.4 Розрахунок деталей пристосування на міцність

З умови міцності на зріз визначимо діаметр фіксатора

$$d = \sqrt{4 \cdot Q / \pi \cdot [\tau_{\text{зр}}]} \text{ [мм]}, \quad (3.6)$$

$$[\tau]_{\text{зр}} = 0,4 \cdot \sigma_T = 0,4 \cdot 2200 = 880 \text{ (кг/см}^2\text{)};$$

(матеріал фіксатора – сталь Ст3, $\tau_T = 22$ кг/мм²);

$$Q = P_o = 202 \text{ кг.}$$

Тоді

$$d = \sqrt{4 \cdot 202 / 3,14 \cdot 880} = 0,54 \text{ (см)} = 5,4 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо із запасом міцності $d_{\text{пр}} = 10$ мм.

Перевіримо на зріз витки різі болта, який фіксує притискну шайбу.

Напруга зрізу в різі:

$$\tau = Q / \pi \cdot D_{\text{вр}} \cdot H \cdot K \leq [\tau]_{\text{зр}}, \quad (3.7)$$

де K – коефіцієнт, який враховує тип різі ($K=0,8$ – для метричної різі),

H – висота гайки, $H = 20$ мм;

$D_{\text{вр}}$ – внутрішній діаметр різі, $D_{\text{вр}} = 13,835$;

$$Q = P_3 = 20000, [\tau]_{зр} = 0,4 \cdot \sigma_T = 0,4 \cdot 2200 = 880 \text{ (кг/см}^2\text{)};$$

$$\tau = 20000 / 3,14 \cdot 13,835 \cdot 20 \cdot 0,8 \approx 28,8 \text{ (Н/мм}^2\text{)} = 2,88 \text{ (кг/мм}^2\text{)}.$$

Умова виконується

$$\tau \leq [\tau]_{зр}, \quad (2,88 \text{ кг/мм}^2 < 8,8 \text{ кг/мм}^2).$$

3.5 Опис роботи пристосування

Конструкція пристосування показана на рисунку 3.7.

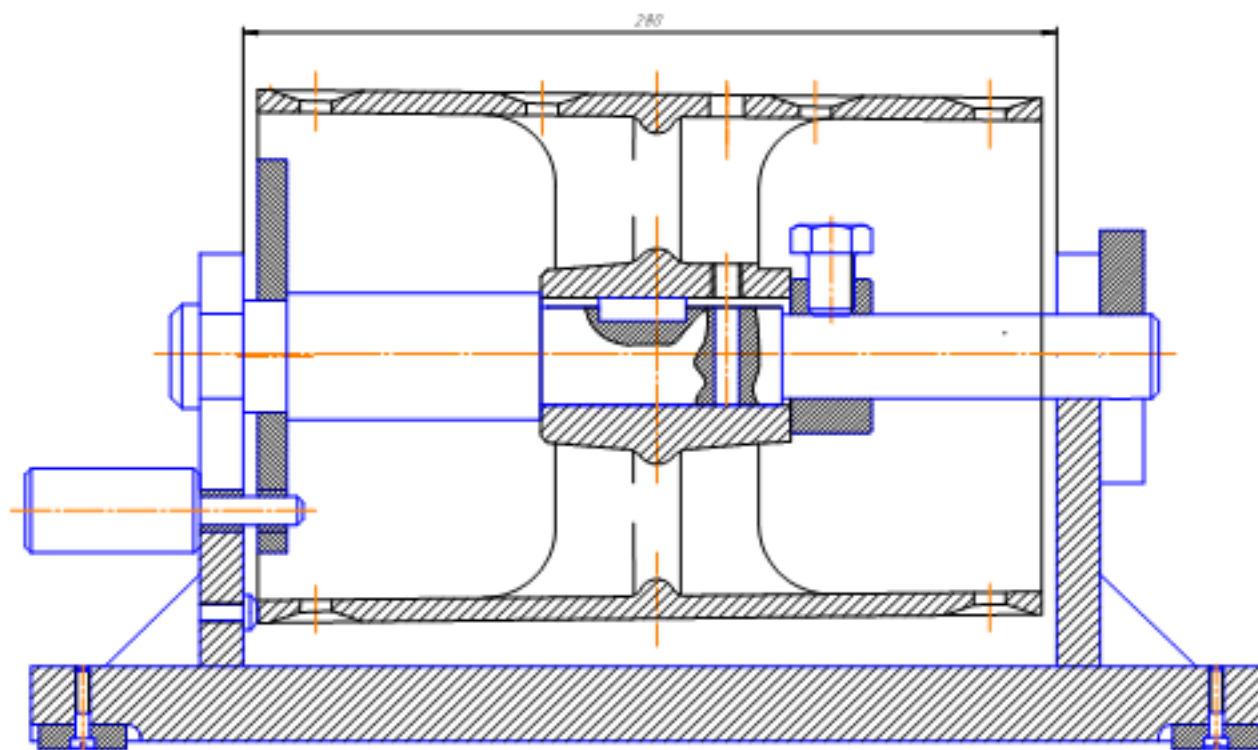


Рисунок 3.7 – Конструкція пристосування

Базовим вузлом пристосування є корпус, на якому монтуються механізм затиску, опори, пластини і всі інші допоміжні деталі (див. графічну частину). З лівого боку на оправку насаджено на приварено диск з отворами, які надають можливість фіксувати деталь за допомогою відповідного пальця в певному кутовому положенні (деталь потрібно фіксувати в 3-х кутових положеннях внаслідок певного розташування 10 отв. Ø11H12 на її поверхні).

Зібрання деталі в оправку встановлюється зверху в низ у отвори, з лівого боку фіксується у певному кутовому положенні, як було сказано вище, а з лівого боку – притискається до опори відповідною планкою.

Опори (дві стійки з напівотворами) приварюються до основи плити призматичної форми з призматичними з двох протилежних боків для закріплення за допомогою пар: «болт з Т-подібною головкою – гайка» у Т-подібних пазах столу верстата. На основній площині основи поздовжньо виконано з обох протилежних боків пази, у які встановлено дві привертні призматичні шпонки. За допомогою цих шпонок пристосування встановлюється (центрується) на столі верстата по середньому, найбільш точному, Т-подібному пазі.

На лівій стійці виконано отвір, куди посаджена втулка-напрямна під фіксаторний палець.

Пристосування забезпечує необхідну міцність, жорсткість і вібростійкість. Очищення установчих елементів від стружки виконується легко, без додаткових пристроїв.

4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «БАРАБАН МЛИНА 80-012»

4.1 Уточнення виробничої програми

При серійному типі виробництва використовується приведена програма, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (4.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2}, \quad (4.2)$$

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

Для деталі барабан 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\left(\frac{18}{15}\right)^2} = 1,13$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^a, \quad (4.3)$$

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:

$$K_{21} = \left(\frac{8000}{2500}\right)^{0.15} = 1,27 .$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\overline{K}_{Ti}}{K_{a.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R}_{ai}}{R_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} , \quad (4.4)$$

де K_{Ti} , $K_{Tпр}$ – середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{апр}$ – середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{14}{14,46}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{10}{11,67}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,697}{0,677} \cdot \frac{0,95}{0,95} = 1,03 .$$

Коефіцієнт приведення для барабана складає:

$$K_1 = 1,13 \cdot 1,27 \cdot 1,03 = 1,48.$$

Для інших деталей, що виготовлятимуться на дільниці аналогічним чином розраховується коефіцієнт приведення. Отримані результати занесено до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – 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
Барабан млина 80- 012	15	14,46	11,67	8000	1	1	1	1	8000
Барабан 1	18	14	10	2500	1,13	1,03	1,27	1,125	2814
Барабан 2	14	13	8,6	1800	0,95	1,18	1,21	1,139	2050
Барабан 3	16	13,5	9,8	2300	1,04	1,11	1,28	1,13	2600
Барабан 4	14,3	13,2	10,2	2700	0,97	1,15	1,2	1,066	2879
Барабан 5	15,6	14,3	10,8	3100	1,027	1,012	1,1	0,972	3016
Барабан 6	15,8	14,5	11,8	2500	1,035	0,997	1,27	0,997	2495
Барабан 7	15,3	13,2	10,4	2800	1,013	1,15	1,2	1,108	3102
Барабан 8	17	14,5	12	1100	1,087	0,997	1,34	1,185	1304
Барабан 9	15,2	14,3	11,8	2100	1,009	1,012	1,22	1,01	2123
Барабан 10	15,35	14,2	11,2	2300	1,015	1,02	1,23	1,014	2331
Барабан 11	16,4	13,8	10,6	2400	1,061	1,064	1,23	1,098	2636
Приведена програма							35350		

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься три подібні деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

4.2 Визначення кількості обладнання і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{пр} / (\Phi_d \cdot m), \quad (4.5)$$

де $T_{\text{пр}}$ – сумарна трудомісткість деталей, год.;

$\Phi_{\text{д}}$ – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год.;

m – кількість робочих змін.

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей.

На операції 005 трудомісткість виконуваних робіт складатиме:

$$T_{\text{пр}} = \frac{5,52 \cdot 8000}{60} = 763 \text{ (год.)}$$

На операцію 010

$$T_{\text{пр}} = \frac{2,77 \cdot 8000}{60} = 369,3 \text{ (год.)}$$

Для протягувальної 015 операції трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{\text{пр}} = \frac{1,25 \cdot 8000}{60} = 166,7 \text{ (год.)}$$

Для комбінованої 020 операції:

$$T_{\text{пр}} = \frac{4,2 \cdot 8000}{60} = 560 \text{ (год.)}$$

Кількість верстатів 1П420ПФ3 для токарно-револьверної операції з ЧПК 005 складає:

$$C_p = \frac{736}{3890} = 0,19 \text{ .}$$

Кількість верстатів 1П420ПФ3 для токарно-револьверної операції з ЧПК 010 складає:

$$C_p = \frac{369,3}{3890} = 0,095 .$$

Верстатів 7Б55:

$$C_p = \frac{166,7}{3890} = 0,043 .$$

Верстатів ЛФ260МФ3:

$$C_p = \frac{560}{3890} = 0,14 .$$

З урахуванням приведеної програми

На операції 005 трудомісткість виконуваних робіт складатиме:

$$T_{\text{пр}} = \frac{5,52 \cdot 35350}{60} = 3252,2 \text{ (год.)}$$

На операцію 010

$$T_{\text{пр}} = \frac{2,77 \cdot 35350}{60} = 1620,92 \text{ (год.)}$$

Для протягувальної 015 операції трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{\text{пр}} = \frac{1,25 \cdot 35350}{60} = 736,5 \text{ (год.)}$$

Для комбінованої 020 операції:

$$T_{\text{пр}} = \frac{4,2 \cdot 35350}{60} = 2474,5 \text{ (год.)}$$

Кількість верстатів 1П420ПФ3 для токарно-револьверної операції з ЧПК 005 складає:

$$C_p = \frac{3252,2}{3890} = 0,84 .$$

Кількість верстатів 1П420ПФ3 для токарно-револьверної операції з ЧПК 010 складає:

$$C_p = \frac{1620,92}{3890} = 0,42 .$$

Верстатів 7Б55:

$$C_p = \frac{736,5}{3890} = 0,2 .$$

Верстатів ЛФ260МФ3:

$$C_p = \frac{2474,5}{3890} = 0,64 .$$

Коефіцієнт завантаження верстатів по операціях технологічного процесу визначається по формулі:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{кр}}, \quad (4.6)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів.

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається за формулою:

$$\eta_{осв} = \frac{T_{осв}}{T_{шт - к}}. \quad (4.7)$$

Отримані результати розрахунків занесемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт використання обладнання за основним часом	Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом
005	Токарно-револьверна з ЧПК	0,84	1	0,84	0,525	0,92	0,65
010	Токарно-револьверна з ЧПК	0,42	1	0,42		0,92	
015	Протягувальна	0,2	1	0,2		0,36	
020	Комбінована з ЧПК	0,64	1	0,64		0,4	

Графіки завантаження верстатів показані на рисунках 4.1-4.2.

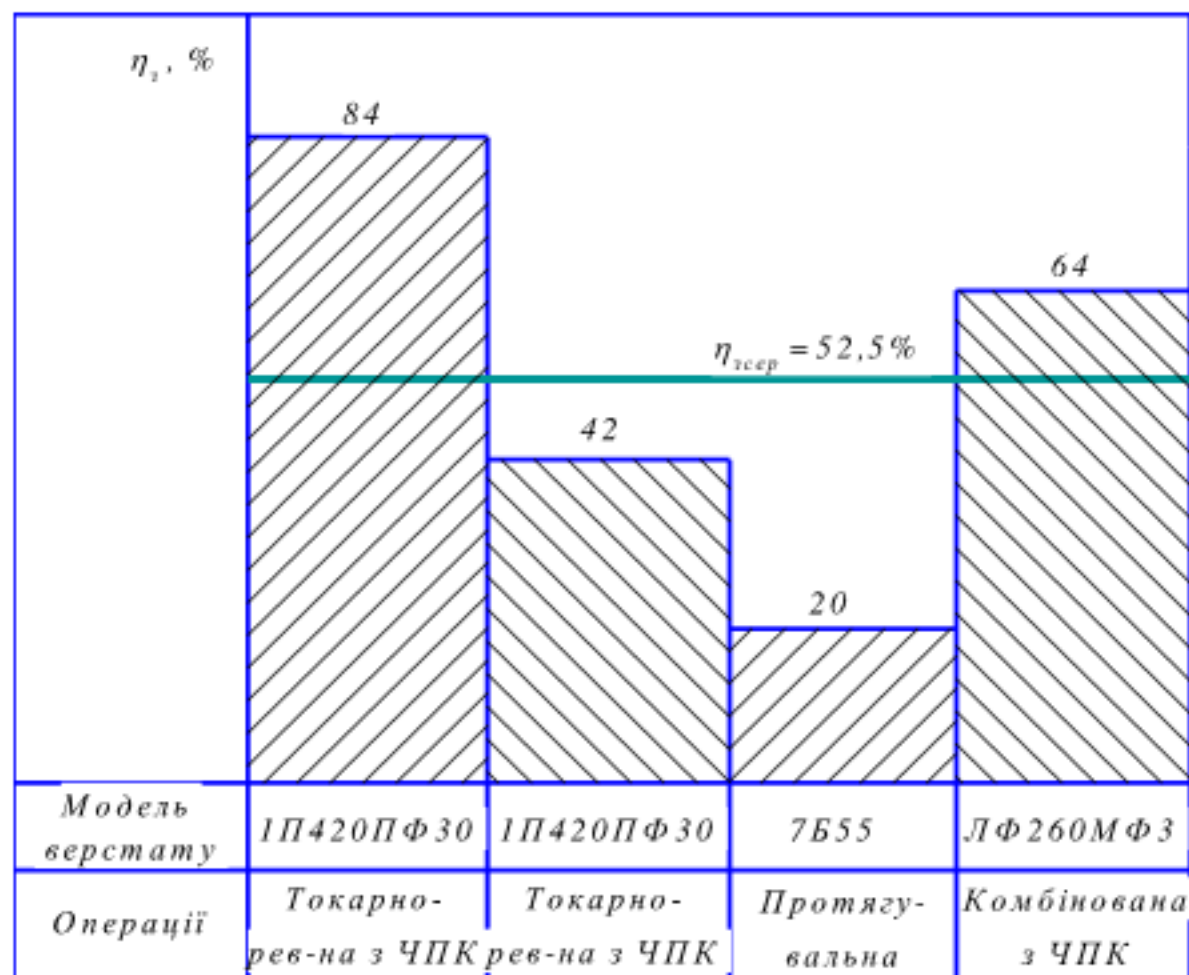


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

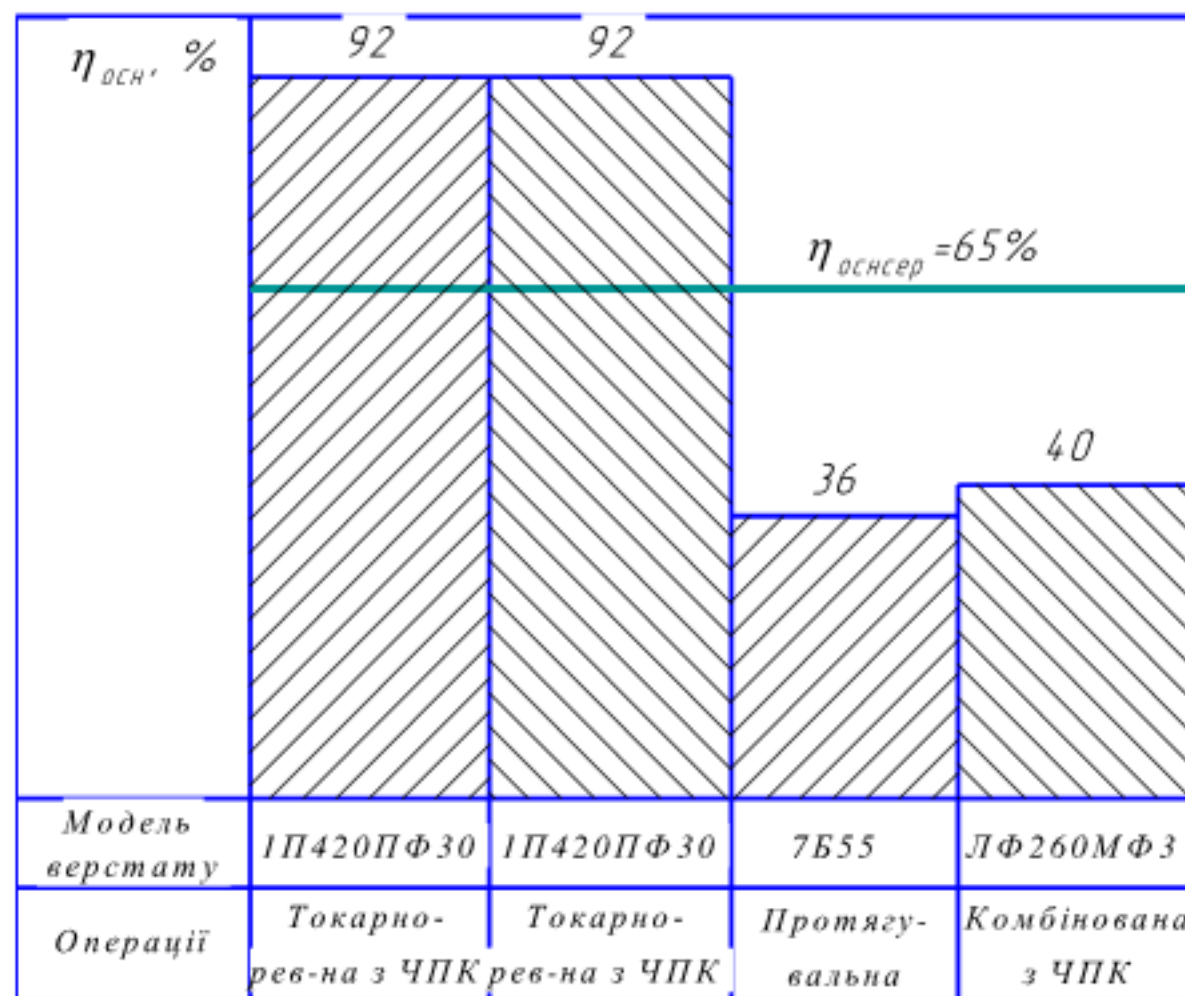


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Аналізуючи графіки завантаження обладнання, приходимо до висновку, що з урахуванням прийнятої приведеної програми деталей верстати завантажені недостатньо, 52,2% середній коефіцієнт завантаження. Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання в середньосерійному виробництві складає 75-85%. Довантаження іншими подібними деталями потребують верстати на операціях 010, 015, 020.

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом є досить високим, середній складає 65%, що свідчить про правильність розробленого технологічного процесу, його ефективність.

4.3 Визначення кількості працюючих на дільниці

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

$$P_i = \frac{\Phi_o \cdot C_{пр} \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_v \cdot K_v}, \quad (4.8)$$

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

$\Phi_{р}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{р} = 1840$ год.
(тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів);

$\Phi_{в}$ – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_{в} = 3890$ год.;

$K_{м}$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування, $K_{м} = 1,0...2,2$;

$\eta_{з}, \eta_{о}$ – коефіцієнти завантаження.

Наприклад для роботи на токарних верстатах з ЧПК необхідно (операція 005):

$$P = 1 \cdot 3890 \cdot 0,84 \cdot 0,92 / 1 \cdot 1840 = 0,84.$$

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 1 робітника.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Кількість робітників-верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д}$, год	$K_{з}$	$K_{м}$	P, чол	$P_{пр}$, чол
Токарно-револьверний з ЧПК	1	3890	0,84	1	1,6	2
Токарно-револьверний з ЧПК	1		0,42	1	0,73	1
Протягувальний	1		0,2	1	0,15	1
Багатоцільовий з ЧПК	1		0,64	1	0,54	1

Згідно таблиці 4.3 сума всіх основних робочих – 5 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др} = (0,2...0,25) \cdot 5 = 1...1,25.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При серійному виробництві кількість ІТР складає 16-22% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 4 = 0,64 \dots 0,88.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві складає 0,9-1,9% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}} = (0,009 \dots 0,019) \cdot 5 = 0,045 \dots 0,095.$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (5+1+1+1) = 0,16.$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Відомість складу працюючих дільниці, чол.

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}$	-	5
Допоміжні робітники	20...25%	1...1,25	1
ІТР	16...22%	0,64...0,88	1
СКП	9...19%	0,045...0,095	1
МОП	2%	0,16	1

Працівники дільниці ІТР, СКП, МОП навантажені роботою в недостатній мірі, тому вони обслуговують інші дільниці механічного цеху.

**5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ
«БАРАБАН МЛИНА 80-012»**

5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.1 [18].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	2
2	2	1	1
3	2	1	2
4	1	2	1
5	3	3	2
6	1	2	2
7	3	3	4
8	1	2	2
9	4	3	3
10	3	2	2
11	4	4	2
12	4	2	3
Сума балів	СБ ₁ = 30	СБ ₂ = 28	СБ ₃ = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{30 + 28 + 26}{3} = 28$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті виготовляти деталі.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

Оцінювання рівня якості інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанту інженерного рішення.

В даній магістерській роботі під час оцінювання якості продукції доцільно визначати абсолютний і відносний її рівні.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів	9			40%
Кількість основних робітників	9			20%
Середній розряд робітників		7		10%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		15%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		15%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{к.а.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ш}} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

де $P_{\text{ш}}$ – числове значення i -го параметра інноваційного рішення; n – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання; α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{к.а.}} = 9 \cdot 0,4 + 9 \cdot 0,2 + 7 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,2.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	9	4	2,25	0,4
Кількість основних робітників, чол.	18	5	3,6	0,2
Середній розряд робітників	6	4,8	1,25	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,42	0,525	1,25	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,4	0,65	1,625	0,15
Собівартість заготовки, грн.	398	361,13	-	-

Відносні (одиничні) показники якості з будь-якого параметра q_i , що занесено у відповідні колонки таблиці 5.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{\text{ш}}}{P_{\text{б}}}, \quad (5.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{\text{нi}}}{P_{\text{н}}}, \quad (5.3)$$

де $P_{\text{н}}$, $P_{\text{нi}}$ – числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{к.к.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.4)$$

$$K_{\text{к.к.}} = 2,25 \cdot 0,4 + 3,6 \cdot 0,2 + 1,25 \cdot 0,1 + 1,25 \cdot 0,15 + 1,625 \cdot 0,15 = 2,18.$$

Значення відносного показника якості інноваційного рішення більше одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента.

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашої інноваційної розробки є технічні параметри, а також економія підприємства на втратах від браку.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{\text{т.п.}}}{I_{\text{е.п.}}}, \quad (5.5)$$

де $I_{\text{т.п.}}$ – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення); $I_{\text{е.п.}}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hoi}}{\sum_{i=1}^n P_{Boi}}, \quad (5.6)$$

де P_{Hoi} , P_{Boi} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Якщо $K > 1$, то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо $K < 1$, то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо $K = 1$, то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 2,18. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{398}{361,13} = 1,1.$$

Тоді, користуючись формулою (5.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{2,18}{1,1} = 1,98.$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Барабан млина 80-012» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»

5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [18]:

$$K = Z_o + Z_{дод} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тп} + B_{осн} + B_{інв} + B_{пу} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{дод}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$B_{буд}$ – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.;

$B_{обл}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$B_{тп}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.;

$B_{осн}$ – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;

$B_{інв}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;

$B_{пу}$ – вартість програм управління, грн.;

$B_{м}$ – передвиробничі витрати, грн.; $B_{оз}$ – вартість оборотних засобів, грн.

5.2.2 Основна заробітна плата розробників

Витрати на основну заробітну плату розробників (Z_o) розраховують за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.8)$$

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	18000	818,18	10	8181,82	
Інженер-технолог	15000	681,82	8	5454,55	
Інженер-конструктор	15000	681,82	8	5454,55	
Економіст	15000	681,82	8	5454,55	
Всього				3 _о	24545,47

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від основної заробітної плати розробників за формулою:

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 24545,47 = 2454,55 \text{ (грн.)}$$

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників z_n розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$z_n = (z_o + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{єсв}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де H_m – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$z_n = (24545,47 + 2454,55) \cdot 0,22 = 5940,0 \text{ (грн.)}$$

5.2.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

У нашому випадку не передбачається будівництво ділянки, тому ми розрахуємо вартість переобладнання існуючої ділянки. В цьому випадку можна обчислити витрати на переобладнання власних старих приміщень для облаштування удосконаленого технологічного процесу за формулою:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пр.}} \cdot S_{\text{заг.}} \text{ [грн.],} \quad (5.11)$$

де $C_{\text{пр.}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м^2 власних приміщень ($C_{\text{пр.}} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$);

$S_{\text{заг.}}$ – загальна площа виробничої ділянки, м^2 .

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 115 = 69000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обз.}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.},i} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (5.12)$$

де C_i – ціна придбання одиниці обладнання даного виду, марки, грн.;

$C_{\text{пр.},i}$ – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на ділянці, шт.;

K_i – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$; для промислових робіт $K_i = 1,3 \dots 1,5$);

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30	450000	2	1,1	990000
	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ЛФ260МФ3	500000	1	1,1	5500000
Всього					1540000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 3 верстати 16К20 – $3 \cdot 95000 = 285000$ (грн.);

- 2 верстати 2М55 – $2 \cdot 60000 = 120000$ (грн.);

- 3 верстати 2Н135 – $3 \cdot 75000 = 225000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 630000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{\text{об}} = 1540000 - 630000 = 910000 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

Для організації технологічного процесу додаткові транспортні засоби не плануються, тому їх вартість розраховувати не будемо.

5.2.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

Вартість інструментів і технологічного оснащення ($B_{\text{мо}}$) розраховують за формулою:

$$B_{\text{мо}} = B_{\text{обг}} \cdot \frac{K_{\text{н}}}{100 \%} \text{ [грн.]}, \quad (5.13)$$

де $B_{\text{обг}}$ – балансова вартість обладнання, грн.;

$K_{\text{н}}$ – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{\text{мо}} = 910000 \cdot 0,10 = 91000 \text{ (грн.)}$$

Вартість оснастки великої вартості ($B_{\text{осв}}$) становить 20...30% вартості інструменту і технологічного оснащення, і розраховується за формулою:

$$B_{\text{осв}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot B_{\text{мо}} \text{ [грн.]}; \quad (5.14)$$

$$B_{\text{осв}} = 91000 \cdot 0,25 = 22750 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($B_{\text{кво}}$), не закріплених за окремими робочими місцями і обслуговуючих одночасно всю ділянку, встановлюють пропорційно вартості інструменту і технологічного оснащення в межах 6...12% та розраховують за формулою:

$$B_{\text{кво}} = (0,06 \dots 0,12) \cdot B_{\text{мо}} \text{ [грн.]}; \quad (5.15)$$

$$B_{\text{кво}} = 0,1 \cdot 91000 = 9100 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів ($B_{\text{ост}}$) визначається за формулою:

$$B_{\text{ост}} = B_{\text{мо}} + B_{\text{осв}} + B_{\text{кво}} \text{ [грн.]}; \quad (5.16)$$

$$B_{\text{ост}} = 91000 + 22750 + 9100 = 122850 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до удосконалення.

5.2.10 Вартість програм керування

Вартість програм керування для обладнання з ЧПК ($V_{\text{пр}}$) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$V_{\text{пр}} = (0,05 \dots 0,1) \cdot V_{\text{обт}} \text{ [грн.];} \quad (5.17)$$

$$V_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 910000 = 91000 \text{ (грн.)}$$

5.2.11 Величина передвиробничих витрат

Так як передвиробничі витрати – це частина одноразових (пускових) витрат, що пов'язані із підготовкою та освоєнням виробництва. В даному випадку вони не враховуються, так як виробництво існує і виконується його модернізація.

5.2.12 Величина оборотних засобів

Оборотні засоби – це сукупність оборотних фондів виробництва і фондів обігу, що беруть участь у виробничому процесі. В існуючому виробничому процесі вони є в наявності і тому при удосконаленні окремих операцій технологічного процесу дільниці вони можуть не враховуватися.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$\begin{aligned} K &= 24545,47 + 2454,55 + 5940 + 69000 + 910000 + 122850 + 91000 = \\ &= 1225790,02 \text{ (грн.)} \approx 1225790 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» складає 361,13 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{mi}}{\eta_i} \text{ [грн.],} \quad (5.18)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеній i -й технологічній операції, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, $C_e = 5,1$ грн.;

K_{mi} – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній i -й технологічній операції, $K_{mi} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i = 0,96$.

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Операція, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005, 010 Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30	30	0,085+0,042	18,22
015 Протягувальний верстат моделі 7Б55	18,5	0,0075	0,66
020 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ЛФ260МФ3	8	0,028	1,07
Всього			Σ 19,95

5.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (5.19)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год.;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_m} \text{ [грн.],} \quad (5.20)$$

де M_m – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_m = 6700$ грн. (з 01.01.2023 р.);

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 22$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C = (6700 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 77,09 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Операція, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005, 010 Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30	0,085+0,042	3	1,35	77,09	9,79
015 Протягувальний верстат моделі 7Б55	0,0075	5	1,35	77,09	0,58
020 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ЛФ260МФ3	0,028	3	1,35	77,09	2,16
Всього					Σ 12,53

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$Z_{\text{доп}} = N_{\text{доп}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

де $N_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 12,53 = 1,25 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників z_n розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$z_n = (z_o + z_{дод}) \cdot H_{нн} \text{ [грн.],} \quad (5.22)$$

де $H_{нн}$ – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$z_n = (12,53 + 1,25) \cdot 0,22 = 3,03 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальноновиробничих статей витрат

Величину загальноновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{нв} = H_{нв} \cdot z_p \text{ [грн.];} \quad (5.23)$$

$$B_{нв} = 2,5 \cdot 12,53 = 31,33 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	361,13	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	19,95	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	z_p	12,53	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{дод}$	1,25	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	z_n	3,03	
Загальноновиробничі витрати, грн.	$B_{нв}$	31,33	
Всього	S_e	429,22	

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нир}} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (5.24)$$

де $C_{\text{нир}}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати $P = 5 \dots 20\%$;

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.12.2023 року, $w = 20\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{нир}} = 429,22 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 618,08 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{вир}}$) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється $C_{\text{вир}} = 618,08$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При удосконаленні технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[\left[C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_{\text{в}} - \frac{q \cdot S_{\text{в}}}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

де $C_{\text{дог}}$ – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

M – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_{\text{в}}$ – виробнича собівартість виробу, грн.;

f – зустрічна ставка податку на додану вартість, $f = 16,67\%$;

h – ставка податку на прибуток, $h = 18\%$;

q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, $q = 5 \dots 10\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[\left[618,08 - \frac{(618,08 - 361,13) \cdot 16,67}{100} - 429,22 - \frac{10 \cdot 429,22}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 8000 = \\ &= 676365,09 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.],} \quad (5.26)$$

де Π_t – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

d – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{676365,09}{(1+0,2)^1} + \frac{676365,09}{(1+0,2)^2} + \frac{676365,09}{(1+0,2)^3} + \frac{676365,09}{(1+0,2)^4} - 1225790 = \\ &= 525139,69 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Враховуючи, що $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації.

5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту IRR_{MIN} розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.27)$$

де Π_t – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн.;

A_t – амортизаційні відрахування у t -му році функціонування проекту на обладнання, яке безпосередньо було використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{676365,09 + 676365,09 + 676365,09 + 676365,09}{1225790}} - 1 = 0,22 .$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K (K)}{\Pi} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

Π – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{1225790}{676365,09} = 1,81 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012», які включають витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали тощо.

За результатами всіх розрахунків виявлено, що для впровадження удосконаленого технологічного процесу потрібно 1225790 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 676365,09 грн., термін окупності 1,81 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

За оцінками Міжнародної організації праці (МОП), щорічно відбувається понад 270 мільйонів нещасних випадків на виробництві, які ведуть до відсутності на робочому місці протягом більше 3 днів, і від майже 160 мільйонів випадків хвороб без смертельного результату. Кожен день в світі вмирають в результаті нещасних випадків і захворюваності на виробництві близько 5000 осіб, в рік – від 2 до 2,3 мільйона осіб. Це не враховуючи воєнні дії на нашій території.

Проектування удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На дослідника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1 Обладнання робочого місця

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ПК слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення із ПК мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із ПК мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – у горизонтальній площині; передпліччя – вертикальні; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° щодо горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° щодо вертикальної площини.

Висота робочої поверхні стола для відеотерміналу повинна перебувати в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, на рівні витягнутої ноги – не менш 650 мм.

Робоче сидіння (стілець, крісло) користувача ПК повинен мати наступні основні елементи: сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран монітора й клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру варто розміщати на поверхні стола або на спеціальній, регульованій по висоті, робочій поверхні окремо від стола на відстані 100-300 мм від краю, найближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 5-15°.

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

Працюючі з ПК підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і періодичним – протягом трудової діяльності. Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодациї, стану бінокулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК й устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазових, нульових робочих і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприладів.

Металеві труби й гнучкі металеві рукави заземлені. Заземлення відповідає вимогам [22].

Неприпустимим є:

- експлуатація кабелів і проводів з ушкодженими захисними властивостями за час експлуатації ізоляції; залишення під напругою кабелів і проводів з неізольованими провідниками;

- застосування саморобних подовжувачів, що не відповідають вимогам ПУЕ до переносних електропроводів;

- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального устаткування або ламп накаливання;

- користування ушкодженими розетками, вимикачами й іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або здуття;

- підвішування світильників безпосередньо на струмоведучих проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною й іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

– використання електроапаратури й приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату нормуються в залежності від: періоду року; категорії робіт; технологічного процесу.

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

– холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за $+10^{\circ}\text{C}$;

– теплий – коли середньодобова температура зовні приміщення становить $+10^{\circ}\text{C}$ і вище.

Робота з удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» за енерговитратами відноситься до категорії 1а [23]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл. 6.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [24]).

Таблиця 6.1 – 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 підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему опалення та вентиляції повітря. Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших

значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012», можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок – іонів. Так в 1 см³ чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – 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 дотримання нормального складу повітря робочої зони в приміщенні використовують припливно-витяжну вентиляцію. Систематично здійснюють провітрювання через віконні отвори та вологе прибирання. Планується встановлення системи кондиціонування.

6.2.3 Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча мнопія (короткозорість), спазм акомодатції.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частої переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [25]).

Місце праці повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Щоб уникнути світлових відблисків необхідно використовувати обладнання з матовою поверхнею. Для захисту очей від прямого сонячного світла чи джерел штучного освітлення необхідно застосовувати захисні козирки та жалюзі на вікнах.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень

освітленості підвищується на 20 – 40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	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 і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

6.2.4 Виробничий шум

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття

Допустимі рівні шуму та вібрації на місцях праці осіб, що працюють з ПК, встановлені санітарними нормами ДсанПіН 3.3.2-007-98 [26], витяг з яких подано в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі еквівалентні рівні шуму

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні рівні шуму, дБА
Програмісти	50
Оператори в залах опрацювання інформації на ПК та оператори комп'ютерного набору	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів	75

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

6.2.5 Виробничі випромінювання

Оскільки проектування проводилося за допомогою ПК, то на робочому місці працівника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Таблиця 6.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320. ..400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 вВ/м

Механізм біологічної дії на організм людини полягає як у тепловому, так і нетепловому специфічному ефекті, тепла дія ЕМП проявляються у підвищенні температури тіла, а також локальному, вибірково нагріванні тканин, органів, клітин унаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 6.6.

Для зменшення впливу ЕМП від ПК на дослідника, необхідно дотримуватися регламентованих режимів роботи та відпочинку.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів НС

6.3.1 Дія вогню на живі організми під час пожежі

Коли людина перебуває в зоні впливу пожежі, то вона може потрапити під дію таких небезпечних та шкідливих чинників: токсичні продукти горіння; вогонь; підвищена температура середовища; дим; недостатність кисню; руйнування будівельних конструкцій; вибухи; витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі; паніка.

Токсичні продукти горіння становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах у будівлях. Адже в сучасних виробничих, побутових та адміністративних приміщеннях знаходиться значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів горіння. Так, при горінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень (синильна кислота), вініласту – хлористий водень та оксид вуглецю, лінолеуму – сірководень та сірчистий газ і т. д. Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст у повітрі оксиду вуглецю. Так, у підвалах, шахтах, тунелях, складах його вміст може становити від 0,15 до 1,5%, а в приміщеннях – 0,1- 0,6%.

Вогонь – надзвичайно небезпечний чинник пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей зустрічаються досить рідко. Під час пожежі

температура полум'я може досягати 1200-1400 °С і у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я можуть викликати опіки та больові відчуття.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає у тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами горіння може призвести до ураження органів дихання та смерті. В умовах пожежі підвищення температури середовища до 60 °С вже є життєво небезпечною для людини.

Дим являє собою велику кількість видимих найдрібніших твердих та (або) рідинних часточок незгорівших речовин, що знаходяться в газах у завислому стані. Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо). Крім того, у задимлених приміщеннях внаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом провести її зовсім неможливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт, складає не більше 2,5 м.

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція окислення горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини уже вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма 21 %). При цьому втрачається координація рухів, з'являється кволість, запаморочення, гальмування свідомості. При концентрації кисню 9-11% смерть настає через кілька хвилин [27].

6.3.2 Розрахункове обґрунтування визначення категорії вибухупожежної небезпеки приміщення

Вихідні дані: розміри приміщення (м): $12 \times 7 \times 3,2$. Об'єм розлитої легкозаймистої рідини $F_B = 12$ л. Тривалість надходження легкозаймистих рідин в об'єм приміщення $T = 1800$ с.

Знайдемо масу парів легкозаймистої рідини, які можуть потрапити у приміщення у результаті аварії

$$m = WF_{\text{в}}T \quad [\text{кг}], \quad (6.1)$$

де W – інтенсивність випаровування, $\text{кг/с}\cdot\text{м}^2$ ($W = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2$);

$F_{\text{в}}$ – об'єм розлитої легкозаймистої рідини, л;

T – тривалість надходження легкозаймистих рідин в об'єм приміщення, с.

Визначаємо можливий надлишковий тиск вибуху

$$\Delta p = (p_{\text{max}} - p_0) \frac{mz}{V_{\text{віль}} \rho_{\text{г.п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} \quad [\text{кПа}], \quad (6.2)$$

де p_{max} – максимальний тиск вибуху, кПа ($p_{\text{max}} = 900 \text{ кПа}$);

p_0 – початковий тиск, кПа ($p_0 = 101 \text{ кПа}$);

z – коефіцієнт, що характеризує ступінь участі речовини в утворенні вибухонебезпечної суміші ($z = 0,3$ для легкозаймистих рідин, що нагріті до температури спалаху і вище);

$V_{\text{віль}}$ – вільний об'єм приміщення, м^3 ;

$\rho_{\text{г.п}}$ – густина пари або газу, кг/м^3 ($\rho_{\text{г.п}} = 1,6 \text{ кг/м}^3$ для етилового спирту);

$C_{\text{ст}}$ – стехіометрична концентрація парів, % ($C_{\text{ст}} = 6,44 \%$);

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення і неіадиабатичність процесу горіння ($K_{\text{н}} = 3$).

Вільний об'єм приміщення можна визначити так

$$V_{\text{віль}} = 0,8V \quad [\text{м}^3], \quad (6.3)$$

де V – загальний об'єм приміщення, м^3 .

Загальний об'єм приміщення знайдемо за формулою

$$V = abh \quad [\text{м}^3], \quad (6.4)$$

де a, b, h – довжина, ширина та висота приміщення відповідно, м.

Підставляючи відомі значення у формули (6.1, 6.4, 6.3, 6.2) отримаємо:

$$m = 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 1800 = 3,024 \text{ (кг)};$$

$$V = 12 \cdot 7 \cdot 3,2 = 268,8 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$V_{\text{вн}} = 0,8 \cdot 268,8 = 215 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$\Delta p = (900 - 101) \frac{3,024 \cdot 0,3}{215 \cdot 1,6} \cdot \frac{100}{6,44} \cdot \frac{1}{3} = 10,9065 \text{ (кПа)}.$$

Оскільки можливий надлишковий тиск вибуху парів легкозаймистої рідини $\Delta p > 5$ кПа, а температура спалаху $t_{\text{сп}} < 28$ °С, то за вибухопожежною небезпекою приміщення належить до категорії А.

Висновок. Визначено, що за вибухопожежною небезпекою приміщення належить до категорії А.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012». При виконанні роботи поставлено і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012», проаналізовано їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012».

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в оболонкові форми, оскільки вартість заготовки складає 361,13 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 398 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012» з використанням верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу.

4. За допомогою математичного планування експерименту встановлено залежність зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру заготовки d) від факторів процесу різання (подачі S , глибини різання t і головного кута різця в плані φ) при зовнішньому точінні заготовки деталі «Барабан млина 80-012». Отримане рівняння математичної моделі адекватне, тому його можна використовувати як інтерполяційну формулу для обчислення величини y .

5. Для виконання переходів механічної обробки на 020 операцію спроектовано верстатне пристосування для багатоцільового верстата з ЧПК моделі ЛФ260МФ3, що оснащений ділильною головкою.

6. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає $N_{прив} = 35350$ шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 4 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., допоміжних працівників на дільниці – 4 чол.

7. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Барабан млина 80-012», визначені капітальні вкладення – 1225790 грн., одержаний прибуток – 676365,09 грн., термін окупності вкладень – 1,81 року.

8. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки, виготовленої литтям / С. В. Репінський, О. В. Дерібо, В. Г. Лозовський, Ю. А. Семенюк // Матеріали III-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023», Вінниця, 01-03 червня 2023 р. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – С. 376–378. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/view/18294>.
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.
5. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
6. Дерібо О.В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О.В., Лозінський Д.О., Сердюк О.В. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс: https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927
7. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
8. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. / В. Д. Рудь – К. : ІСДО, 1996. – 300 с.
9. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.

10. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Л. І. Боженко. – Львів : «Світ», 1996. – 367 с.

11. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.

12. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. – [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. – 77 с.

13. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

14. Застосування математичного планування експерименту для мінімізації шорсткості при розточуванні центрального отвору заготовки деталі «Корпус підшипника» / Ю. А. Буренніков, С. В. Репінський, В. Н. Лукаш // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)», м. Вінниця, 11-13 травня 2022 р. – 2022. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/14194>.

15. Аналіз впливу факторів процесу різання на точність обробки за допомогою математичного планування експерименту [Електронний ресурс] / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, О. В. Паславська, А. В. Курилець, М. І. Устич // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2017), Вінниця, 15-24 березня 2017 р. – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2884>.

16. Петров О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

17. Розмірний розрахунок верстатних пристроїв на точність. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсового та дипломного проектування для студентів спеціальностей 1201, 1202 всіх форм навчання / А. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. І. Савуляк. – Вінниця : ВПІ, 1990. – 20 с.

18. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

19. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.

20. 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=71028

21. 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_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php.

22. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с.

23. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

24. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

25. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

26. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

27. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Барабан млина 80-012»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Репінський С. В., к.т.н., доцент каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	84,2%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	15,8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____

(підпис)

Семенюк Ю. А.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку Сердюк О. В.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____ Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ

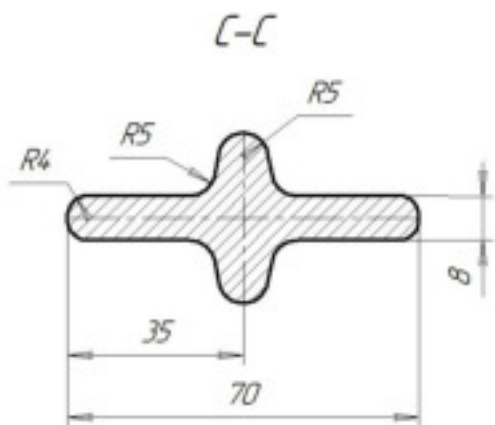
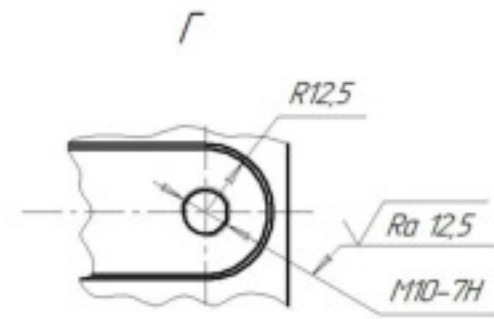
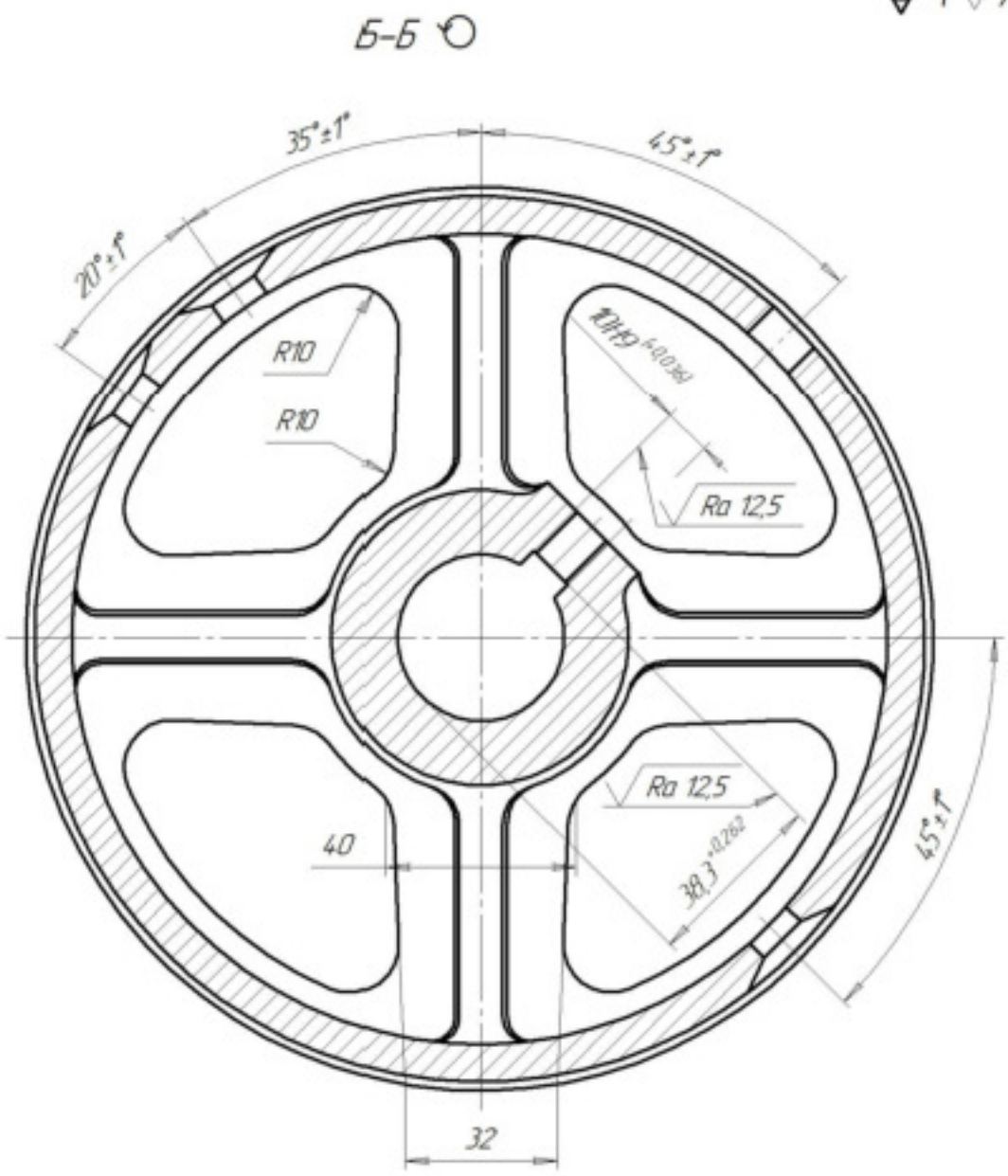
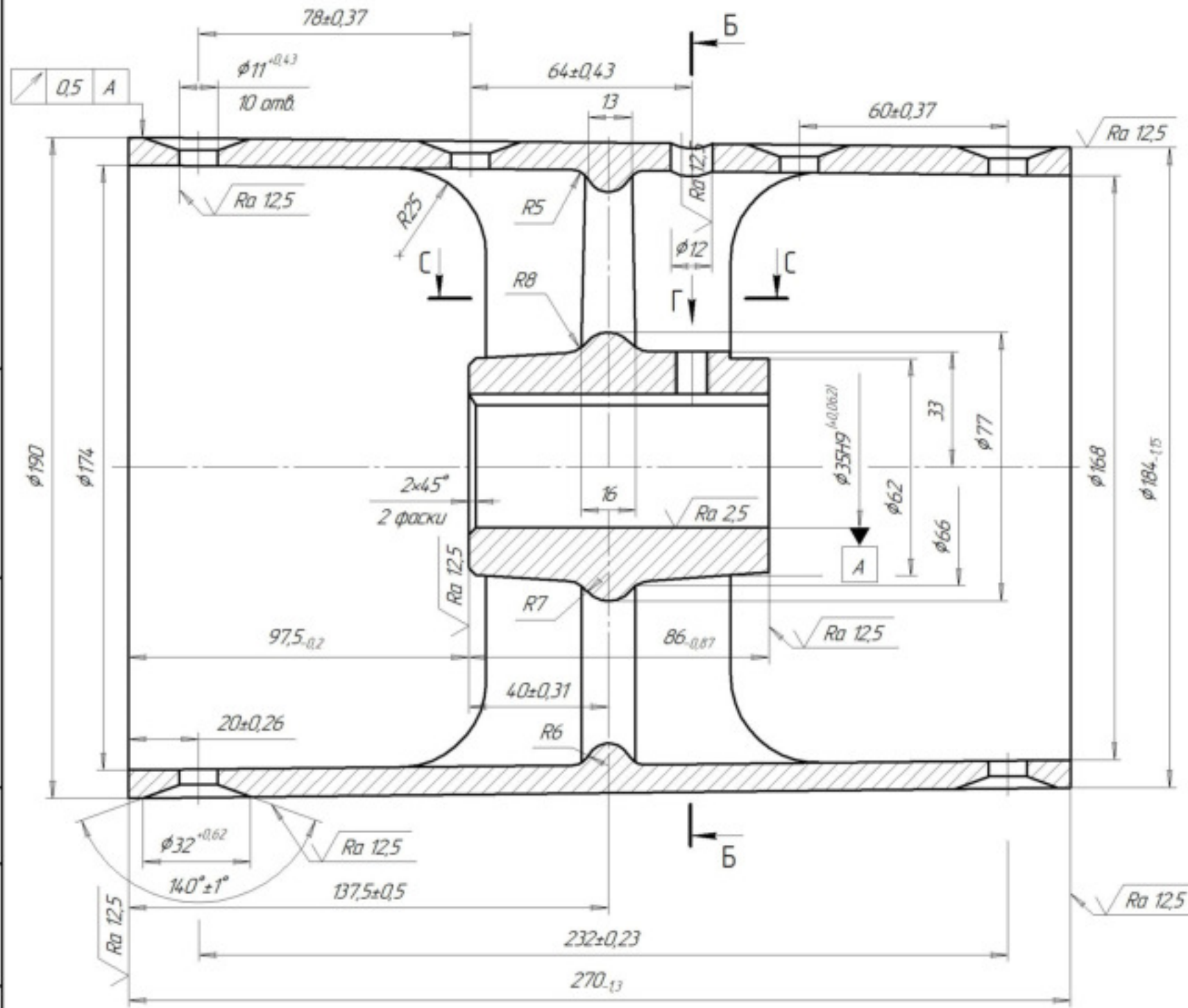
(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «БАРАБАН МЛИНА 80-012»

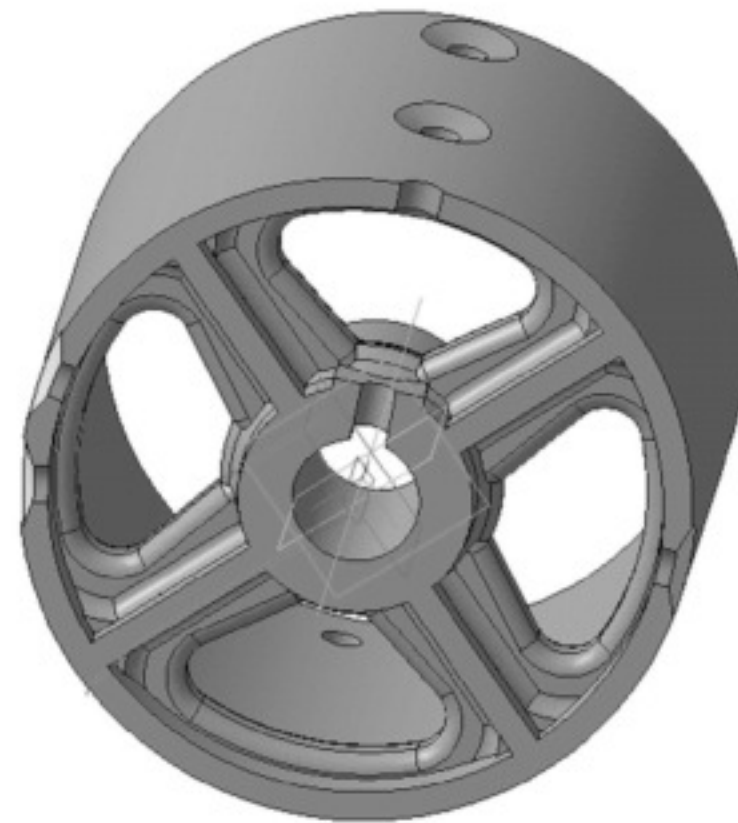
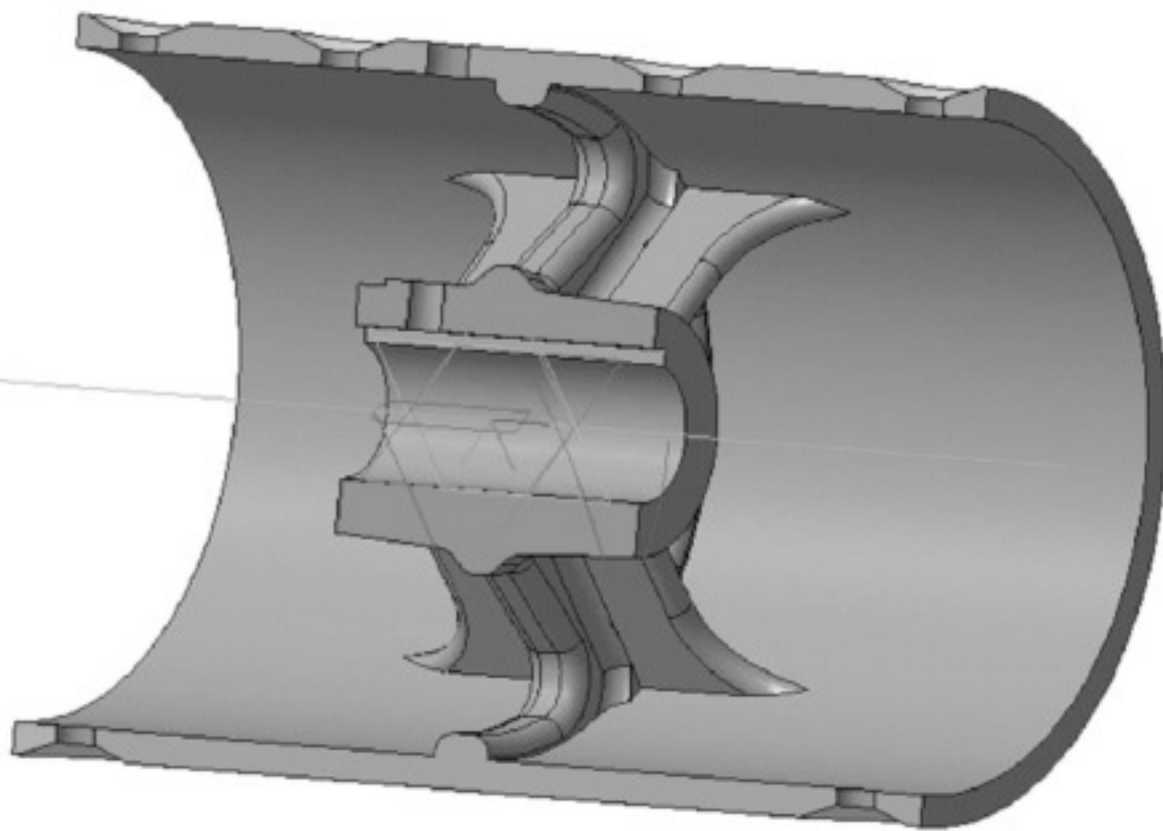
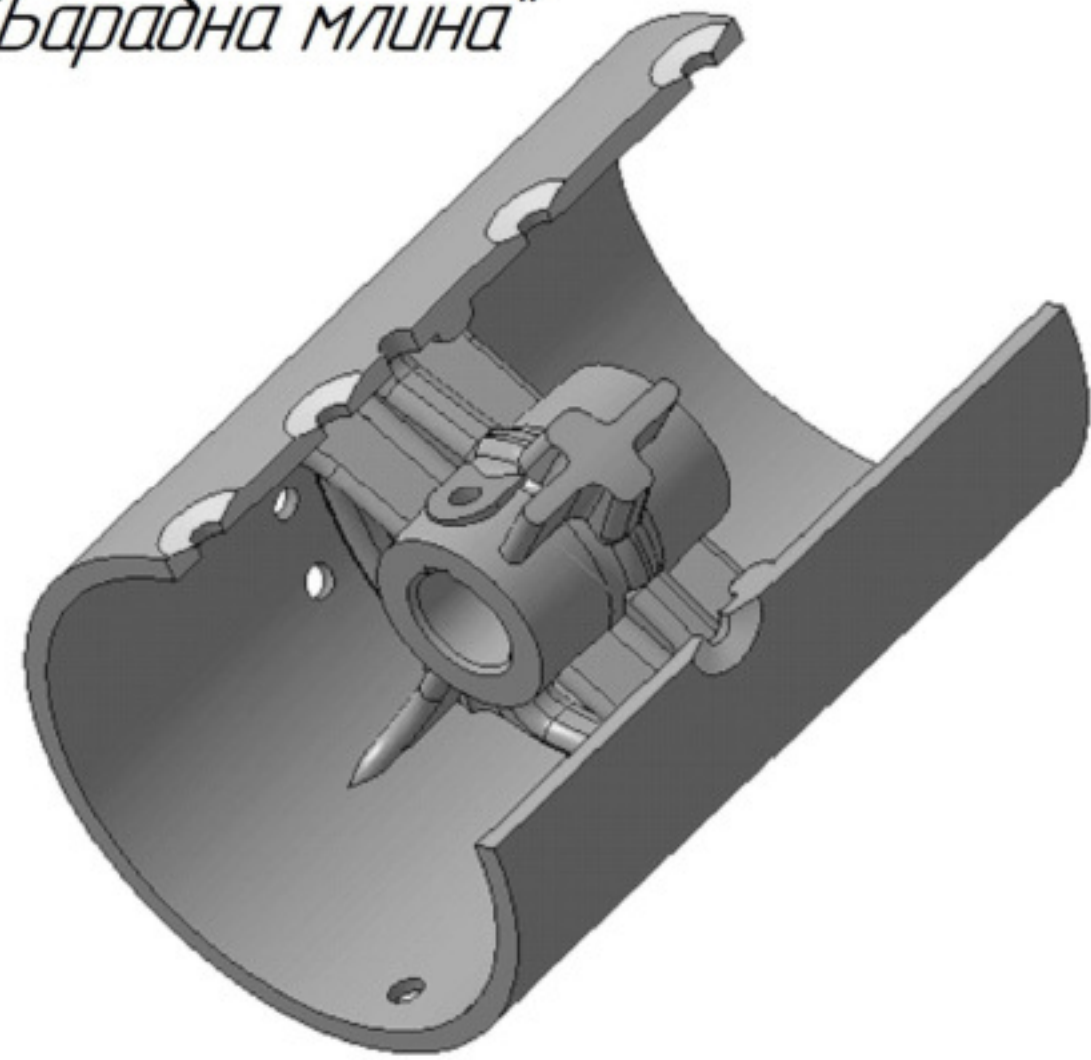
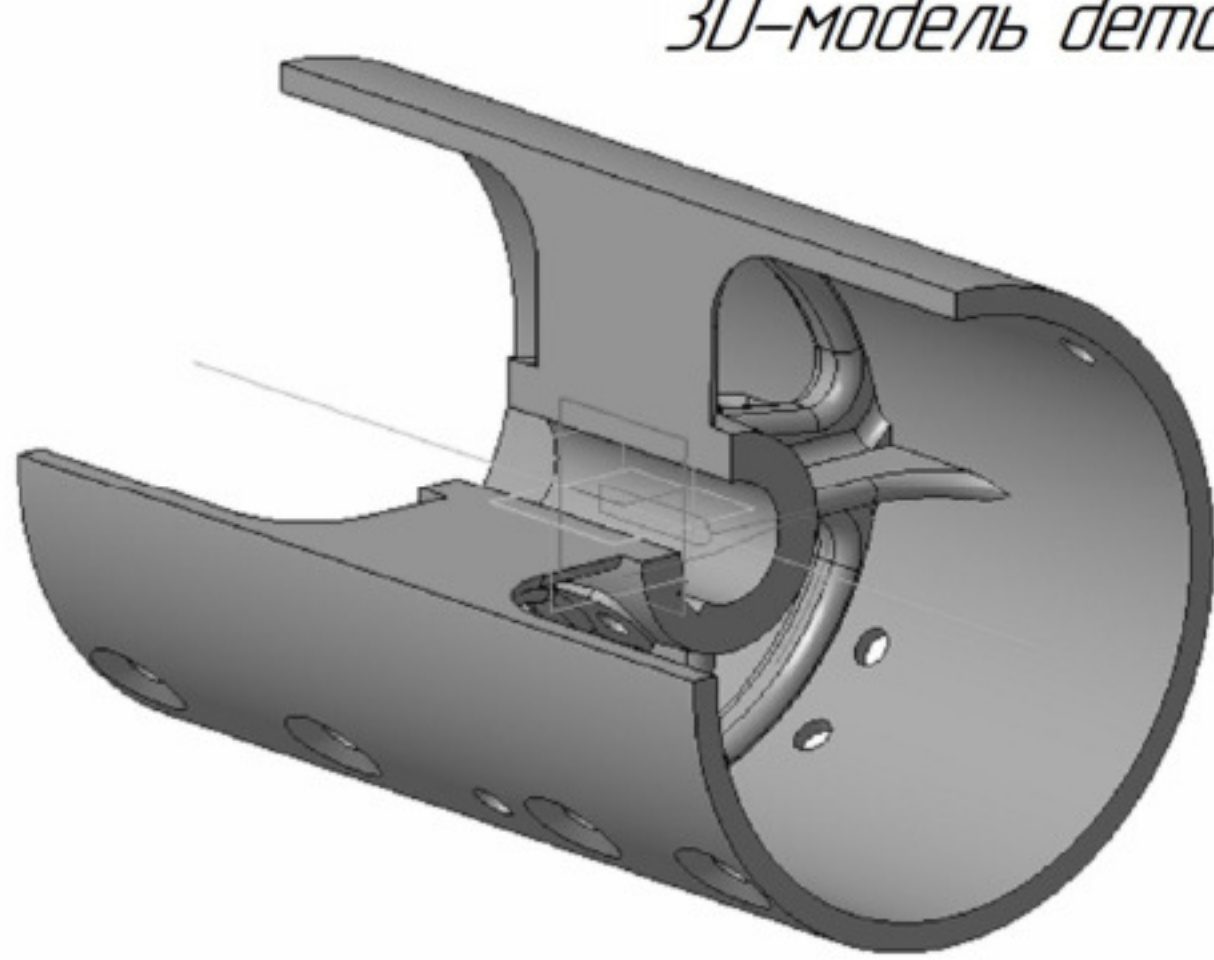


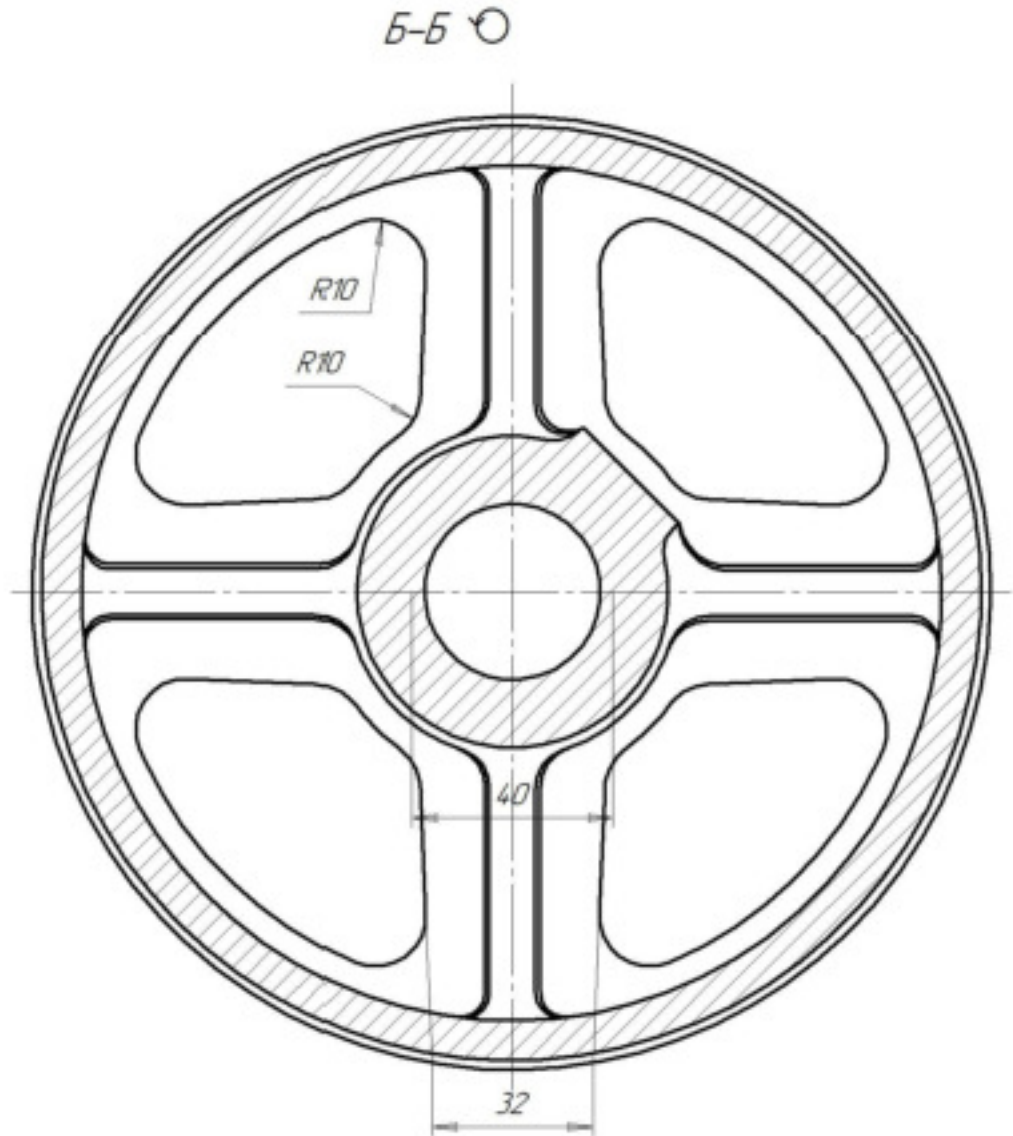
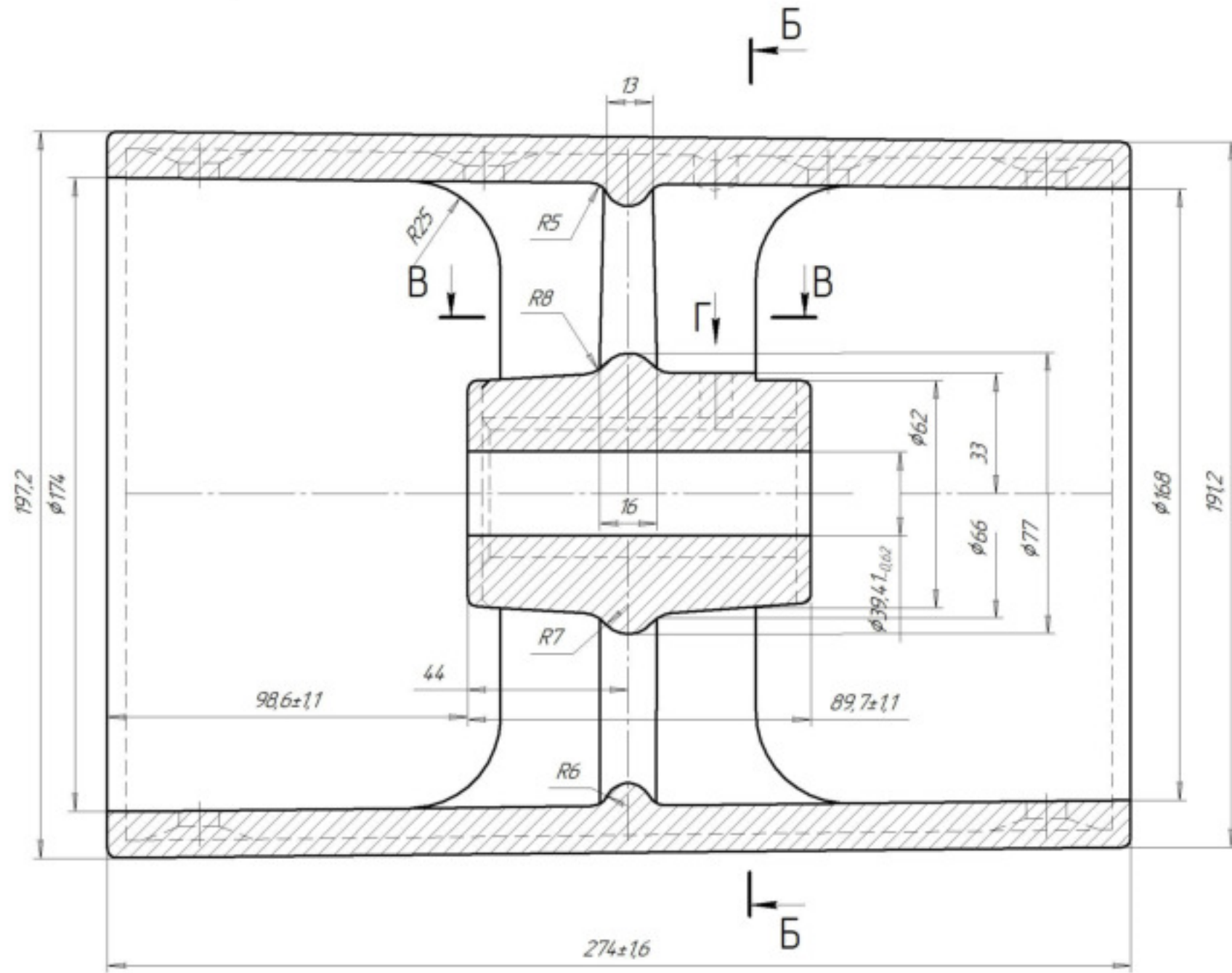
- Невказані граничні відхилення отворів H14, валів h14, інші ±IT 2.
- Покриття - грунтовка ГФ-021 ГОСТ 25129-82

08-64.МКР.019.00.001				Лист	Маса	Масштаб
Барaban млина 80-012					15	1:1
СЧ15 ГОСТ 1412-85				Лист 1	Листов 1	
				ВНТУ, ст. гр. ПМ-22м		
Копія				Формат А2		

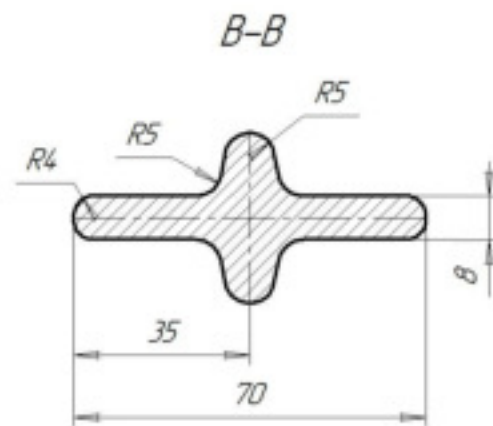
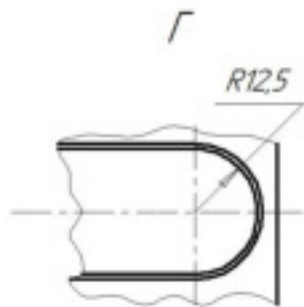
Лист № 1
Склад №
Валок №40 №
Лист № 01/01
Лист № 01/01
Лист № 01/01

3D-модель деталі "Барабна млина"





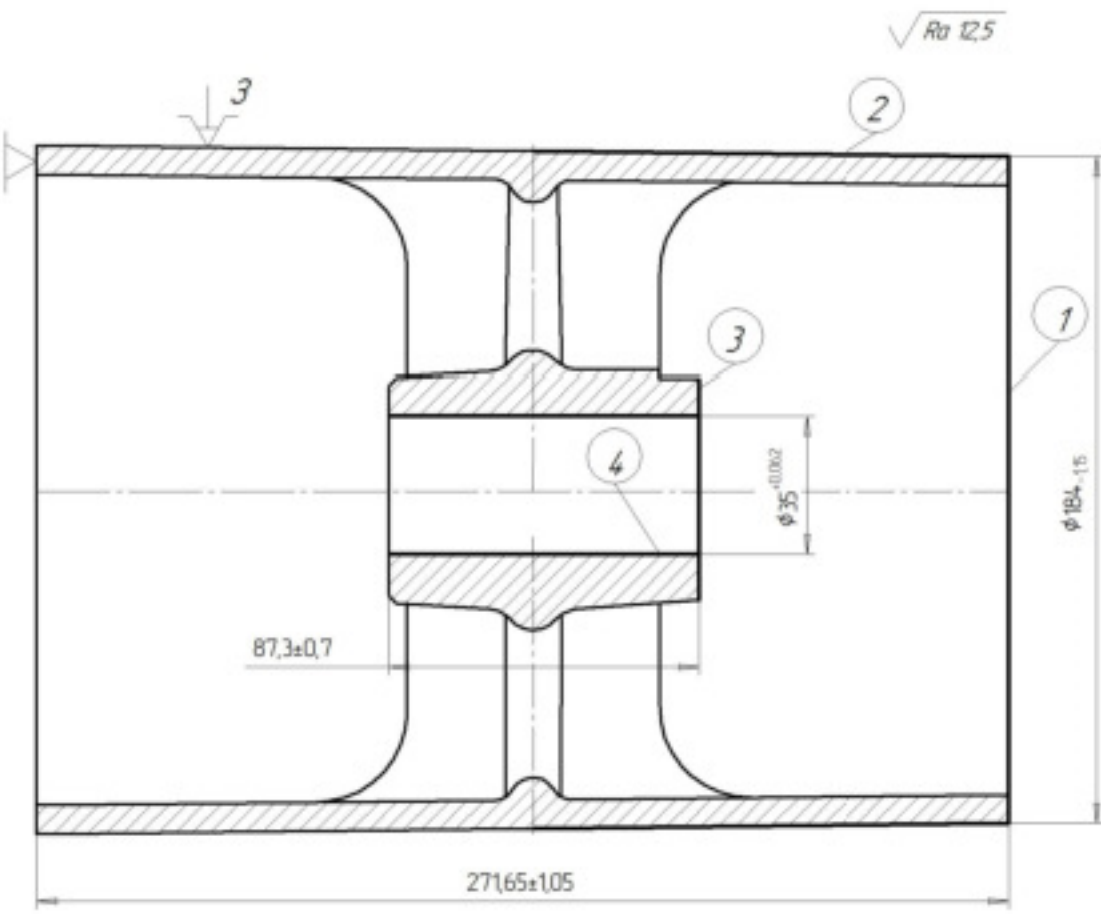
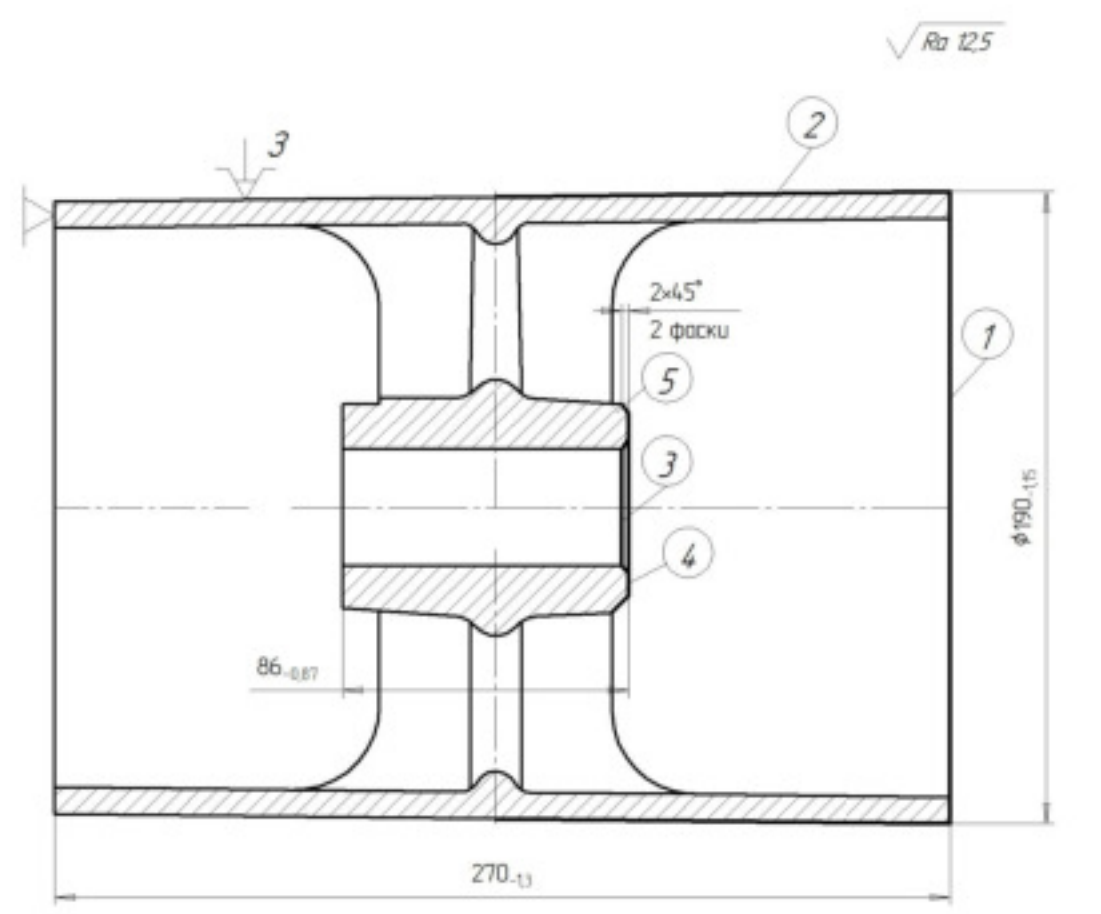
1. Точність виливка 11-8-11-10 ГОСТ 26645-85
2. Маса 15-0,1827-5,8698-21,74.
3. Невказані на креслення радіуси заокруглень 6 мм.
4. Допускаються раковини і пустоти $\phi 14$ мм на глибині 2 мм.

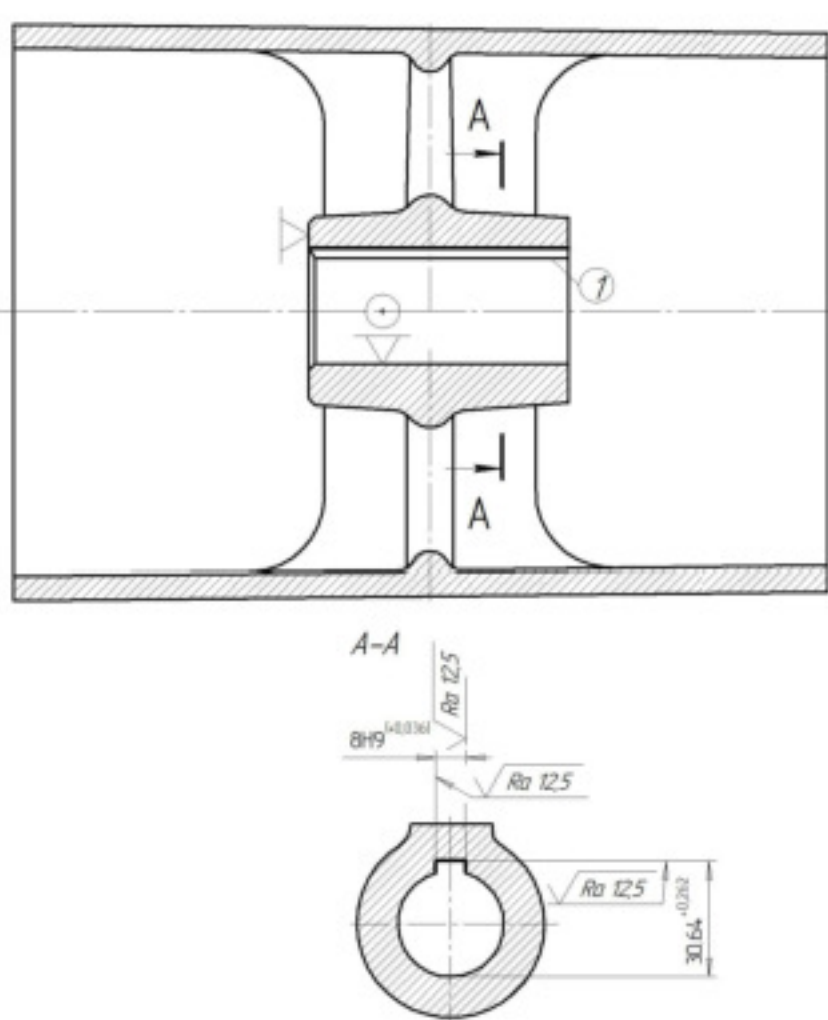
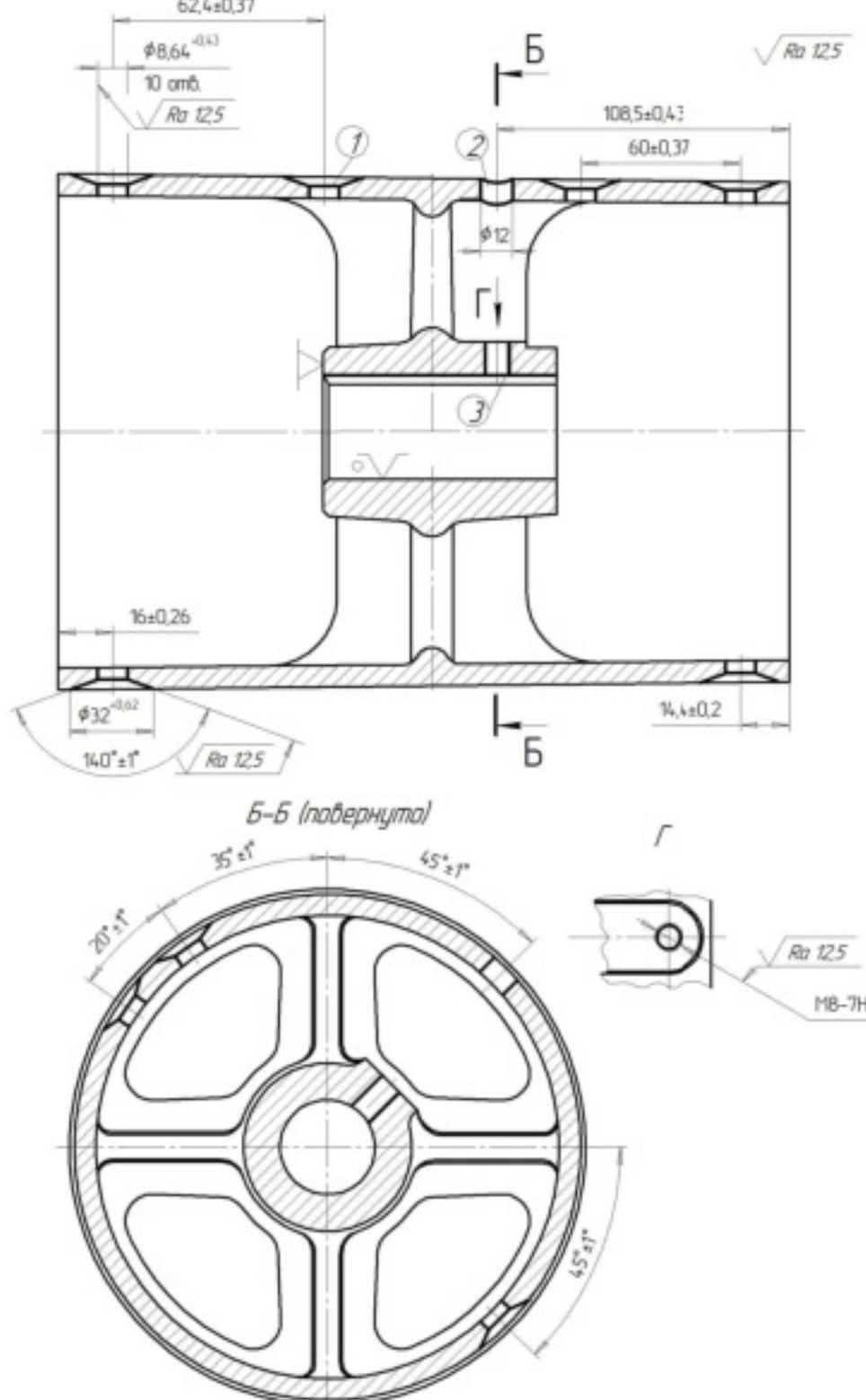


				08-64.МКР.019.00.001		
				Барабан		
				(лиття в оболонці форми)		
Мат. лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Семеник В.А.				17,7	1:1
Проф	Резніський С.В.			Лист	Листов	
Начальн.	Сердюк О.В.			ВНТУ		
Стр.	Козлов Л.Г.			ст. гр. ППМ-22м		
				Копія		
				Формат А2		

Лист № 1
 Стор. № 1
 Вид № 019
 Взам. зад. №
 Лист у діаметрі
 Лист у діаметрі
 Лист № 019

Маршрут механічної обробки деталі

№ операції	Операції і переходи	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити деталь</p> <p>2 Точити торець 1, поверхню 2 в розміри згідно ескізу</p> <p>3 Точити торець 3 в розмір згідно ескізу, розточити попередньо отвір 4 в розмір $34,43^{+0,25}$</p> <p>4 Розточити попередньо отвір 4 в розмір $34,86^{+0,1}$</p> <p>5 Розточити отвір 4 остаточно в розмір згідно ескізу</p> <p>6 Зняти деталь</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів: отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1П4.20ПФ30</p>
010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити деталь</p> <p>2 Точити торець 1 та циліндричну поверхню 2 витримуючи розміри вказані на кресленні</p> <p>3 Точити фаску 3, торець 4 та фаску 5 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>4 Зняти деталь</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів: отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1П4.20ПФ30</p>

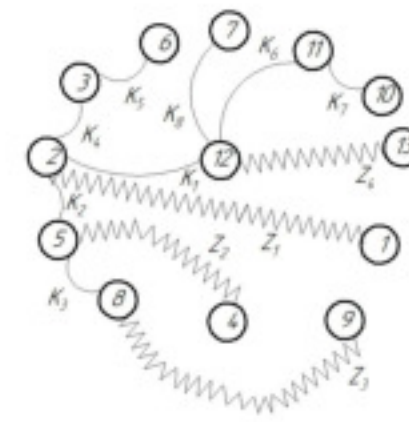
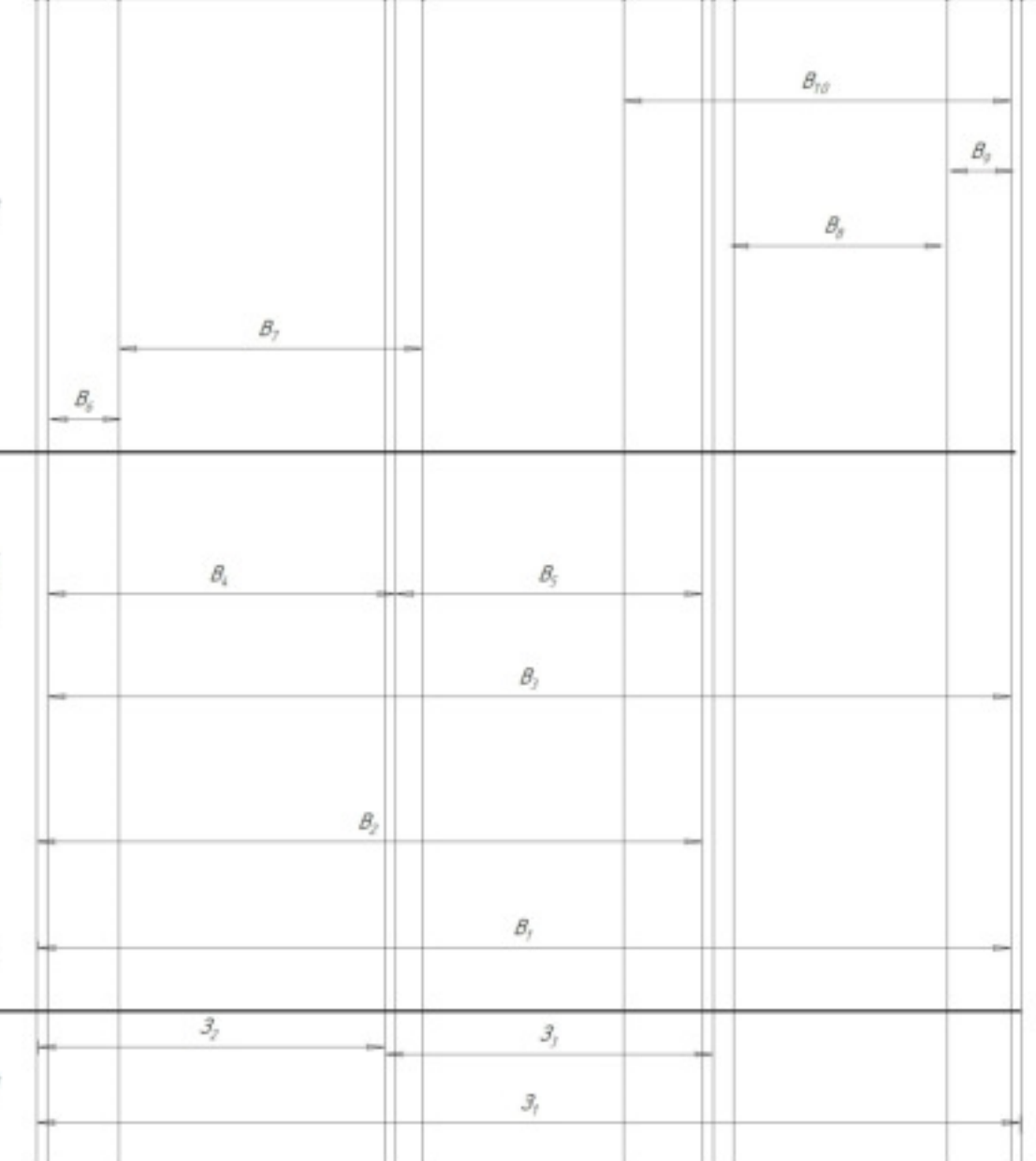
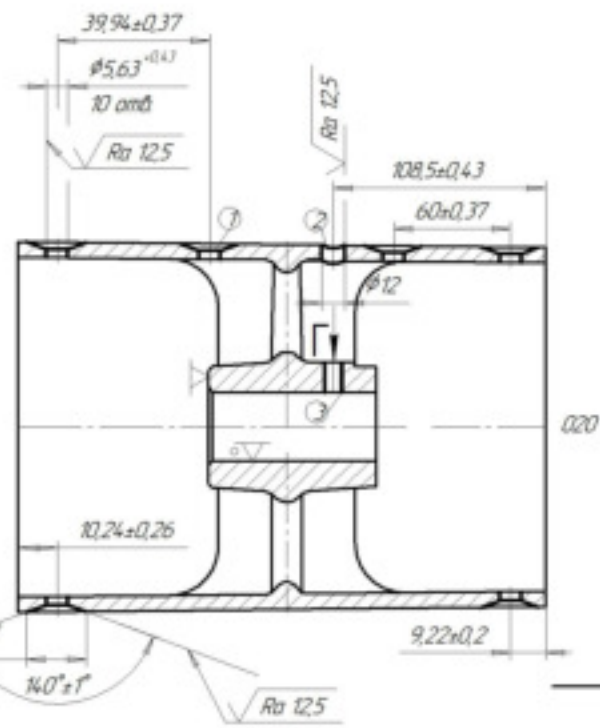
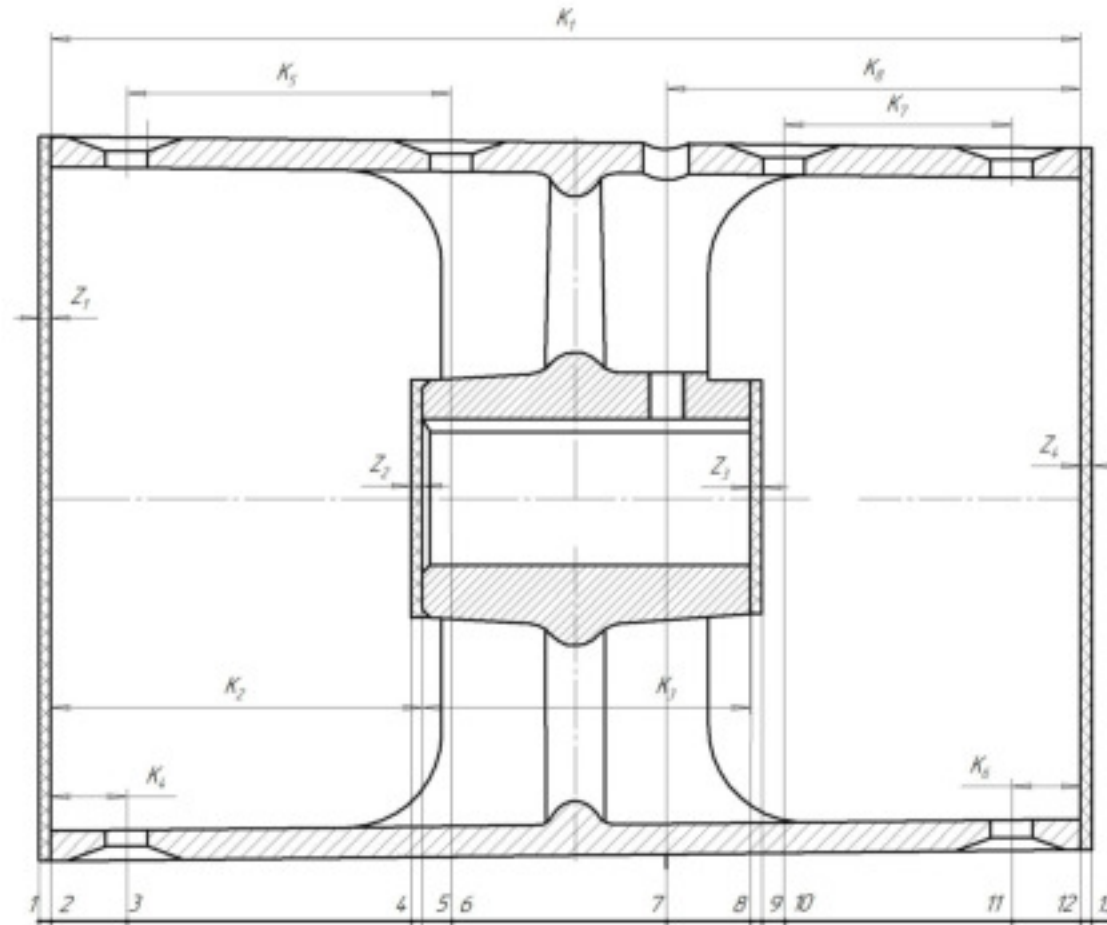
№ операції	Операції і переходи	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
015	<p>Протягувальна</p> <p>1 Встановити і закріпити деталь</p> <p>2 Протягнути паз 1 витримуючи розміри вказані на кресленні</p> <p>3 Зняти деталь</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів: отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Протягувальний 7555
020	<p>Комбінована</p> <p>1 Встановити деталь</p> <p>2 Центрувати 4 отв. 1, центрувати отв. 2, повернути деталь на 80°, центрувати отв. 1, повернути деталь на 20°, центрувати отв. 1, повернути деталь на 80°, центрувати 2 отв. 1, повернути деталь на 90°, центрувати отв. 1</p> <p>3 Свердлити отв. 1, повернути деталь на 90°, свердлити 2 отв. 1, повернути деталь на 80°, свердлити отв. 1, повернути деталь на 20°, свердлити отв. 1, повернути деталь на 80°, свердлити 4 отв. 1, свердлити отв. 2</p> <p>4 Центрувати отв. 3</p> <p>5 Свердлити отв. 3</p> <p>6 Нарізати різь в отв. 3</p> <p>7 Зенкувати 4 отв. 1, повернути деталь на 80°, зенкувати отв. 1, повернути деталь на 20°, зенкувати отв. 1, повернути деталь на 80°, зенкувати 2 отв. 1, повернути деталь на 90°, зенкувати отв. 1</p> <p>8 Зняти деталь</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів: отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Багатоцільовий з ЧПК ЛФ260МФЗ з поворотним пристосуванням

Розмірний аналіз
технологічного процесу

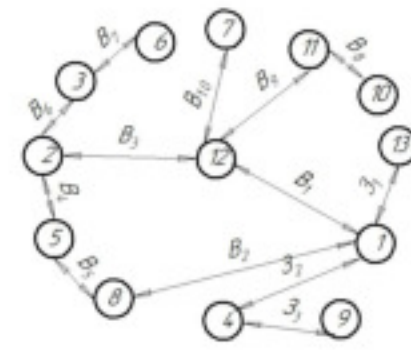
Размір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
Допуск	21	14	13	0.87	0.87	0.26	0.74	0.74	0.4	0.86
Остаточний розмір	271.65	87.3	270	97.5	86	20	78	60	18	188.5

Припуск	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Граничні значення $Z_{\text{гп}}$	0.6	0.6	0.6	0.6
Z_{max}	4	2.87	4.2	5.9

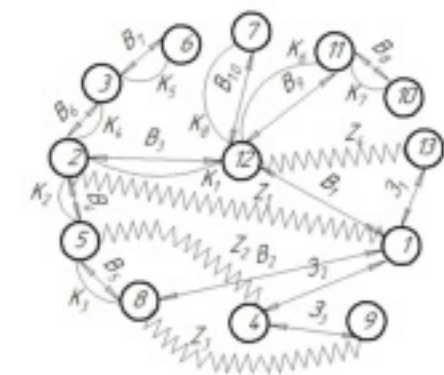
Размірна схема технологічного процесу



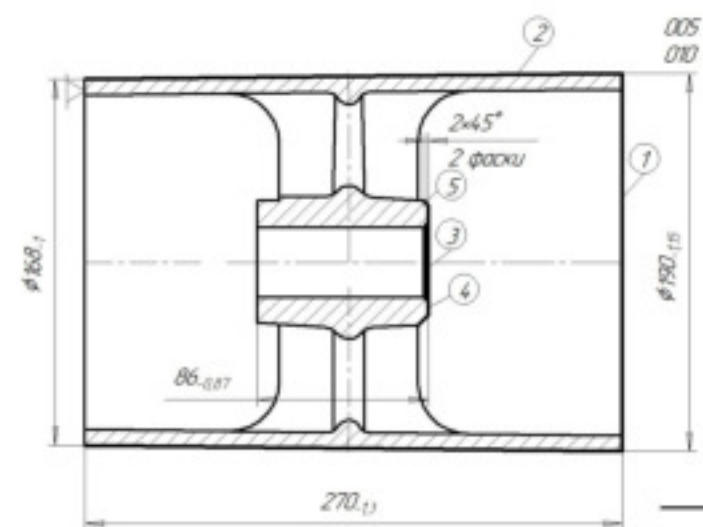
Планний граф-дерево



Висхідний граф-дерево

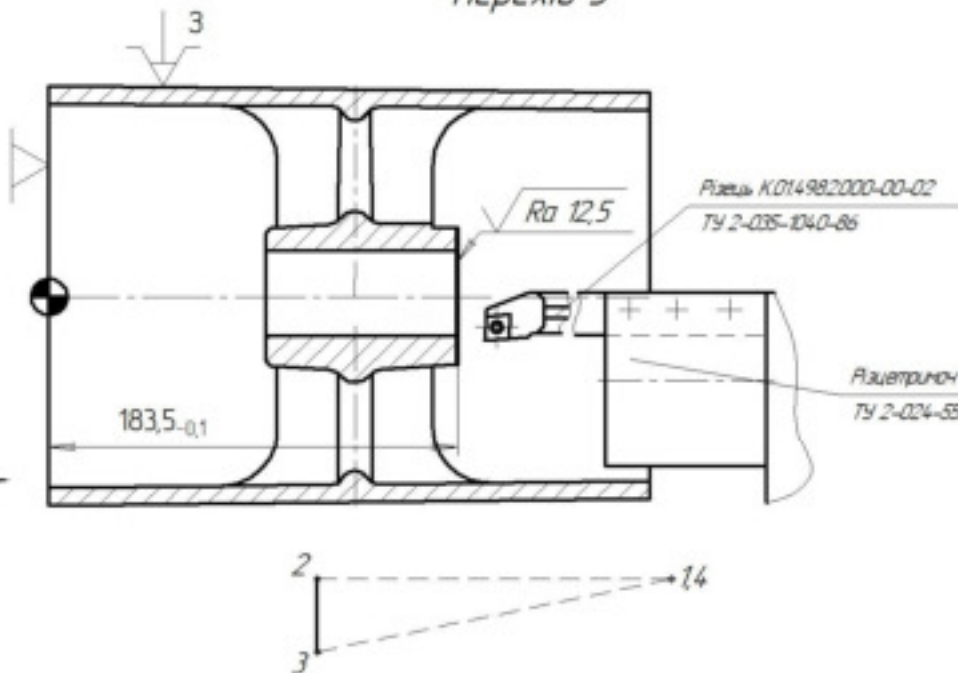


Сирцевий граф-дерево

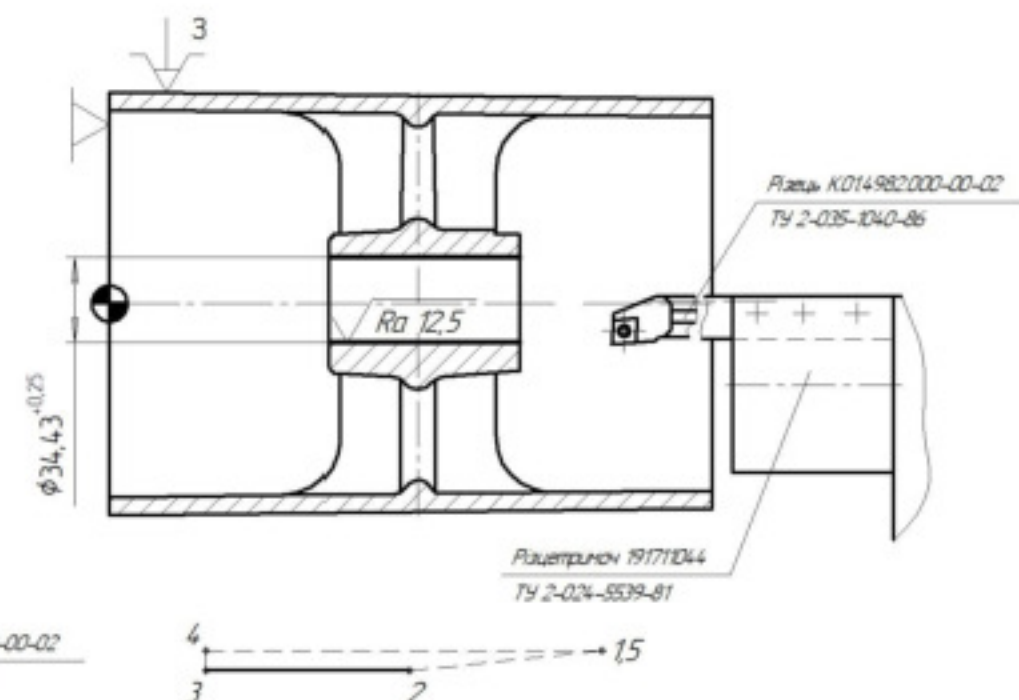


0.00

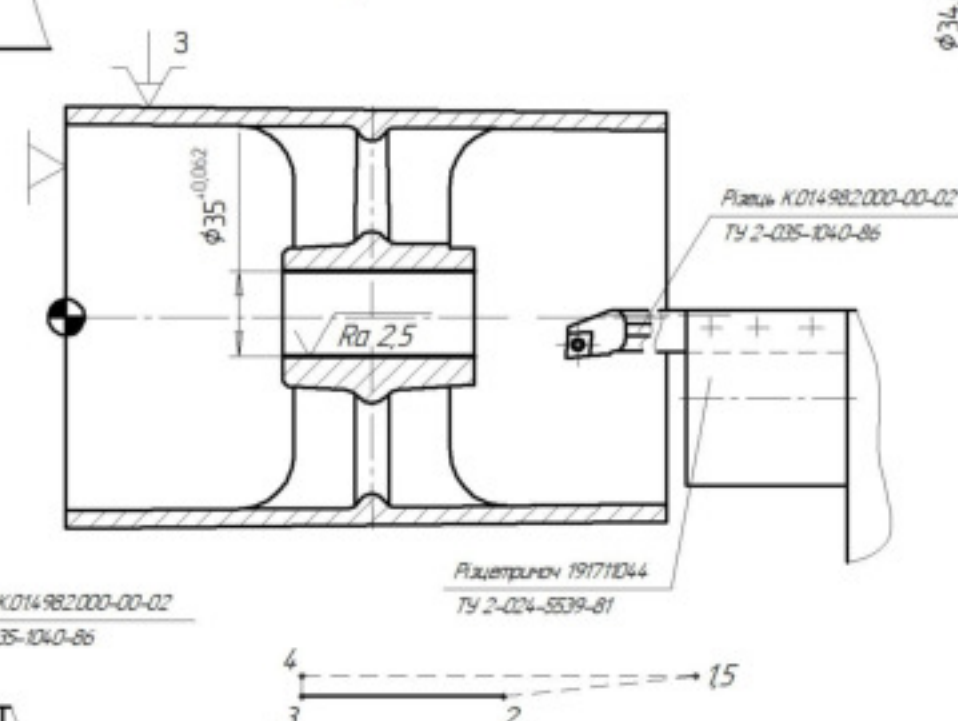
Перехід 3



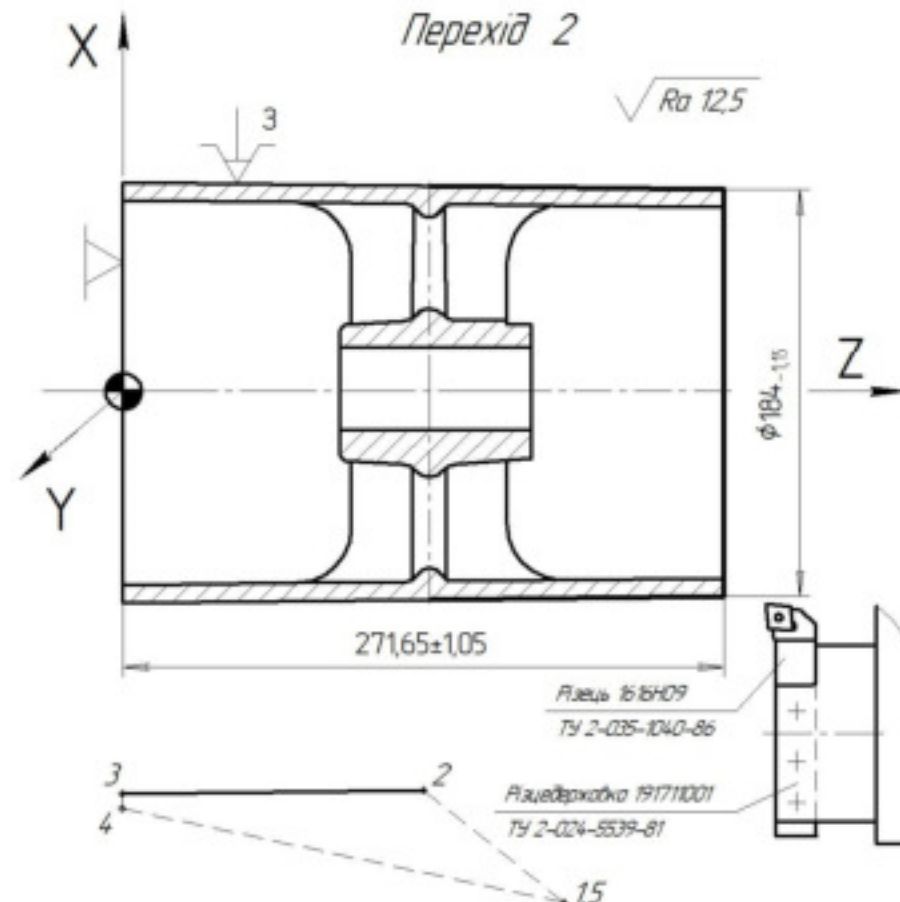
Перехід 4



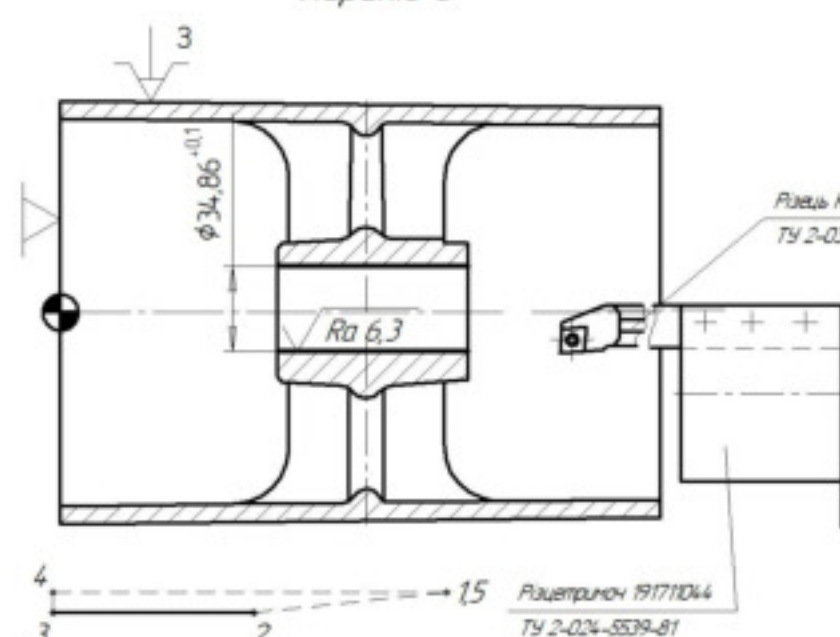
Перехід 6



Перехід 2



Перехід 5



005	6	Розточити остаточно	$\phi 35^{+0.062}$	380,5	0,4	637	0,328
	5	Розточити попередньо	$\phi 34,86^{+0.1}$	113,1	1,1	189	0,421
	4	Розточити попередньо	$\phi 34,43^{+0.25}$	105,5	2,2	176	0,567
	3	Точити торець в розмір	183,5 $_{-0.1}$	82,5	2,2	138	1,067
	2	Точити торець в розмір	271,65 $\pm 1,05$	82,5	2,2	138	1,067
			точити зовнішню поверхню				
№ опер.	№ пер.	Токарня	174.207Ф30 патрон	V, м/хв	f, мм	p, об/хв	S, мм/об

08-64.МКР.019.00.400 КН

Лист	№ докум.	Лист	Листа	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Семенов ДА					1:2
Проб	Резніцький СВ					
Технік						
Нач-кар	Сердюк ОВ					
Стр	Козлов ІГ					

Карта налагоджень

ВНТУ, ст. гр. ПМ-22м

Лист 1 з 1
Стор. №
Лист і дата
Лист і дата
Лист і дата
Лист і дата
Лист і дата

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ПРИ ТОЧІННІ

(продовження)

Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу математична модель має вигляд

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і нехтування статистично незначних коефіцієнтів отримано

$$\hat{y} = 74,1 + 11,8x_1 + 19,1x_2 - 6,9x_3 + 10,9x_1x_2 + 2,8x_1x_3 - 5,2x_2x_3, \quad (2)$$

або у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 74,1 + 11,8 \frac{S-0,5}{0,25} + 19,1 \frac{t-2}{1,5} - 6,9 \frac{\varphi-60}{15} + 10,9 \left(\frac{S-0,5}{0,25} \right) \left(\frac{t-2}{1,5} \right) + \\ & + 2,8 \left(\frac{S-0,5}{0,25} \right) \left(\frac{\varphi-60}{15} \right) - 5,2 \left(\frac{t-2}{1,5} \right) \left(\frac{\varphi-60}{15} \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Отримані за рівнянням (3), апроксимовані лінійні залежності зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру деталі d) від факторів процесу різання показано на рис. 1-3.

Висновок. Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності зміщення осі заготовки y (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру заготовки d) від таких параметрів, як подача S , глибина різання t і головний кут різця в плані φ . Рівняння (3) адекватне, тому можна використовувати як інтерполяційну формулу для обчислення величини y .

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ПРИ ТОЧІННІ (продовження)

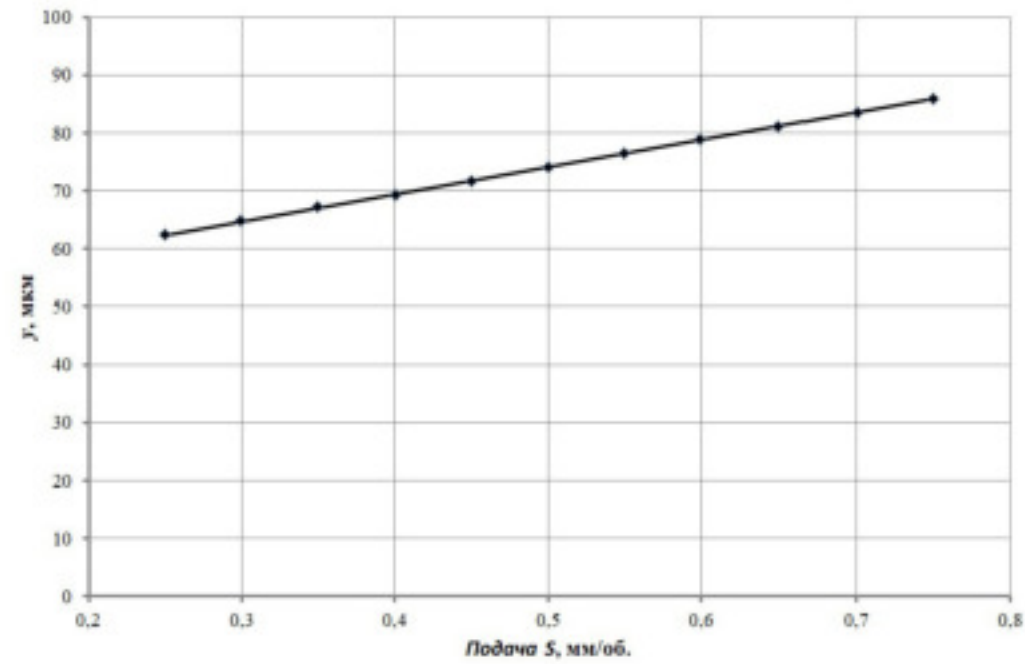


Рисунок 1 – Залежність зміщення осі заготовки y від подачі S

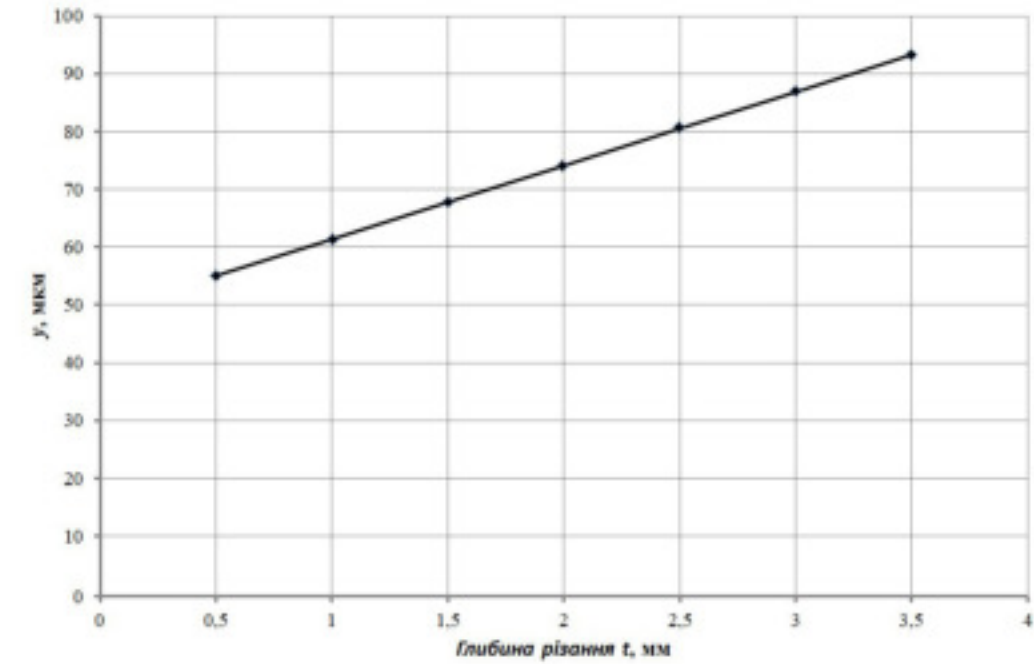


Рисунок 2 – Залежність зміщення осі заготовки y від глибини різання t

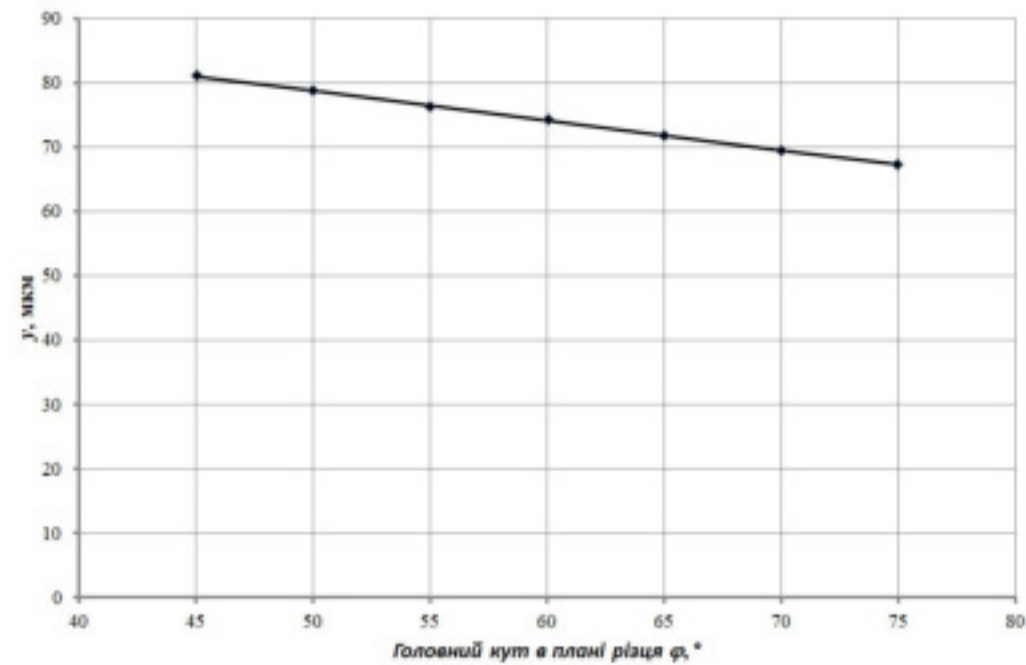
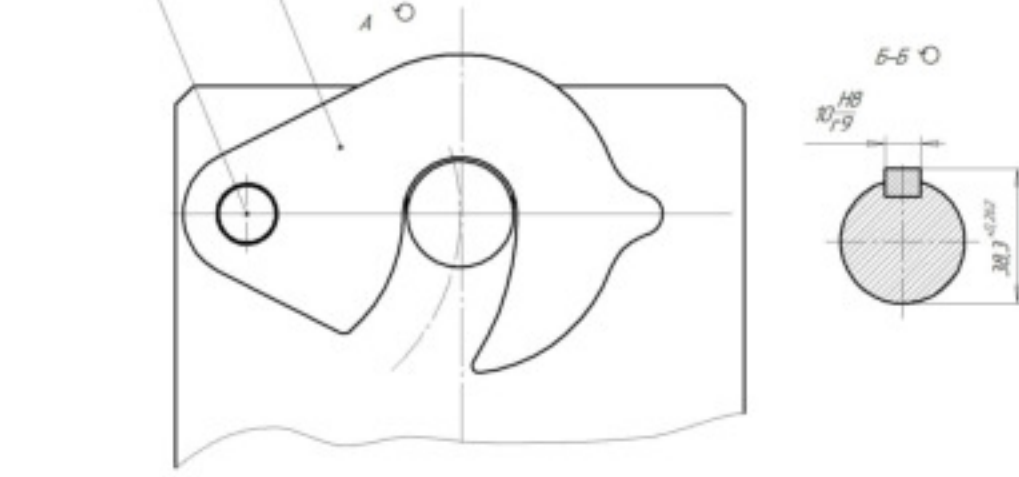
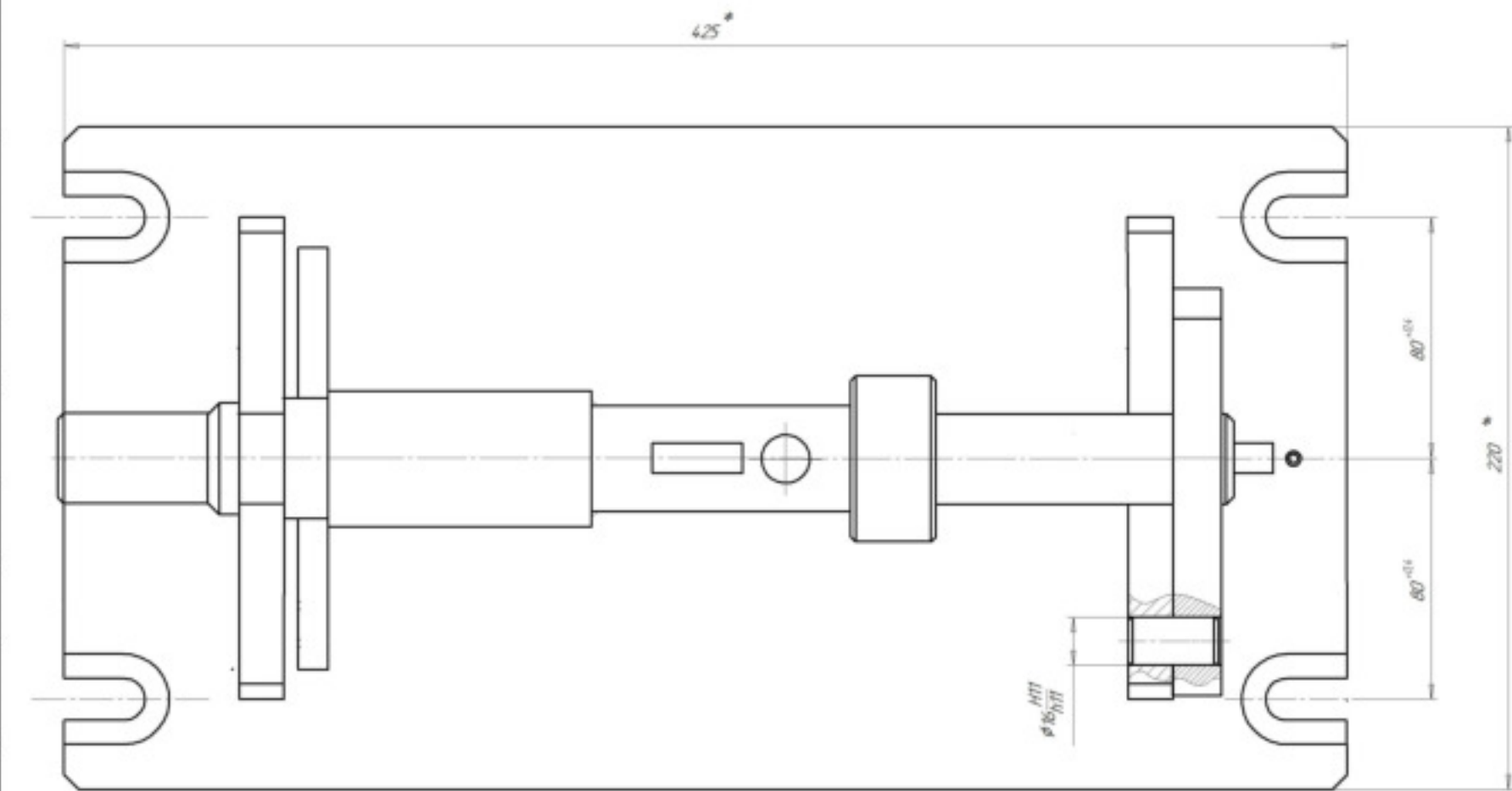
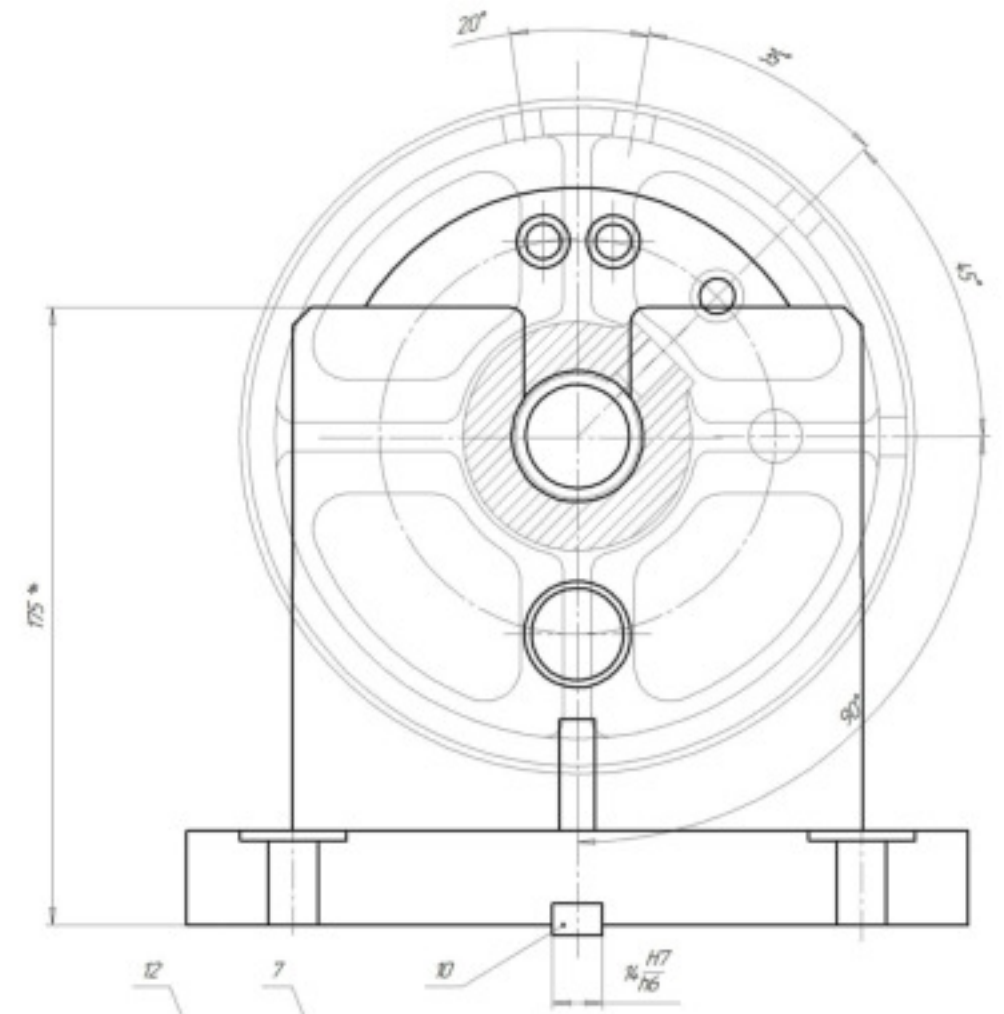
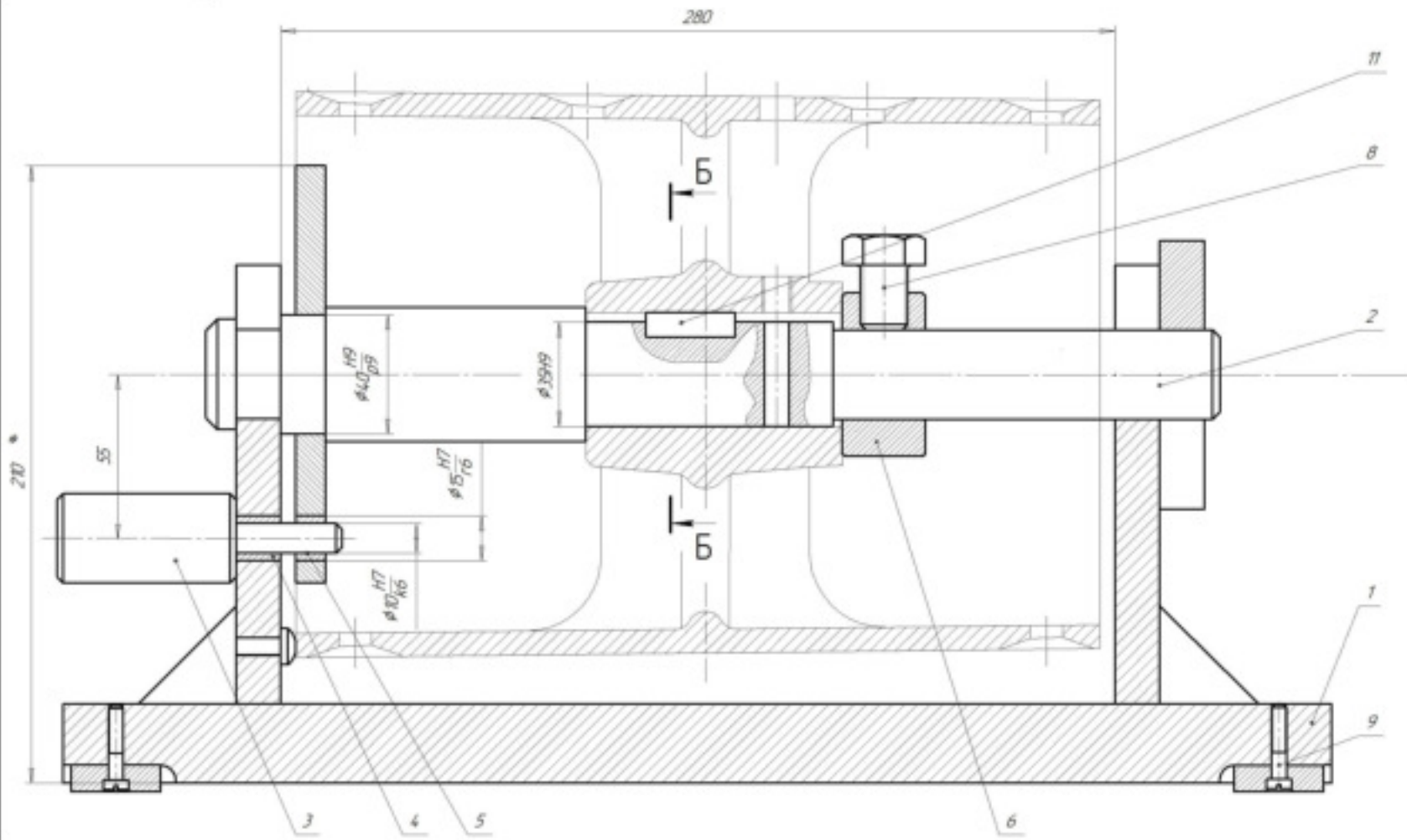


Рисунок 3 – Залежність зміщення осі заготовки y від головного кута в плані φ



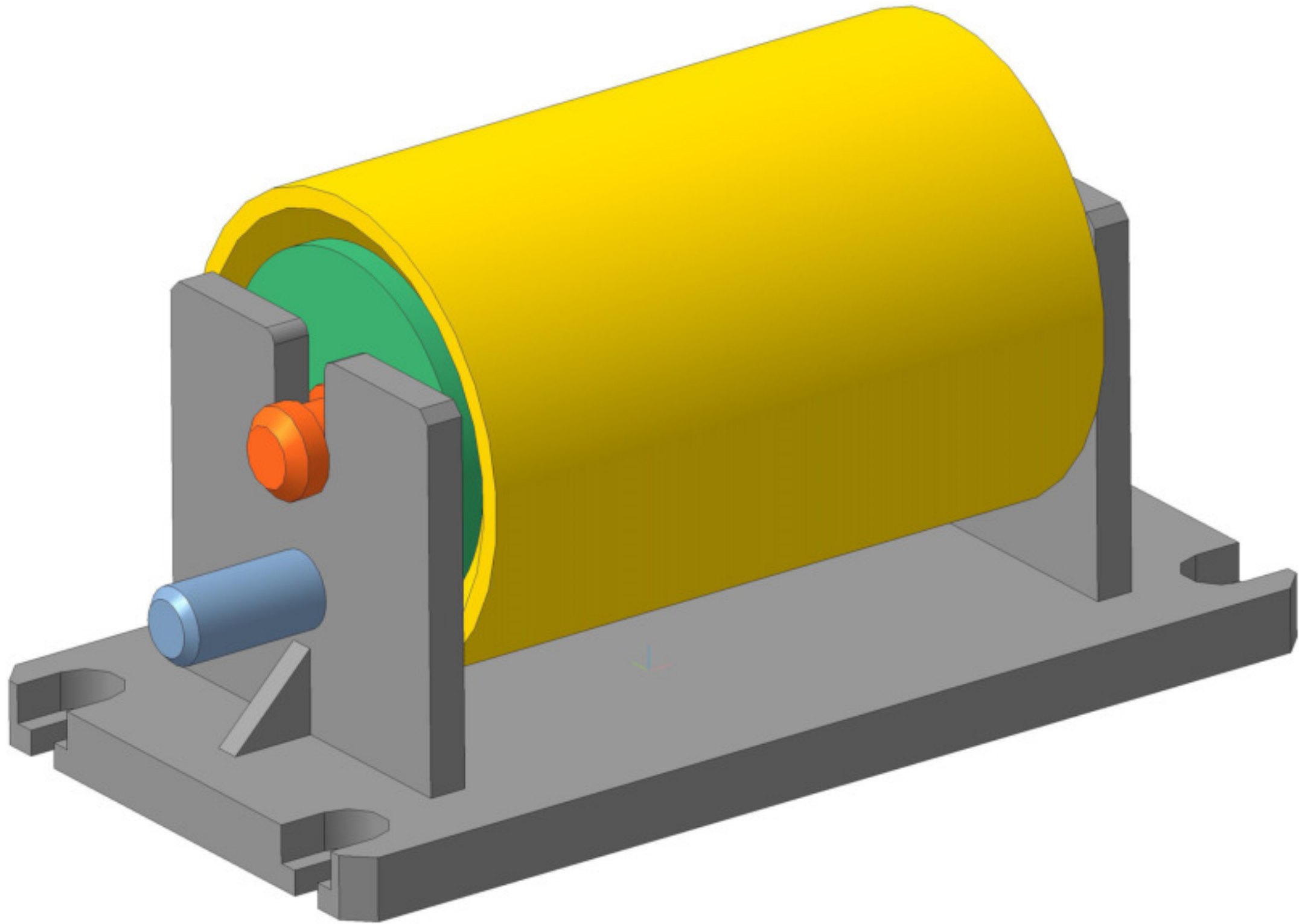
- 1 *Размеры для доводки
- 2 НН, нН, ±IT⁵
- 3 Сила закрѣпления 20000 Н
- 4 Точность приспособления E-0,04 мм

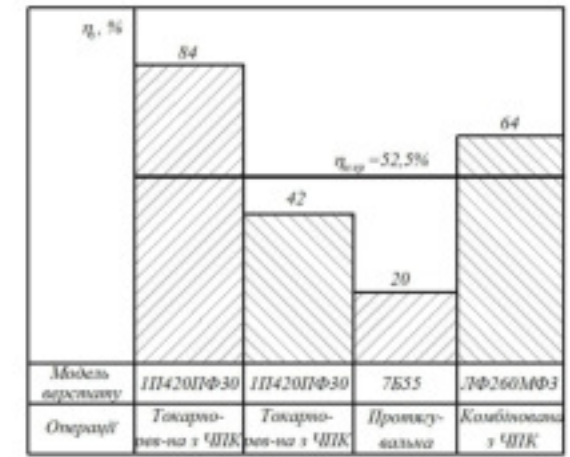
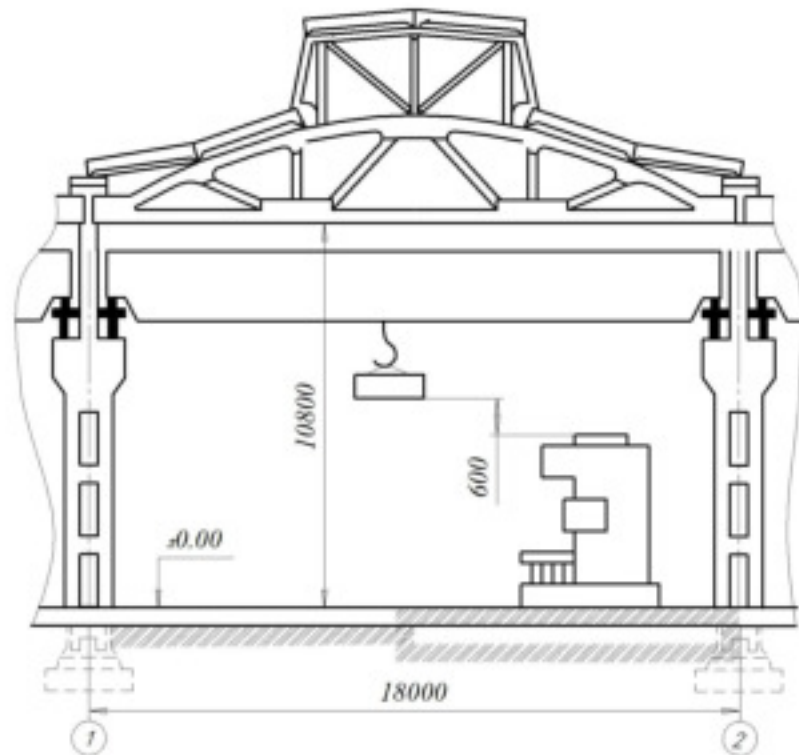
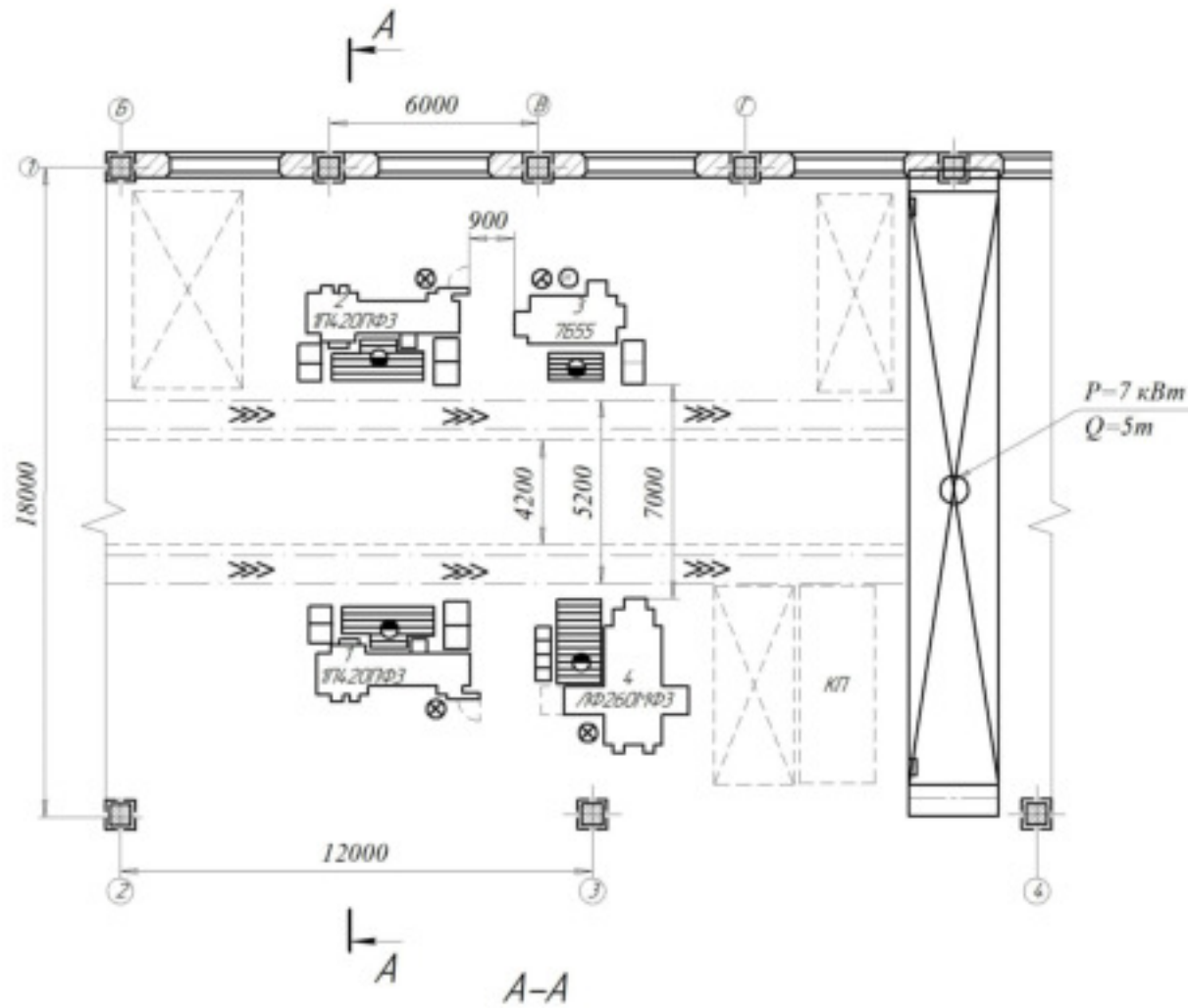
				08-64 МКР.019.01000 СК			
				Приспособление верстатне			
				Складовый чертеж			
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	Лист	Листов	Листов	Листов
				1	1	1	1
				ВНТУ			
				ст. др. 171-22н			

Лист 1 из 1
 Дата: 19.01.2000
 Автор: А.И. Коваленко
 Проверен: А.И. Коваленко
 Утвержден: А.И. Коваленко

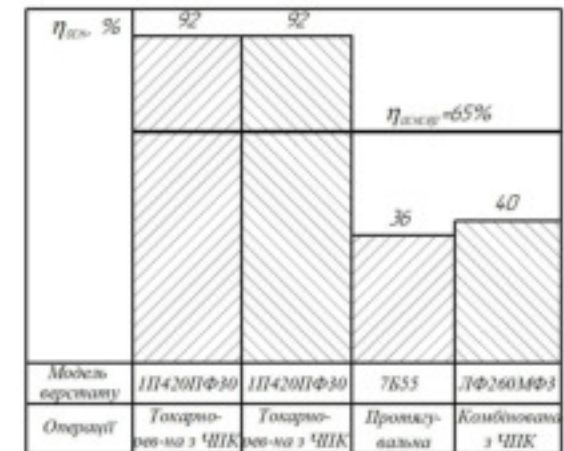
Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			08-64.МКР.019.01.000 СК	Складальний кресленик		
<i>Складальні одиниці</i>						
		1	08-64.МКР.019.01.100 СК	Основа	1	
		2	08-64.МКР.019.01.200 СК	Вал	1	
		3	08-64.МКР.019.01.300 СК	Палець	1	
		4	08-64.МКР.019.01.400 СК	Кутник	1	
		5	08-64.МКР.019.01.500 СК	Планка	1	
		6	08-64.МКР.019.01.600 СК	Втулка	1	
		7	08-64.МКР.019.01.700 СК	Прихват	1	
<i>Стандартні вироби</i>						
		8		Гвинт М20×1,5-6g ГОСТ 1491-80	1	
		9		Гвинт М10-6g ГОСТ 1491-80	2	
		10		Шпонка 14×8×30 ГОСТ 23360-78	2	
		11		Шпонка 12×6×18 ГОСТ 23360-78	1	
		12		Штифт φ16h11 ГОСТ 8338-80	1	
08-64.МКР.019.01.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Семенов Ю.А.				Лит.	Лист
Проб.	Регінський С.В.					1
Н.контр.	Сердюк О.В.				Листов	
Утв.	Козлов Л.Г.				1	
Приспосовування верстатне					ВНТУ, ст. гр. 1ПМ-22М	

Тривимірна модель верстатного пристосування





Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом

- 1 На дільниці проводиться обробка підбирання стружки в юсти з'яни
- 2 Не загромождати проади, проади, підоди до первинних засобів пожегогасіння
- 3 Нави́сть на підлозі мастита і тмульсі не допускається
- 4 Площа дільниці м²: загальна 360, виробнича 115
- 5 Кількість працівників: чол. основних робітників 5, загальна 9
- 6 Кількість верстатів шт 4

				08-64.МКР.019.00.700 В3		
				Дільниця механічної обробки		
				1100		
				ВНТЗ		
				ст. ар. ВТМ-22н		

Техніко-економічні показники удосконаленої ділянки механічної обробки

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий варіант</i>	<i>Удосконалений варіант</i>
<i>Маса деталі "Барабан млина", кг</i>	15	15
<i>Маса заготовки, кг</i>	22,91	17,7
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	0,65	0,85
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	398	361,13
<i>Економічна ефективність при виборі варіанту виготовлення заготовки, грн.</i>	-	518880
<i>Кількість операцій механічної обробки деталі "Барабан млина", шт.</i>	9	4
<i>Кількість верстатів на ділянці механічної обробки деталі "Барабан млина", шт.</i>	9	4
<i>Кількість працюючих на ділянці механічної обробки деталі "Барабан млина", чол.</i>	24	9
<i>Кількість основних робітників на ділянці механічної обробки деталі "Барабан млина", чол.</i>	18	5
<i>Середній розряд робітників</i>	6	4,8
<i>Площа ділянки, м²:</i>		
<i>виробнича</i>	225	115
<i>загальна</i>	480	360
<i>Капітальні вкладення, грн.</i>	-	1225790
<i>Собівартість деталі, грн.</i>	618,08	429,22
<i>Економічна ефективність, грн.</i>	-	676365,09
<i>Термін окупності, років</i>	-	1,81