

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 приводу затвору млина та технологічного процесу
механічної обробки деталі типу “Корпус ЗШ-043.001”»

08-64.МКР.013.00.000 ПЗ

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

Лозовський Лозовський В. Г.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Репінський Репінський С. В.

« 5 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Кужель Кужель В. П.

« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

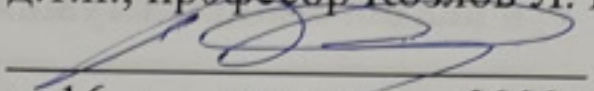
Козлов д.т.н., проф. Козлов Л. Г.

« 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

Лозовському Владиславу Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення приводу затвору млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»

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 .

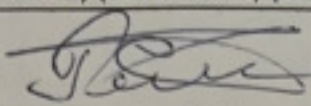
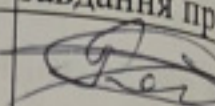
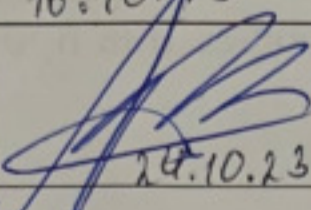
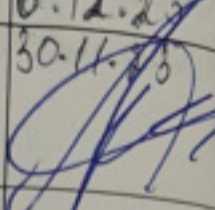
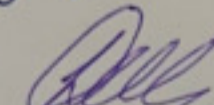

2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус ЗШ-043.001»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 10 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення приводу затвору млина; удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
батарея розвантажувачів (A1); затвор (A1); затвор шлюзовий (A1); удосконалення приводу затвору млина (2A1); Корпус ЗШ-043.001 (A1); тривимірна модель деталі «Корпус» (A1); корпус (випуск) (A1); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (A1); техніко-економічні показники (A1)

6. Консультанти розділів роботи

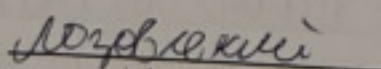
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальна частина	Репінський С. В., доцент кафедри ТАМ	 16.10.23	 6.12.23
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 24.10.23	 30.11.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

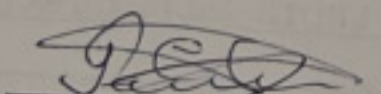
№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примі
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 24.10.23	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 27.10.23	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 1.11.23	
4	Розв'язання поставлених задач	до 21.11.23	
5	Формулювання висновків 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)

Лозовський В. Г.

Керівник роботи


(підпис)

Репінський С. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Лозовський В. Г. Удосконалення приводу затвору млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2023. 138 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 23; табл. 48.

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено привод затвору млина та технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

В конструкторській частині виконано огляд відомих конструкцій приводу затвору млина, обґрунтовано шляхи удосконалення конструкції на базовому підприємстві, удосконалено привод затвору млина, який надає вузлу кращих експлуатаційних якостей, а саме зменшує габарити, дає можливість регулювати продуктивність затвору, зменшує енергоємність.

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» 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; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В економічній частині роботи виконано економічні розрахунки по впровадженню запропонованих у роботі рішень. 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

Lozovskyi V. H. Improvement of the shutter drive of the mill and the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type «Housing ZSh-043.001». Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2023. 138 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 28 titles; fig.: 23; tabl. 48.

In the master's qualification work, the shutter drive of the mill and the technological process of mechanical processing of the «Housing ZSh-043.001» type part were improved.

In the general part of the work, an overview of the manufacturing technologies of the "Hull" type part was conducted, the justified feasibility of improving the existing technological process of mechanical processing of the «Housing ZSh-043.001» type part was substantiated.

In the design part, an overview of the known designs of the mill shutter drive was performed, the ways of improving the design at the base enterprise were substantiated, the design of the mill shutter was improved, which gives the unit better operational qualities, namely, it reduces dimensions, makes it possible to regulate the performance of the shutter, and reduces energy consumption.

In the technological part, the variant selection and technical and economic justification of the method of manufacturing the workpiece is performed; a computer program was developed for calculating the cost of a workpiece made by casting; options for the route of mechanical processing of the part of the «Housing ZSh-043.001» type with the use of 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 determined; the given program, the number of equipment and employees are calculated; improved mechanical processing department.

In the economic part of the work, economic calculations were performed for the implementation of the solutions proposed in the work. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	12
1.1 Сутність технічної проблеми	12
1.2 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	13
1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	15
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	18
1.5 Характеристика удосконалених технологічних процесів	21
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ ЗАТВОРУ МЛИНА	26
2.1 Аналіз вихідних даних і формування службового призначення проектуемого об'єкту	26
2.2 Пошук та критичний аналіз конструкцій та технологій	28
2.3 Обґрунтування напрямку удосконалення об'єкту та якісна оцінка доцільності рішень, що приймаються	33
2.4 Вимоги до об'єкту, що проектується	33
2.5 Розробка варіантів принципової схеми об'єкту	37
2.6 Варіантний вибір і обґрунтування найбільш раціонального об'єкту на основі якісного аналізу	37
2.7 Розробка принципової кінематичної схеми	38
2.8 Проектування приводу з двоступінчатим циліндричним редуктором	39
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЗШ-043.001»	48
3.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	48
3.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	52
3.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	56

3.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	63
3.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	64
3.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	66
3.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	69
3.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	71
3.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	77
3.10 Призначення режимів різання	81
3.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	88
3.12 Визначення технічних норм часу	88
4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЗШ-043.001»	92
4.1 Розрахунок приведеної програми	92
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	95
4.3 Розрахунок кількості працівників на дільниці	98
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЗШ-043.001»	102
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	102
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»	109
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	115
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	119
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	120

	7
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	120
5.7 Висновки	123
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	124
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	124
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	127
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів надзвичайних ситуацій	130
ВИСНОВКИ	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	136
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	139
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	140

ВСТУП

Актуальність. Вінницька область є одним із основних зернових регіонів України. Існує багато підприємств, які використовують комбікормове, зернопереробне, борошномельне і елеваторне обладнання різної продуктивності. Тому проектування, розробка та удосконалення такого обладнання є досить актуальним. У мукомельному обладнанні, як і в інших машинах та механізмах, ключовою частиною є деталі типу «Корпус», що визначає важливість завдання їхнього проектування та вдосконалення технологічних процесів механічної обробки. При цьому необхідно акцентувати увагу на використанні передових технологій, використанні сучасного та високоефективного обладнання, застосуванні передових методів обробки, щоб гарантувати високу точність та якість обробки, збільшення тривалості служби деталей та зниження вартості виробництва в галузі машинобудування.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – удосконалення приводу затвора млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- пошук та критичний аналіз приводів шлюзових затворів;
- обґрунтування напрямку удосконалення приводу шлюзового затвору та якісна оцінка доцільності рішень, що приймаються;
- варіантний вибір і обґрунтування найбільш раціонального варіанту удосконалення приводу;
- проектування приводу з двоступінчатим циліндричним редуктором;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»;
- розробка алгоритму та комп'ютерної програми для автоматизації розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям;

- удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленого технологічного процесу;
- 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 – шлюзовий затвор для передачі сипучих матеріалів і технологічний процес виготовлення деталей типу «Корпус».

Предмет дослідження – привод шлюзового затвору та удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Удосконалено схему приводу шлюзового затвору мукомельного обладнання у якій потужність від електродвигуна безпосередньо через двоступінчатий циліндричний редуктор передається на шлюзовий затвор; привод, виконаний згідно запропонованої схеми, характеризується меншою вагою, ширшим діапазоном регулювання обертів барабана та виключає застосування підрамника під привід, що дозволяє використовувати його в різних умовах та обмежених просторових умовах, що в свою чергу призводить до зменшення енергоспоживання та збільшення точності встановлення барабана в корпусі.

2. Дістав подальший розвиток алгоритм розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям за вихідними даними способу лиття, матеріалу заготовки,

маси деталі та вилівка, собівартості способу лиття та вартості відходів, об'єму виробництва, класу розмірної точності та групи складності вилівка, а також з урахуванням ряду коефіцієнтів, прийнятих програмою автоматично згідно вбудованих довідникових даних.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено привод затвора млина і технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001». Запропоновані рішення:

- виконано пошук приводів затворів млинів вітчизняних та зарубіжних виробників і на основі критичного аналізу прийнято рішення про доцільність удосконалення приводу шлюзового затвора, що використовується на базовому підприємстві;

- обґрунтовано напрямки удосконалення приводу шлюзового затвора, запропоновано два варіанти удосконалення та на основі якісного аналізу запропонованих варіантів, вибрано найбільш раціональний варіант удосконалення;

- спроектовано удосконалений привод шлюзового затвора з двоступінчатим циліндричним редуктором; удосконалена конструкція затвора млина надає вузлу кращих експлуатаційних якостей – зменшення габаритів, можливість регулювання продуктивності затвора, зменшення енергоємності.

- для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» запропоновано два способи лиття – в піщано-глинисті форми та оболонкові форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми, оскільки вартість заготовки складає 185,72 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 233,92 грн.;

- розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для автоматизації розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма призначена для швидкого і точного розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям та містить набір довідникових даних за допомогою яких при розрахунку автоматично призначається ряд коефіцієнтів. Програма значно спрощує

трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Машинобудування»;

- удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» з використанням верстатів з ЧПК;

- розраховано елементи дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

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 Сутність технічної проблеми

Вінницька область є одним із основних зернових регіонів України. Тому існує багато підприємств, які використовують комбікормове, зернопереробне, борошномельне і елеваторне обладнання різної продуктивності.

Виробництвом та ремонтом такого обладнання займається зокрема ПАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Це досить розвинуте підприємство по випуску агрегатно-вальцьових млинів і обладнання для борошномельно-круп'яних цехів (МКЦ).

Завод сам проводить конструкторські та технологічні розробки і проектує різні необхідні моделі обладнання в залежності від попиту.

В склад обладнання агрегатно-вальцьових млинів Р6-АВМ-4, Р6-АВМ-6, Р6-АВМ-7, Р6-АВМ-15, Р6-АВМ-50, Р6-МКЦ-7, Р6-МКЦ-15, що випускаються ПАТ «Могилів-Подільським машинобудівним заводом», входять батареї розвантажувачів, батареї циклонів, батареї пневмосепараторів.

В існуючій конструкції батареї циклонів є ряд недоліків, які впливають на нормальну роботу шлюзових затворів. Основа для установки шлюзових затворів є досить жорсткою, завдяки її конструкції та технології обробки поверхні, під установку шлюзових затворів. Конструкція приводу є недостатньо досконалою. Привод шлюзових затворів цієї конструкції здійснюється електродвигуном через редуктор. Оберти редуктора на шлюзовий затвор передаються муфтою. Монтаж приводу вимагає додаткового виготовлення підрамника під електродвигун та редуктор, що призводить до збільшення габаритних розмірів, а головне збільшується похибка установки. Основним недоліком конструкції такого приводу є можливість перекосу барабана відносно корпусу, що призводить до обмеженої кількості в одному ряді шлюзових затворів, до передчасного зносу деталей та підвищеним витратам електроенергії. Тому запропоновано зміни в

конструкції корпусу і відповідно удосконалення технологічного процесу (ТП) його виготовлення.

Метою роботи є удосконалення конструкції затвору млина та технологічного процесу (ТП) механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

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

Деталь «Корпус ЗШ-043.001» є базовою деталлю вузла шлюзових затворів та редукторів, які призначені для подачі сипучих матеріалів з бункера в транспортери (рис. 1.1).

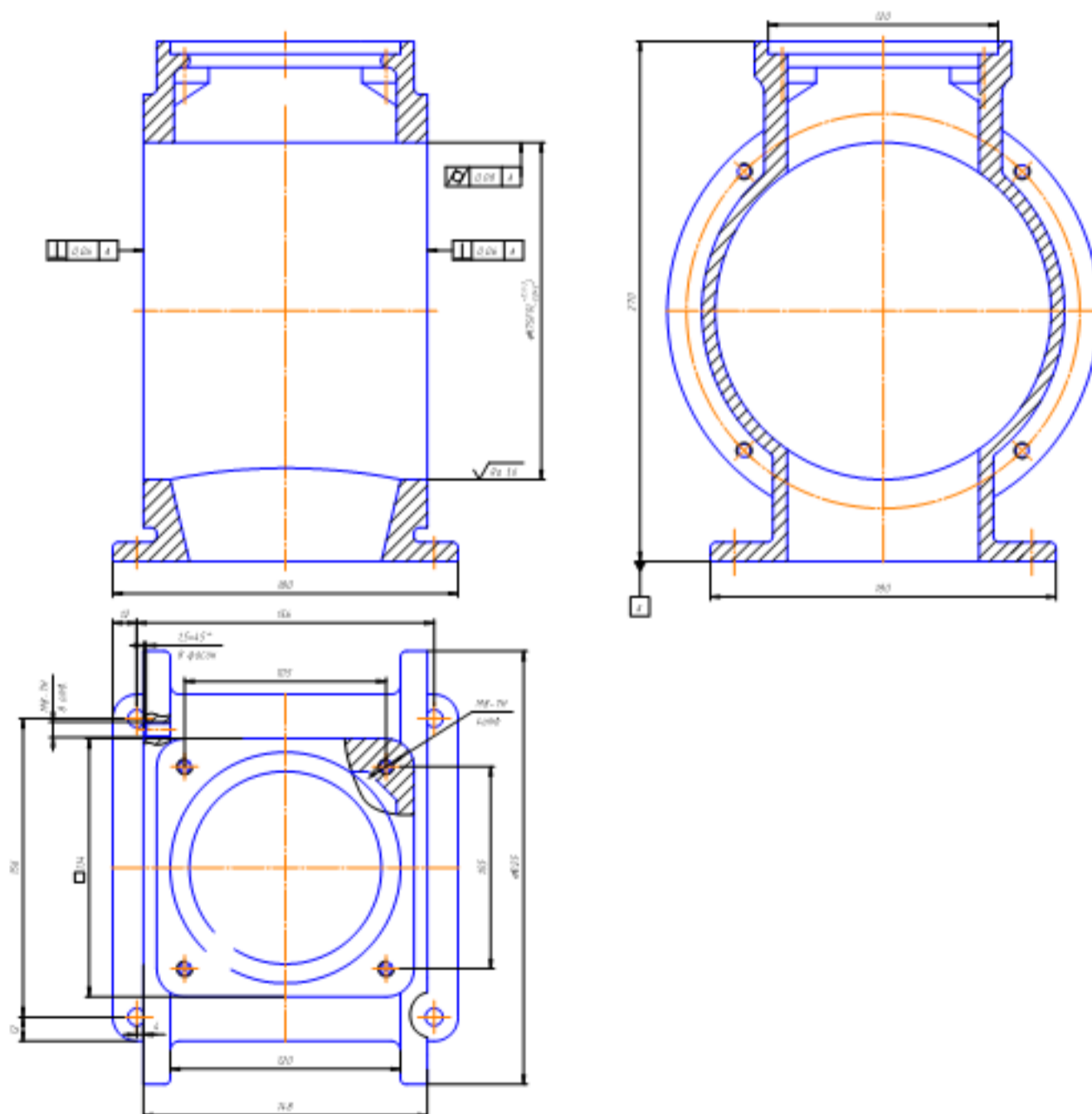


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Корпус ЗШ-043.001»

Основне службове призначення деталі – забезпечити герметичність вузла і необхідну точність приєднувальних деталей як в статиці, так і в процесі роботи.

Деталь сприймає середні по величині статичні і вібраційні навантаження. Матеріалом вибраний СЧ15 ГОСТ 1812-85, який дозволяє виготовити заготовку методом литва. Форма конструкції заготовки досить складна. В наявності бобишки, платики, які ускладнюють заготовку.

За своєю формою конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до класу корпусних група II з гладким циліндричним отвором. При розробці маршруту механічної обробки доцільно користуватися типовими процесами обробки подібних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

Основною поверхнею (основною конструкторською базою), якою деталь базується у вузлі є площина основи.

Допоміжні поверхні (допоміжні конструкторські бази) є отвір $\varnothing 175F9$, торцеві поверхні, що прилягають до даного отвору (розмір 148).

В конструкції передбачено ряд кріпильних отворів (в площині основи, у верхній площині, в торцевих поверхнях, що зв'язані розміром 148).

Решта поверхонь є вільними.

В загальному конструкція деталі є складною, поєднанням поверхонь обертання, плоских та криволінійних поверхонь.

Технічні вимоги ставляться до наступних поверхонь:

- допоміжної конструкторської бази посадочного отвору $\varnothing 178F9$ – відхилення від циліндричності 0,06 мм;
- торцевих поверхонь (розмір 148) – перпендикулярність 0,06 мм відносно посадочного отвору $\varnothing 178F9$.

Поверхня $\varnothing 178F9$ має шорсткість Ra 1,6 мкм, торцеві поверхні (розмір 148) – Ra 12,5 мкм. Площина основи має шорсткість Ra 12,5 мкм, кріпильні отвори – Ra 6,3 мкм, верхня площина – Ra 12,5 мкм.

В загальному конструкція деталі технологічна, всі поверхні доступні для обробки, має хороші технологічні бази для обробки.

Маса деталі 8,5 кг, маса заготовки 11,69 кг.

Матеріал деталі – сірий чавун СЧ15.

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

Деталь «Корпус ЗШ-043.001» належить до класу корпусних деталей гр. 2 з центральним і вертикальним отворами. Матеріал деталі СЧ15 ГОСТ 1812-85. 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.

Типовий технологічний процес представлений в таблиці 1.1.

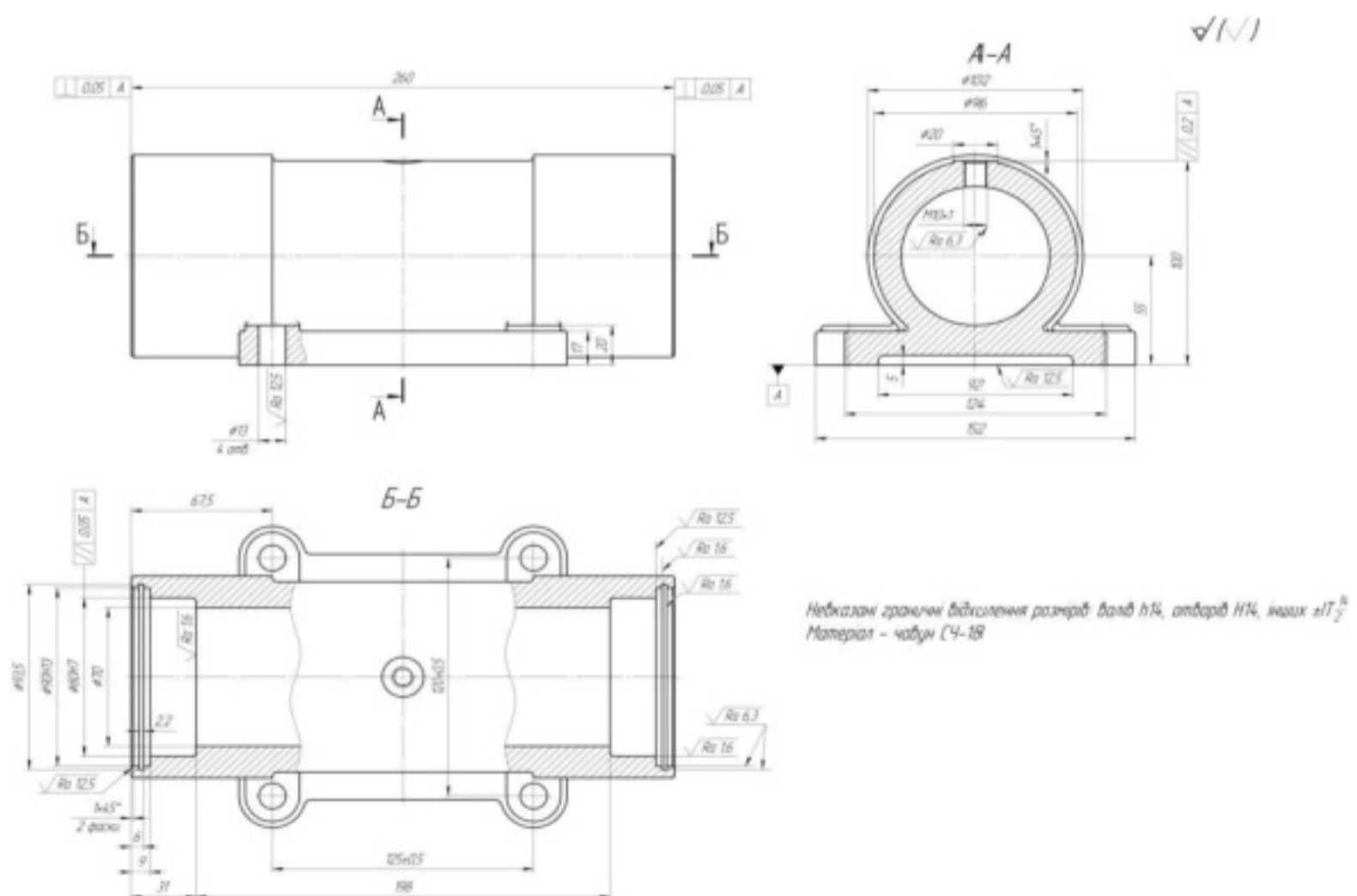


Рисунок 1.2 – Деталь типу «Корпус»

Таблиця 1.1 – Типовий маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати площину бобики $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різьбу M10×1-7H в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Повернути стіл на 180° . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $2,2 \pm 0,5$ остаточно	Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином ИР500МФ4	Наладка УСПО (УПВО)
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

Типовий технологічний процес побудований по принципу концентрації операцій. Це є досить позитивним, так як верстати типу оброблюваний центр мають магазини інструментів великої місткості (до 76 інструментів), що дозволяє обробляти всі поверхні з одного установа, крім основних конструкторських баз. Отже, точність обробки є досить високою, трудомісткість значно нижчою (в порівнянні з іншими верстатами), собівартість обробки при цьому зменшується.

В таблиці 1.2 приведено базовий маршрут обробки деталі «Корпус ЗШ-043.001».

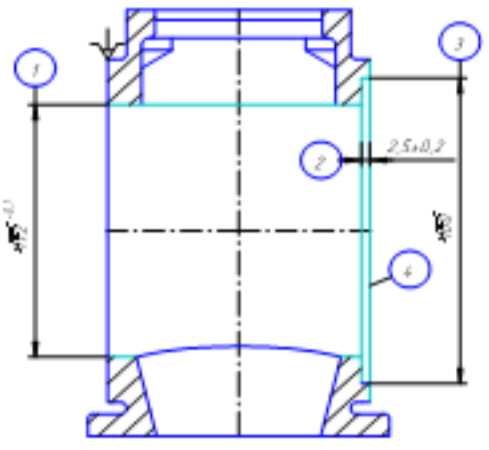
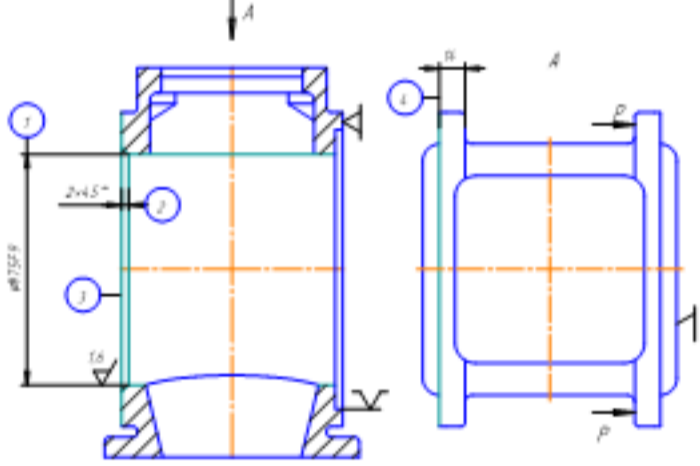
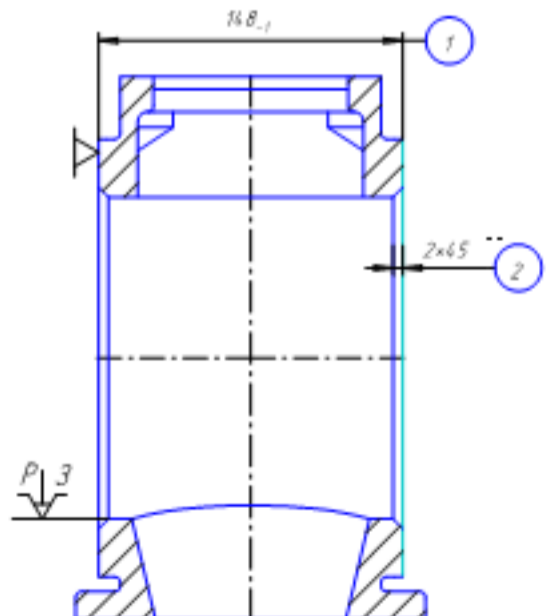
Таблиця 1.2 – Базовий маршрут обробки деталі «Корпус ЗШ-043.001»

№ оп.	Назва операцій, переходи.	Обладнання
005	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець правий попередньо 2. Розточити центральний отвір попередньо 3. Розточити праву виточку попередньо	Токарний верстат 1М63Ф101, спец. пристосування, кулачки спец., 3-х кулачковий патрон
010	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець лівий попередньо 2. Розточити центральний отвір попередньо 3. Розточити фаску 4. Розточити центральний отвір остаточно	Токарний верстат 1М63Ф101, спеціальні кулачки, планшайба
015	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець правий остаточно 2. Розточити фаску	Токарний верстат 1М63Ф101, 3-х кулачковий патрон в роз-жим
020	Токарна з ЧПК 1. Точити площину основи	Токарний верстат 1М63Ф101, планшайба
025	Токарна з ЧПК 1. Точити верхню площину 2. Розточити отвір у верхній площині	Токарний верстат 1М63Ф101, планшайба
030	Свердлильна 1. Свердлити 4 отв. в площині основи	Радіально-свердлильний верстат 2М55, кондуктор
035	Свердлильна 1. Свердлити 4 отв. в правому торці головного отвору 2. Зенкувати 4 фаски в 4 отв. в правому торці головного отвору 3. Нарізати різь в 4 отв. в правому торці головного отвору 4. Переустановити деталь 5. Повторити переходи 1, 2, 3 в лівому торці головного отвору	Радіально-свердлильний верстат 2М55, кондуктор
040	Контрольна	

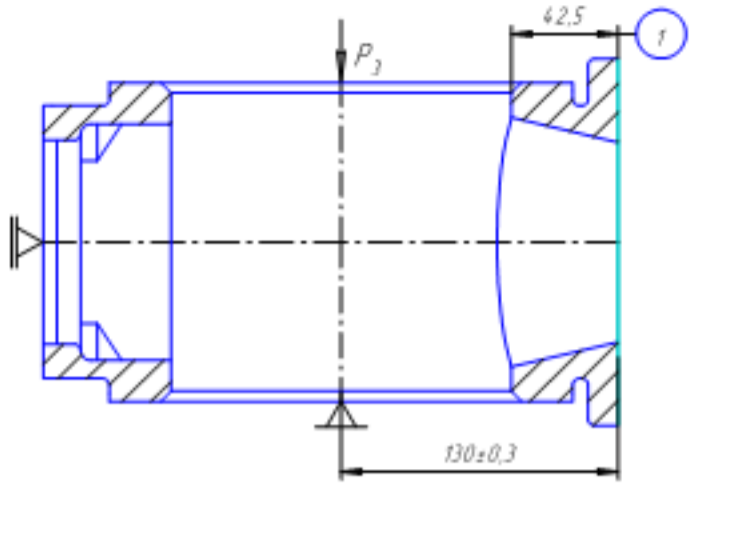
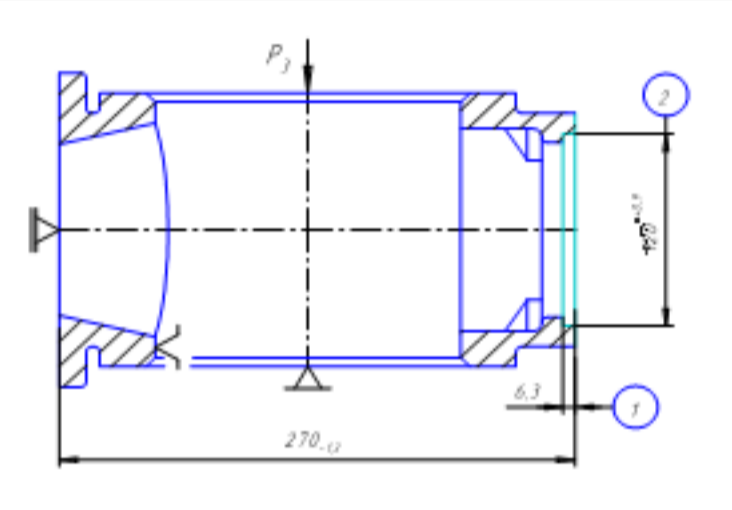
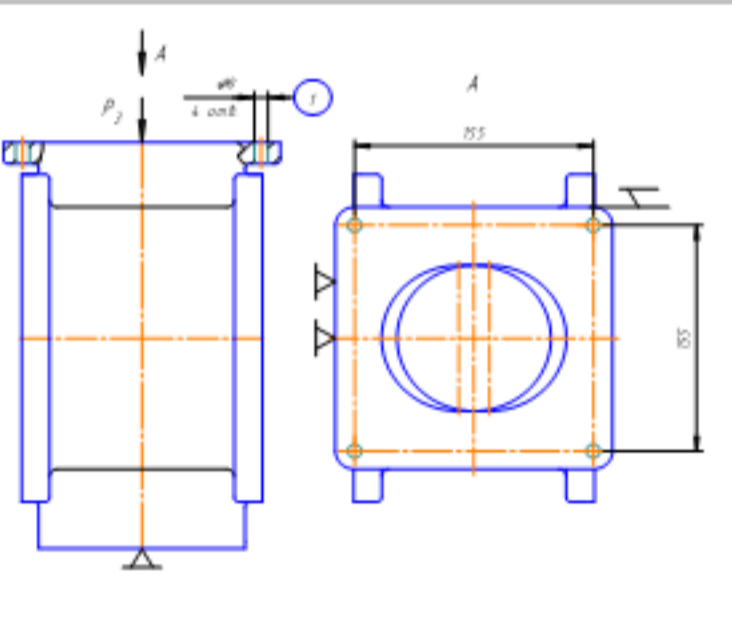
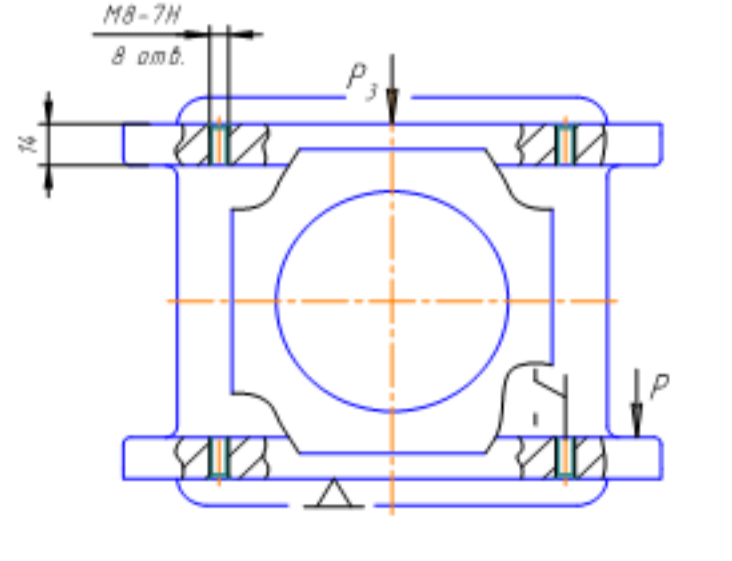
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Детальний базовий маршрут механічної обробки приведений в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Базовий маршрут обробки деталі «Корпус ЗШ-043.001»

№ оп.	Назва операцій, переходи	Ескізи базування	Обладнання
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець ④ попередньо.</p> <p>2. Розточити отв ① попередньо</p> <p>3. Точити виточку ② (технологічна вимога)</p>		<p>Токарний верстат 1М63Ф101, спец. пристосування, кулачки спец., 3-х кулачковий патрон</p>
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець ③ однократно</p> <p>2. Розточити отвір ① попередньо</p> <p>3. Розточити фаску ② 2x45°</p> <p>4. Розточити отв. ① остаточно</p>		<p>Токарний верстат 1М63Ф101, спеціальні кулачки, планшайба</p>
015	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець ① остаточно</p> <p>2. Розточити фаску 2x45°</p>		<p>Токарний верстат 1М63Ф101, 3-х кулачковий патрон в розжим</p>

Продовження таблиці 1.3

020	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець ① остаточно</p>		<p>Токарний верстат 1М63Ф101, планшайба</p>
025	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець ① остаточно</p> <p>2. Розточити отвір ② однократно</p>		<p>Токарний верстат 1М63Ф101, планшайба</p>
030	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Свердлити 4 отв. Ø9 по кондуктору</p>		<p>Радіально-свердлильний верстат 2М55, кондуктор</p>
035	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Свердлити 4 отв. Ø6,7мм.</p> <p>2. Зенкувати 4 фаски 1,5×45° (2 установка)</p> <p>3. Нарізати різь М8-7Н</p> <p>4. Переустановити деталь</p> <p>5. Повторити переходи 1, 2, 3</p>		<p>Радіально-свердлильний верстат 2М55, кондуктор</p>
040	Контрольна		

В базовому варіанті застосовані токарні верстати з ЧПК 1М63Ф101 на операціях 005-025, а також універсальний радіально-свердлильний верстат 2М55. Обробка отворів проводиться в кондукторах з пневмозажимом.

На операції 015 використовується спеціальний 3-х кулачковий патрон.

На операціях 010, 020, 025 для закріплення заготовок застосовується планшайба зі спеціальним затискним пристроєм.

Технологічний процес побудований таким чином, що базування деталі та порядок її обробки не відповідає вимогам технологічного процесу. В якості чистових технологічних баз повинні бути вибрані площина основа і 2 отв. Ø9, які обробляються на першій операції технологічного процесу.

Верстатні пристосування досить складної конструкції, багато незручностей, збільшується час на установку і закріплення деталей, що являється недоліком базового варіанту.

Обробка отворів по кондуктору проводиться по чергово, що збільшує основний час, трудоемкість обробки збільшується.

Форма організації праці механічного цеху – групова, прямоточна. Транспортування заготовок і готових деталей здійснюється електрокаром.

Заготовки – лиття в піщано-глинисті форми, виробляє ливарний цех.

Штучно-калькуляційний час для операцій по базовому варіанту зведений у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Штучно-калькуляційний час для операцій по базовому варіанту

№ п/п	Операції	Модель верстата	T _{шт-к} , хв.
005	Токарна з ЧПК	1М63Ф101	5,08
010	Токарна з ЧПК	1М63Ф101	4,03
015	Токарна з ЧПК	1М63Ф101	2,29
020	Токарна з ЧПК	1М63Ф101	7,29
025	Токарна з ЧПК	1М63Ф101	4,34
030	Радіально-свердлильна	2М55	1,07
035	Радіально-свердлильна	2М55	4,94
040	Контрольна		

1.5 Характеристика удосконалених технологічних процесів

1.5.1 Сучасні досягнення в галузі технології, обладнання та оснастки при виготовленні подібних виробів

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.

Для одночасної обробки отворів (4 отв. $\varnothing 9$) в сучасній технології широко застосовуються багатошпиндельні 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.

При удосконаленні базового ТП доцільно орієнтуватися на верстати з ЧПК, але більш сучасні та прогресивні з магазинами інструментів.

Пристосування, які використовуються для установа та закріплення деталей мають бути переналагоджуваними та з механізованим приводом. Це дозволить обробляти більш широку номенклатуру деталей та скоротити час установа та закріплення, який є складовою штучно-калькуляційного часу.

Різальний та вимірювальний інструмент в умовах серійного виробництва переважно стандартний.

1.5.2 Основні пропозиції щодо побудови удосконалених технологічних процесів

При побудові удосконаленого технологічного процесу пропонується застосувати принцип концентрації та організувати механічну обробку деталі «Корпус ЗШ-043.001» на трьох операціях технологічного процесу:

- на першій підготувати чистові технологічні бази – площину основи та отвори;

- на другій операції – обробити верхню площину;

- на третій операції використати багатоцільовий верстат з поворотним столом, що дозволить обробити всі решта поверхонь з одного установа.

Для виконання такого технологічного процесу пропонується використати два вертикально-фрезерних верстати 6P13PФ3, багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточувальний ИСБ500ПМФ4.

Удосконалені маршрути механічної обробки зображені в таблицях 1.5-1.6.

Таблиця 1.5 – Удосконалений маршрут механічної обробки (I варіант)

№ операції	Назви операцій та зміст переходів	Тип і модель обладнання
005	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати площину основи 3. Центрувати 4 кріпильних отвори 4. Свердлити 4 кріпильних отвори 5. Зенкерувати 4 кріпильних отвори 6. Зняти заготовку	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати верхню площину однократно 3. Розточити виточку у вертикальному отворі 4. Центрувати 4 отвори у верхній площині 5. Свердлити 4 отвори у верхній площині 6. Нарізати різьбу в 4 отворах у верхній площині 7. Зняти заготовку	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
015	<u>Комбінована</u> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати правий та лівий торець головного отвору однократно 3. Розточити головний отвір попередньо 4. Розточити головний отвір попередньо 5. Центрувати 8 отворів в правому та лівому торцях головного отвору і одночасно фаски 6. Свердлити 8 отворів в правому та лівому торцях головного отвору під різьбу 7. Нарізати різьбу в 8 отворах в правому та лівому торцях головного отвору 8. Розточити головний отвір остаточно 9. Зняти заготовку	Багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточувальний ИСБ500ПМФ4
020	Контрольна	

Перевагами даного маршруту механічної обробки є мінімум операцій, переустановок, обладнання, пристосувань. Точність обробки при цьому підвищується за рахунок зменшення кількості переустановок. Похибка установлення зникає після першого переходу механічної обробки і в подальшому вона дорівнює нулю. Зменшується штучно-калькуляційний час, так як складова допоміжного часу на установлення. Закріплення та зняття деталі зводиться до мінімуму. Можливе багатостатне обслуговування, тому що операції багатоперехідні і основний час обробки буде займати значну долю в структурі штучно-калькуляційного часу.

Таблиця 1.6 – Удосконалений маршрут механічної обробки (II варіант)

№ операції	Назви операцій та зміст переходів	Тип і модель обладнання
005	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати площину основи однократно 3. Центрувати 4 кріпильних отвори 4. Свердли 4 кріпильних отвори 5. Зенкерувати 4 кріпильних отвори 6. Зняти заготовку 	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	<p><u>Комбінована</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати верхню площину однократно 3. Розточити виточку у вертикальному отворі 4. Центрувати 4 отвори у верхній площині одночасно з зенкуванням фаски 5. Свердли 4 отвори у верхній площині під різьбу 6. Нарізати різьбу в 4 отворах у верхній площині 7. Фрезерувати правий та лівий торець головного отвору однократно 8. Розточити головний отвір попередньо 9. Розточити головний отвір попередньо 10. Центрувати 8 отворів в правому та лівому торцях головного отвору і одночасно фаски 11. Свердли 8 отворів в правому та лівому торцях головного отвору під різьбу 12. Нарізати різьбу в 8 отворах в правому та лівому торцях головного отвору 13. Розточити головний отвір остаточно 14. Зняти заготовку 	Багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточувальний HAAS VF-5/40TR
015	Контрольна	

Другий удосконалений варіант маршруту механічної обробки має перевагу в тому, що використано лише два верстати, тобто ще більша концентрація операцій. Відповідно буде менша кількість робітників, площа дільниці.

Але недоліком є те, що використовується набагато дорожчий верстат (приблизно в 3,5 рази) з глобусним столом, в якому для даної деталі особливої потреби немає. Тому, як остаточний в подальшому розглядається перший варіант удосконаленого технологічного процесу.

1.5.3 Характеристика дільниці механічної обробки

Згідно базового технологічного процесу виконується 7 операцій механічної обробки на 5 верстатах токарних з ЧПК 1М63Ф101 та 2 універсальних радіально-свердлильних 2М55. При роботі в дві зміни для виконання операцій на дільниці працюють 14 основних робітників.

Коефіцієнт завантаження обладнання по операціях технологічного процесу може бути визначений за співвідношенням розрахункової кількості верстатів C_p , до прийнятої кількості верстатів C_{np} :

$$\eta_s = \frac{C_p}{C_{np}}. \quad (1.1)$$

Розрахункова кількість верстатів згідно норм часу базового технологічного процесу визначена за формулою

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_o}, \quad (1.2)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час розглядуваної операції, хв.;

N – річна програма випуску деталей, шт.;

F_o – ефективний фонд часу роботи верстата (для верстатів з ЧПК при роботі в дві зміни $F_o = 3890$ год.; для універсальних верстатів $F_o = 4060$ год.)

Розрахункова кількість верстатів округляється до найбільшого більшого числа, що є прийнятною кількістю верстатів $C_{\text{вр}}$.

Розрахунок по операціях технологічного процесу показує, що середній коефіцієнт завантаження обладнання складає $\eta_{\text{зр}} = 0,18$.

Таким чином, середній коефіцієнт завантаження та коефіцієнти завантаження обладнання по операціям є досить низькими, значно нижчими нормативних для серійного виробництва 0,7 і 0,8. Тому необхідна інша організація виконання операцій технологічного процесу. Принцип концентрації операцій та зменшення кількості верстатів дозволяє значно підвищити даний коефіцієнт.

Кваліфікація основних робітників в базовому технологічному процесі на верстатах з ЧПК є невисокою – 3 розряд. Крім них передбачаються інженери-програмісти та наладчики, що збільшує витрати на заробітну плату, а отже собівартість обробки та деталі. На верстатах універсальних (операції 030, 035) робітники мають високу кваліфікацію – 5 розряд.

Виробнича площа, яка зайнята верстатами складає 175 м^2 .

В запропонованому варіанті технологічного процесу виконується 3 операції механічної обробки. При цьому використовується 1 верстат вертикально-фрезерний 6Р13РФ3 та два багатоцільових ИСБ500ПМФ4. При роботі в дві зміни максимальна кількість основних робітників – 4, але після точного визначення норм часу можливо їх кількість зменшиться до 3 за рахунок введення багатOVERSTATного обслуговування.

Коефіцієнт завантаження обладнання стане значно вищим.

Площа зайнята верстатами буде становити приблизно 70 м^2 .

В даному випадку придбано 1 верстат марки 6Р13РФ3 за 129000 грн. та 2 верстати марки ИСБ500ПМФ4 за 350000 грн., що були у використанні.

Верстати базової дільниці реалізуються за ціною 310000 грн.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ ЗАТВОРУ МЛИНА

2.1 Аналіз вихідних даних і формування службового призначення проектуемого об'єкту

Для борошномельних заводів та млинів малої продуктивності характерне багатократне переміщення та розвантаження сипучих матеріалів. На борошномельних заводах, оснащених комплектом обладнанням, велика увага приділяється безперебійній подачі сировини та продуктів переробки в технологічне обладнання. Для цього використовують ряд обладнання та пристроїв, що полегшують випуск муки з силосів, об'ємні дозатори та живильники, транспортуюче обладнання. Причому застосування того чи іншого обладнання на різних відрізках виробництва обумовлено властивостями конкретного матеріалу, необхідною продуктивністю, можливістю компонування з іншими машинами і апаратами, мінімальною енергоємністю.

ПАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» є сучасним розвинутим підприємством по випуску агрегатно-вальцьових млинів і обладнання для борошномельних-круп'яних цехів (МКЦ).

Моделі вальцьових млинів різної продуктивності: $Q = 6, 7, 15, 50$ т/добу, АВМ-6, АВМ-7, АВМ-15, АВМ-50, МКЦ-7, МКЦ-15 і ін.

Завод сам проводить конструкторські та технологічні розробки і проектує різні необхідні моделі обладнання в залежності від попиту.

Завод може випускати більше $N_p > 1000$ млинів в рік і іншого спеціального обладнання для круп'яних цехів. Завод є монополістом по Україні по виробництву цього обладнання. Продукція заводу користується значним попитом в Україні.

Завод оснащений сучасним обладнанням, спеціальними і агрегатними лініями, верстатами з ЧПК, багатоцільовими верстатами, які дають можливість швидкої переналадки на випуск різних деталей і обладнання різних моделей.

Завод сам виробляє заготовки методом литва в піщано-глинисті форми і кокіль, що дуже важливо в сучасних умовах бути незалежними від інших постачальників.

Для виводу продуктів переробки з циклонів-розвантажувачів пневмотранспортних установок, пиловловлювачів усіх типів, а також для герметизації отворів, через які матеріал подається чи випускається з обладнання, де тиск відрізняється від атмосферного застосовують шлюзові затвори.

Робочим органом шлюзового затвора є лопатевий барабан, що отримує обертання від електродвигуна через редуктор. Герметичність затвора досягається тим, що з торцевих сторін барабан примикає до еластичних ущільнень.

Щоб герметичність затвора була стабільною, необхідно при виготовленні забезпечити потрібну співвісність барабана та корпусу. Зазор між барабаном та корпусом не повинна перевищувати 0,05 мм.

Щоб застерегти продукти транспортування від пошкоджень та збільшити довговічність барабана та ущільнюючих засобів, швидкість обертання барабана приймають рівною 0,3-0,6 м в секунду.

Проаналізувавши вимоги, які пред'являються до роботи шлюзового затвора, можна зробити висновок, що з'явилась необхідність удосконалення конструкції існуючого вузла, яка би забезпечила нормальну роботу.

Головним завданням є забезпечення герметичності затвора, що забезпечується співвісність барабана та корпусу. Необхідно, щоб доступ до всіх шлюзових затворів був вільним для заміни робочих органів і деталей що зношуються, так як випадкова неполадка в одному затворі викликає необхідність зупинки ряду машин чи всього цеха.

Особливу увагу треба звернути на чистоту обробки поверхонь що зазнають взаємного тертя. Це поверхні барабана та корпусу. Груба обробка може викликати передчасний знос цих деталей та забруднення продукту, що транспортується, металевими домішками.

2.2 Пошук та критичний аналіз конструкцій та технологій

Ряд вітчизняних та зарубіжних виробників обладнання для збереження та переробки зернових культур в крупу та муку, пропонують досить широку номенклатуру обладнання, яка відрізняється за якісними показниками, показниками продуктивності, різноманітністю конструкцій та своєю ціною.

Проаналізувавши ряд джерел можна привести приклад декількох конструкцій шлюзових затворів, з послідуочим критичним аналізом.

Шлюзовий затвор РЗ-БШЗ призначений для подачі зерна в пневмоприймник. Приводиться затвор безпосередньо мотор-редуктором (рис. 2.1).

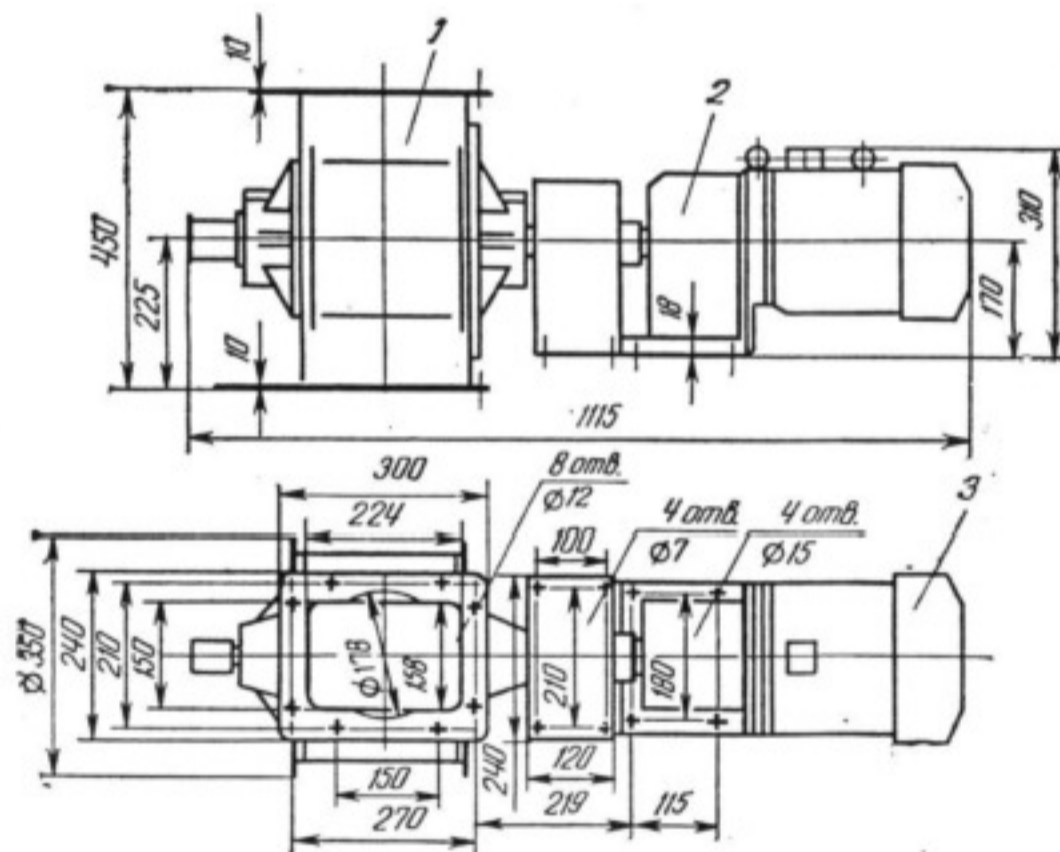


Рисунок 2.1 – Шлюзовий затвор РЗ-БШЗ

1 – шлюзовий затвор; 2 – мотор-редуктор 2МЦ2С-80-47-ЦУЗ (N=0,75 кВт; n=47 об/хв.); 3 – електродвигун 4АХ80В6РЗУПУЗ (N=0,75 кВт, n=920 об/хв.)

Шлюзовий затвор РЗ-БШЗ

Продуктивність, т/год.....	15
Розміри ротора:	
діаметр, мм.....	280
довжина, мм.....	238

частота обертання, об/хв.....	47
кількість комірок.....	10
місткість лунок, л.....	108
Потужність електродвигуна, кВт.....	0,75
Вага, кг.....	150

Шлюзовий затвор типу РЗ-БШМ призначений для герметизації місць випуску борошна з фільтрів-розвантажувачів типу РЦР, а також для дозування продуктів переробки в шлюзові живильники.

Для привода шлюзових затворів використовується редуктор 2МЦ2С-80-47, потужність електродвигуна – 1,1 кВт, кількість комірок – 10. Окремі типи затворів РЗ-БШМ приводяться мотор-редуктором (рис. 2.2) через ланцюгову передачу з кроком 19,05, конструкція затвора дозволяє встановлювати привід з будь якого торця.

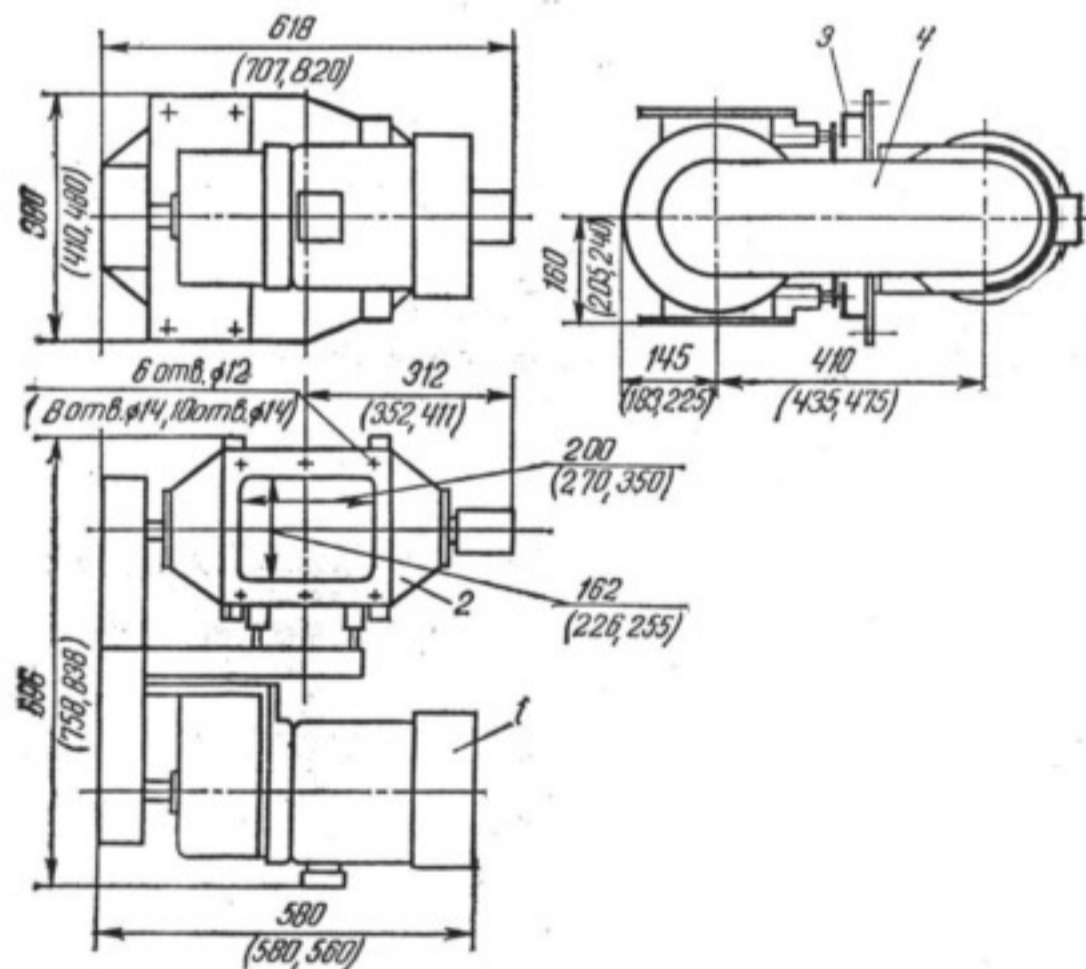


Рисунок 2.2 – Шлюзовий затвор РЗ-БШМ

Шлюзові затвори встановлюються групами. Кожна група затворів приводиться від одного електродвигуна через редуктор. Передаточне число

редуктора вибирається в залежності від числа обертів електродвигуна і виду продукту, що транспортується (рис. 2.3).

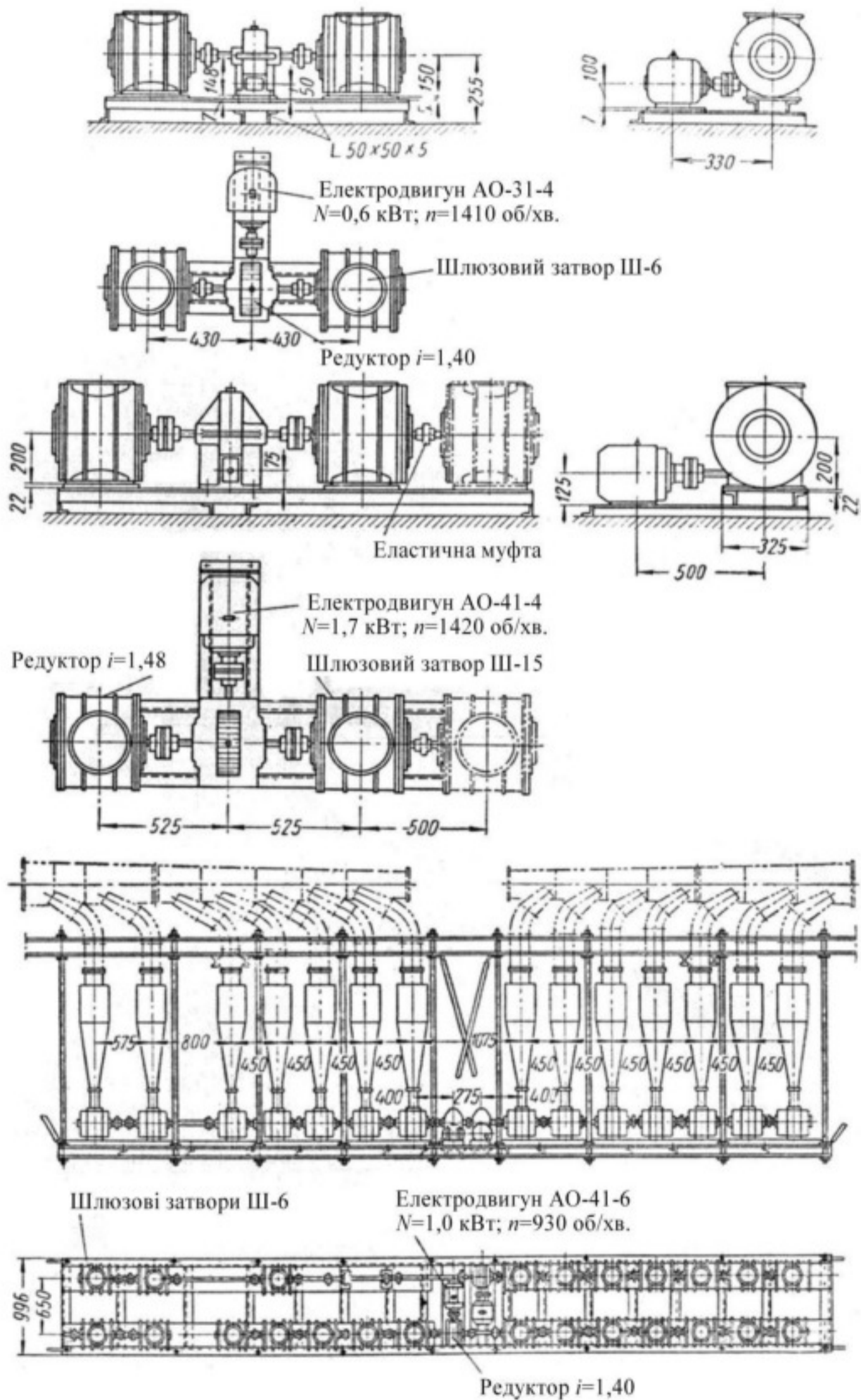


Рисунок 2.3 – Групова установка шлюзових затворів

В склад обладнання агрегатно-вальцьових млинів Р6-АВМ-4, Р6-АВМ-6, Р6-АВМ-7, Р6-АВМ-15, Р6-АВМ-50, Р6-МКЦ-7, Р6-МКЦ-15, що випускаються ПАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», входять батареї розвантажувачів, батареї циклонів, батареї пневмосепараторів. Для виводу продукту з циклонів та пневмосепараторів застосовуються шлюзові затвори. В залежності від компоновки обладнання з'являється потреба розташовувати шлюзові затвори групами. На рисунку 2.4 показано один з існуючих варіантів компоновки групового розташування шлюзових затворів з електроприводом через редуктор.

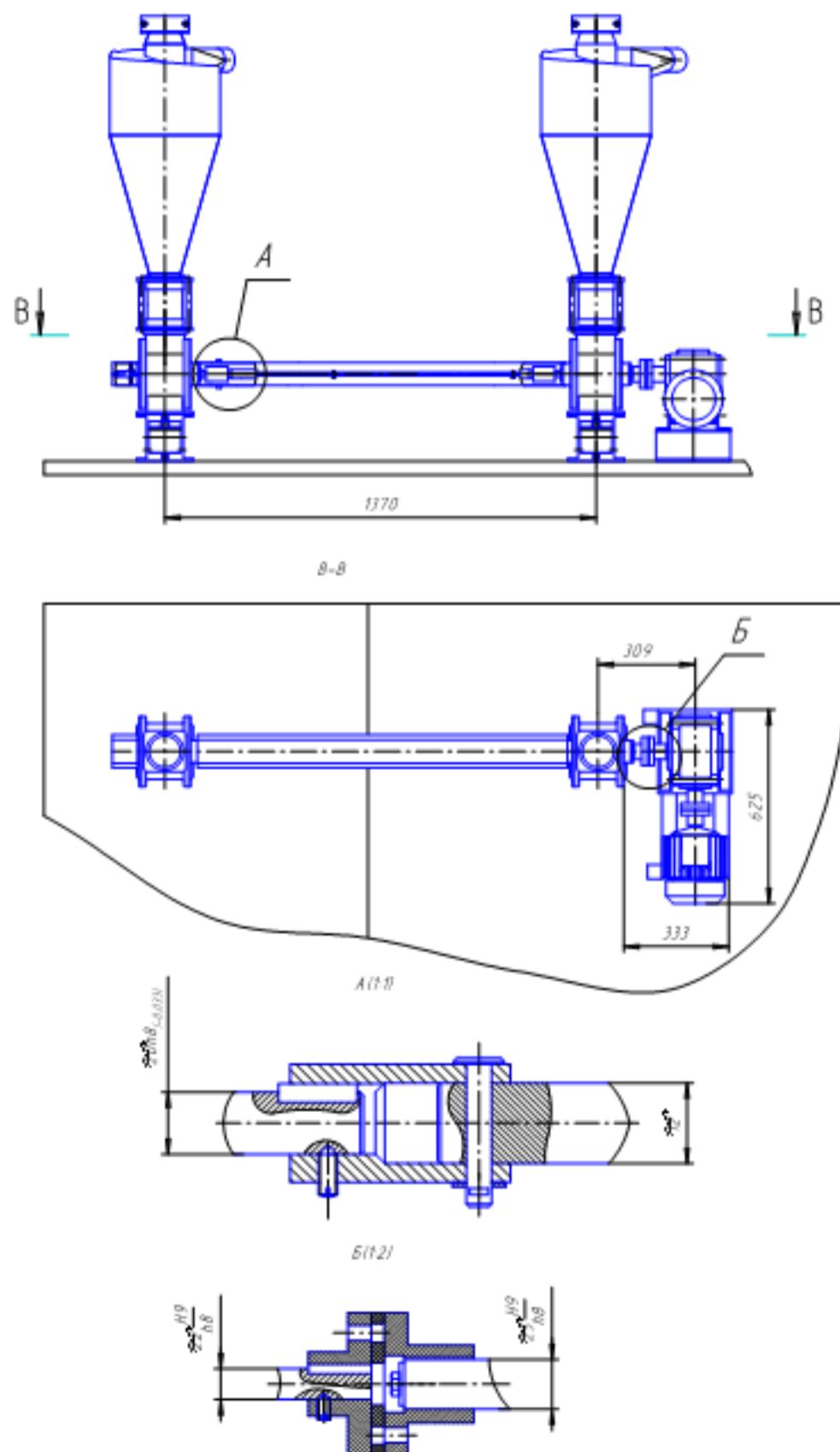


Рисунок 2.4 – Варіант компоновки групового розташування шлюзових затворів

Число шлюзових затворів в складі обладнання може бути досить велике. Незадовільний стан та ненормальна робота шлюзових затворів призводить до перепускання повітря та підвищення витрат електроенергії.

Для нормальної роботи шлюзових затворів необхідно, щоб основа для установки шлюзових затворів була достатньо жорсткою, щоб барабани шлюзових затворів, розташовані в одному ряді, були співвісними.

В існуючій конструкції батареї циклонів є ряд недоліків, які впливають на нормальну роботу шлюзових затворів. Основа для установки шлюзових затворів є досить жорсткою, завдяки її конструкції та технології обробки поверхні, під установку шлюзових затворів. Конструкція приводу є недостатньо досконалою. Привід шлюзових затворів цієї конструкції здійснюється електродвигуном через редуктор. Оберти редуктора на шлюзовий затвор передаються муфтою. Монтаж приводу вимагає додаткового виготовлення підрамника під електродвигун та редуктор, що призводить до збільшення габаритних розмірів, а головне збільшується похибка установки. Основним недоліком конструкції такого приводу є можливість перекосу барабана відносно корпусу, що призводить до обмеженої кількості в одному ряді шлюзових затворів, до передчасного зносу деталей та підвищеним витратам електроенергії. Тому запропоновано зміни в конструкції корпусу і відповідно удосконалення ТП його виготовлення.

В розробленому варіанті ТП пропонується застосувати сучасні багатоцільові верстати і верстати з ЧПК замість універсального обладнання. Верстати з ЧПК широко застосовуються в дрібно- і середньосерійному виробництві; вони дають змогу підвищити продуктивність праці, покращити якість і точність обробки, дають можливість застосовувати багатOVERSTATNE обслуговування. В кінцевому рахунку зменшується собівартість механічної обробки.

В розробленому варіанті ТП замість ряду токарних і свердлильних операцій пропонуються фрезерні з ЧПК операції, які виконують фрезерні, розточні, свердлильні операції, економлячи час на установку і переустановку заготовок.

Пропонуються моделі верстатів з ЧПК 6P13PФ3 – вертикально свердлильні і розточні ИСБ500ПМФ4 замість токарних з ЧПК 1M63Ф101 і радіально-свердлильного 2M55.

Так як розроблений ТП виготовлення деталі «Корпус» подібний до ТП обробки інших корпусних деталей і всі моделі виробів уніфіковані, то не потрібно значних капітальних вкладень, пов'язаних з придбанням нового обладнання, а це в першу чергу впливає на ціну продукту та на прибуток підприємства.

2.3 Обґрунтування напрямку удосконалення об'єкту та якісна оцінка доцільності рішень, що приймаються

Проаналізувавши ряд запропонованих вітчизняними та зарубіжними виробниками конструкцій та типорозмірів шлюзових затворів, та існуючу конструкцію шлюзового затвору ПАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», з'явилася необхідність удосконалення існуючої конструкції із збереженням технологічних та технічних вимог до виробу.

Основним завданням удосконалення приводу є:

- забезпечення достатньої жорсткості конструкції;
- забезпечення співвісності барабана і корпусу;
- зменшення габаритних розмірів;
- зменшення енергоємності приводу;
- можливість уніфікації конструкції, що надасть конструкції приводу

можливість застосування його в складі обладнання інших машин та механізмів.

2.4 Вимоги до об'єкту, що проектується

Згідно вимог до об'єкту проектування:

- шлюзовий затвор для передачі сипучих матеріалів;
- шлюзовий затвор призначений для виводу продуктів переробки з циклонів-розвантажувачів пневмотранспортних установок, а також для

герметизації отворів, через які матеріал подається чи випускається з обладнання, де тиск відрізняється від атмосферного;

- шлюзовий затвор повинен відповідати умовам безпеки роботи, передбаченим ГОСТами;

- шлюзовий затвор призначений для експлуатації в районах помірного кліматичного поясу.

Метою роботи є удосконалення конструкції затвору млина, з проектуванням технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

Завданням роботи є розробка складальних креслень конструкції удосконаленого затвору та проектування технологічного процесу механічної обробки.

Джерелами розробки є:

- єдина система конструкторської і технологічної документації;
- технічна література, довідники;
- існуючі прототипи;

Технічні вимоги:

Склад шлюзового затвору і вимоги до конструкції пристрою:

- шлюзовий затвор повинен складатись із наступних основних вузлів:
- електроприводу;
- редуктора для пониження кутової швидкості та відповідно підвищення обертового моменту веденого валу порівняно з валом ведучим;
- корпусу шлюзового затвору;
- барабана лопатевого;
- кришки торцеві.

Конструкція шлюзового затвору повинна бути простою, зручною в експлуатації і забезпечувати:

- герметичність затвору;
- співвісність барабана та корпусу;
- герметичність в посадочних місцях;
- необхідну точність розташування основних базових поверхонь.

Конструктивні вимоги до шлюзового затвору і його складових частин.

Габарити повинні відповідати розмірам шлюзового затвору.

Конструкція приводу повинна відповідати вимогам, що пред'являються до роботи затвору.

Загальна вага не повинна перевищувати 60 кг.

Конструкція редуктора повинна забезпечити співвісність ротора і корпусу.

В конструкції редуктора повинні бути передбаченні отвори для виміру рівня масла.

Конструкція редуктора повинна забезпечувати легку заміну його складових частин при їх поломці.

Затвор повинен відповідати вимогам безпеки на протязі трьох років.

Вихідні данні для проектування шлюзового затвору.

Швидкість обертання ротора – 0,3-0,6 м/сек.

Діаметр барабана – 175 мм.

Зазор між барабаном та корпусом не повинна перевищувати – 0,05 мм.

Основні переваги при удосконаленні приводу затвору:

- зменшення габаритних розмірів вузла;
- збільшення довговічності барабана та ущільнюючих засобів;
- забезпечення співвісності між барабаном та корпусом;
- можливість регулювання обертів барабана.
- зменшення енергоємності приводу;
- зменшення вартості вузла.

Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації.

З метою підвищення надійності ремонтпридатності і економічності забезпечити комплектацію стандартними і уніфікованими елементами, приводом і апаратурою керування і живлення.

Рівень стандартизації і уніфікації конструкції повинен скласти не менше 80%.

Вимоги до безпеки використання затвору.

Затвор повинен задовольняти вимогам безпеки за ГОСТ 25683-93.

Перед роботою при монтажі затвору потрібно виконувати рекомендації розробника.

Під час роботи оператор має слідкувати за тим, щоб пристрої і сигнальні лампи показували нормальні значення і щоб не зустрічались ненормальні звуки.

Конструкція затвору має бути безпечною при складуванні і транспортуванні.

Умови експлуатації і вимоги до технічного обслуговування і ремонту.

В конструкції затвору повинна бути передбачена можливість періодичного змащування всіх поверхонь, які знаходяться під дією тертя за допомогою змащуючих каналів, отворів та ін.

Під час обслуговування і ремонту необхідно дотримуватись рекомендацій виробника.

Перед виконанням будь-якої операції по перевіркам, обслуговуванню або ремонту потрібно завжди зупиняти двигун.

Під час перевірки роботи забороняється вставляти сторонні предмети.

Вимоги до транспортування і зберігання.

Конструктивне оформлення затвору повинно забезпечувати легкість і виконання вимог по охороні праці при транспортуванні і установці затвору на обладнання.

В період зберігання поверхні без лакофарбового покриття необхідно змащувати солідолом синтетичним марки С за ГОСТ 4366-76, або солідолом жировим марки Ж за ГОСТ1033-79.

Місце зберігання затвору в період, коли він не використовується в роботі – приміщеннях з наступними вимогами:

- температура – плюс 25 ± 10 °С;
- відносна вологість повітря – 45-80%.

2.5 Розробка варіантів принципової схеми об'єкту

В першому варіанті, показаному на рисунку 2.5, запропонована наступна схема приводу шлюзового затвора: обертальний момент від мотор-редуктора через муфту передається на шлюзовий затвор.

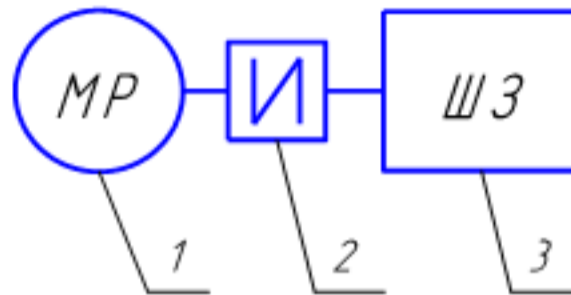


Рисунок 2.5 – Перший варіант принципової схеми об'єкту, що удосконалюється
1 – мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – шлюзовий затвор

В другому варіанті, показаному на рисунку 2.6, запропонована наступна схема приводу шлюзового затвора: потужність від електродвигуна безпосередньо через редуктор передається на шлюзовий затвор.

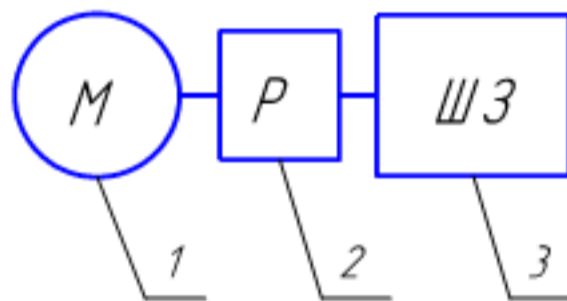


Рисунок 2.6 – Другий варіант принципової схеми об'єкту, що удосконалюється
1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – шлюзовий затвор

2.6 Варіантний вибір і обґрунтування найбільш раціонального об'єкту на основі якісного аналізу

Обґрунтування найбільш раціонального об'єкту на основі якісного аналізу можна звести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні показники аналога, першого і другого варіанта схеми об'єкту, що удосконалюється

Показники (параметри)	Одиниця виміру	Аналог	Перший варіант	Другий варіант
1. Монтаж виробу	–	Підрамник	Підрамник	Безпосередньо на затвор
2. Електродвигун: Потужність Число обертів	кВт об/хв	0,75 1000	0,3 1000	0,3 1000
3. Діапазон регулювання обертів барабана	об/хв.	50	50	45-55
4. Маса	кг	70	67	52

Проаналізувавши дані приведені в таблиці 2.1 можна зробити попередній висновок, що другий варіант є кращим, вага його порівняно з першим варіантом є менша, діапазон регулювання частоти обертання барабана є більшим, що дає змогу використовувати шлюзовий затвор на різній продуктивності, в конструкції другого варіанту виключається застосування підрамника під привід. Внаслідок удосконалення існуючого приводу шлюзового затвору, удосконалений привід дасть змогу:

- застосовувати його в складі обладнання з різною продуктивністю, та в конструкціях з обмеженими габаритами;
- монтувати редуктор безпосередньо на корпус шлюзового затвору, що надасть вузлу зменшених габаритів, та збільшення точності встановлення барабана в корпусі;
- зменшити енергоємність приводу порівняно з аналогом.

2.7 Розробка принципової кінематичної схеми

На основі якісного аналізу вибравши, як найбільш раціональний, другий варіант необхідно розробити кінематичну схему приводу

Кінематична схема наведена на рисунку 2.7.

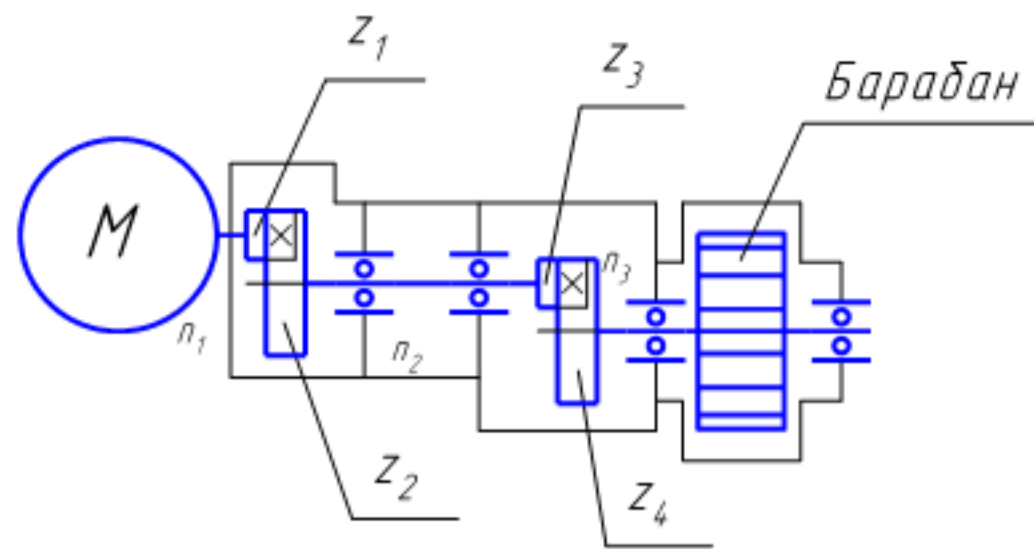


Рисунок 2.7 – Кінематична схема приводу

2.8 Проектування приводу з двоступінчатим циліндричним редуктором

2.8.1 Вихідні дані для проектування

Основні дані для розрахунку: швидкість обертання барабана $v=0,3\dots 0,6$ м/сек, діаметр барабана $D_6=175$ мм; зусилля на барабані $P=0,46$ Н·м. Шлюзовий затвор призначений для довготривалої роботи.

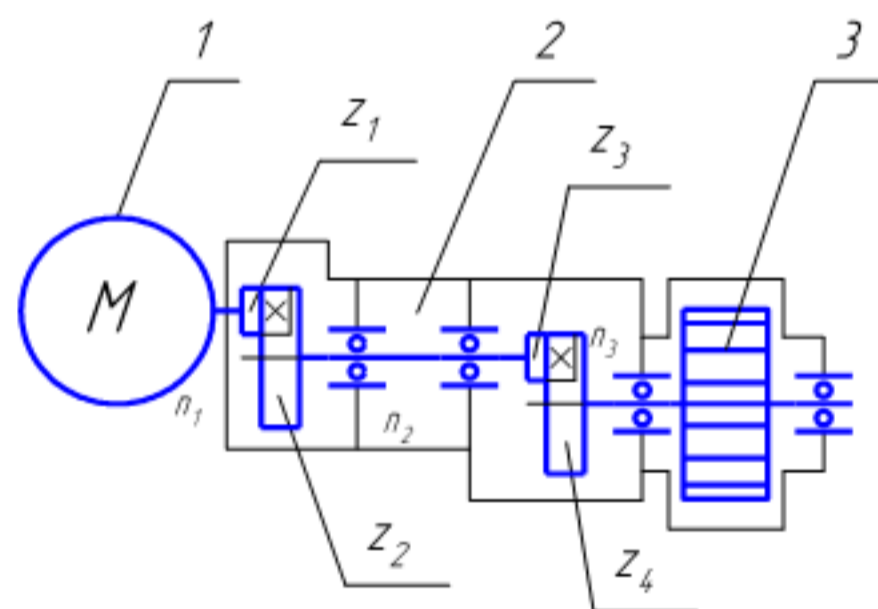


Рисунок 2.8 – Кінематична схема приводу шлюзового затвору

1 – електродвигун; 2 – редуктор зубчастий циліндричний; 3 – барабан шлюзового затвору

2.8.2 Вибір електродвигуна

Визначаємо к.к.д. приводу:

а) к.к.д. парі зубчатих коліс в масляній ванні $\eta_1=0,98$;

б) к.к.д. пари підшипників $\eta_2=0,99$;

в) к.к.д., що враховує втрати при обертанні барабана в корпусі затвору $\eta_3=0,98$;

Загальний к.к.д. приводу:

$$\eta=0,98^2 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 \approx 0,92.$$

Необхідна потужність електродвигуна

$$N_1 = Pv/\eta \text{ [кВт]}, \quad (2.1)$$

$$N_1 = 0,46 \cdot 0,5 / 0,92 = 0,25 \text{ (кВт)}.$$

По каталогу приймаємо асинхронний електродвигун АИР 63В6 вик.1М2081, $U=380\text{В}$, 50Гц , ТУ 16-525.564-86, $N=0,25\text{кВт}$, $n=16\text{с}^{-1}$ (1000 об/хв.) діаметр вала $d_{\text{дв}}=14\text{ мм}$.

2.8.3 Кінематичний розрахунок

- Кутова швидкість ротора (барабана) шлюзового затвору

$$n_6 = n_4 = 60v_6/\pi D_6 \text{ [об/хв.]} \quad (2.2)$$

$$n_6 = n_4 = 60 \cdot 0,46 / 3,14 \cdot 0,175 = 51 \text{ (об/хв.)}$$

- Загальне передатне число

$$i = n_1/n_3, \quad (2.3)$$

$$i = 1000/51 = 19,6 \approx 20.$$

2.8.4 Розрахунок зубчастих передач редуктора

- Розбивка передаточного числа редуктора $i_p=19,6$ по ступіням.

Приймаємо $i_1=5,3$; $i_2=3,7$.

- Кутові швидкості валів редуктора:

ведучого $n_1=1000$ об/хв.

$$\text{проміжний} \quad n_2=n_1/i_1 \text{ [об/хв.]} \quad (2.4)$$

$$n_2=1000/5,3=188 \text{ (об/хв.)}$$

$$\text{веденого} \quad n_3=n_2/i_2 \text{ [об/хв.]} \quad (2.5)$$

$$n_3=188/3,7=50 \text{ (об/хв.)}$$

- Типи зубчастих передач швидкохідної та тихохідної – циліндрична внутрішнього зачеплення.

- Вибір матеріалу для шестерні та колеса. Бажаючи отримати редуктор з найменшими габаритними розмірами, вибираємо для обох пар зубчатих коліс сталь з підвищеними механічними якостями для шестерень – сталь 45 ГОСТ 1050-88; $\sigma_b=800$ н/мм²; $\sigma_T=560$ н/мм²; термообробка – покращення НВ 220; для зубчатих коліс тієї ж марки, термообробка – нормалізація; $\sigma_b=610$ н/мм²; $\sigma_T=360$ н/мм²; НВ 229.

- Визначення межі витривалості при симетричному циклі згину для матеріалу шестерень:

$$\sigma_{-1} \approx 0,35\sigma_b + (70 \div 120) = 0,35 \cdot 800 + (70 \div 120) = 350 \div 400 \text{ (Н/мм}^2\text{)},$$

в якості розрахункового значення прийmemo $\sigma_{-1} \approx 375$ Н/мм².

Для матеріалу коліс

$$\sigma_{-1} \approx 0,35 \cdot 610 + (70 \div 120) = 283 \div 333 \text{ (Н/мм}^2\text{)},$$

в якості розрахункового значення прийmemo $\sigma_{-1} \approx 330$ Н/мм².

- Допустимі напруги згину для зубців шестерень, при $[n]=1,5$, $k_\sigma=1,6$, та $k_{FH}=1$,

$$[\sigma]_u = 1,5\sigma_{-1}/[n]k_\sigma \text{ [Н/мм}^2\text{]}, \quad (2.6)$$

$$[\sigma]_u = 1,5 \cdot 375 / 1,5 \cdot 1,6 = 234 \text{ (Н/мм}^2\text{)}.$$

для зубчатих коліс, приймаючи $[n]=1,5$, $k_\sigma=1,5$,

$$[\sigma]_u = 1,5\sigma_{-1}/[n]k_\sigma \text{ [Н/мм}^2\text{]}, \quad (2.7)$$

$$[\sigma]_u = 1,5 \cdot 330 / 1,5 \cdot 1,6 = 220 \text{ (Н/мм}^2\text{)}.$$

- Допустимі контактні напруги для коліс при коефіцієнті режиму $k_{рк}=1$

$$[\sigma]_к = 2,75HBk_{рк} \text{ [Н/мм}^2\text{]}, \quad (2.8)$$

$$[\sigma]_к = 2,75 \cdot 229 = 630 \text{ (Н/мм}^2\text{)}.$$

- Обертальні моменти на валах редуктора:

ведучий (швидкохідний) вал

$$M_B = N_1 / \omega_1 = 0,25 \cdot 10^3 / 103,4 = 2,4 \text{ (Н·м)},$$

де

$$\omega_1 = \pi n_1 / 30 = 3,14 \cdot 988 / 30 \approx 103,4 \text{ (рад/сек.)};$$

проміжний вал

$$M_{II} = M_B i_1 = 2,4 \cdot 5,3 = 12,72 \text{ (Н·м)};$$

ведений (тихохідний) вал

$$M_{III} = M_B i_{ред} = 2,4 \cdot 19,6 = 47,04 \text{ (Н·м)}.$$

- Розрахунок тихохідної ступені

Визначаємо міжцентрову відстань з умови контактної витривалості поверхні зубців.

Розрахунок починаємо з тихохідної ступні. Міжцентрову відстань розраховуємо за формулою:

$$A_T = (i + 1) \sqrt{\left(\frac{340}{[\sigma]_k}\right)^2 \frac{M_{pm}}{\varphi_A i k_p}}, \quad (2.9)$$

де $i=i_2=3,7$

$M_{pm}=KM_{ш}$; приймаємо попередньо $K=1,5$

$$M_{pm}=1,5 \cdot 12,7=19,05 \text{ (Н·м);}$$

де $\varphi_A=B/A$ – коефіцієнт ширини, приймаємо $\varphi_A=0,4$;

$k_p=1$ – для прямозубої передачі.

Підставивши значення в формулу отримуємо

$$A_T = (3,7 + 1) \sqrt{\left(\frac{340}{630}\right)^2 \frac{19,05 \times 10^3}{0,4 \cdot 3,7}} = 73 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо число зубців та модуль зачеплення

$$m = (0,01 \div 0,02) A_T, \quad (2.10)$$

$$m = (0,01 \div 0,02) 73 = 0,73 \div 1,46;$$

приймаємо модуль $m=1,5$.

Число зубців шестерні

$$z_3 = \frac{2 A_T}{m(1 + i_2)}, \quad (2.11)$$

$$z_3 = \frac{2 \cdot 73}{1,5(1 + 3,7)} = 20 .$$

Число зубців колеса

$$z_4 = i_2 z_3 = 20 \cdot 3,7 = 74.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для швидкохідної ступені

$$A_r = (5,3 + 1) \sqrt{\left(\frac{340}{630}\right)^2 \frac{19,05 \times 10^3}{0,4 \cdot 5,3}} = 80,$$

$$m = (0,01 \div 0,02) A_r, \quad (2.12)$$

$$m = (0,01 \div 0,02) 80 = 0,8 \div 1,6.$$

приймаємо модуль $m=1,5$.

$$\text{Число зубців шестерні } z_3 = \frac{2 A_r}{m(1 + i_2)} = \frac{2 \cdot 80}{1,5(1 + 5,3)} = 20 .$$

$$\text{Число зубців колеса } z_4 = i_2 z_3 = 20 \cdot 5,3 = 106.$$

Основні параметри редуктора зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні параметри редуктора

Параметри	Швидкохідна ступінь	Тихохідна ступінь
Потужність на ведучому валі	$N_1=0,25$ кВт	
Загальне передаточне число	19,6	
Передаточні числа ступіней	$i_1=5,3$	$i_2=3,7$
Кутові швидкості ведучого вала проміжного вала веденого вала	$n_1=1000$ об/хв. $n_2=188$ об/хв. $n_3=50$ об/хв.	
Тип передачі	Прямозуба	
Число зубців шестерень коліс	$z_1=20$ $z_2=106$	$z_3=30$ $z_4=74$
Модуль	$m=1,5$ мм	
Ширина шестерень та зубчатих коліс	20 мм	20 мм

Використовуючи розраховані основні параметри редуктора, приведені в таблиці, за допомогою прикладної комп'ютерної бібліотеки проводимо геометричний розрахунок циліндричної передачі внутрішнього зачеплення по міжосьовій відстані. Розрахунок швидкохідної та тихохідної ланки представляється у вигляді роздруківок.

Перелік розрахунків на ПК для швидкохідної ланки.

- Геометричний розрахунок циліндричної зубчастої передачі внутрішнього зачеплення.
- Розрахунок на міцність при дії максимального навантаження циліндричної зубчастої передачі внутрішнього зачеплення.
- Розрахунок на витривалість за ГОСТ 21354-87 циліндричної зубчастої передачі внутрішнього зачеплення.
- Режим навантаження.

Перелік розрахунків на ПК для тихохідної ланки.

- Геометричний розрахунок циліндричної зубчастої передачі внутрішнього зачеплення.
- Розрахунок на міцність при дії максимального навантаження циліндричної зубчастої передачі внутрішнього зачеплення.
- Розрахунок на витривалість за ГОСТ 21354-87 циліндричної зубчастої передачі внутрішнього зачеплення.
- Режим навантаження.

2.8.5 Розрахунок валів редуктора

Крутні моменти в поперечних перерізах проміжного вала

$$M_{к2} = M_{П} = 12,72 \text{ кН}\cdot\text{м} = 12,72 \cdot 10^3 \text{ (Н}\cdot\text{м)};$$

поперечних перерізах веденого вала

$$M_{к3} = M_{Т} = 47,04 \text{ кН}\cdot\text{м} = 47,04 \cdot 10^3 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Проміжний вал

Приймаючи $[\tau]_k=20$ н/мм², визначаємо діаметр вала в небезпечному перетині:

$$d_2'' = \sqrt[3]{\frac{M_{k2}}{0,2 \cdot [\tau]_k}}, \quad (2.13)$$

$$d_2'' = \sqrt[3]{\frac{12,72 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 15 \text{ (мм)},$$

приймаємо під зубчастим колесом $d_2'=20$ мм, під шестернею $d_2''=14$ мм, значення діаметрів решти ділянок вала призначаємо конструктивно. Остаточні діаметри вала призначимо при виборі підшипників.

Ведений вал

Діаметри вала визначаємо по нижньому допустимому навантаженню $[\tau]_k=20$ н/мм²:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{M_{k3}}{0,2 \cdot [\tau]_k}}, \quad (2.14)$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{47,04 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 22 \text{ (мм)},$$

приймаємо під зубчастим колесом $d_3=20$ мм, значення діаметрів решти ділянок вала призначаємо конструктивно. Остаточні діаметри вала призначимо при виборі підшипників.

2.8.6 Конструктивні розміри зубчастих коліс

Визначаємо основні конструктивні розміри коліс z_2 та z_4 .

Зубчасте колесо z_2 :

- діаметр ступиці $d_{ст}=1,6 \cdot d_2''=1,6 \cdot 20=32$ (мм), приймаємо $d_{ст}=40$ мм;
- довжина ступиці $l_{ст}=1,2 \cdot d_2''=1,2 \cdot 25=30$ (мм);

- товщина обода $\delta_0=2,5 \cdot m_n=2,5 \cdot 1,5=4$ (мм), приймаємо $\delta_0=8$ мм;
- товщина диска $C=0,3 \cdot B_2=0,3 \cdot 20=6$ (мм), приймаємо $C=10$ мм.

Конструктивні розміри $z_4=z_2$.

2.8.7 Вибір підшипників

Основний критерій працездатності та порядок вибору підшипників залежить від значення частоти обертання кільця. Підшипники вибирають по статичній вантажопідйомності, якщо вони сприймають зовнішнє навантаження в нерухомому стані, або якщо вони обертаються повільно ($n \leq 10$ об/хв.). Підшипники що працюють $n > 10$ об/хв. Вибирають по динамічному навантаженні, розраховуючи їх ресурс при необхідній надійності. Підшипники що працюють при $n > 10$ об/хв. і різко перемінному навантаженні також перевіряють на статичну вантажопідйомність.

Приймаємо підшипник під колесо Z_2 – 205 ГОСТ 8338-75, під шестерню Z_3 – 204 ГОСТ 8338-75, підшипники барабана існуючого затвору 180205 ГОСТ 8882-75.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЗШ-043.001»

3.1 Аналіз технологічності деталі

3.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус ЗШ-043.001» є базовою деталлю вузла шлюзових затворів та редукторів, які призначені для подачі сипучих матеріалів з бункера в транспортери.

Даний вузол є складовою частиною агрегатно-вальцевих млинів типу АВМ і обладнання мінікрупоцехів. Дане обладнання випускається на ВАТ Могилів-Подільський машинобудівний завод.

Деталь «Корпус ЗШ-043.001» базується у вузлі по основі і кріпиться 4 болтами по отв. $\varnothing 9$ до бокових фланців кріпляться суміжні деталі, до верхнього торця кріпиться «кришка» болтами по різьбі М8-7Н.

Основне службове призначення деталі – забезпечити герметичність вузла і необхідну точність приєднувальних деталей як в статиці, так і в процесі роботи.

Деталь сприймає середні по величині статичні і вібраційні навантаження. Матеріалом вибраний СЧ15 ГОСТ 1812-85, який дозволяє виготовити заготовку методом литва. Форма конструкції заготовки досить складна. В наявності бобишки, платики, які ускладнюють заготовку.

За своєю формою конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до класу корпусних група II з гладким циліндричним отвором.

Креслення деталі має всі необхідні дані, але його необхідно корегувати згідно вимог ЄСКД, вимог технологічності. В кресленні недостатньо розроблені технічні вимоги, не правильно проставлена головна базова поверхня-основа, а не отвір $\varnothing 175F9$. Торцеві биття не більше 0,06 мм повинні бути відносно основи.

Неперпендикулярність центрального отвору до основи 0,03 мм являється основним. Деякі лінійні розміри проставлені не від бази, що збільшує похибку

базування при механічній обробці. Кріпиться деталь за допомогою 4 кріпильних отворів $\varnothing 9$.

Основною поверхнею, якою деталь базується у вузлі є основа (1) (рис. 3.1).

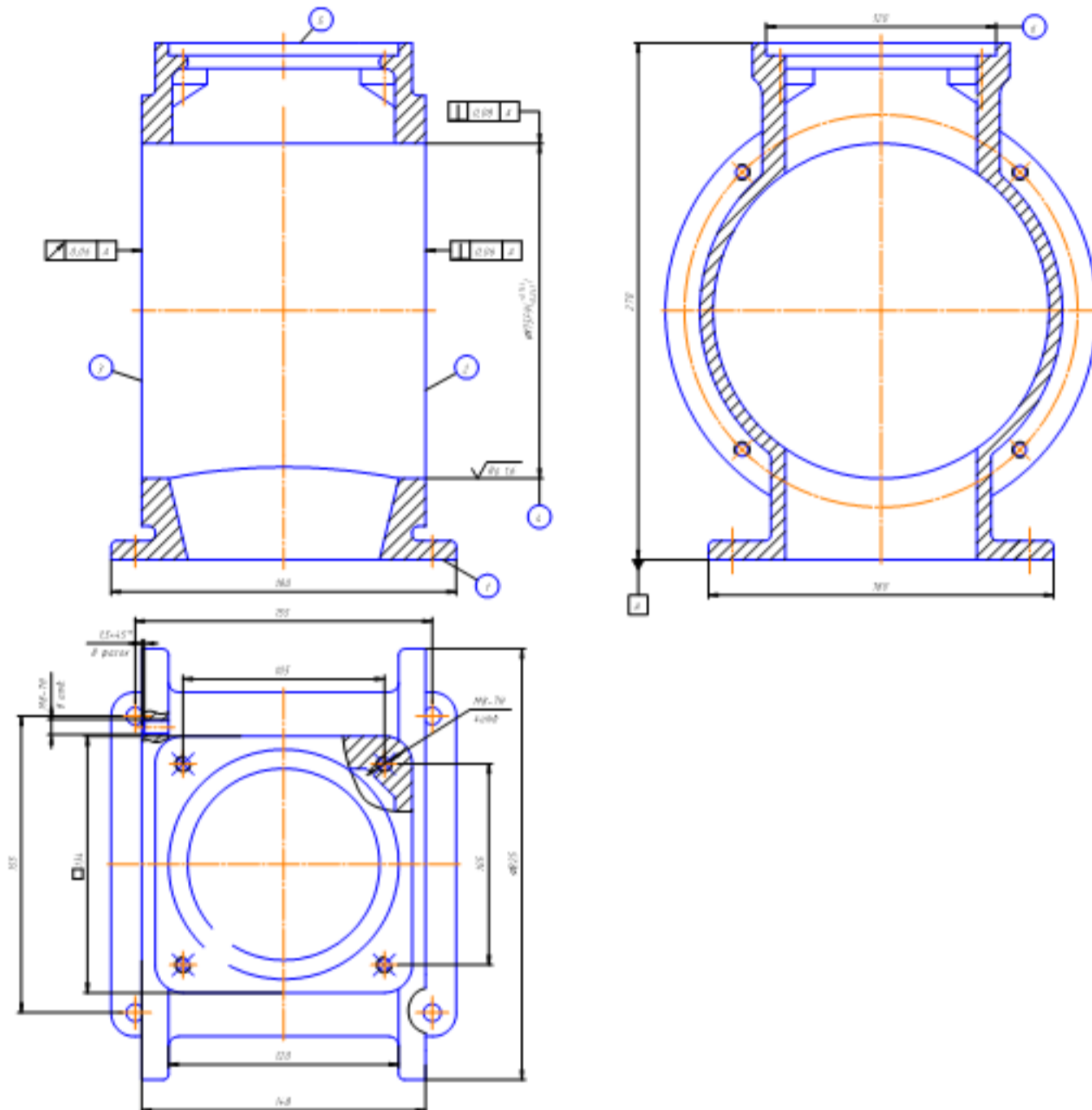


Рисунок 3.1 – Креслення деталі «Корпус ЗШ-043.001»

Допоміжними поверхнями, якими деталь з'єднується з суміжними деталями є отвір $\varnothing 175F9$ (4), два торці (2) і (3), виточка (6). Кріпильними є 4 отв. різьбові 8 отв. M8-7H.

Решта поверхонь являються вільними.

Групу конструкторських баз складають основні і допоміжні поверхні, визначені раніше. Бажано щоб при механічній обробці конструкторська та технологічна бази співпадали. При цьому похибка базування ($E_b=0$).

Досить жорсткі технічні вимоги щодо точності і чистоти поверхонь, обумовлені службовим призначенням і точністю розташування приєднувальних

деталей. Задана точність може бути досягнута на верстатах нормальної точності (Н).

Деталь середніх габаритів 180×148×270, досить складної форми. Заготовку можливо виготовити методом лиття в піщано-глинисті форми або оболонкові форми.

Мінімальна товщина стінок $S_{\min}=7$ мм. Деталь досить жорсткої форми і її можливо обробляти на підвищених режимах різання.

4 отв. $\varnothing 9$ мм і центральний отвір $\varnothing 175F9$ обробляються на прохід, що полегшує їх обробку. Глухі отвори 8 отв. М8-7Н обробляти складніше, що збільшує трудоемкість обробки.

Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різьбу, фаски, що дає можливість застосовувати стандартний ріжучий інструмент.

Матеріал заготовки – сірий чавун СЧ15 ГОСТ1412-85.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад СЧ15 ГОСТ 1412-85, %

C	S i	Mn	Cr	Ni	P	S
					Не більше	
2-3,6%	до 2%	0,3-0,8	0,2-0,3	До 0,25	0,2-0,6%	0,2-0,8

Таблиця 3.2 – Механічні властивості СЧ15 ГОСТ 1412-85

Твердість НВ	σ_p МПа (кгс/мм)	σ_H МПа (кгс/мм)	Відносне видовження %	Відносне звуження %	Ударна в'язкість кгс м/см
160...210	200(20)	360(36)	0,25-1,2	0,25-1,2	0,2-0,6

3.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Кількісна оцінка технологічності оцінюється наступними факторами.

- Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_y = \frac{Q_{\text{я}}}{Q_{\text{е}}}, \quad (3.1)$$

$$K_y = 56/64 = 0,88.$$

де Q_u , Q_r – відповідно кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.).

Таблиця 3.3 – Конструктивні елементи

Лінійні розміри		Діаметральні розміри		Отвори		Різьба		Фаски		Радіуси		Конус	
Уніф.	Неун.	Уніф.	Неун.	Уніф.	Неун.	Уніф.	Неун.	Уніф.	Неун.	Уніф.	Неун.	Уніф.	Неун.
22	4	5	2	4	–	8	–	8	–	8	2	1	–

При $K_y \geq 0,6$ деталі відносяться до технологічних.

- Коефіцієнт точності обробки

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_\varphi}, \quad (3.2)$$

$$K_T = 1 - 1/13,6 = 0,92;$$

де T_φ – середня точність;

$$T_\varphi = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.3)$$

$$T_\varphi = 8 \cdot 1 + 14 \cdot 17 / 1 + 17 = 13,6.$$

Таблиця 3.4 – Точність поверхонь

Квалітет точності	9	14
Кількість поверхонь	1	17

При $K_T \geq 0,8$ деталі відносяться до технологічних.

- Коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{\varphi}}, \quad (3.4)$$

$$K_{ш} = 1/11,8 = 0,11;$$

де $Ш_{\varphi}$ – середня шорсткість;

$$Ш_{\varphi} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.5)$$

$$Ш_{\varphi} = 1,6 \cdot 1 + 12,5 \cdot 17 / 1 + 17 = 11,8.$$

Таблиця 3.5 – Шорсткість поверхонь

Шорсткість Ra, мкм	1,6	12,5
Кількість поверхонь	1	17

При $K_{ш} \leq 0,32$ деталі відносяться до технологічних.

Висновок. Розглянувши всі позитивні і негативні фактори з урахуванням кількісних показників, можна зробити висновки, що деталь достатньо технологічна.

3.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [2, 9]:

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

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 “Корпус ЗШ-043.001”. Визначимо 5 найбільш характерних переходів.

Усі дані будемо заносити в таблицю 3.6.

Розрахуємо основний час за формулою

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{шт.-к}} \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (3.7)$$

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

φ_k – коефіцієнт, що залежить від виду верстата [2, 9].

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{\text{шт.-к}}}{60 F_o \cdot \eta_{з.н.}} \text{ [шт.]}, \quad (3.8)$$

де N – річна програма випуску деталі «Корпус ЗШ-043.001»; $T_{\text{шт.-к}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.; F_o – дійсний фонд роботи обладнання ($F_o = 3890$ год.); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,85$).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів $C_{при}$.

Визначаємо коефіцієнт завантаження:

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

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

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

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

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

Результати розрахунків зведемо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Перехід механічної обробки	$T_{\text{очн}}, \text{ХВ.}$	φ_x	$T_{\text{шт-к}}, \text{ХВ.}$	C_p	$C_{\text{пр}}$	η_{3p}	η_{3H}	O	$K_{\text{т.о.}}$
1. Фрезерувати 2 торці в розмір 148 однократно	$2 \cdot 0,0059\ell = 2 \cdot 0,0059 \cdot 706,5 = 8,34$	1,35	11,26	0,57	1	0,57	0,85	1,5	14,4
2. Фрезерувати площину основи однократно	$0,0059\ell = 0,0059 \cdot 180 = 1,06$	1,35	1,43	0,072	1	0,072	0,85	11,8	
3. Фрезерувати верхню площину в розмір 270 однократно	$0,0059\ell = 0,0059 \cdot 134 = 0,8$	1,35	1,08	0,055	1	0,055	0,85	15,5	
4. Розточити отвір $\varnothing 175$ попередньо	$0,000068D\ell = 0,000068 \cdot 175 \cdot 148 = 1,76$	1,35	2,4	0,12	-	0,12	0,85	7,1	
5. Розточити отвір $\varnothing 175$ попередньо	$0,00001D\ell = 0,00001 \cdot 175 \cdot 148 = 2,59$	1,35	3,5	0,18	-	0,18	0,85	4,7	
6. Розточити отвір $\varnothing 175$ остаточно	$0,00019D\ell = 0,00019 \cdot 175 \cdot 148 = 4,92$	1,35	6,64	0,34	-	0,34	0,85	2,5	

Примітка. Фрезерування 2 торців в розмір 148 та розточування отвору $\varnothing 175$ планується виконати на одному верстаті.

Отримаємо коефіцієнт закріплення:

$$K_{30} = \frac{43,1}{3} \approx 14,4.$$

Так як $10 < K_{\text{т.о.}} < 20$, то тип даного виробництва середньосерійний.

Визначення форми організації роботи

Потрібний добовий випуск виробів [9]:

$$N_d = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (3.11)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_d = \frac{10000}{254} = 39,37 \approx 40 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність лінії

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot \eta_d} \text{ [шт.],} \quad (3.12)$$

де $T_{\text{шт-к.сп}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; F_d – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_d = 3890$ хв.); η_d – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_d = 0,85$).

$$Q_d = \frac{3890}{4,39 \cdot 0,85} = 1042,5 \rightarrow 1043 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії $N_d < Q_d$, то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.],} \quad (3.13)$$

де t – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (3 дні).

$$n = \frac{10000 \cdot 3}{254} = 118,11 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 118 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку всієї партії деталей

$$C = \frac{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,85} = \frac{4,39 \cdot 118}{476 \cdot 0,85} = 1,28 ; \quad C_{\text{сп}} = 2 \text{ зміни.}$$

Кількість деталей в партії для завантаження обладнання на протязі цілого числа змін

$$n = \frac{C_{np} \cdot 476 \cdot 0,85}{T_{шт-к.ср}} = \frac{2 \cdot 476 \cdot 0,85}{4,39} = 183,9 \rightarrow 184 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $n_{np} = 184$ шт.

Отже, тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 184 шт.

3.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вибір методу виготовлення заготовки проводимо, враховуючи тип виробництва, або річну програму $N = 10000$ шт., точність, конфігурацію деталі, матеріал СЧ 15 ГОСТ 1412-85 і т. ін. [10, 11].

Заготовка середніх габаритних розмірів $180 \times 148 \times 270$ мм. В наявності бобишки, досить складна форма конструкції ускладнюють заготовку.

Найбільш доцільними можуть бути два способи виготовлення заготовки: литво в піщано-глинисті форми і в оболонкові форми. Для вибору заготовки необхідно провести порівняльний аналіз і техніко-економічні розрахунки.

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

Мінімальна товщина стінок залежить від габаритних розмірів заготовки. Зведений габаритний розмір складає

$$N = (l + b + h) / 3 \text{ [м]}, \quad (3.14)$$

$$N = (180 + 148 + 270) / 3 = 199 = 0,199 \text{ (м)},$$

де l, b, h – відповідні розміри в м.

Товщину стінок можна визначити по графіку або згідно довідкових таблиць [11, 12] $S_{\min}=3-4$ мм. Для нашої деталі явно завищена товщина стінок.

Мінімальний діаметр отворів, одержуваний в заготовках

$$D_{\min} = d + 0,1 \cdot S = 7 + 0,1 \cdot 10 = 8 \text{ (мм)}.$$

Формувальні нахили назначаємо на всіх вертикальних стінках з метою полегшення виділення моделі із стержневого ящика. Нахили регламентуються ГОСТ 3212-80, приймаємо $0^{\circ}45'$.

Радіуси заокруглень в суміжних поверхнях заготовок залежать від товщини стінок і кута між ними, $\alpha=90^{\circ}$. Вибираємо згідно рекомендацій [11] $R=4\dots6$ мм.

Загальні припуски назначаємо по повним значенням загальних допусків в залежності від методів обробки, кількості переходів згідно ГОСТ 26645-85.

Таблиця 3.8 – Визначення параметрів точності

Параметри точності	Литво в піщано-глинисті форми		Литво в оболонкові форми	
	Згідно ГОСТ26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	9-13	11т	8-13т	10
Ступінь короблення	$7/270=0,025$ 6-9	7	6-9	7
Ступінь точності поверхонь	11-18	15	10-17	14
Шорсткість поверхні	Ra 25	Ra 25	Ra 16	Ra 16
Клас точності маси	6-13	9т	7т-14	8
Ряд припусків	6-9	7	5-8	6

Визначаємо загальні допуски, мінімальний припуск, кількість переходів, загальний припуск на поверхні.

Таблиця 3.9 – Розрахунок припусків

Розміри	Лиття в піщано-глинисті форми						Лиття в оболонковій формі					
	148	270	10	6,5	Ø120	Ø175 F9	148	270	10	6,5	Ø120	Ø175 F9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Допуски розмірів	4,0	4,4	2,0	2,0	4,0	4,4	3,2	4,0	1,6	1,6	3,2	4,0
Допуск форми і розміщення		←		0,8		⇒		←		0,8		⇒
Допуск на зміщення форми	---	----	---	---	1,2	1,2	---	---	---	---	1,0	1,0
Допуск маси т4		←		6,4%		⇒	←		5%		⇒	
Допуск нерівностей		←		1,2		⇒	←		1,0		⇒	
Загальний допуск	5,4	5,8	4,0	4,0	5,4	5,8	5,0	5,8	2,4	2,4	5,0	5,8
Мінімальний припуск	0,8						0,6					
Кількість переходів	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3
Загальний припуск	4,2	4,5	4,2	4,5	4,0	4,8	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0

Таблиця 3.10 – Розрахунок розмірів заготовки

148	$148+2\times 4,2=156,4\pm 1,1$	$148+2\times 3,8=155,6\pm 0,8$
270	$270+2\times 4,5=279\pm 1,2$	$270+2\times 4,0=278\pm 1,0$
10	$10+4,5=14,5\pm 0,6$	$10+4,0=14\pm 0,6$
6,5	$6,5+4,5=11\pm 0,6$	$6,5+3,8=10,3\pm 0,6$
Ø120	$120-2\times 4,0=\text{Ø}112\pm 0,9$	$120-2\times 3,5=\text{Ø}113\pm 0,8$
Ø175F9	$175-2\times 4,8=\text{Ø}165,4\pm 0,9$	$175-2\times 4,0=\text{Ø}167\pm 0,8$

Оформлення ескізу заготовки

По даним розрахунків складаємо ескіз заготовки.

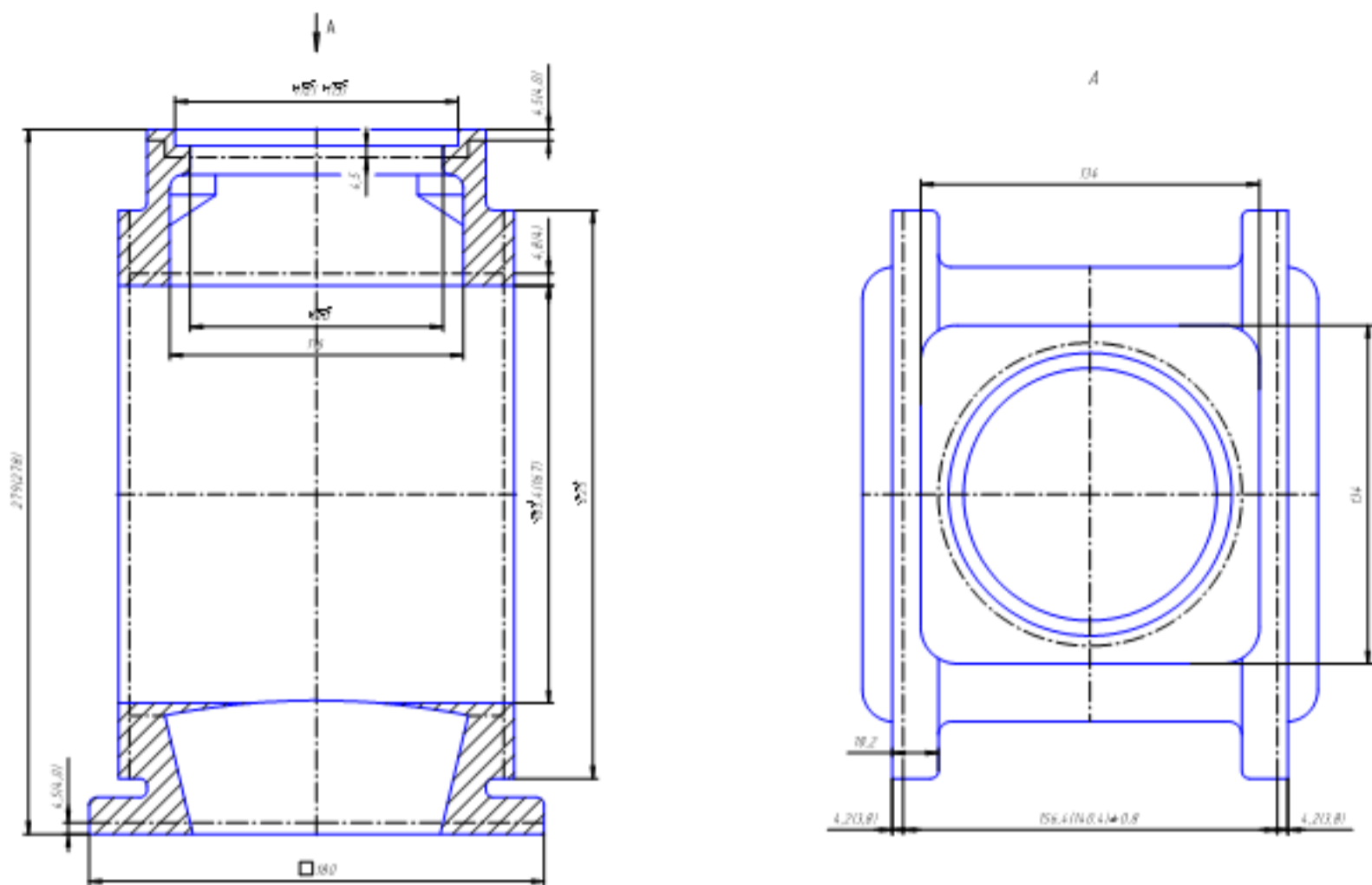


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки

Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Назначаємо напуски на 4 отв. $\varnothing 9$, різьбові 4 отв. М8-7Н, нахили, фаски, канавки і т. ін.

Визначаємо припуски для заготовок:

$$\Pi_1 = \alpha\beta h\gamma + \alpha_1\beta_1 h_1\gamma - \Pi d_2/4h_1\gamma - \Pi d_3/4h_3\gamma + \Pi(d_4^2 - d_5^2)/4h_4\gamma \quad [\text{кг}]; \quad (3.15)$$

$$\Pi_1 = 18 \times 14,8 \times 0,0045 \times 0,0078 + 13,4 \times 13,4 \times 0,0045 \times 0,0078 - 3,14 \times 12^2/4 \times 0,0045 \times 0,0078 - \\ - 3,14 \times 10^2/4 \times 0,0045 \times 0,0078 + 3,14(17,5^2 - 16,5^2)/4 \times 0,0045 \times 0,0078 \approx 3,1 \text{ (кг)};$$

$$\Pi_2 = 18 \times 14,8 \times 0,004 \times 0,0078 + 13,4 \times 13,4 \times 0,0038 \times 0,0078 - 3,14 \times 12^2/4 \times 0,0038 \times 0,0078 - \\ - 3,14(17,5^2 - 16,7^2)/4 \times 0,004 \times 0,0078 \approx 2,5 \text{ (кг)}.$$

Напуски на 4 отв. $\varnothing 8$ і М8-7Н

$$H_1 = 4\Pi^2/4l\gamma + 4\Pi^2/4l_1\gamma \quad [\text{кг}], \quad (3.16)$$

$$H_1 = 3,14 \times 0,8^2 + 1,4 \times 0,0078 + 3,14 \times 0,8^2 \times 2,8 \times 0,0078 = 0,09 \text{ (кг)}.$$

Маса заготовки складає:

$$G_3 = G_g + \Pi + H \text{ [кг]}, \quad (3.17)$$

$$G_{31} = 8,5 + 3,1 + 0,09 = 11,69 \text{ (кг)};$$

$$G_{32} = 8,5 + 2,5 + 0,09 = 11,09 \text{ (кг)}.$$

Коефіцієнти точності маси складають:

$$\gamma = G_g / G_{\text{заг}}, \quad (3.18)$$

$$\gamma_1 = 8,5 / 11,69 = 0,72;$$

$$\gamma_2 = 8,5 / 11,09 = 0,76.$$

Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовок для варіантів визначаємо по формулі [11]

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{G_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_i \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг.}} - G_{\text{дем.}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх.}} \text{ [грн.]}, \quad (3.18)$$

де C_i – базова вартість 1 т відливків; K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок; K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки; K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки; K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва; $C_{\text{відх.}}$ – вартість 1 т стружки, $C_{\text{відх.}} = 2000$ грн./т.

Призначаємо коефіцієнти: $C_1 = 21600$ грн./т; $C_2 = 28340$ грн./т; $K_T = 1,1$; $K_M = 1$; $K_C = 1$; $K_B = 0,91$; $K_{\Pi} = 0,76$.

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$$C_1 = \frac{11,69}{1000} \cdot 21600 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 1,0 \cdot 0,76 - \frac{(11,69 - 8,5)}{1000} \cdot 2000 = 185,72 \text{ (грн.)};$$

Для лиття в оболонкові форми:

$$C_1 = \frac{11,09}{1000} \cdot 28340 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 1,0 \cdot 0,76 - \frac{(11,09 - 8,5)}{1000} \cdot 2000 = 233,92 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при цьому

$$E = (S_{\text{зар2}} - S_{\text{зар1}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (3.19)$$

$$E = (233,92 - 185,72) \cdot 10000 = 482000 \text{ (грн.)}$$

Висновок: Вартість заготовок в оболонкові форми вища, ніж у піщано-глинисті, тому приймаємо варіант виготовлення заготовки – лиття в піщано-глинисті форми.

Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

Розрахунок собівартості заготовок деталей машин – це досить трудомістка робота [1, 10, 11]. Тому за необхідності багаторазового повторювання однотипних розрахунків рекомендується застосовувати комп'ютерні технології.

Мета роботи – розробка алгоритму та прикладної комп'ютерної програми для розрахунку собівартості литої заготовки, що дозволяє автоматизувати процес розрахунку та скоротити його час.

Собівартість заготовок, що виготовляють такими способами, як лиття в піщано-глинисті форми, кокілі, за виплавними моделями, в оболонкові форми, під тиском, відцентровим литтям з достатньою точністю можна визначити за формулою (3.18).

Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма працює в діалоговому режимі. Після запуску програми, в головному діалоговому вікні (рис. 3.3) потрібно вводити вручну, чи вибирати з ряду наявних початкові (вихідні) дані.

Заготовка виготовлена литтям

Оберть спосіб лиття

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

Коефіцієнт Кп

Матеріал заготовки

Кп Чавун

Коефіцієнт Кв

Матеріал заготовки

Кв Чавун

Коефіцієнт Км

Матеріал заготовки

Км Чавуні - СЧ10, СЧ15, СЧ

Коефіцієнт Кс

Матеріал заготовки

Кс Чавун, сталь

Вихідні дані

Маса деталі 8,5 кг

Маса вилівка 11,69 кг

Вартість однієї тонни відходу 2000 грн

Вартість однієї тонни заготовки 21000 грн

Об'єм виробництва 10000 тис. шт.

Клас розмірної точності 11т

Група складності 3

Коефіцієнт Кт

- Чорні метали
- Коліророзі метали

Отримати розрахунок

Повернутись назад

Рисунок 3.3 – Інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

Після введення всіх початкових даних потрібно натиснути кнопку «Отримати розрахунок». Після цього на екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 3.4) з результатами розрахунку собівартості заготовки.

Розрахунки по литтю

Вартість заготовки Сзаг. шт. 185,72

Коефіцієнт Кт 1,1

Коефіцієнт Км 1

Коефіцієнт Кс 1

Коефіцієнт Кв 0,91

Коефіцієнт Кп 0,76

Зберегти результати

Закрити форму

Рисунок 3.4 – Інтерфейс комп'ютерної програми з результатами розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

Висновок. Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки, виготовлюваної литтям. Програма призначена для швидкого і

точного розрахунку собівартості такої заготовки та містить набір довідкових даних, за допомогою яких перед розрахунком автоматично вибираються коефіцієнти, що враховують клас точності заготовки, її матеріал, групу складності заготовки, масу заготовки і коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва, тобто річної програми випуску заготовок. Програма значно спрощує трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідкових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків під час проектування технологічних процесів виготовлення машинобудівних деталей.

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

Заготовка литво, допуск $T_{\text{заг}} = 4400$ мкм. Допуск деталі $T_{\text{дет}} = 100$ мкм.

Коефіцієнт уточнення складає [2, 9]:

$$\varepsilon = T_{\text{заг}}/T_{\text{дет}}; \quad (3.20)$$

$$\varepsilon = T_3/T_1 \cdot T_1/T_2 \cdot T_2/T_3 \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots \quad (3.21)$$

де ε_i —окремі ступені уточнення. Точність проміжних ступенів

$$\varepsilon_{\text{чор}}=4\dots 10; \quad \varepsilon_{\text{чист}}=3\dots 5; \quad \varepsilon_{\text{ост}}=2\dots 4;$$

$$\varepsilon=4400/100=44;$$

$$\varepsilon=5,5 \cdot 4 \cdot 2=44.$$

Приймаємо 3 переходи.

$T_1=4400/5,5=800$ (мкм) (13 квалітет) - розточити отвір попередньо;

$T_2=800/4=200$ (мкм) (11 квалітет) - розточити отвір попередньо;

$T_3=200/2=100$ (мкм) (9 квалітет) - розточити отвір остаточно.

Остаточно приймаємо 3 переходи: розточування попереднє, розточування попереднє, розточування остаточне.

3.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

Вибір чистових технологічних баз

Як було визначено раніше основною базовою поверхнею являється основа і торці. Бажано щоб при обробці конструкторська та технологічна бази співпадали, при цьому похибка базування $E_b=0$; це буде оптимальним варіантом.

Для вибору чистових баз необхідно провести аналіз схем базування на всіх операціях.

Після обробки основних баз обробляємо верхню торцеву поверхню (1) (рис. 3.3). Одночасно з одного установа отримаємо 4 різьбових отвори. Обробка з одного установа підвищує точність обробки.

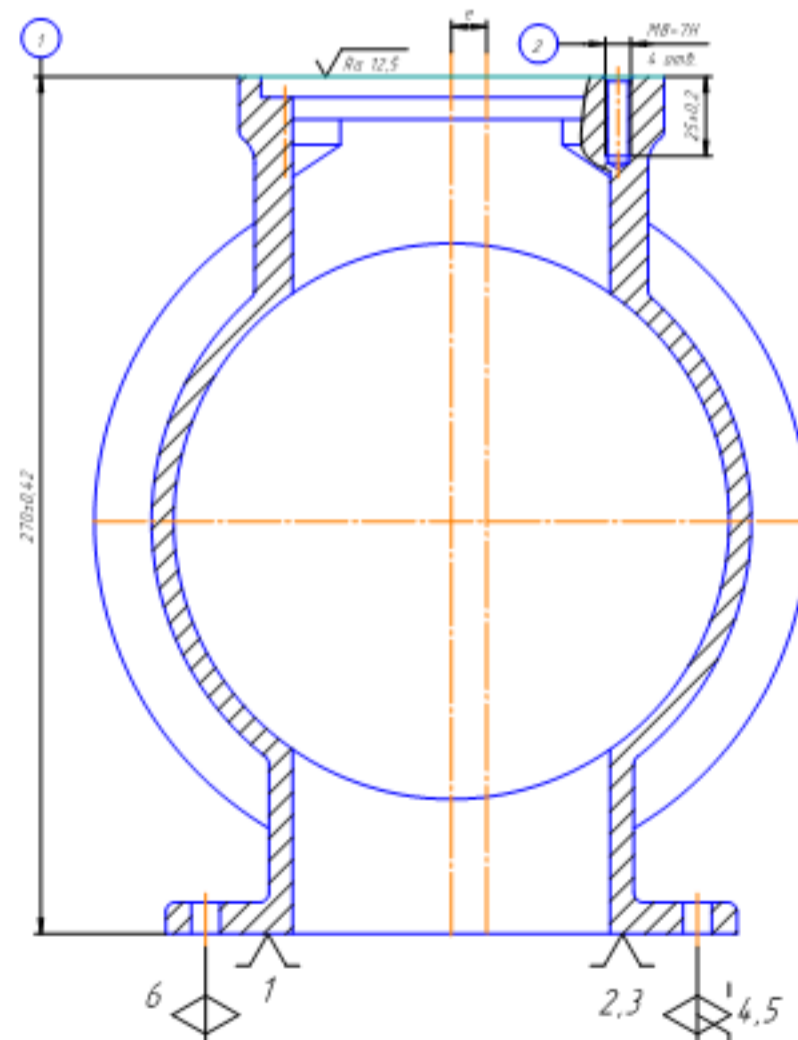


Рисунок 3.3 – Схема базування на операції 010

Похибка базування для розміру $270 \pm 0,92$ $E_{6270} = 0$, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають. Похибка базування для розміру $25 \pm 0,2$ $E_{625} = 0$ – обробка з одного установа.

На операції 015 обробляються торцеві поверхні бокових фланців, розточуємо отвір $\varnothing 175F9$, обробляємо різьбові отвори M8-7H.

Базування заготовки проводимо аналогічно, по торцю і двом отворах. Похибка базування для розміру $130 \pm 0,32$ $E_{6130} = 0$, тому що бази співпадають.

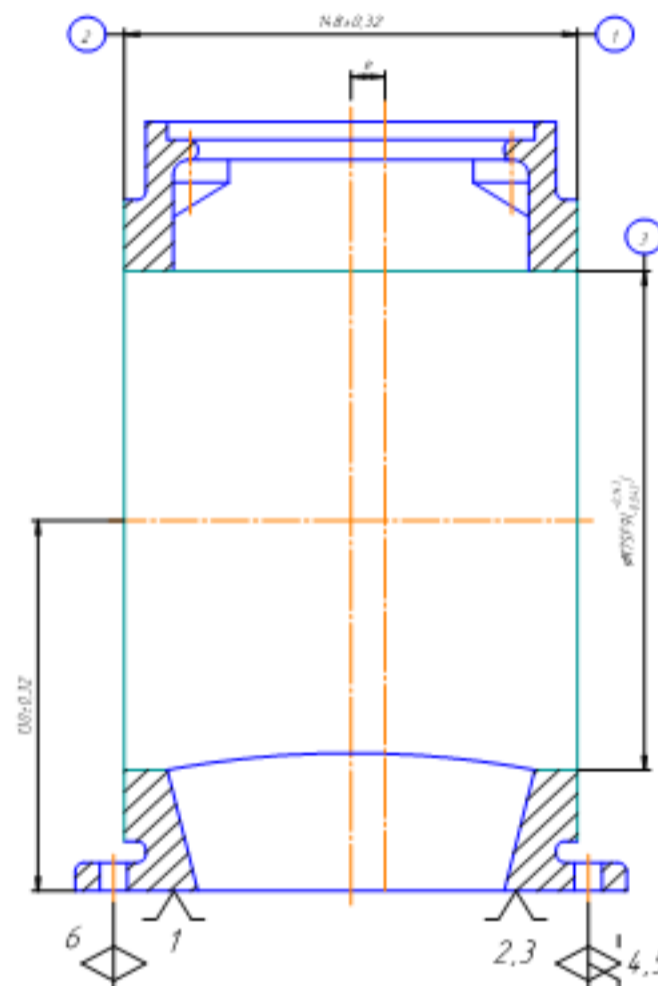


Рисунок 3.4 – Схема базування на операції 015

Висновки: розглянувши всі операції механічної обробки, можна зробити висновки, що в якості чистових баз доцільно прийняти основу і 2 отв. $\varnothing 9$.

Вибір чорнових технологічних баз

На першій операції обробляються базові поверхні: площина і 4 отв. $\varnothing 9$. При виборі чорнових баз вирішується задача забезпечення розмірного зв'язку необроблених поверхонь з обробленими, а саме розмірів $12 \pm 0,3(A)$; $12 \pm 0,3(B)$; $10 \pm 0,15(B)$.

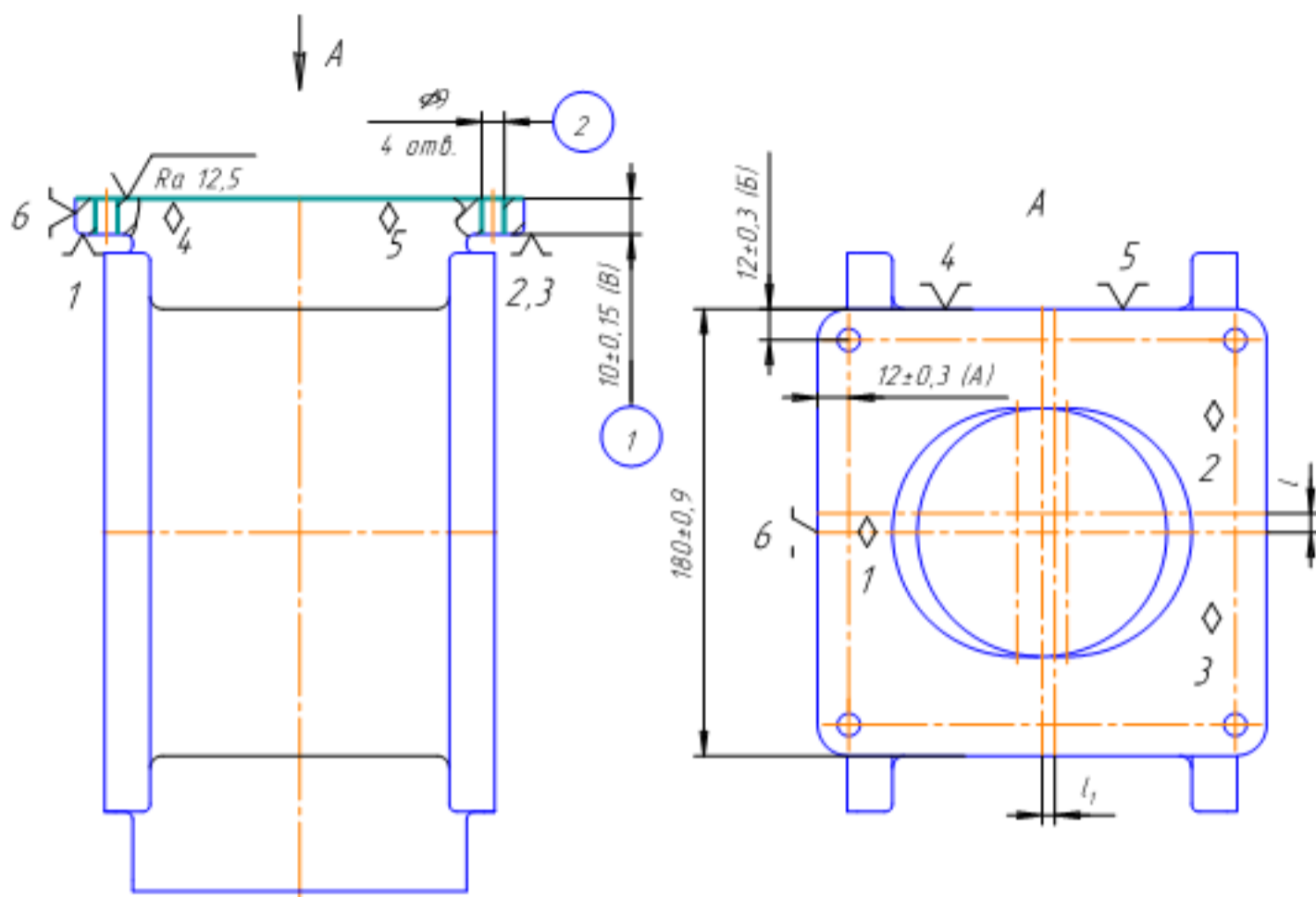


Рисунок 3.5 – Схема базування на операції 005

3.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Варіанти маршруту механічної обробки наведено в таблицях 3.11 і 3.12.

Таблиця 3.11 – I варіант маршруту механічної обробки деталі “Корпус ЗШ-043.001”

№ оп.	Назви операцій та зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхню ① однократно. 3. Центрувати 4 отвори ②. 4. Свердлити 4 отвори ②. 5. Зенкерувати 4 отв ②. 6. Зняти заготовку. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
010	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити заготовку, закріпити. Фрезерувати торець ① однократно. Фрезерувати заглиблення ②. Центрувати 4 отвори ③ з одночасною обробкою фаски. Свердлити 4 отвори ③ $\varnothing 6,8$ під різьбу ③. Нарізати різьбу в 4 отворах ③ згідно ескізу. Зняти заготовку. 		<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3</p>
015	<p>Комбінована</p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити заготовку, закріпити. Фрезерувати поверхню ① і ⑤ однократно. Розточити отвір ② попередньо. Розточити отвір ② попередньо. Центрувати 8 отворів ③ і ④ одночасно фаски. Свердлити 8 отворів $\varnothing 6,8$ мм ③ і ④ під різьбу. Нарізати різьбу в 8 отворах ③ і ④ згідно ескізу. Розточити отвір ② остаточно. Зняти заготовку. 		<p>Багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточувальний ИСБ500ПМФ4</p>
020	Контрольна		

Таблиця 3.12 – II варіант маршруту механічної обробки деталі “Корпус ЗШ-043.001”

№ оп.	Назви операцій та зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання
005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхню ① однократно. 3. Центрувати 4 отвори ②. 4. Свердли 4 отвори ②. 5. Зенкерувати 4 отв. ②. 6. Зняти заготовку. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	<p>Комбінована</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати торець ① однократно. 3. Фрезерувати заглиблення ②. 4. Центрувати 4 отвори ③ одночасно з зенкуванням фаски. 5. Свердли 4 отвори ③ $\varnothing 6,8$ під різьбу. 6. Нарізати різьбу в 4 отворах ③ згідно ескізу. 7. Фрезерувати поверхню ④ і ⑧ однократно. 8. Фрезерувати отвір ⑤ попередньо. 9. Фрезерувати отвір ⑤ попередньо. 10. Фрезерувати отвір ⑤ остаточно. 11. Центрувати 8 отворів ⑥ і ⑦ одночасно фаски. 12. Свердли 8 отворів $\varnothing 6,8$ ⑥ і ⑦ під різьбу. 13. Нарізати різьбу в 8 отворах ⑥ і ⑦ згідно ескізу. 14. Зняти заготовку. 		Багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточувальний HAAS VF-5/40TR
015	Контрольна		

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

При виборі варіанта технологічного маршруту приведені витрати можуть бути визначені у вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання [2]. В якості собівартості розглядається технологічна собівартість операції механічної обробки (грн./год.):

$$C_0 = \frac{C_{п.з} T_{шт(шт-к)}}{60 k_B} \text{ [грн.],} \quad (3.22)$$

де $C_{п.з}$ – годинні приведені витрати, грн./год.;

$T_{шт(шт-к)}$ – штучний чи штучно-калькуляційний час на операцію, хв.;

k_B – коефіцієнт виконання норм, зазвичай приймають рівним 1,3.

Для розрахунку технологічної собівартості штучно-калькуляційний час наближено визначається за формулою

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \phi_k \text{ [хв.],} \quad (3.23)$$

де T_0 – основний технологічний час; ϕ_k – коефіцієнт пропорційності.

Знайдемо $T_{шт-к}$ для операцій, які відрізняються в двох варіантах маршруту. Операції, які відрізняються, наведені в таблиці 3.13 і 3.14.

Таблиця 3.13 – Визначення штучно-калькуляційного часу (варіант I) [2]

Операції, переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв	ϕ	$T_{шт}$, хв.
1	2	3	4
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК			
1. Фрезерувати торець (1) однократно.	6l	1,4	1,34
2. Розточити виточку (2).	0,2 dl	1,4	0,34
3. Центрувати 4 отв.	0,52dl	1,4	0,32
4. Свердлити 4 отв. $\varnothing 6,8$.	0,52dl	1,4	$0,18 \times 4 =$ $=0,72$
5. Нарізати різьбу 4 отв. М8-7Н.	0,4 dl	1,4	$0,13 \times 4 =$ $=0,52$
			3,24хв.

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
015 Комбінована			
1. Фрезерувати поверхню (1) і (5) однократно.	6l	1,3	2,7
2. Розточити отвір (2) попередньо.	0,18 dl	1,3	2,11
3. Розточити отвір (2) попередньо.	0,18 dl	1,3	2,11
4. Розточити отвір (2) остаточно.	0,2 dl	1,3	5,10
5. Центрувати 8 отворів.	0,52dl	1,3	0,64
6. Свердли 8 отворів Ø6,8.	0,52dl	1,3	0,84
7. Нарізати різьбу М8-7Н в отворах 8.	0,4 dl	1,3	0,80
			14,29хв.

Таблиця 3.14 – Визначення штучно-калькуляційного часу (варіант II) [2]

Операції, переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв	φ	$T_{шт}$, хв.
010 Комбінована			
1. Фрезерувати торець (1) однократно.	6l	1,3	1,24
2. Фрезерувати заглиблення (2).	7l	1,3	0,32
3. Центрувати 4 отв.	0,52dl	1,3	0,3
4. Свердли 4 отв. Ø6,8.	0,52dl	1,3	$0,17 \times 4 =$ $=0,68$
5. Нарізати різьбу 4 отв.М8-7Н.	0,4 dl	1,3	$0,12 \times 4 =$ $=0,48$
6. Фрезерувати поверхню (1) і (5) однократно.	6l	1,3	2,7
7. Фрезерувати отвір (2) попередньо.	7l	1,3	4,22
8. Фрезерувати отвір (2) остаточно.	4l	1,3	5,10
9. Центрувати 8 отворів.	0,52dl	1,3	0,64
10.Свердли 8 отворів Ø6,8.	0,52dl	1,3	0,84
11.Нарізати різьбу М8-7Н в отворах 8.	0,4 dl	1,3	0,80
			17,31хв.

Приведені витрати часу визначаємо за довідниковими таблицями.

Отримали, технологічна собівартість:

I варіант

$$\text{операція 010} \quad C_0 = \frac{83,1 \cdot 3,24}{60 \cdot 1,3} = 3,45 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 015} \quad C_0 = \frac{70,4 \cdot 14,29}{60 \cdot 1,3} = 12,9 \text{ (грн.)}$$

Собівартість операцій, що відрізняються: $\Sigma C_{oI} = 3,45 + 12,9 = 16,35$ (грн.)

II варіант

$$\text{операція 010} \quad C_o = \frac{94,2 \cdot 17,31}{60 \cdot 1,3} = 20,91 \text{ (грн.)}$$

Собівартість операцій, що відрізняються $\Sigma C_{oII} = 20,91$ грн.

Встановлено, що I варіант маршруту механічної обробки деталі за мінімумом приведених витрат кращий, ніж II. Тоді річний ефект від механічної обробки деталі за I маршрутом порівняно з II:

$$E = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N_p \text{ [грн.]}, \quad (3.24)$$

$$E = (20,91 - 16,35) \cdot 10000 = 45600 \text{ (грн.)}$$

3.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів

При складанні розмірної схеми необхідно керуватися принципами єдності і співпадання баз, щоб розмірний ланцюг був найкоротшим.

Конструкторські розміри:

$$K_1 = 270 \pm 0,65 \text{ мм}; \quad K_2 = 10 \pm 0,215 \text{ мм}; \quad K_3 = 6,5 \pm 0,18 \text{ мм}; \quad K_4 = 130 \pm 0,5 \text{ мм}.$$

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Для призначення допусків заготовки скористаємось розрахунками і кресленням заготовки.

Допуски заготовки згідно з [7]: $T(Z_1) = 4,4$ мм; $T(Z_2) = 2,0$ мм; $T(Z_3) = 4,0$ мм.

Допуски технологічних розмірів представлені в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Квалітет точності	14	14	12	14	11	9
Значення допуску	0,43	1,3	0,15	1,0	0,25	0,1

Розмірна схема технологічного процесу

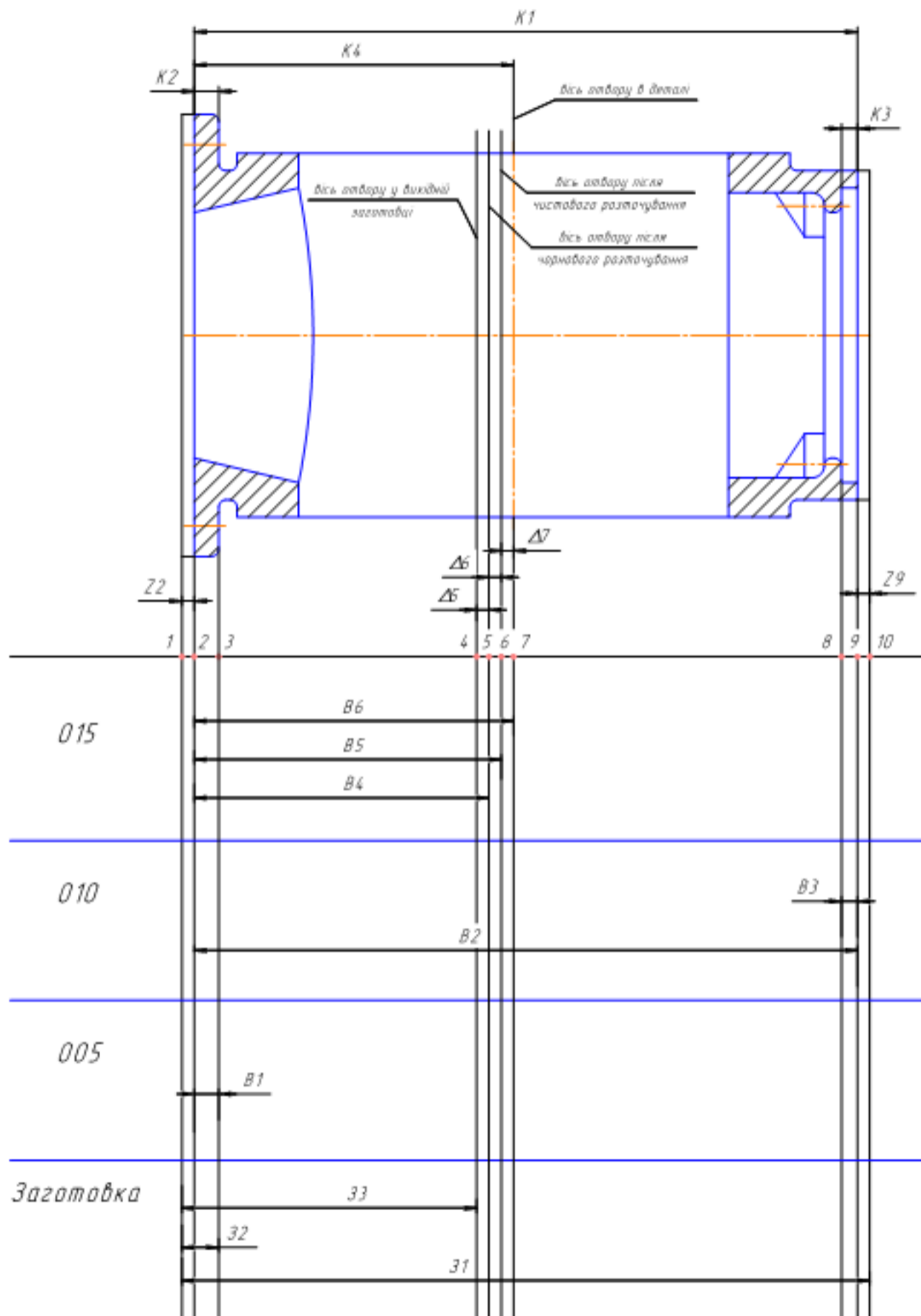


Рисунок 3.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

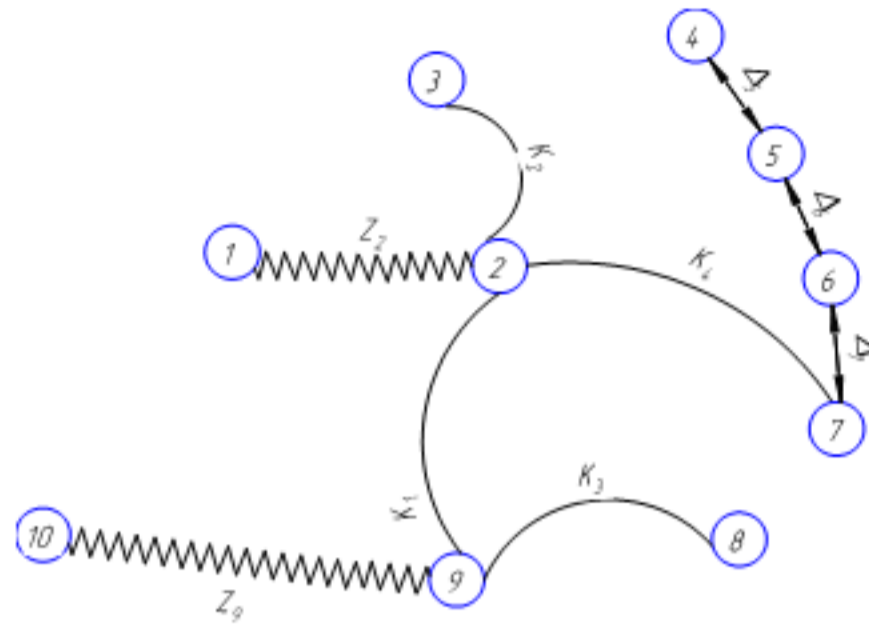


Рисунок 3.7 – Вихідний граф-дерево

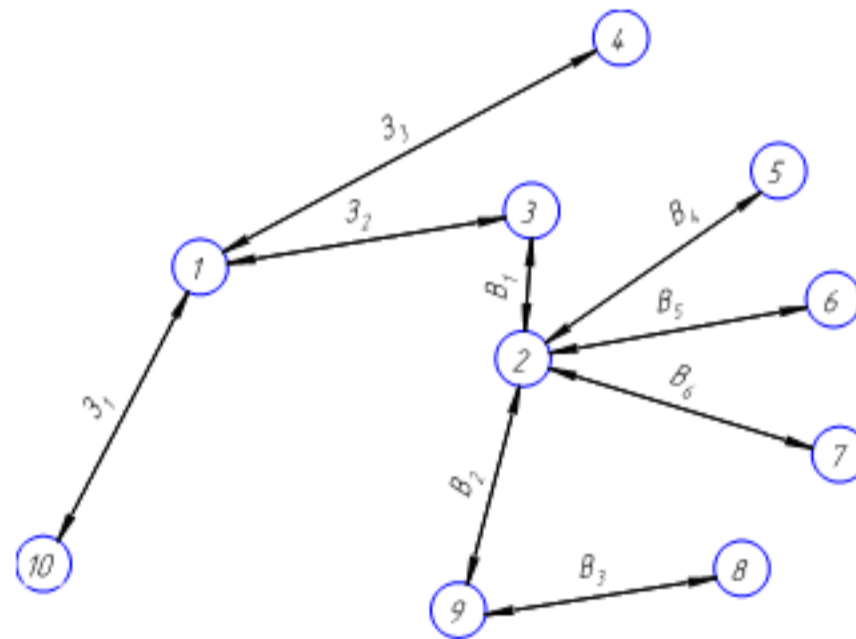


Рисунок 3.8 – Похідний граф-дерево

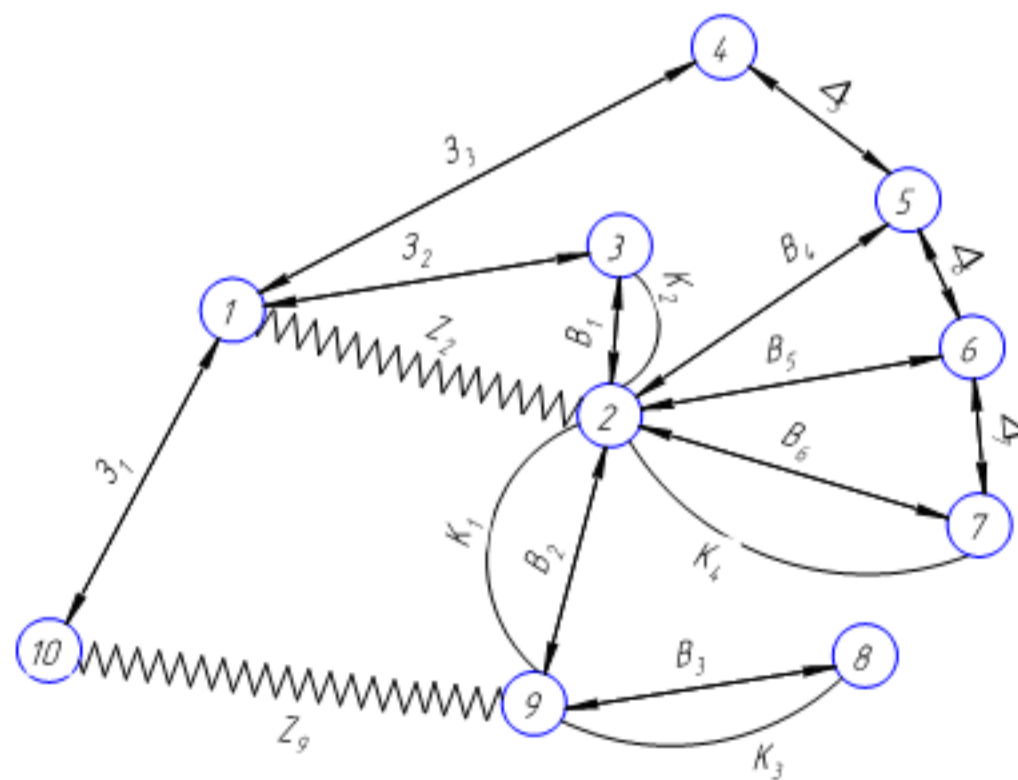


Рисунок 3.9 – Суміщений граф

Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева записано розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесені до таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_2 + B_1 = 0$	$K_2 = B_1$	B_1
2	$-K_1 + B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
3	$-K_3 + B_3 = 0$	$K_3 = B_3$	B_3
4	$-K_4 + B_6 = 0$	$K_4 = B_6$	B_6
5	$-\Delta_7 - B_5 + B_6 = 0$	$\Delta_7 = B_6 - B_5$	B_5
6	$-\Delta_6 - B_4 + B_5 = 0$	$\Delta_6 = B_5 - B_4$	B_4
7	$-Z_2 + 3_2 - B_1 = 0$	$Z_2 = 3_2 - B_1$	3_2
8	$-Z_9 - B_2 + B_1 - 3_2 + 3_1 = 0$	$Z_9 = 3_1 - 3_2 + B_1 - B_2$	3_1
9	$-\Delta_5 - 3_3 + 3_2 - B_1 + B_4 = 0$	$\Delta_5 = 3_2 - 3_3 + B_4 - B_1$	3_3

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Значення мінімальних припусків, визначені за допомогою нормативних таблиць [4], наведено в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Мінімальні припуски

Спосіб обробки	Фрезерування однократне	Фрезерування однократне
Мінімальний припуск (Z_{min})	Z_{2min}	Z_{9min}
Значення Z_{min} , мм	1,5	1,5

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

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

1. $B_1=K_2=10\pm 0,215$ мм.

2. $B_2=K_1=270\pm 0,65$ мм.

3. $B_3=K_3$;

$$B_3=6,5\pm 0,075 \text{ мм (IT 12).}$$

4. $B_6=K_4$;

$$B_6=130\pm 0,05 \text{ мм (IT 9).}$$

5. $\Delta_7=B_6-B_5$;

вважатимемо, що $\Delta_{7ном}=\Delta_{7сер}=0$;

таким чином, $B_5=B_6$;

$$B_5=130\pm 0,125 \text{ мм (IT 11).}$$

6. $\Delta_6=B_5-B_4$;

вважатимемо, що $\Delta_{6ном}=\Delta_{6сер}=0$;

таким чином, $B_4=B_5$;

$$B_4=130\pm 0,5 \text{ мм (IT 14).}$$

7. $Z_{2min}=Z_{2min}-B_{1max}$;

$$Z_{2min}=Z_{2min}+B_{1min}=1,5+9,785=11,285 \text{ (мм);}$$

$$Z_{2max}=Z_{2min}+T(3_2)=11,285+2,0=13,285 \text{ (мм);}$$

$$3_2=13,285_{-2,0} \text{ мм;}$$

$$Z_{2max}=Z_{2max}-B_{1min}=13,285-11,285=2,0 \text{ (мм).}$$

8. $Z_9min=3_{1min}-3_{2max}+B_{1min}-B_{2max}$;

$$3_{1min}=Z_9min+B_{2min}-B_{1max}+3_{2min}=1,5+269,35-10,215+11,285=271,92 \text{ (мм);}$$

$$3_{1max}=3_{1min}+T(3_1)=271,92+4,4=276,32 \text{ (мм);}$$

$$3_1=276,32_{-4,4} \text{ мм;}$$

$$Z_9max=3_{1max}-3_{2min}+B_{1max}-B_{2min}=276,32-11,285+10,215-269,35=5,9 \text{ (мм).}$$

9. $\Delta_5=3_2-3_3+B_4-B_1$;

вважатимемо, що $\Delta_{5ном}=\Delta_{5сер}=0$;

таким чином, $3_{3сер}=3_{2сер}+B_{4сер}-B_{1сер}$;

$$3_{2сер}=(3_{2max}+3_{2min})/2=(13,285+11,285)/2=12,285 \text{ (мм);}$$

$$B_{4сер}=(B_{4max}+B_{4min})/2=(130,5+129,5)/2=130 \text{ (мм);}$$

$$B_{1\text{сер}}=(B_{1\text{max}}+B_{1\text{min}})/2=(10,215+9,785)/2=10 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\text{сер}}=12,285+130-10=132,285 \text{ (мм)};$$

$$Z_3=132,85\pm 2,0 \text{ мм.}$$

Отримані значення максимальних припусків зведемо в таблицю 3.18. Визначені в результаті виконання розмірного аналізу величини технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски показані в табл. 3.19.

Таблиця 3.18 – Максимальні припуски, мм

$Z_{2\text{max}}$	$Z_{9\text{max}}$
2,0	5,9

Таблиця 3.19 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	max розмір	min розмір				
B_1	10,215	9,785	0,43	10	$10\pm 0,215$	-
B_2	270,65	269,35	1,3	270	$270\pm 0,65$	-
B_3	6,575	6,425	0,15	6,5	$6,5\pm 0,075$	-
B_4	130,5	129,5	1,0	130	$130\pm 0,5$	-
B_5	130,125	129,875	0,25	130	$130\pm 0,125$	-
B_6	130,05	129,95	0,1	130	$130\pm 0,05$	-
Z_1	276,32	271,92	4,4	276,32	-	$276,32_{-4,4}$
Z_2	13,285	11,285	2,0	13,285	-	$13,285_{-2,0}$
Z_3	132,85	130,85	4,0	132,85	-	$132,85\pm 2,0$

Отже, під час проведення розмірного аналізу були визначені технологічні розміри, розміри вихідної заготовки, максимальні припуски. Розрахунки показали, що корекція допусків технологічних розмірів не потрібна.

3.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

3.9.1 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів аналітичним способом. Отвір $\varnothing 175F9\left(\begin{smallmatrix} +0,143 \\ -0,143 \end{smallmatrix}\right)$

Обробка проводиться в спеціальному пристосуванні. Маршрут обробки: розточування попереднє, розточування попереднє, розточування остаточне.

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь мінімальний припуск визначаємо по формулі [2, 9]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (3.25)$$

де R_z – висота мікронерівностей, мкм;

T – глибина дефектного шару, мкм;

ρ – сума просторових відхилень, мкм;

ε – похибка установки, мкм.

Сумарне значення просторових відхилень (заготовка литво)

$$\rho = \rho_{\text{за}} = \sqrt{\varepsilon_{\Sigma 130}^2 + \varepsilon_{\Sigma 78}^2} \text{ [мкм]},$$

де $\varepsilon_{\Sigma 130} = 1000$ мкм – допуск на розмір 130;

$\varepsilon_{\Sigma 78} = 180$ мкм – допуск на розмір 78.

Тоді

$$\rho = \rho_{\text{за}} = \sqrt{1000^2 + 180^2} = 1016 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове значення просторового відхилення після наступних переходів

$$\rho_1 = K_y \rho_0 = 0,05 \cdot 1016 = 50,8 \approx 51 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = K_y \rho_0 = 0,05 \cdot 51 = 2,55 \approx 3 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{пр}^2} \text{ [МКМ]}, \quad (3.26)$$

де ε_b – похибка базування; ε_z – похибка закріплення; $\varepsilon_{пр}$ – похибка положення заготовки в пристосуванні.

Для першого технологічного переходу:

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу заготовки, в горизонтальній площині при установці її на пальці пристосування. Перекос при цьому виникає із-за наявності зазорів між найбільшим діаметром установних отворів і найменшим діаметром пальців.

Найбільший зазор між отворами і пальцями

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \text{ [ММ]}, \quad (3.27)$$

де δ_A – допуск на отвір, мкм; δ_B – допуск на діаметр пальця, мкм; S_{\min} – мінімальний зазор між діаметрами пальця і отвору, мкм.

$$\delta_A = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм};$$

$$\delta_B = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = 13 \text{ мкм} = 0,013 \text{ мм}.$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки може бути знайдений із співвідношення найбільшого зазору при повороті в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,015 + 0,015 + 0,013}{\sqrt{(156 / 2)^2 + (156 / 2)^2}} = 0,00055 \quad ;$$

$$\varepsilon_b = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 134 \cdot 0,00055 = 0,07 \text{ (мм)}.$$

Похибка закріплення $\varepsilon_3 = 140$ мкм [2, 6].

Похибка положення заготовки в пристосуванні згідно рекомендацій [2, 6]

$$\varepsilon_{sp} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{6} \right) T \text{ [мкм]}, \quad (3.28)$$

де T – допуск оброблюваної поверхні, мкм;

При попередньому розточуванні одержується 13 квалітет і допуск складає 800 мкм.

Прийнято

$$\varepsilon_{sp} = \frac{1}{3} T = \frac{800}{3} = 266,6 \approx 267 \text{ (мкм)}.$$

Тоді на першому технологічному переході (попереднє розточування)

$$\varepsilon_y = \sqrt{70^2 + 140^2 + 267^2} = 309,5 \text{ (мкм)} \approx 310 \text{ (мкм)}.$$

На всіх послідуєчих переходах $\varepsilon_y = 0$, так як обробка ведеться з одного установа.

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min} = 2(400 + 400 + \sqrt{1016^2 + 310^2}) = 3667 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{51^2}) = 302 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{3\min} = 2(30 + 30 + \sqrt{3^2}) = 126 \text{ (мкм)}.$$

Дані розрахунків зводимо в таблицю 3.20.

Таблиця 3.20 – Розрахунок припусків і проміжних розмірів на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 175F9\left(\begin{smallmatrix} +0,143 \\ -0,143 \end{smallmatrix}\right)$

Маршрут обробки $\varnothing 175F9$ мм	Елементи припуска, мкм				Розрахункові розміри		Допуск	Прийнятий розмір, мм		Граничні припуски, мм	
	R_z	T	ρ	ϵ_y	$2Z_{\min}$, мкм	D_p , мм		D_{\max}	D_{\min}	Z_{\max}	Z_{\min}
Заготовка	400	400	1016	-	-	171,048	4400	171,048	166,648	-	-
Розточування попереднє	50	50	51	310	3667	174,715	630	174,715	174,085	7,437	3,667
Розточування попереднє	30	30	3	-	302	175,017	250	175,017	174,767	0,682	0,302
Розточування остаточне	10	20	-	-	126	175,143	100	175,143	175,043	0,276	0,126

При розточуванні остаточному маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$D_3 = 175\begin{smallmatrix} +0,143 \\ +0,043 \end{smallmatrix} \text{ мм.}$$

Тоді:

$$D_2 = 175,143 - 0,126 = 175,017 \text{ (мм);}$$

$$D_1 = 175,017 - 0,302 = 174,715 \text{ (мм);}$$

$$D_{\text{заг.}} = 174,715 - 3,667 = 171,048 \text{ (мм).}$$

Мінімальні граничні розміри:

$$D_{3\min} = 175,143 - 0,1 = 175,043 \text{ (мм);}$$

$$D_{2\min} = 175,017 - 0,25 = 174,767 \text{ (мм);}$$

$$D_{1\min} = 174,715 - 0,63 = 174,085 \text{ (мм);}$$

$$D_{\text{заг.}} = 171,048 - 4,4 = 166,648 \text{ (мм).}$$

Визначаємо максимальні припуски:

$$2Z_{\max 3} = 175,043 - 174,767 = 0,276 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 174,767 - 174,085 = 0,682 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 174,085 - 166,648 = 7,437 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо мінімальні припуски:

$$2Z_{\min 3} = 175,143 - 175,017 = 0,126 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 2} = 175,017 - 174,715 = 0,302 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 1} = 174,715 - 171,048 = 3,667 \text{ (мм)}.$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 276 - 126 = 150 \text{ (мкм)}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 250 - 100 = 150 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 682 - 302 = 380 \text{ (мкм)}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 630 - 250 = 380 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 7437 - 3667 = 3770 \text{ (мкм)}; \quad \delta_{\text{зар.}} - \delta_1 = 4400 - 630 = 3770 \text{ (мкм)}.$$

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

3.9.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Поверхні, на які необхідний нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів, відсутні.

Поверхня $\varnothing 120 \pm 0,5$ (IT14), $R_a = 12,5$ мкм отримується фрезеруванням заглиблення.

3.10 Призначення режимів різання

Операція 005. Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Модель верстата: 6P13PФ3.

Пристосування: спеціальне з гвинтовим зажимом.

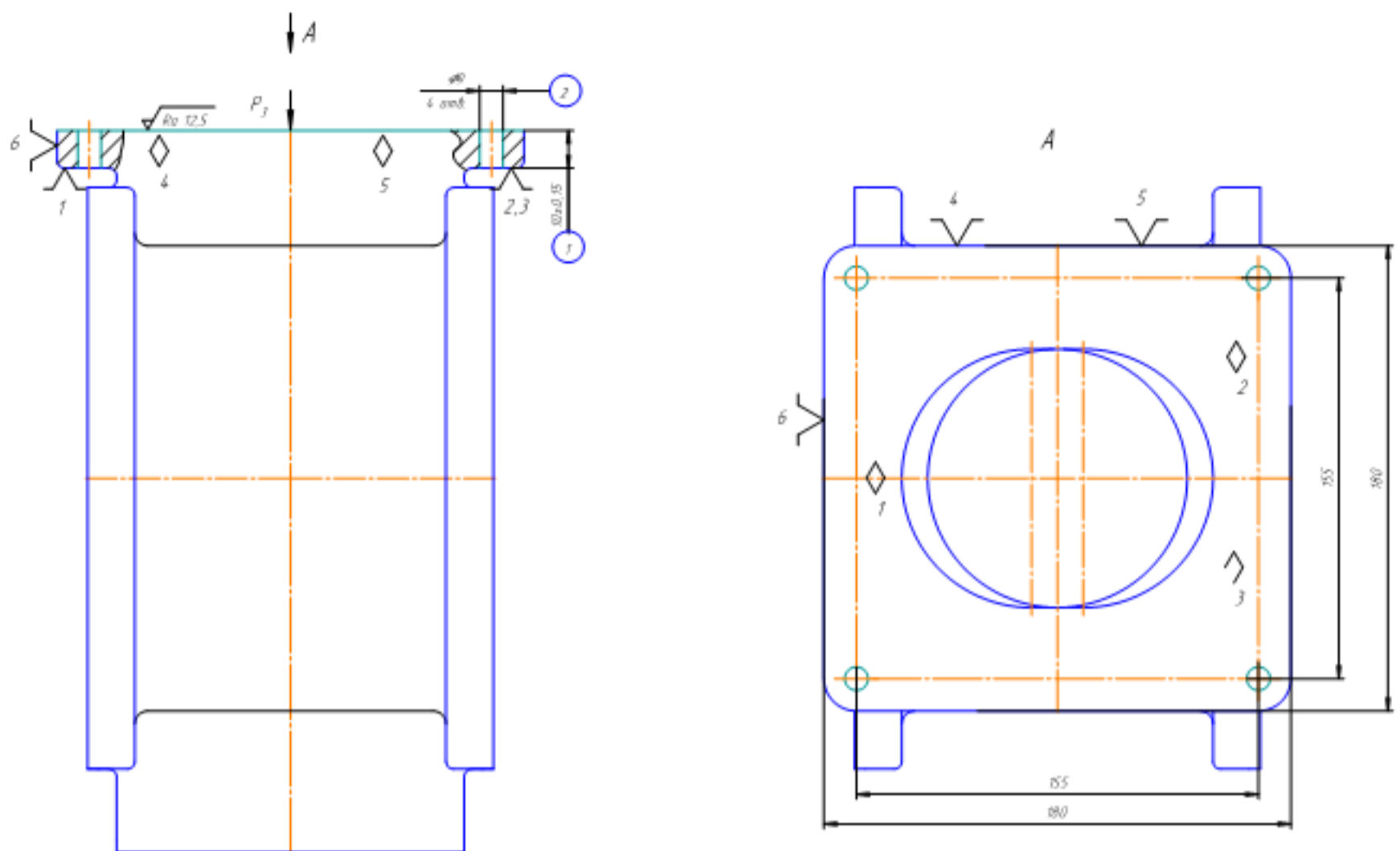


Рисунок 3.10 – Ескіз обробки на 005 операції

Переходи:

- фрезерувати поверхню (1) однократно;
- центрувати 4 отвори (2) $\varnothing 4$ мм;
- свердлити 4 отвори $\varnothing 9$ мм по чергово;
- зенкерувати 4 отвори $\varnothing 9$ мм по чергово.

Ріжучий інструмент:

- фреза торцева $\varnothing 250$ ГОСТ 9493-80 ВК-6;
- свердло центральне $\varnothing 4$ ГОСТ 14952-75;
- свердло спіральне $\varnothing 9$ ГОСТ 10903-77;
- зенкер $\varnothing 9$ ГОСТ 12489-71.

Мірний інструмент:

- калібр-пробка 9h10 ГОСТ 16780-74;
- штангенциркуль ШЦ-I 0-250 ГОСТ 166-84.

Перехід 1.

Фрезерувати поверхню (1) однократно.

Вибираємо ріжучий інструмент: фреза торцева $D=250$ мм, $Z=20$, $\alpha=12^\circ$;
 $\gamma=0$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi_0=20^\circ$.

- Глибина різання визначається припуском:

$$T = h = 4,5 \text{ мм.}$$

Припуск знімаємо за 1 робочий хід.

- Назначаємо подачу на зуб фрези $S_0=0,14-0,24$ мм/зуб. [9]. Приймаємо $S_0=0,2$ мм/зуб.

- Назначаємо період стійкості фрези. Для діаметрів $\varnothing 250$, ВК-6 рекомендується $T=240$ хв. Допустимий знос $h_3=3,5$ мм.

- Визначаємо швидкість різання головного руху різання, що допускається ріжучими властивостями фрези [2, 13]:

$$V_u = C_v D^a / T^m t^x S^y B^u Z^p \cdot K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (3.29)$$

де C_v – поправковий коефіцієнт, $C_v=445$.

Показники степенів $q=0,2$; $m=0,32$; $y=0,35$; $x=0,15$; $u=0,2$; $p=0$;

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{nv} K_{\varphi v}, \quad (3.30)$$

$$K_v = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,05;$$

де K_{mv} – коефіцієнт що враховує якість матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує якість поверхні, $K_{nv} = 1,0$;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента, $K_{nv} = 1,0$;

$$K_{mv} = (190/HV)^n = (190/180)^{1,23} = 1,05;$$

$$V = 445 \cdot 250^{0,2} / 240^{0,32} \cdot 4,5^{0,15} \cdot 180^{0,2} \cdot 20^0 \cdot 1,05 = 69,9 \text{ (м/хв.)}$$

- Частота обертання шпинделя складає:

$$n=1000 \cdot v/\pi D=1000 \cdot 69,9/3,14 \cdot 250=89 \text{ (об/хв.)}$$

коректуючи по паспортним даним верстата, приймаємо $n = 80$ об/хв.

- Дійсна швидкість різання складає:

$$V=\pi Dn/1000=3,14 \cdot 250 \cdot 80/1000=62,8 \text{ (м/хв.)}$$

- Визначаємо хвилинну подачу стола:

$$S_{\text{хв}}=S_z \cdot z \cdot n_g=0,2 \cdot 20 \cdot 80=320 \text{ (мм/хв.)}$$

Коректуючи по паспортним даним верстата, приймаємо

$$S_{\text{хв}}=315 \text{ мм/хв.}$$

Дійсне значення подачі на зуб фрези складає:

$$S_z = S_{\text{хв}}/z \cdot n_g=315/20 \cdot 80=0,19 \text{ (мм/зуб).}$$

- Визначаємо головну(колову) швидкість різання [2, 13].

$$P_z = (9,81 \cdot 54,5 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,19^{0,74} \cdot 180^1 \cdot 20/250^1 \cdot 80^0) \cdot 1,02 = 7910 \text{ (Н).}$$

- Визначаємо потужність різання:

$$N_p=P_z V/60 \cdot 102=7,9 \text{ (кВт).}$$

- Потужність на шпинделі верстату:

$$N_B = N_{дв} \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ (кВт)};$$

$$N_B > N_p \quad 8,5 > 7,9 \text{ (кВт)}.$$

Умови обробки по потужності виконуються.

- Основний (машинний) час:

$$T_o = L_{р.х.і} / S_{хв} = 207 \cdot 1 / 320 = 0,65 \text{ (хв.)},$$

де $L_{р.х.і} = l_g + y + \Delta = 180 + 24 + 3 = 207 \text{ (мм)}$.

Перехід II.

Свердлити 4 отвори $\varnothing 9$ по чергово.

Ріжучий інструмент: свердло спіральне $\varnothing 9$ ГОСТ 10903-77, матеріал Р6М5;

$2\varphi = 118^\circ$, $\alpha = 16^\circ$, $\omega = 20^\circ$.

- Глибина різання складає:

$$T = d/2 = 9/2 = 4,5 \text{ (мм)}.$$

- Призначаємо подачу в залежності від діаметру свердла і матеріалу $S_0 = 0,24 - 0,31 \text{ мм/об}$ [2, 13]. Відношення $l/d = 14/9 = 1,2 \leq 3$; $K_{13} = 1,0$. Приймаємо згідно паспортних даних верстата $S_0 = 0,28 \text{ мм/об}$.

- Назначаємо період стійкості свердла $T = T_m = 70 \text{ хв}$. Допустимий знос $p_3 = 0,8 - 1 \text{ мм}$;

- Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями свердла [2, 13].

$$V = (C_v D^q / T^m S_0) K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (3.31)$$

де $C_v = 14,7$; $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$; $K_v = 1,02$;

$$V=(14,7 \cdot 9/70 \cdot 0,28) \cdot 1,02=27,8 \text{ (м/хв.)}$$

Поправковий коефіцієнт складає:

$$K_v=K_{mv}K_{uv}K_{lv}, \quad (3.32)$$

$$K_{mv}=(190/HV)^n=(190/180)=1,02; K_{uv}=1,0; K_{lv}=1,0 (l/d<3).$$

- Частота обертання шпинделя складає:

$$n=1000v/\pi D=1000 \cdot 27,8/3,14 \cdot 9=983 \text{ (об/хв.)}$$

Коректуючи по паспорту верстата, приймаємо $n=800$ об/хв.

- Дійсна швидкість різання складає:

$$V=\pi D n/1000=3,14 \cdot 9 \cdot 800/1000=22,6 \text{ (м/хв.)}$$

- Крутний момент складає:

$$M=C_m D^q S^y K_p=0,0345 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,28 \cdot 0,96=7,7 \text{ (Н·м)}.$$

Потужність затрачена на різання:

$$P=M_n/975=0,77 \cdot 800/975=0,63 \text{ (кВт)}.$$

Потужність верстата дозволяє свердління $D_{\max}=20$ мм.

- Основний час складає:

$$T_0=L_{p.x.i}/nS_{хв}=21 \cdot 1/800 \cdot 0,28=0,1 \text{ (хв.)};$$

3.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

За допомогою комп'ютерної програми виконана оптимізація режимів різання для попереднього розточування отвору $\varnothing 175F9$. Отримані графіки для розточування показані на рис. 3.11.

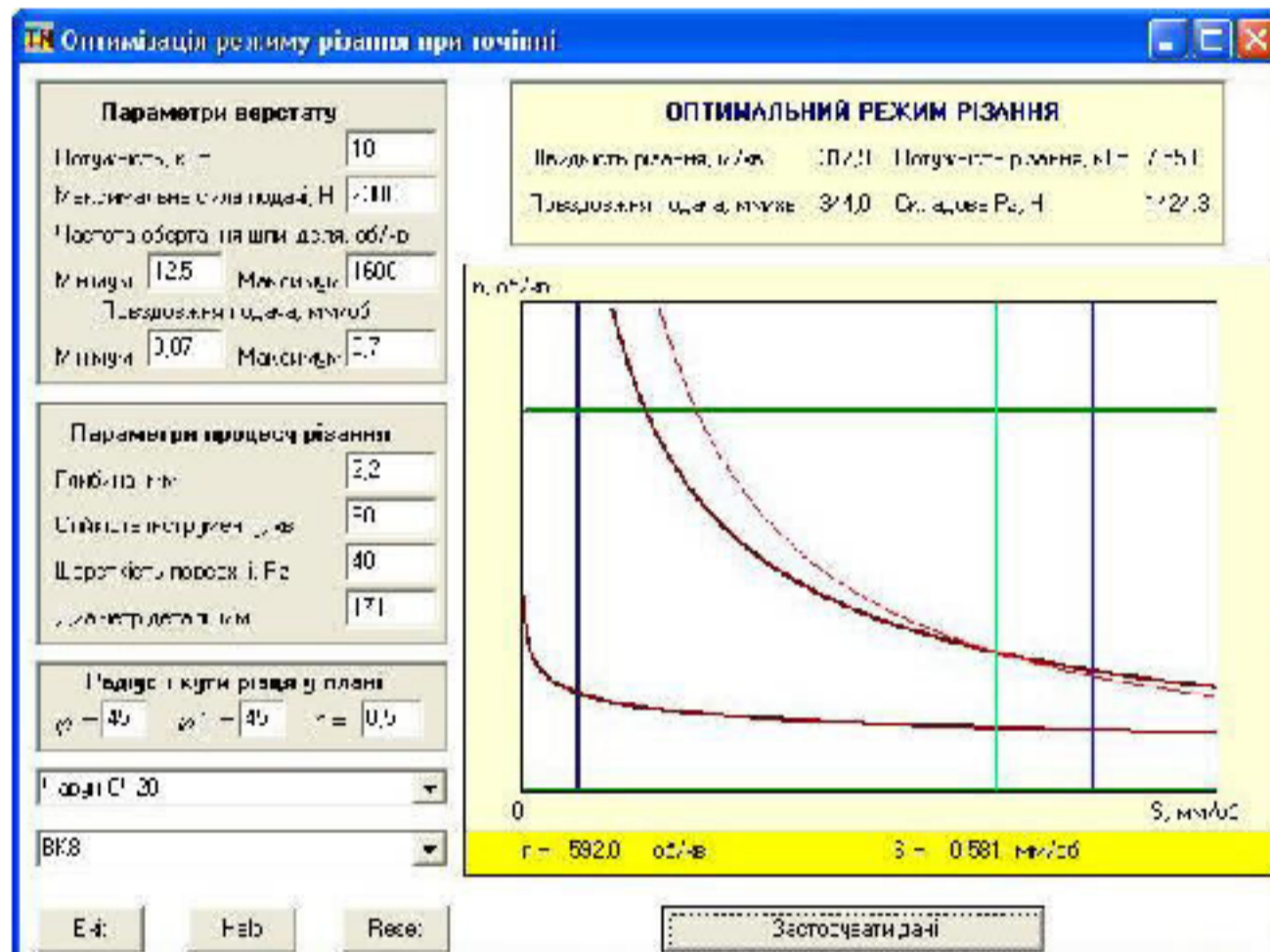


Рисунок 3.11 – Оптимізація режимів різання при розточуванні

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

3.12 Визначення технічних норм часу

Операція 005. Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Модель верстата 6P13PФ3. Пристосування спеціальне з гвинтовим зажимом. Маса деталі $m=8,5$ кг. Основний час $t_0=1,37$ хв. Штучний час визначаємо за формулою [2, 13]:

$$T_{шт} = t_0 + t_{вс} + t_{т.обс} + t_{о.обс} + t_{відп.} + t_{вим.} \text{ [хв.]}, \quad (3.33)$$

Час на вимірювання і контроль деталей перекривається основним часом.

Штучно-калькуляційний час складає:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з.}/N \text{ [хв.]}, \quad (3.34)$$

Оперативний час

$$t_{оп} = t_0 + t_{доп} \text{ [хв.]} \quad (3.35)$$

Час на установку, закріплення та зняття деталі, підведення, відведення, зміну інструменту [2, 13]

$$t_{в} = 0,16 + 0,08 + 0,04 = 0,28 \text{ (хв.)}$$

Управління кнопками “пуск, стоп”, закрити щиток

$$t_{доп} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ (хв.)};$$

$$t_{оп} = 1,37 + 0,28 + 0,04 = 1,69 \text{ (хв.)}$$

Час на технічне обслуговування складає 4% від оперативного, час організаційного обслуговування 4,5% від оперативного

$$t_{т.обс.} = 1,69 \cdot 4 / 100 = 0,07 \text{ (хв.)};$$

$$t_{о.обс} = 1,69 \cdot 4,5 / 100 = 0,08 \text{ (хв.)}$$

Час на перерви та індивідуальні потреби 5% від оперативного часу:

$$t_{відп.} = 1,69 \cdot 5 / 100 = 0,09 \text{ (хв.)}$$

Штучний час $T_{шт} = 1,69 + 0,07 + 0,08 + 0,09 = 1,93 \text{ (хв.)}$

Штучно-калькуляційний час при кількості деталей в партії $n = 184$ шт.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з.}}/n = 1,93 + 30/184 = 2,1 \text{ (хв.)}$$

010 Фрезерна з ЧПК.

Модель верстата 6P13PФ3. Пристосування спеціальне з гвинтовим зажимом. Маса $m=8,5$ кг. Основний час $t_0=3,85$ хв.

Штучний час визначаємо за формулою

$$T_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{вс}} + t_{\text{т.абс}} + t_{\text{о.обс}} + t_{\text{відп.}} + t_{\text{вим}} \text{ [хв.]} \quad (3.36)$$

Час на контроль і вимірювання деталей перекривається основним часом.

Оперативний час

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{доп}} \text{ [хв.]}$$

Час на установку, закріплення та зняття деталі [2, 13]

$$t_{\text{в}} = 0,22 + 0,06 + 0,03 = 0,31 \text{ (хв.)}$$

Управління кнопками “пуск, стоп”, закрити щиток

$$t_{\text{доп}} = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ (хв.);}$$

$$t_{\text{оп}} = 3,85 + 0,31 + 0,03 = 4,21 \text{ (хв.)}$$

Час на технічне обслуговування складає 4% від оперативного, час організаційного обслуговування 4,5% від оперативного.

$$t_{\text{т.обс.}} = 4,21 \cdot 4/100 = 0,16 \text{ (хв.);}$$

$$t_{\text{о.обс}} = 4,21 \cdot 4,5/100 = 0,18 \text{ (хв.)}$$

Час на перерви та індивідуальні потреби 5% від оперативного часу:

$$t_{\text{відп.}} = 4,21 \cdot 5 / 100 = 0,21 \text{ (хв.)}$$

Штучний час

$$T_{\text{шт}} = 4,21 + 0,16 + 0,18 + 0,20 = 4,75 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційни час при кількості деталей в партії $n = 184$ шт.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з.}} / n \text{ [хв.]}, \quad (3.37)$$

$$T_{\text{шт-кк}} = 4,75 + 30 / 184 = 4,9 \text{ (хв.)}$$

На інші операції нормування операцій проводимо аналогічно. Дані розрахунків зводимо в таблицю 3.22.

Таблиця 3.22 – Нормування операцій, хв

№ операції	Операції	$t_{\text{ос}}$	$T_{\text{доп.}}$	$t_{\text{г.обс}}$	$t_{\text{о,обс}}$	$t_{\text{відп}}$	$T_{\text{шт-к.}}$
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,37	0,32	0,07	0,08	0,09	2,1
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК	3,85	0,36	0,16	0,18	0,20	4,9
015	Комбінована	13,58	0,38	0,5	0,55	0,60	15,8

4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЗШ-043.001»

4.1 Уточнення виробничої програми

Приведена програма може бути розрахована за формулою [9]:

$$N_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{\text{пр}i} \quad [\text{шт.}], \quad (4.1)$$

де N_i – програма випуску по кожному з найменувань деталей, зібраних у групу;

$K_{\text{пр}i}$ – коефіцієнт приведення по кожному з найменувань деталей, що зібрані у групу.

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (4.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення за масою; K_2 – коефіцієнт приведення за серійністю; K_3 – коефіцієнт приведення за складністю.

Рекомендуються такі співвідношення маси m і річного об'єму випуску N об'єкта представника та інших об'єктів виробництва, які входять в групу:

$$0,5 m_{\text{max}} \leq m \leq 2 m_{\text{min}} ;$$

$$0,1 N_{\text{max}} \leq N \leq 10 N_{\text{min}} ,$$

де m_{max} , m_{min} , N_{max} , N_{min} – відповідно найбільші і найменші значення маси і річного об'єму випуску об'єктів виробництва, які входять в групу.

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними таблиці 4.1.

Розрахуємо коефіцієнт приведення за масою K_1 :

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.нр.}}\right)^2}, \quad (4.3)$$

де m_i – маса розглядуваного виробу; $m_{p.нр.}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{- для 1-го виробу } K_{11} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{p.нр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{8,2}{8,5}\right)^2} = 1,03 ;$$

$$\text{- для 2-го виробу } K_{12} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_2}{m_{p.нр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{8,7}{8,5}\right)^2} = 0,97 ;$$

$$\text{- для 3-го виробу } K_{13} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_3}{m_{p.нр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{8,8}{8,5}\right)^2} = 0,96 .$$

Коефіцієнт приведення по серійності K_2 визначається за емпіричною формулою

$$K_2 = \left(\frac{N_{нр.}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (4.4)$$

де $N_{нр.}$, N_i – програми випуску відповідно розрахункового представника та i -го виробу; α – показник степені.

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{- для 1-го виробу } K_{21} = \left(\frac{N_{p.нр.}}{N_1}\right)^\alpha = \left(\frac{10000}{5500}\right)^{0,15} = 1,04 ;$$

$$\text{- для 2-го виробу } K_{22} = \left(\frac{N_{p.нр.}}{N_2}\right)^\alpha = \left(\frac{10000}{2200}\right)^{0,15} = 0,98 ;$$

$$\text{- для 3-го виробу } K_{23} = \left(\frac{N_{p.сп}}{N_3} \right)^{\alpha} = \left(\frac{10000}{2500} \right)^{0.15} = 0,97 .$$

Коефіцієнт приведення по складності K_3 для подібних деталей може бути визначений [9]

$$K_3 = K_1 \cdot K_2 = \left(\frac{K_{T_i}}{K_{T_{сп}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{Ra_i}{Ra_{сп}} \right)^{\alpha_2}, \quad (4.5)$$

де K_{T_i} і $K_{T_{сп}}$ – середні значення квалітетів точності відповідно i -го виробу та розрахункового представника;

Ra_i , $Ra_{сп}$ – середні значення параметра шорсткості поверхонь Ra відповідно i -го виробу та розрахункового представника;

α_1 , α_2 – показники степеню, що приймається за рекомендаціями [9].

Результати розрахунку коефіцієнтів приведення по складності приведені в таблиці 4.1.

Тоді значення загального коефіцієнта приведення $K_{спi}$ для кожного виробу:

- для 1-го виробу $K_{сп1} = 1,03 \cdot 1,04 \cdot 0,94 = 1,01$;

- для 2-го виробу $K_{сп2} = 0,97 \cdot 0,98 \cdot 1,0 = 0,95$;

- для 3-го виробу $K_{сп3} = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 1,0 = 0,95$.

Таблиця 4.1 – Розрахунок приведеної програми

Номер виробу	Річний випуск	Маса одного виробу	Коефіцієнти приведення			$K_{спi}$	$N_{спi}$, шт.
			K_1	K_2	K_3		
Розрахунковий представник «Корпус ЗШ-043.001»	10000	8,5	1	1	1	1	10000
Корпус 1.00	5500	8,2	1,03	1,04	0,94	1,01	5510
Корпус 2.00	2200	8,7	0,97	0,98	1,0	0,95	2090
Корпус 3.00	2500	8,8	0,96	0,97	1,0	0,95	2375

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{пр} = 10000 \cdot 1,0 + 5500 \cdot 1,01 + 2200 \cdot 0,95 + 2500 \cdot 0,95 = 19975 \quad (\text{шт.})$$

Отже, приведена програма складає $N_{пр} = 19975$ шт.

4.2 Визначення кількості обладнання і коефіцієнтів завантаження

Проведемо розрахунок кількості верстатів, що виконується за наступною формулою [9]:

$$C = \frac{N_{пр} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot \Phi_d} \quad [\text{шт.}], \quad (4.6)$$

де $N_{пр}$ – приведена річна програма випуску деталей, шт.;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання переходів (операцій) механічної обробки, хв.;

Φ_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год.

Наведемо значення $T_{шт-к}$, T_o в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Норми часу

Верстат	T_o , хв.	$T_{шт-к}$, хв.
6Р13РФ3	1,37	2,1
6Р13РФ3	3,85	4,9
ИСБ500ПМФ4	13,58	15,8

Підставивши значення в формулу (4.6), отримаємо:

Для 6Р13РФ3:

$$C = \frac{19975 \cdot 2,1}{60 \cdot 3890} = 0,2, \quad C_{пр}=1.$$

Для 6Р13РФ3:

$$C = \frac{19975 \cdot 4,9}{60 \cdot 3890} = 0,49, C_{\text{пр}}=1.$$

Для ИСБ500ПМФ4:

$$C = \frac{19975 \cdot 15,8}{60 \cdot 3890} = 1,35, C_{\text{пр}}=2.$$

Коефіцієнт завантаження знаходиться за формулою:

$$\eta_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}}, \quad (4.7)$$

де C_p – розрахована кількість верстатів;

$C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів.

$$\text{Для 6Р13РФ3: } \eta_3 = \frac{0,2}{1} = 0,2.$$

$$\text{Для 6Р13РФ3: } \eta_3 = \frac{0,42}{1} = 0,42.$$

$$\text{Для ИСБ500ПМФ4: } \eta_3 = \frac{1,35}{2} = 0,675.$$

На операції 005 та 010 приймаємо 1 верстат 6Р13РФ3.

$$\text{Середнє значення коефіцієнта завантаження: } \eta_{\text{ср}} = \frac{0,2 + 0,42 + 0,675}{3} = 0,65.$$

Коефіцієнт завантаження за основним часом знаходиться за формулою:

$$\eta_{3o} = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}}. \quad (4.8)$$

$$\text{Для 6Р13РФ3: } \eta_{3o} = \frac{1,37 + 3,85}{2,1 + 4,9} = 0,746.$$

$$\text{Для ИСБ500ПМФ4: } \eta_{3o} = \frac{13,58}{15,8} = 0,86.$$

Середнє значення коефіцієнта завантаження за основним часом:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,746 + 0,86}{2} = 0,8.$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок кількості обладнання і працюючих на ділянці механічної обробки деталей

№ операц	Назва операції	Розрах. кільк. верст.	Прин. кільк. верст.	Коеф. завантаження	Середній коеф. завант по ділянці	Коеф. заван. за основним часом	Середній коеф. заван. за основним часом
005, 010	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,62	1	0,62	0,65	0,746	0,8
015	Комбінована	1,35	2	0,675		0,86	

Побудова графіків завантаження обладнання

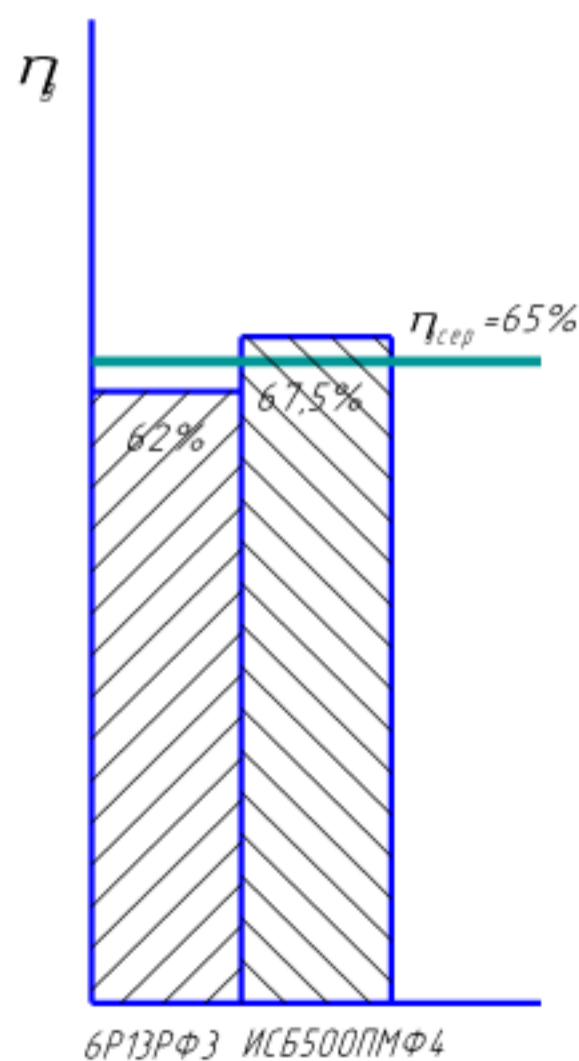


Рисунок 4.1 – Графік завантаження верстатів

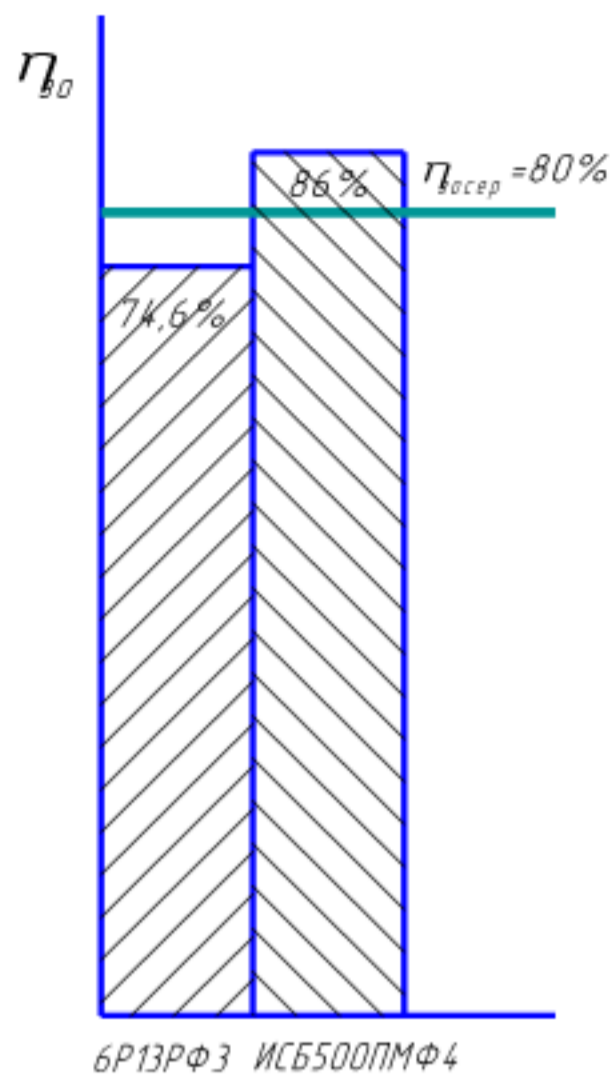


Рисунок 4.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Висновок: Середній коефіцієнт завантаження обладнання свідчить про те, що верстати завантажені нижче рекомендованих норм 75-85%, тому потрібно довантажити верстати обробкою інших деталей.

Отримане середнє значення коефіцієнта завантаження за основним часом складає 80%, що є досить високим показником і свідчить про правильність розробленого технологічного процесу.

4.3 Розрахунок кількості працівників на дільниці

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

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_{осн}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (4.9)$$

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

Φ_p – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_p = 1820$ год.

(тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 24 днів);

Φ_a – ефективний фонд роботи верстата, год.;

K_m – коефіцієнт багатостаночного обслуговування, $K_m = 1,0 \dots 2,2$;

η_z – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{осн}$ – коефіцієнт використання обладнання по основному часу.

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{005,010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,62 \cdot 0,746}{1860 \cdot 1} = 1,1. \text{ Приймаємо 2 верстатника.}$$

Кількість верстатників на операції 015 складає:

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,675 \cdot 0,86}{1820 \cdot 2} = 0,8. \text{ Приймаємо 1 верстатника.}$$

Результати розрахунків записуємо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Кількість робітників-верстатників

№ оп.	Назва операції	Прийнята кількість верстатів, C_{np}	Φ_a , год.	η_z	$\eta_{осн}$	K_m	P_i , чол.	P_{np} , чол.
005, 010	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1	3890	0,62	0,746	1	1,1	2
015	Комбінована	2	3890	0,675	0,86	2	0,8	1

Так як, на 010-015 операціях робітники повністю не завантажені, то потрібно довантажити їх роботою з іншими деталями. На операції 005 виконає

обробку запланованих деталей в одну зміну. На другій зміні буде працювати інший робітник з іншими деталями.

Згідно таблиці 4.4 сума всіх основних робочих – 5 чол.

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

$$P_{\text{ДР}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 3 = 0,6 \dots 0,75.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника, який має обслуговувати іншу дільницю.

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

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 3 = 0,48 \dots 0,66.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР. Він має бути довантажений роботою інших дільниць.

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

$$P_{\text{СКП}} = (0,009 \dots 0,019) \cdot 3 = 0,027 \dots 0,057.$$

Приймаємо 1 чол., але очевидно це буде працівник механічного цеху, який буде працювати на декількох дільницях механічної обробки.

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

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (3+1+1+1) = 0,12.$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу, оскільки він є не завантаженим, то він буде працювати і на інших дільницях механічної обробки.

Отримані дані занесемо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	3	3
Допоміжні робітники	20...25%	0,6...0,75	1
ІТР	16...22%	0,48...0,66	1
СКП	0,9...1,9%	0,027...0,057	1
МОП	2%	0,12	1

**5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ
«КОРПУС ЗШ-043.001»**

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 [14].

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	2	1
2	1	2	1
3	2	2	3
4	1	1	2
5	2	3	3
6	2	1	2
7	4	3	3
8	2	1	2
9	3	4	3
10	2	3	2
11	2	4	2
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ = 26	СБ ₂ = 30	СБ ₃ = 28
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{26 + 30 + 28}{3} = 28$		

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	10			40%
Кількість основних робітників	10			20%
Середній розряд робітників	8			10%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		15%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		15%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

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

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

$$K_{\text{о.о.}} = 10 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,9.$$

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.	7	3	2,33	0,4
Кількість основних робітників, чол.	14	3	4,67	0,2
Середній розряд робітників	5	4	1,25	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,49	0,80	1,63	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,53	0,65	1,23	0,15
Собівартість заготовки, грн.	233,92	185,72	-	-

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

$$q_i = \frac{P_{in}}{P_{\text{в}}}, \quad (5.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{bi}}{P_{ni}}, \quad (5.3)$$

де P_{ni} , P_{bi} – числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначасмо за формулою:

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

$$K_{к.с.} = 2,33 \cdot 0,4 + 4,67 \cdot 0,2 + 1,25 \cdot 0,1 + 1,63 \cdot 0,15 + 1,23 \cdot 0,15 = 2,42.$$

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:

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

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

де P_{Het} , P_{Bet} – 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 2,42. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{233,92}{185,72} = 1,26 .$$

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

$$K = \frac{2,42}{1,26} = 1,92 .$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Корпус ЗШ-043.001» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»

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 [14]:

$$K = Z_o + Z_{доп} + Z_n + B_{буд} + B_{обз} + B_{тпр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пу} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

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

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

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

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

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

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

$B_{инв}$ – 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;

$M_{\text{м}}$ – 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	16000	727,27	10	7272,73	
Інженер-технолог	14000	636,36	8	5090,91	
Інженер-конструктор	14000	636,36	8	5090,91	
Економіст	14000	636,36	8	5090,91	
Всього				z_o	22545,46

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.

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 22545,46 = 2254,55 \text{ (грн.)}$$

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:

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

де $H_{\text{н}}$ – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$z_{\text{н}} = (22545,46 + 2254,55) \cdot 0,22 = 5456,0 \text{ (грн.)}$$

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:

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

де $C_{\text{м}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м² власних приміщень ($C_{\text{м}} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$);

$S_{\text{м}}$ – загальна площа виробничої ділянки, м².

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 70 = 42000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

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

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

$C_{\text{пр.і}}$ – 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 роботів $K_i = 1,3 \dots 1,5$);

k – кількість найменувань обладнання встановленого на дільниці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
2	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13PФ3	280000	2	1,1	616000
	Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИСБ500ПМФ4	900000	1	1,1	990000
Всього					1606000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 5 верстатів 1M63Ф101 – $5 \cdot 140000 = 700000$ (грн.);

- 2 верстати 2M55 – $2 \cdot 50000 = 100000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 800000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{обл} = 1606000 - 800000 = 806000 \text{ (грн.)}$$

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 ($B_{инс}$) розраховують за формулою:

$$B_{\text{во}} = B_{\text{обл}} \cdot \frac{K_n}{100 \%} \text{ [грн.]}, \quad (5.13)$$

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{\text{во}} = 806000 \cdot 0,10 = 80600 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{\text{овв}} = 80600 \cdot 0,25 = 20150 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($B_{\text{квп}}$), 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:

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

$$B_{\text{квп}} = 0,1 \cdot 80600 = 8060 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{\text{осн}} = B_{\text{во}} + B_{\text{овв}} + B_{\text{квп}} \text{ [грн.]}; \quad (5.16)$$

$$B_{\text{осн}} = 80600 + 20150 + 8060 = 108810 \text{ (грн.)}$$

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 (B_{np}) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$B_{np} = (0,05 \dots 0,1) \cdot B_{об} \text{ [грн.];} \quad (5.17)$$

$$B_{np} = 0,1 \cdot 806000 = 80600 \text{ (грн.)}$$

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:

$$K = 22545,46 + 2254,55 + 5456 + 42000 + 806000 + 108810 + 80600 =$$

$$= 1067666,01 \text{ (грн.)}$$

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 «Корпус ЗШ-043.001» складає 185,72 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{амі}}}{\eta_i} \text{ [грн.],} \quad (5.18)$$

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.;

$K_{\text{амі}}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній i -й технологічній операції, $K_{\text{амі}} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i = 0,96$.

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005, 010 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13PФ3	16,87	0,02+0,06	6,45
015 Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИСБ500ПМФ4	30	0,23	32,99
Всього			Σ 39,44

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

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005, 010 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13PФ3	0,02+0,06	3	1,35	77,09	6,17
015 Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИСБ500ПМФ4	0,23	3	1,35	77,09	17,73
Всього					Σ 23,9

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

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

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 23,9 = 2,39 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників $z_{\text{св}}$ розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$z_n = (z_p + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{н}} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

де $H_{\text{н}}$ – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$z_n = (23,9 + 2,39) \cdot 0,22 = 5,78 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{вир}} = H_{\text{вир}} \cdot z_p \text{ [грн.];} \quad (5.23)$$

$$B_{\text{вир}} = 2,5 \cdot 23,9 = 59,75 \text{ (грн.)}$$

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	185,72	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	39,44	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	z_p	23,9	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{\text{доп}}$	2,39	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	z_n	5,78	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{вир}}$	59,75	
Всього	S_n	316,98	

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.

$$C_{\text{нир}} = 316,98 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 456,45 \text{ (грн.)}$$

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 $C_{\text{вир}} = 456,45$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При удосконаленні технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_{\text{в}} - \frac{q \cdot S_{\text{в}}}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[456,45 - \frac{(456,45 - 185,72) \cdot 16,67}{100} - 316,98 - \frac{10 \cdot 316,98}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 10000 = \\ &= 513658,73 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{513658,73}{(1+0,2)^1} + \frac{513658,73}{(1+0,2)^2} + \frac{513658,73}{(1+0,2)^3} + \frac{513658,73}{(1+0,2)^4} - 1067666,01 = \\ &= 262060,1 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{513658,73 + 513658,73 + 513658,73 + 513658,73}{1067666,01}} - 1 = 0,12 .$$

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.

$$T_o = \frac{1067666,01}{513658,73} = 2,08 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001», 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 1067666,01 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 513658,73 грн., термін окупності 2,08 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Одним із міжнародних прав людини є право на працю і не просто на працю, а на безпечну працю. На перше місце завжди ставиться право на життя як найважливіше право, без забезпечення якого стає безглуздою постановка питання про дотримання решти прав і свобод. Проте дотримання лише одного права на життя є недостатнім для повноцінного існування та розвитку особистості в суспільстві. Для цього потрібні повага та забезпечення інших прав і свобод. Міжнародні контрольні механізми й процедури в галузі прав людини не завжди можуть упоратися із завданнями, що стоять перед ними. Вони іноді дублюють одне одного, вимагають надлишкових фінансових витрат, приймають необ'єктивні рішення. Але їх створення і збільшення кількості - відображення об'єктивної тенденції міжнародного життя. Тому на перший план висувається необхідність їх раціоналізації й удосконалення.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори можуть мати вплив на розробника з модернізації приводу затвору млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» наступні: підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; недостатнє освітлення робочої зони; недостатність природного освітлення; підвищений рівень шуму на робочому місці; відсутність чи нестача природнього світла; фізичні перевантаження (статичні); нервово - психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, емоційні навантаження).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо безпечних умов праці під час проектування приладу моніторингу серцевих скорочень.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Відповідно до встановлених гігієнічно-санітарних вимог (ДСН 3.3.6.042-99 [25]) роботодавець зобов'язаний забезпечити в приміщеннях з ПК допустимі параметри виробничого середовища.

Робоче місце розробника повинне бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін – на відстані 1 м, від інших користувачів – на відстані не менше 1,5 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

При розташуванні елементів робочого місця користувача ПК слід враховувати:

- робочу позу користувача;
- простір для розміщення користувача;
- можливість огляду елементів робочого місця;
- розміщення документації і матеріалів, які використовуються користувачем.

Для забезпечення точного та швидкого зчитування інформації в зоні найкращого бачення площина екрана монітора повинна бути перпендикулярною нормальній лінії зору. При цьому повинна бути передбачена можливість переміщення монітора навколо вертикальної осі в межах $\pm 30^\circ$ (справа наліво) та нахилу вперед до 85° і назад до 105° з фіксацією в цьому положенні.

Клавіатура повинна бути розташована так, щоб на ній було зручно працювати двома руками. Клавіатуру слід розміщати на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю. Кут нахилу клавіатури до столу повинен бути в межах від 5° до 15° , зап'ястя на долонях рук повинні розташовуватись горизонтально до площини столу.

Для запобігання світлових відблисків від екрана, клавіатури в напрямку очей користувача від освітлювачів загального призначення або сонячних променів необхідно застосовувати антивідблискові сітки, спеціальні фільтри, захисні козирки, на вікнах регульовані жалюзі.

Принтер повинен бути розміщений у зручному для користувача положенні, так, що максимальна відстань від користувача до клавіш управління принтером не перевищувала довжину витягнутої руки користувача.

Конструкція робочого стола повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується,

з врахуванням його кількості та конструктивних особливостей (розмір монітора, клавіатури, принтера, ПК та ін.) і документів, а також враховувати характер роботи, що виконується.

Згідно з вимог електробезпеки, під час проектування та експлуатації систем електропостачання для ПК необхідно дотримуватись вимог.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК під час проектування виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – без підвищеної небезпеки, у зв'язку з відсутністю факторів підвищеної та особливої небезпеки [26].

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення із використанням природних заземлювачів;
- 3) систематичне проходження інструктажу з елетробезпеки.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

1. Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі.
2. Перевірити загальний стан апаратури, справність проводки електромережі, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок та розеток, заземлення захисного екрана.
3. Відрегулювати освітленість робочого місця.
4. Відрегулювати і зафіксувати висоту стільця (крісла), зручний для користувача нахил його спинки.
5. Увімкнути апаратуру ПК вмикачами на корпусах в такій послідовності: стабілізатор (або блок безперервного живлення), ВДТ, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування).

6. Відрегулювати яскравість світіння екрану ВДТ, контрастність.
7. При появі несправностей комп'ютерної техніки повідомити керівника.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

За енерговитратами модернізація приводу затвору млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» скорочень згідно Гігієнічної класифікація праці [15] відноситься до категорії I б. Нормовані значення параметрів мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Легка I б	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний		20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату здійснюються такі заходи:

1. Температура в приміщенні в холодний період року підтримується за допомогою системи центрального опалення.
2. Використовується передбачається припливна вентиляційна система.
3. Здійснюється систематичне вологе прибирання.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини – речовини, які при контакті з організмом людини внаслідок порушення технологічного процесу викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я.

Шкідливі речовини у повітря робочої зони поступають у вигляді пару, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру (дисперсності), форми часток та їх кількості у одиниці об'єму. Найбільш

небезпечний високодисперсний пил (розміром < 5 мкм), а також гострокрайовий пил. Високодисперсний пил найбільш глибоко проникає та затримується у легенях.

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [25]. 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	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Для забезпечення складу повітря робочої зони під час проектування приладу моніторингу серцевих скорочень слід використовувати механічну вентиляцію та забезпечити регулярне прибирання.

6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення повинно бути боковим, бажано одностороннім. Для уникнення засліплюючої дії сонячних променів найкраще, коли світлові отвори (вікна) зорієнтовані на північ чи північний схід. Коефіцієнт природної освітленості (КПО) повинен бути не нижче 1,5%.

У приміщенні, де проводиться модернізація приводу затвору млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» використовується штучне та природне освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – 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

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Штучне освітлення в приміщенні забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

6.2.4 Виробничий шум

У приміщеннях з ПК рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 [24].

Рівні шуму на робочих місцях осіб, що працюють з ПК, визначені ДСанПіН 3.3.2-007-98 [23]. Допустимі значення звукового тиску під час проектування приладу моніторингу серцевих скорочень наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

– безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін;

– для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

6.2.5 Виробничі випромінювання

В умовах, що розглядаються в проекті, діють електромагнітні випромінювання. Джерелами електромагнітних випромінювань являються ПК, дослідницькі установки та вимірювальні пристрої.

Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів повинні відповідати вимогам. Рівні інфрачервоного випромінювання не повинні перевищувати граничних. Рівні ультрафіолетового випромінювання не повинні перевищувати допустимих [23].

Гранично допустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати рівнів [20].

Заходи щодо зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання: оптимальна організація робочого місця, доцільне розміщення технологічного устаткування, дотримання гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку, зменшення часу перебування у зоні опромінення.

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів надзвичайних ситуацій

6.3.1 Дія вогню на будівлі виробничих приміщень під час пожежі

Пожежа на підприємствах являє собою серйозну небезпеку та вважається важливою причиною нещасних випадків, спричиняє величезний матеріальний збиток.

Пожежа являє собою неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей та створює небезпеку для життя людей.

Небезпечними факторами при пожежі є: відкритий вогонь та іскри; підвищена температура повітря, предметів і т.п.; дим; обвал та ушкодження будинків, споруд; вибухи.

Аналіз пожеж показує, що рівень гранично допустимих чинників пожежі виникає через 5-10 хв з початку пожежі, несучу здатність будівельні металеві конструкції втрачають через 10-15 хв, а середній час початку ефективних дій пожежних підрозділів становить 20-25 хв.

Пожежну небезпеку посилює зростання концентрації горючих речовин і матеріальних цінностей, що припадає на одиницю площі будівель (пожежне навантаження), що призводить до дуже високого рівня їх пожежної небезпеки.

Тяжкість наслідків від пожеж значною мірою зумовлена недостатньою захищеністю будівель та споруд системами автоматичного протипожежного захисту та їх некваліфікованим обслуговуванням.

Причиною зростання кількості жертв та матеріальних збитків на пожежах стає те, що технічна оснащеність пожежної охорони значно відстає від сучасних вимог і недостатньо укомплектована засобами рятування людей та засобами пожежогасіння.

Втрати від пожеж визначаються сукупністю видів збитків від них. Втрати на пожежах пов'язані з прямими, побічними, соціальними та екологічними збитками [28].

6.3.2 Визначення витрат води для гасіння пожежі

Вихідні дані: Розміри приміщення: $14 \times 8 \times 3,5$ м.

Витрати води при пожежі складаються з витрат води на зовнішнє та внутрішнє гасіння пожежі

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{зов}} + Q_{\text{вн}} \text{ [м}^3\text{]}, \quad (6.1)$$

де $Q_{зов}$, $Q_{вн}$ – витрати води на зовнішнє та внутрішнє гасіння пожежі, м^3 .

Об'єм приміщення знайдемо за формулою:

$$V = abh \quad [\text{м}^3], \quad (6.2)$$

де a , b , h – довжина, ширина та висота приміщення відповідно, м.

Підставляючи відомі значення у формулу (6.2) отримаємо

$$V = 14 \cdot 8 \cdot 3,5 = 392 \quad (\text{м}^3).$$

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі визначаються за формулою

$$Q_{зов} = 3,6g_1T_1 \quad [\text{м}^3], \quad (6.3)$$

де g_1 – витрати води на пожежу (приймається відповідно до СНиП 2.04.02–84 для ширини будівлі до 60 м і об'єму приміщення до 3 тис. м^3 $g_1 = 10$ л/с);

T_1 – розрахункова тривалість зовнішнього гасіння пожежі ($T_1 = 3$ год).

Витрати води на внутрішнє гасіння пожежі:

$$Q_{вн} = 3,6ng_2T_2 \quad [\text{м}^3], \quad (6.4)$$

де n – кількість струменів відповідно СНиП 2.04.01-85 ($n = 2$);

g_2 – мінімальні витрати води на один струмінь ($g_2 = 5$ л/с);

T_2 – розрахунковий час роботи пожежних кранів ($T_2 = 3$ год).

Підставляючи відомі значення у формули (6.2, 6.3, 6.1) отримаємо

$$Q_{зов} = 3,6 \cdot 10 \cdot 3 = 108 \quad (\text{м}^3);$$

$$Q_{вн} = 3,6 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 3 = 108 \quad (\text{м}^3);$$

$$Q_{пож} = 108 + 108 = 216 \quad (\text{м}^3)$$

6.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій

Для попередження пожежі проводяться організаційні, технічні, експлуатаційні і режимні заходи.

До організаційних заходів відносяться: навчання працюючих правилам пожежної безпеки, проведення інструктажів, бесід, лекцій тощо.

До технічних – дотримування протипожежних правил та норм при встановленні опалення, вентиляційного обладнання.

До експлуатаційних – заходи, що передбачають правильну експлуатацію машин, обладнання, транспорту, правильне утримання території та будинків.

Висновок. Визначено витрати води для гасіння пожежі. Розроблено превентивні заходи по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

В роботі удосконалено конструкцію затвору млина та технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001».

Удосконалення конструкції затвору млина виконано на основі техніко-економічного обґрунтування рішень, які приймалися. Попередньо було проаналізовано аналогічну продукцію вітчизняних та зарубіжних виробників, існуючий аналог, що застосовується на заводі, і після детального аналізу та економічних розрахунків було прийнято рішення про доцільність удосконалення приводу затвору млина.

В конструкторській частині було розраховано та спроектовано двоступінчастий циліндричний редуктор, який монтується безпосередньо на корпус затвору – деталь «Корпус ЗШ-043.001». Удосконалений привод і конструкція затвору млина забезпечує покращені експлуатаційні властивості вузла, а саме зменшує габарити, дає можливість регулювати продуктивність затвору, зменшує енергоємність.

Для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001» запропоновано два способи лиття – в піщано-глинисті форми та оболонкові форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми, оскільки вартість заготовки складає 185,72 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 233,92 грн.

Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для автоматизації розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма призначена для швидкого і точного розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям та містить набір довідникових даних за допомогою яких при розрахунку автоматично призначається ряд коефіцієнтів. Програма значно спрощує трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Машинобудування».

Технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус ЗШ-043.001» розроблений на базі типових або групових ТП обробки подібних деталей, що

прискорює процес проектування і покращує якість проекту. В маршрутній технології застосовані верстати з ЧПК, багатоцільовий верстат, спеціальні пристосування, ріжучий інструмент з твердими сплавами.

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

Розрахунки припусків і режимів різання проведені аналітичним способом, що дає змогу більш точно визначити параметри заготовки і вибрати оптимальні режими різання.

В розділі проектування елементів дільниці механічної обробки приведені розрахунки приведеної програми, розрахунок кількості верстатів та кількості обслуговуючого персоналу.

В економічній частині проведені техніко-економічні розрахунки ефективності удосконаленого ТП механічної обробки. Визначено термін окупності капітальних вкладень в удосконалення нової дільниці.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» розглянуто технічні рішення щодо безпечного виконання роботи, з гігієни праці та виробничої санітарії, досліджено безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів надзвичайних ситуацій.

Удосконалений технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус ЗШ-043.001» є економічно вигідним і може бути рекомендований до впровадження на підприємстві, яке використовує комбікормове, зернопереробне, борошномельне і елеваторне обладнання різної продуктивності.

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. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
5. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 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. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

15. НАКАЗ №248 від 8.04.2014 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>

16. 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.

17. ДСНіПЗ.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>

18. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устроювання електроустановок. Электрoоборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>

19. ДСТУ EN 62305:2012 Блискавкозахист (європейський стандарт IEC 62305:2010). URL: <https://tdsb.com.ua/ru/dstu-en-62305/>

20. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с

21. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

22. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf

23. 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

24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

26. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

27. СН N 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.znaytovar.ru/gost/2/455788_Sanitarnye_normy_ultraf.html

28. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення приводу затвору млина та технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус ЗШ-043.001»

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	94,7%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	5,3%

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)

Лозовський В. Г.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О. В.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(підпис)

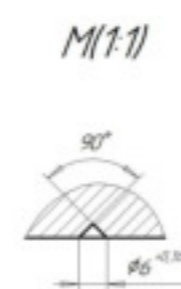
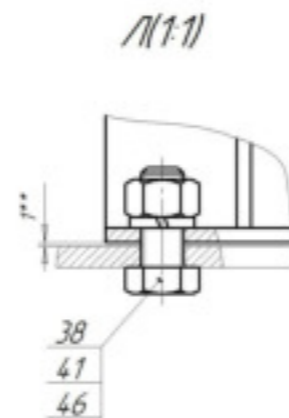
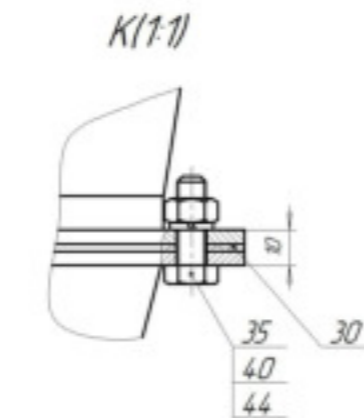
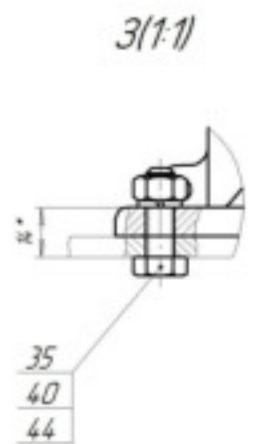
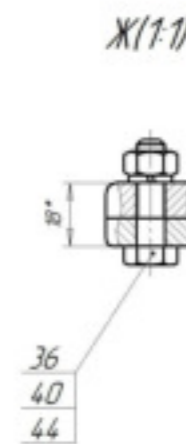
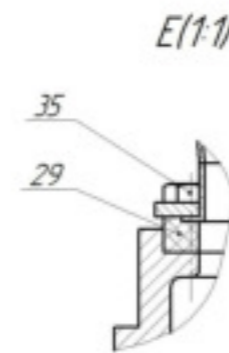
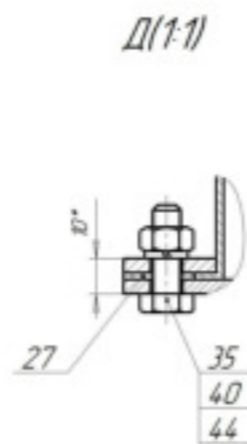
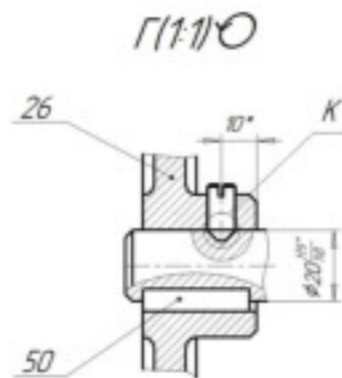
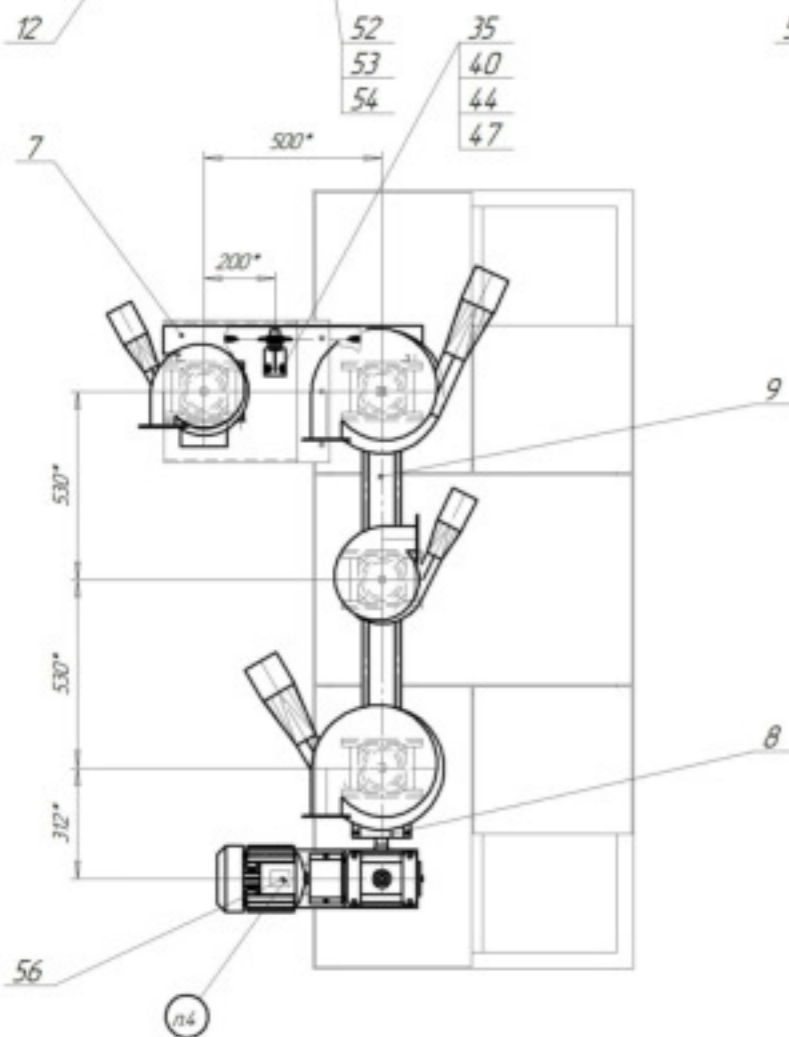
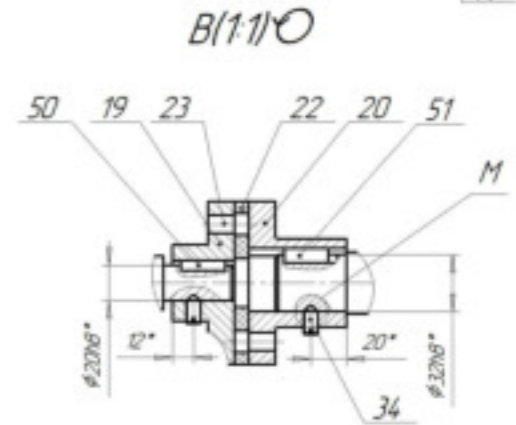
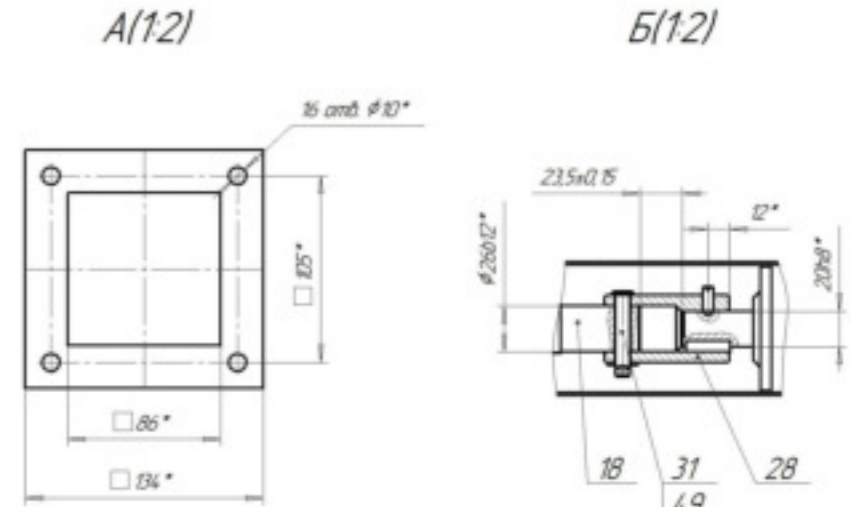
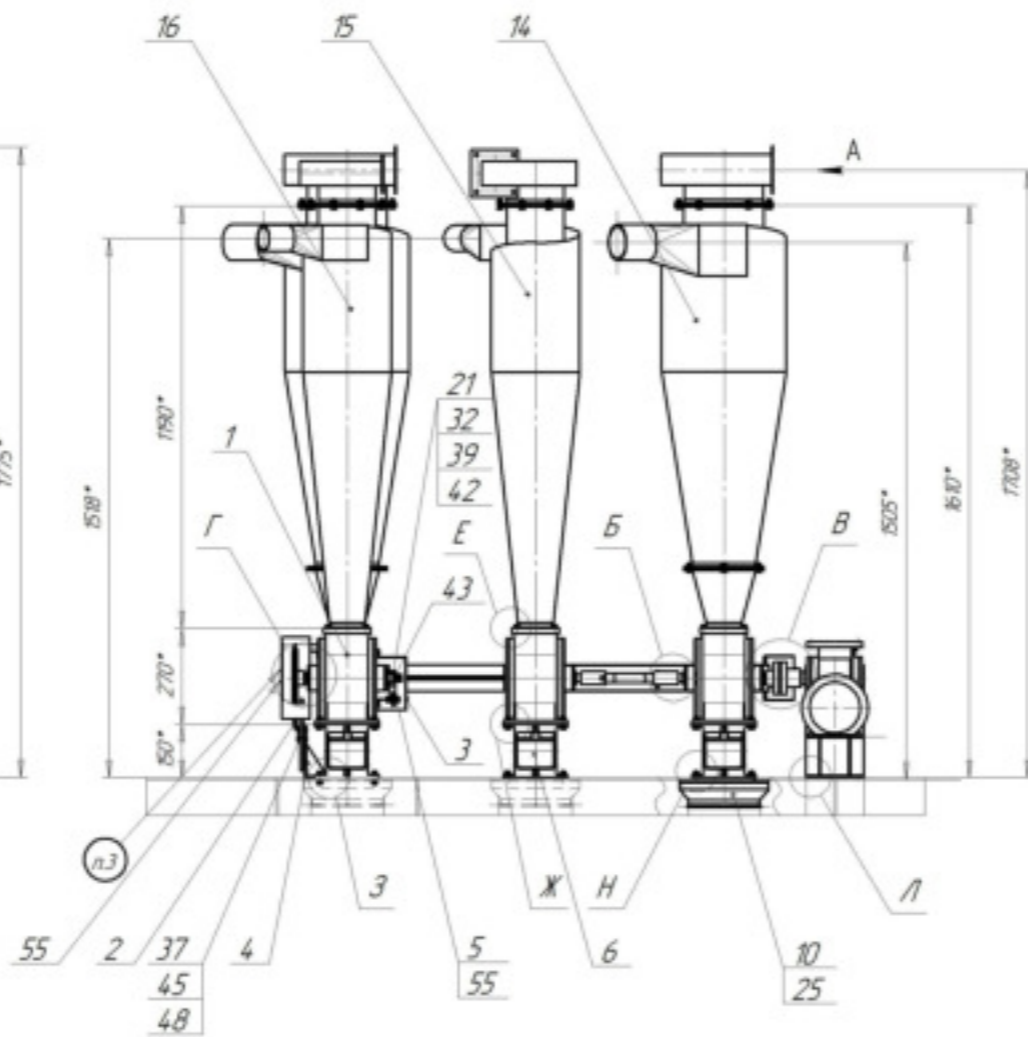
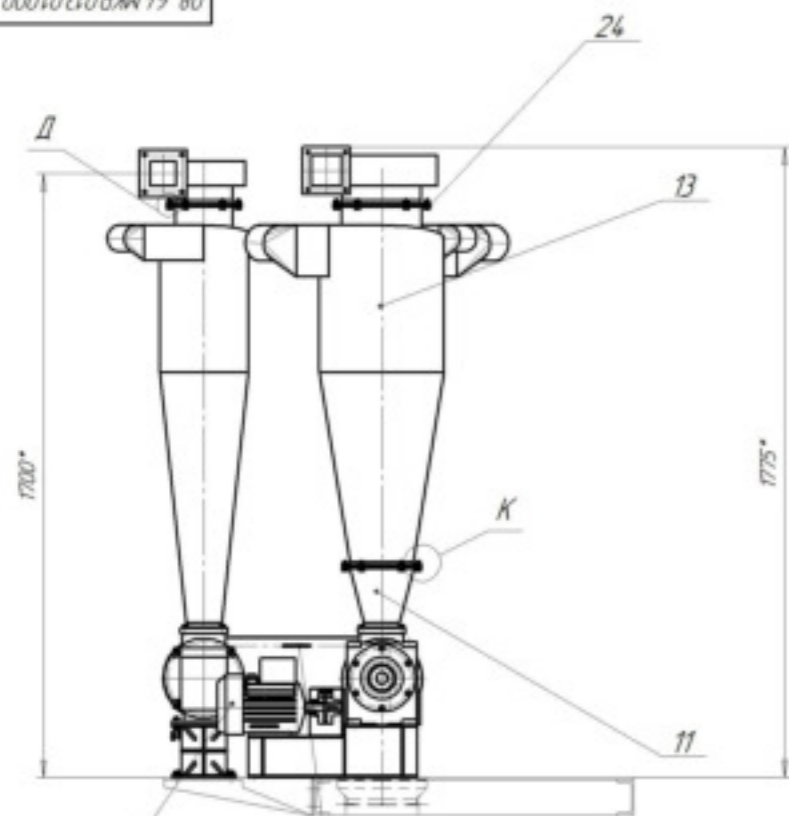
Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ ЗАТВОРУ МЛИНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЗШ-043.001»



1*Размеры для сборки
IT14
2± 2
3. Стрелки поз60 нанести за ГОСТ 124.040-78 на все ограждения при складывании
4. Нанести поз61 знак электробезопасности "Осторожно электрическое напряжение" ГОСТ 124.026-76 при складывании

				08-64.МКР.013.01.000 СК		
				Батарея раздаточная		
				Складные клеммы		
Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист	Лист
Разраб.	Инженер В				250	110
Проект.	Инженер С					
Техник.						
Исполн.	Сварщик С					
Контр.	Инженер В					
				ВНТЗ		
				стр. № 2171-224		
				Контракт		
				Лист 11		

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ ЗАТВОРУ МЛИНА

Об'єкт дослідження: привод шлюзового затвора.

Призначення:

- шлюзовий затвор призначений для передачі сипучих матеріалів;
- шлюзовий затвор призначений для виводу продуктів переробки з циклонів-розвантажувачів пневмотранспортних установок, а також для герметизації отворів, через які матеріал подається чи випускається з обладнання, де тиск відрізняється від атмосферного.

Основні завдання удосконалення існуючої конструкції:

- забезпечення достатньої жорсткості конструкції;
- забезпечення співвісності барабана і корпусу;
- зменшення габаритних розмірів;
- зменшення енергоємності приводу;
- можливість уніфікації конструкції, що надасть конструкції приводу можливість застосування його в складі обладнання інших машин та механізмів.

Варіанти принципової схеми об'єкту:

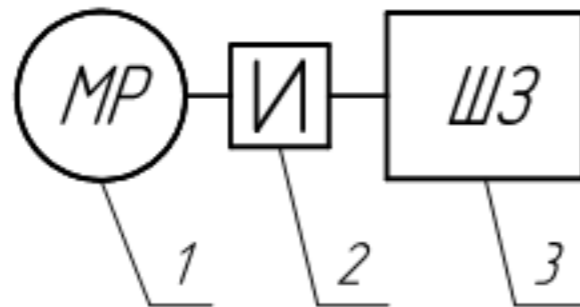


Рисунок 1 – Перший варіант принципової схеми об'єкту, що удосконалюється:

1 – мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – шлюзовий затвор

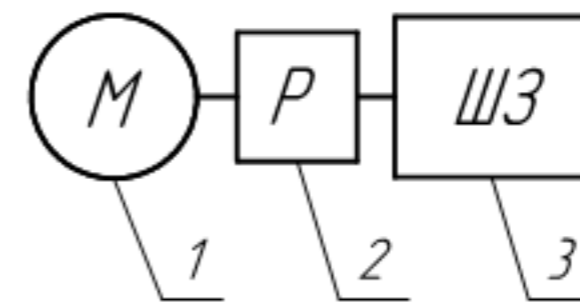


Рисунок 2 – Другий варіант принципової схеми об'єкту, що удосконалюється:

1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – шлюзовий затвор

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ ЗАТВОРУ МЛИНА (продовження)

Таблиця 1 – Основні технічні показники аналога, першого і другого варіанта схеми об'єкту, що удосконалюється

Показники (параметри)	Одиниця виміру	Аналог	Перший варіант	Другий варіант
1. Монтаж виробу	–	Підрамник	Підрамник	Безпосередньо на затвор
2. Електродвигун: - потужність - число обертів	кВт об/хв.	0,75 1000	0,3 1000	0,3 1000
3. Діапазон регулювання обертів барабана	об/хв.	50	50	45-55
4. Маса	кг	70	67	52

Висновок: на основі якісного аналізу, другий варіант є кращим, вага його порівняно з першим варіантом є менша, діапазон регулювання частоти обертання барабана є більшим, що дає змогу використовувати шлюзовий затвор на різній продуктивності, в конструкції другого варіанту виключається застосування підрамника під привід. Удосконалення існуючого приводу шлюзового затвору дасть змогу:

- застосовувати його в складі обладнання з різною продуктивністю та в конструкціях з обмеженими габаритами;
- монтувати редуктор безпосередньо на корпус шлюзового затвору, що надасть вузлу зменшених габаритів та збільшення точності встановлення барабана в корпусі;
- зменшити енергосмність приводу порівняно з аналогом.

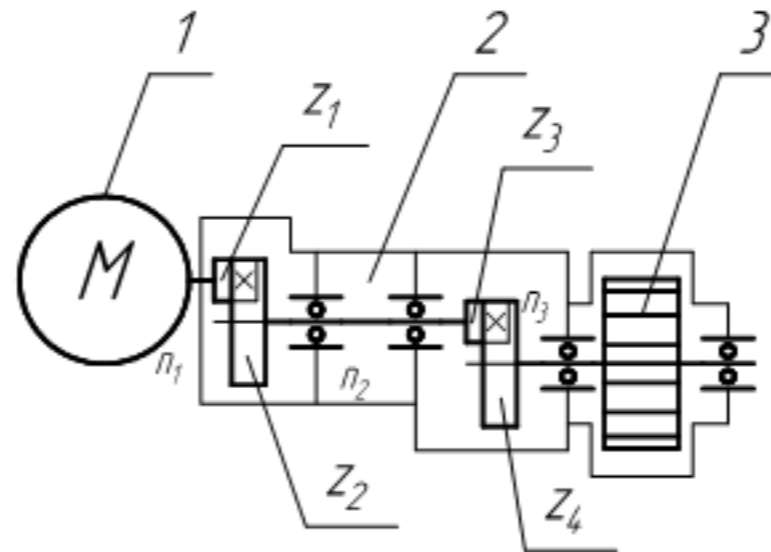
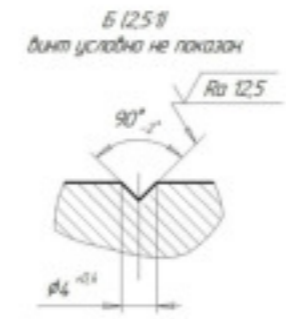
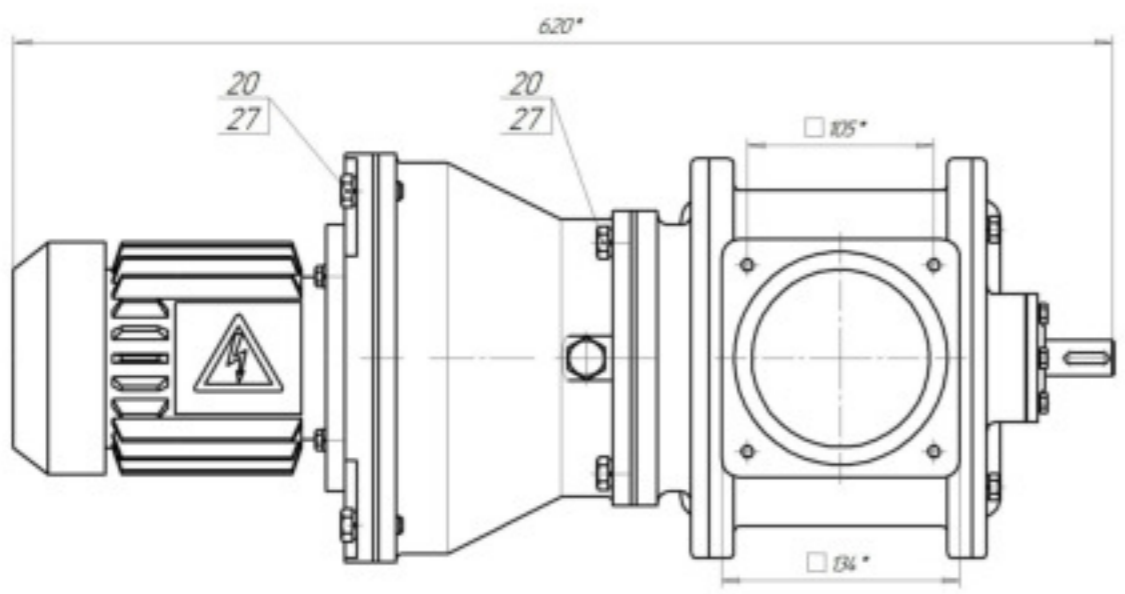
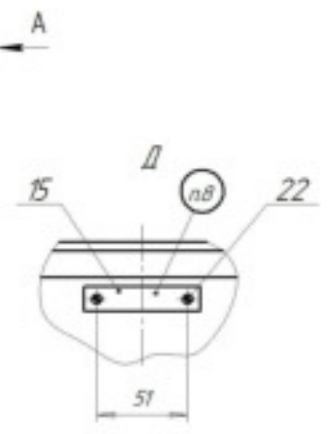
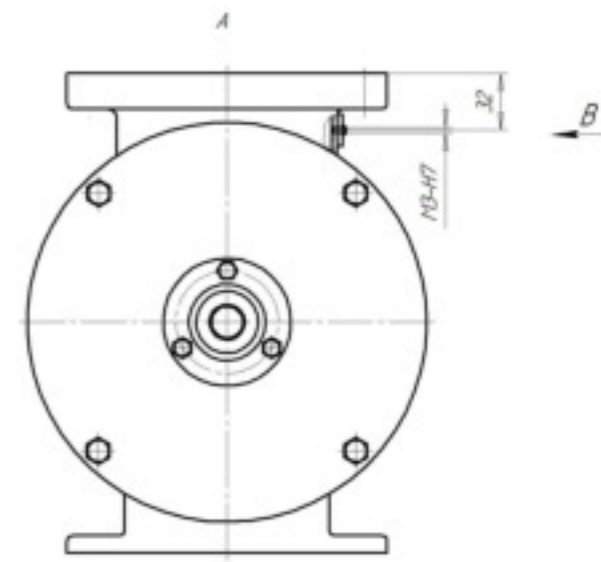
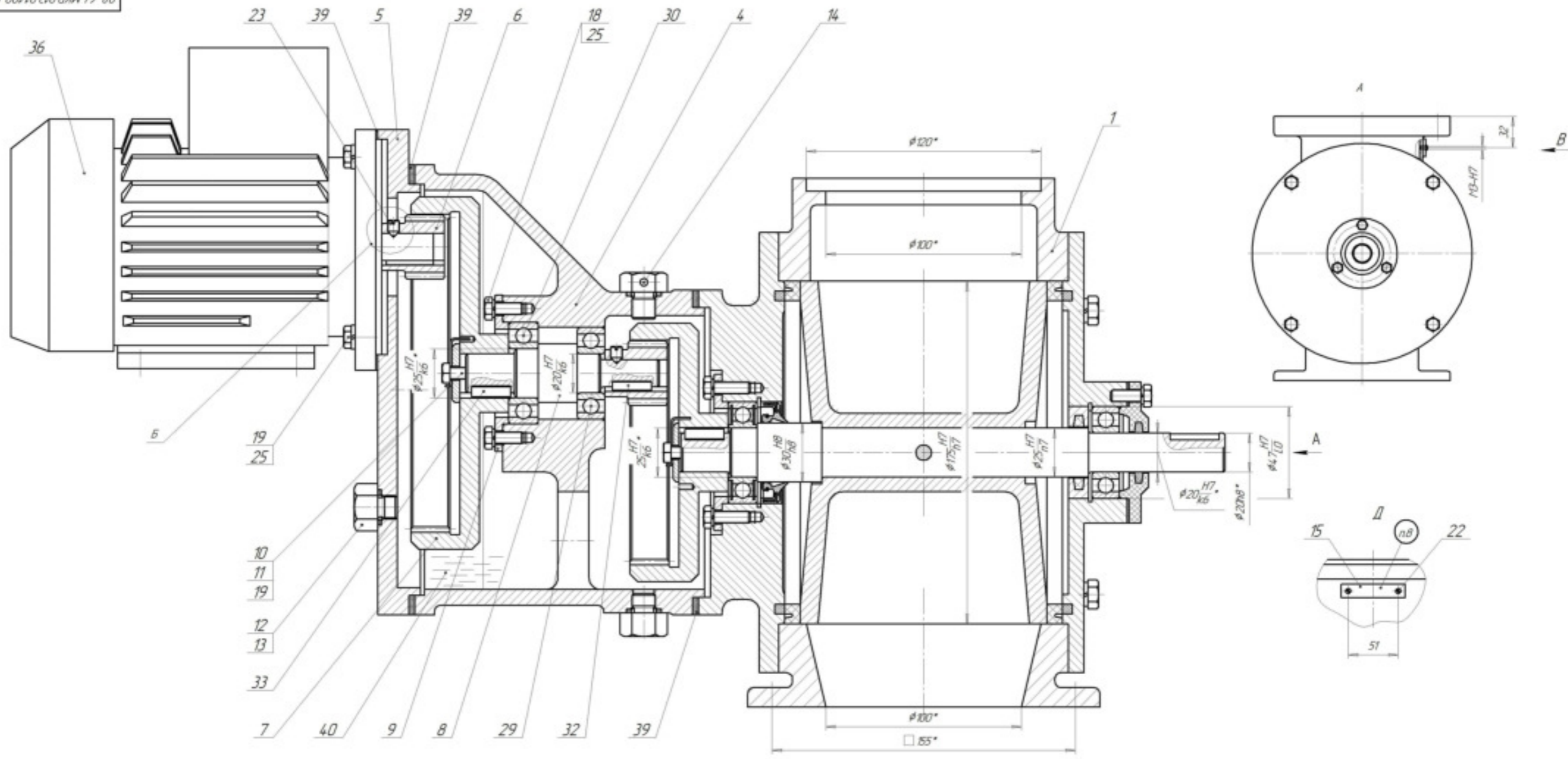


Рисунок 3 – Кінематична схема приводу шлюзового затвору:

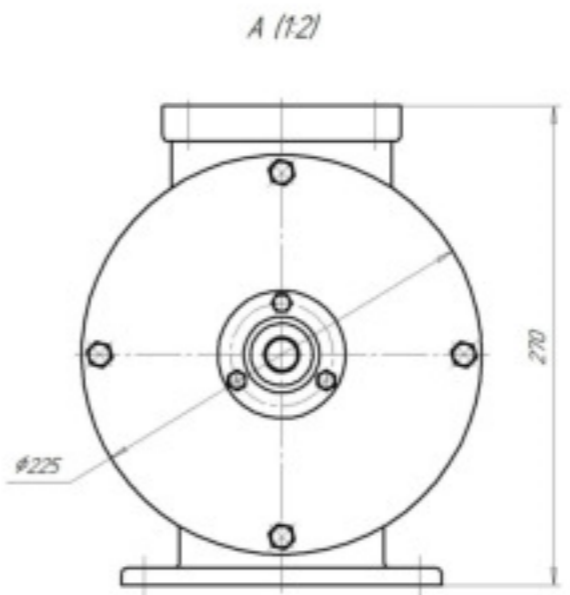
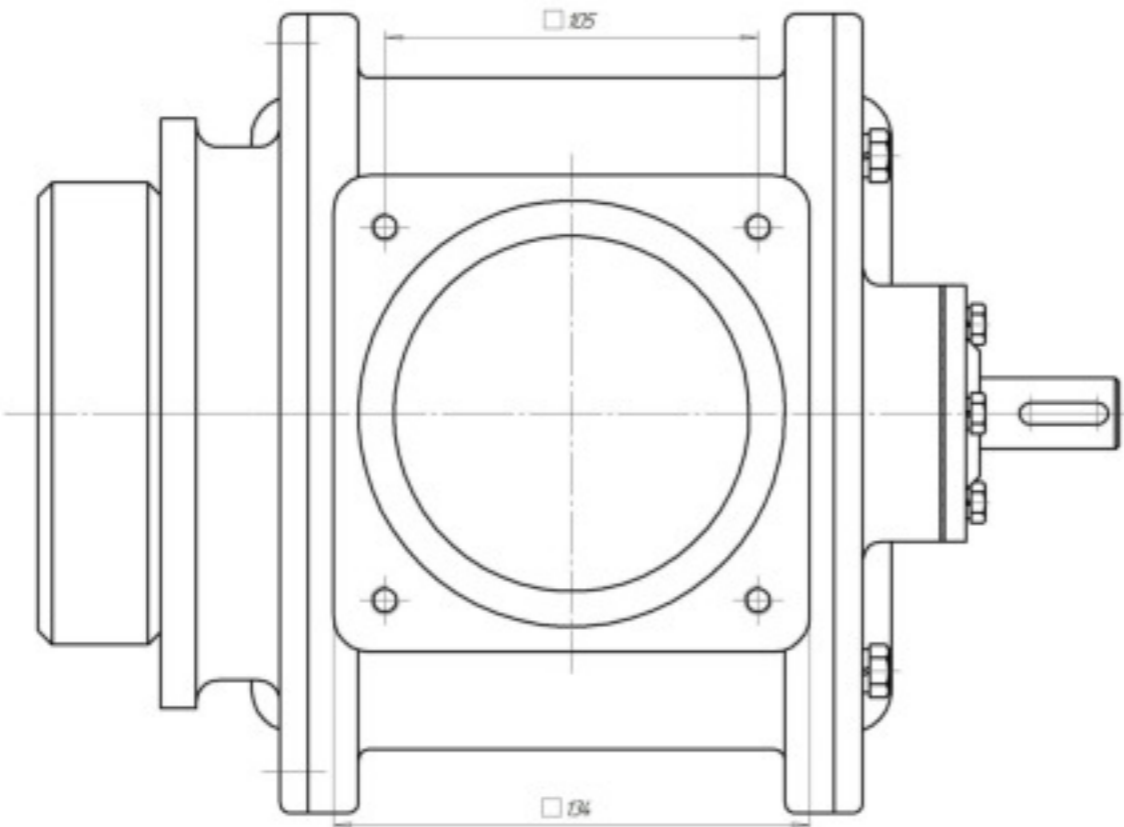
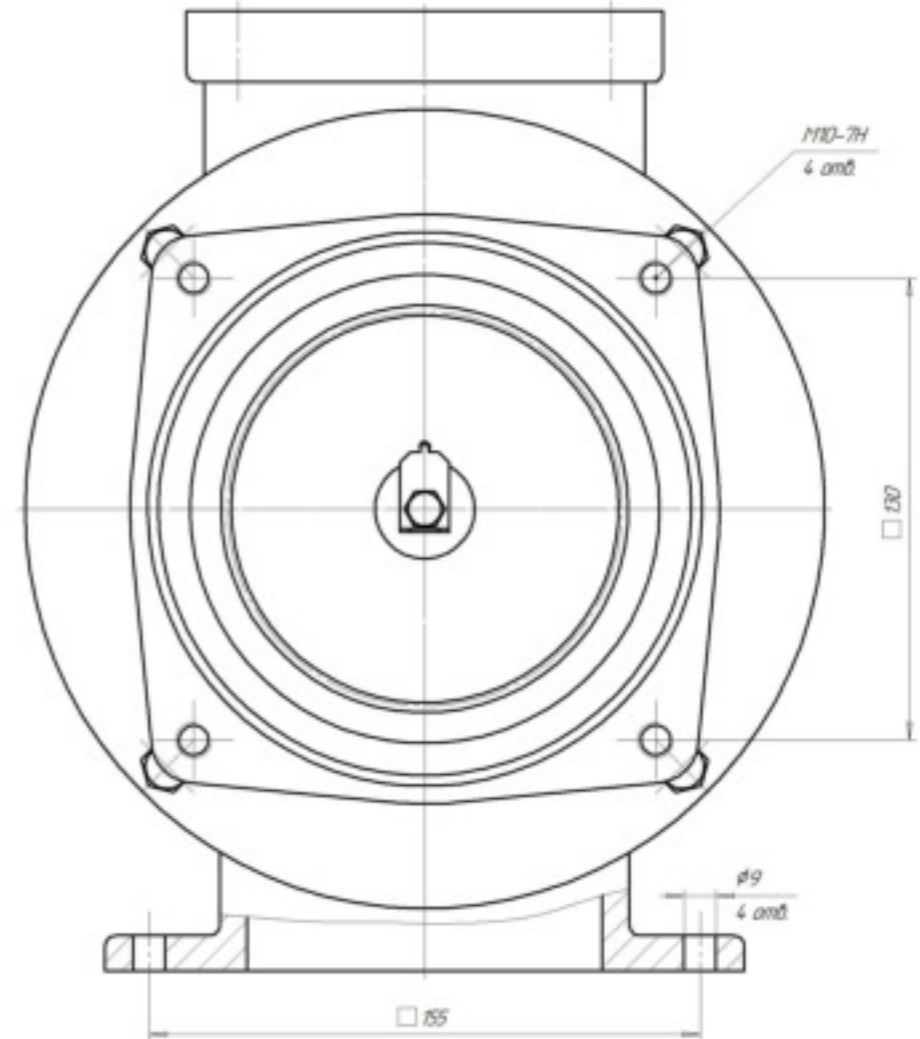
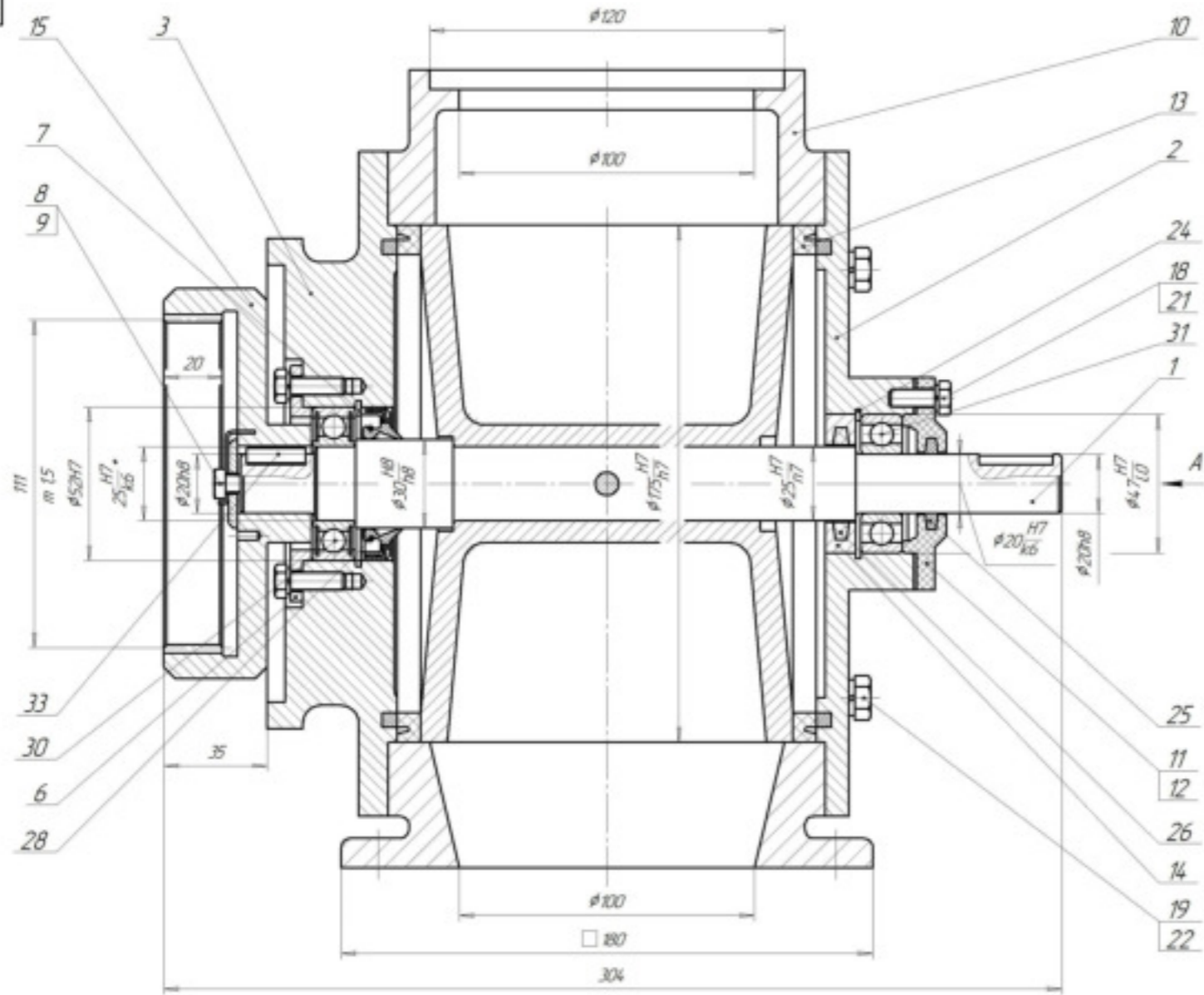
1 – електродвигун; 2 – редуктор зубчастий циліндричний; 3 – барабан шлюзового затвору



- 1 *Размеры для сборки
- 2 Після складання редуктор заповнити олиєю ТАП-15В ГОСТ 23652-79 до рівня контрольної градки
- 3 Зовнішню градку-сапун фарбувати емаль НЦ-5123, красно-карминова ГОСТ 7462-73
- 4 Покрытия зовнішніх поверхонь редуктора - емаль ПФ 115 "чорна" ГОСТ 6465-76 V. 500/1 4.2
- 5 Покрытия внутрішніх поверхонь редуктора - емаль НЦ 15123 "чорнокарминова" ГОСТ 7462-73 V.500/1 4.2
- 6 Герметик-прокладку наносити у відповідності до інструкції до застосування герметик-прокладки вказаної на упакуванні
- 7 На таблицю (таб 15) нанести ударним способом заводський номер та дату виготовлення затвору шрифтом 4-ПрЗ ГОСТ 26.020-80

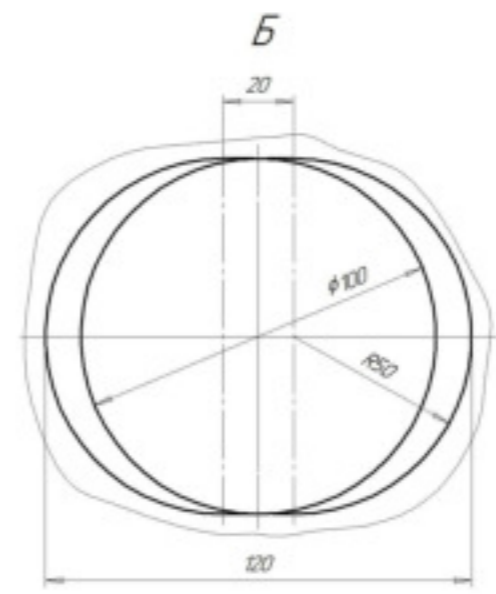
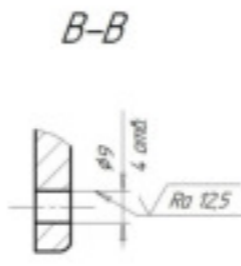
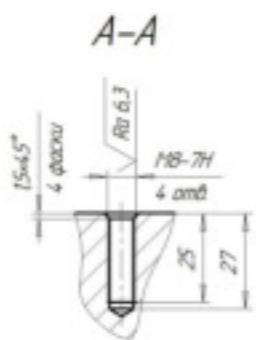
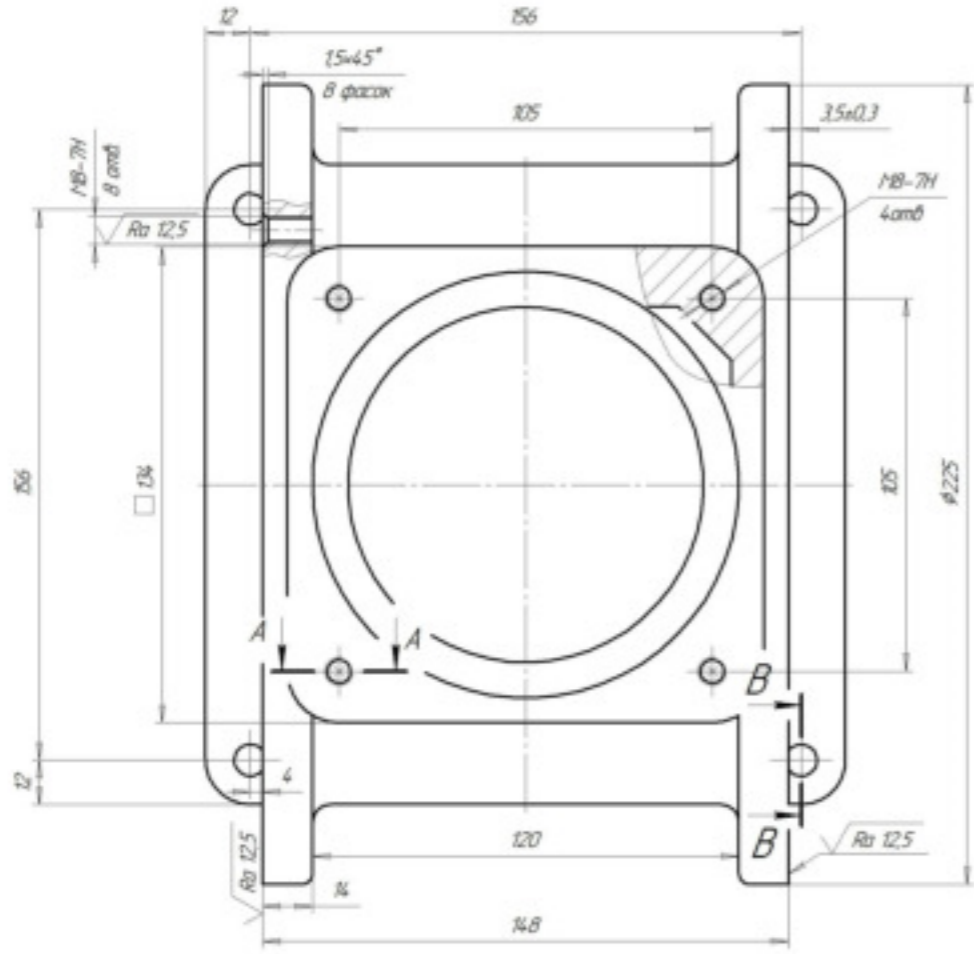
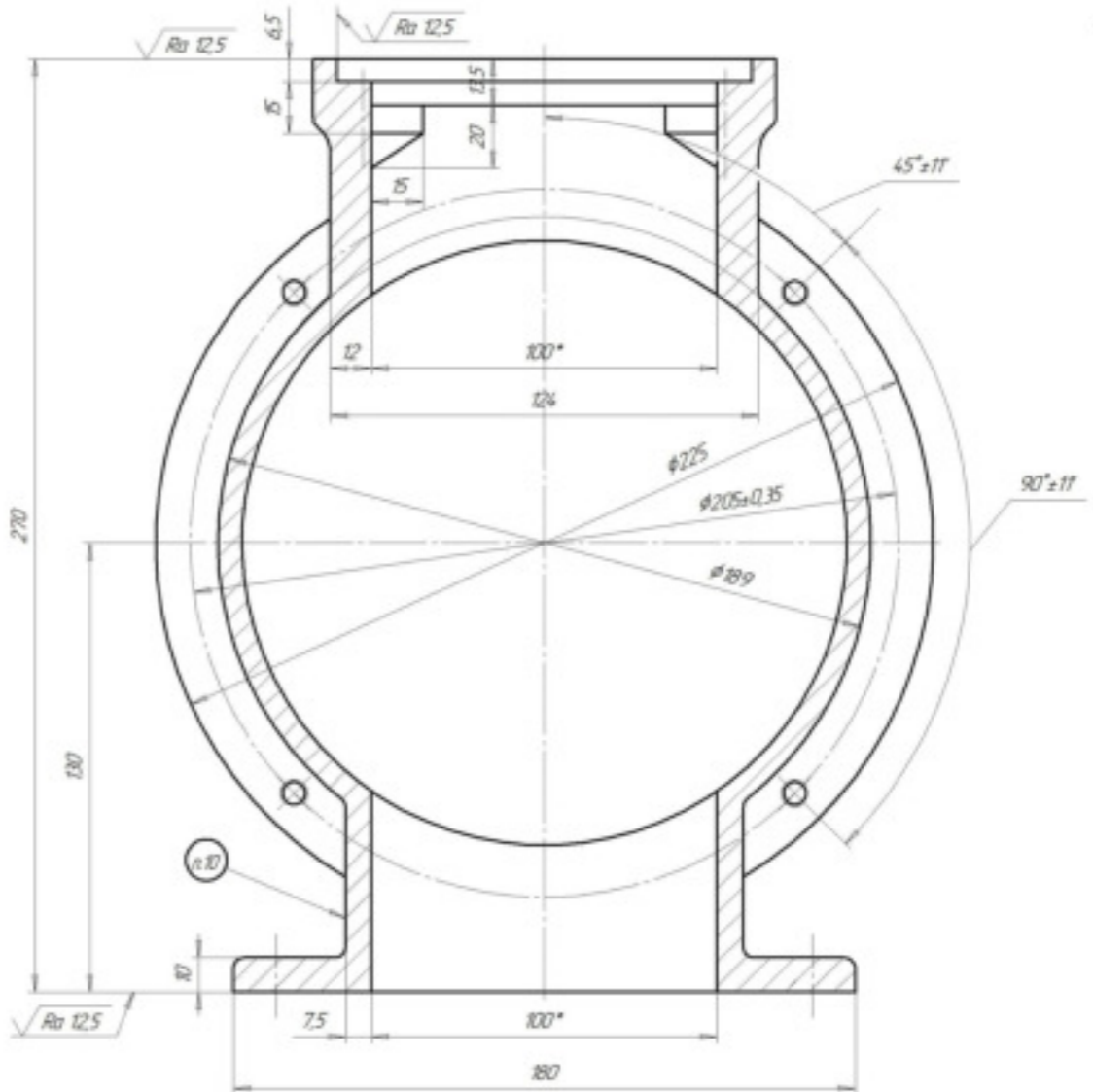
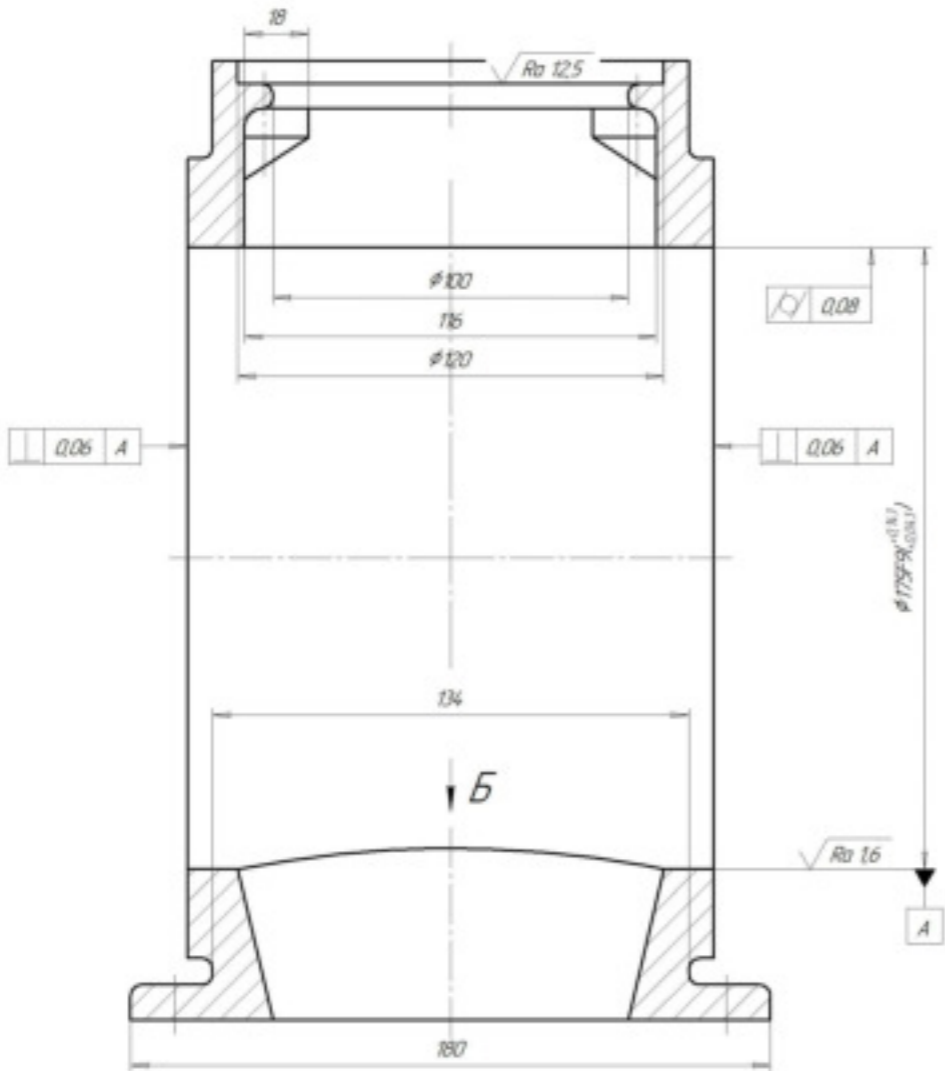
				08-64.МКР.013.01.100 СК		
				Затвор		
				Складальне креслення		
				Лист	52	11
				ВНТУ		
				ст. др. 2171-22м		
				Контракт		
				Формат А1		

Лист 52 з 11
 08-64.МКР.013.01.100 СК
 08-64.МКР.013.01.100 СК
 08-64.МКР.013.01.100 СК



1. Розміри для довідки
 2. Ротар у зборі повинні вільно обертатися
 3. Покрыття зовнішніх поверхонь - емаль ПР-15 "червона"
 ГОСТ 6465-76 V.УХ/У

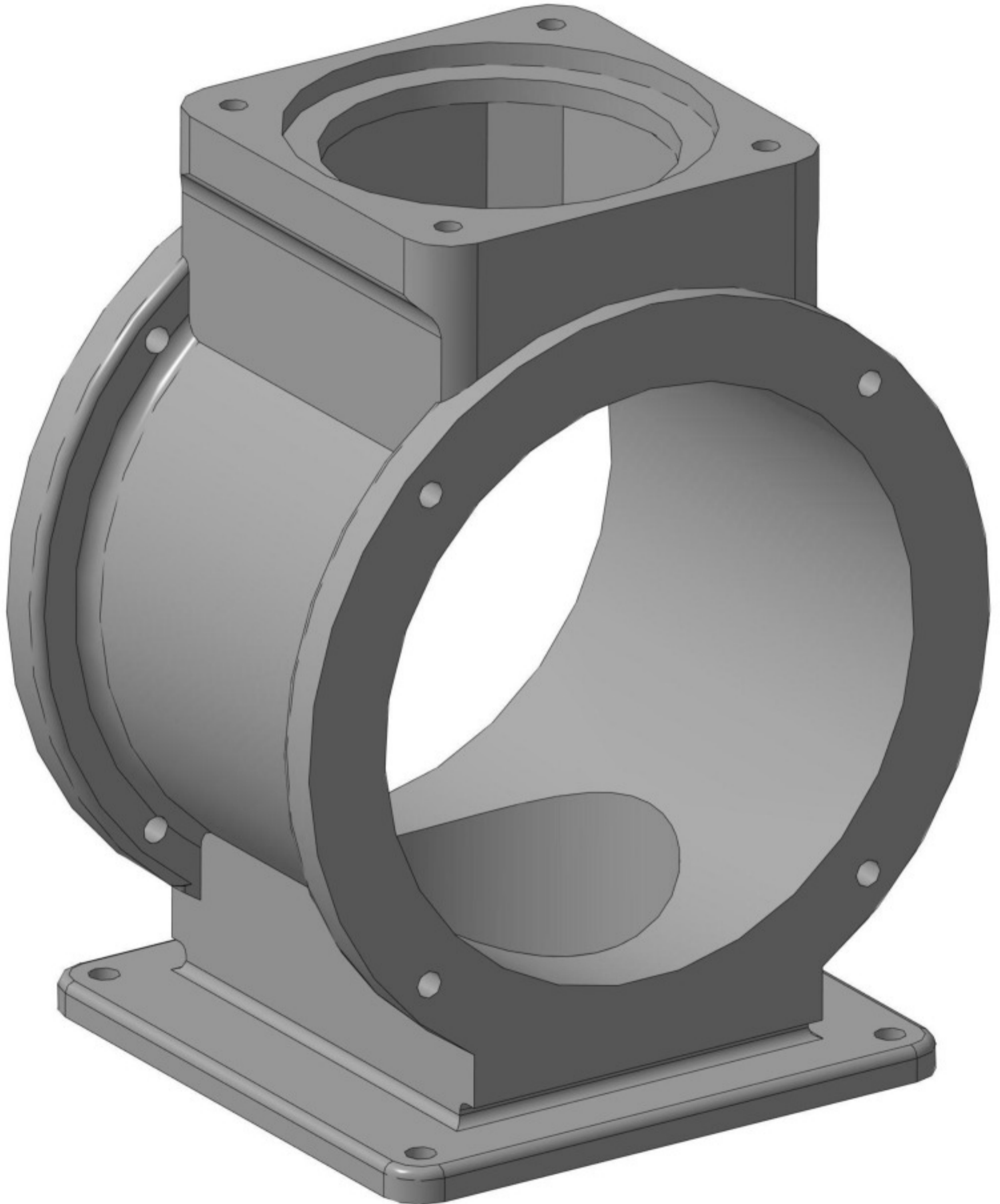
		08-64.MKP.013.01.101 СК			
		Затвор шлюзовий		11	
		Складальне креслення			
		ВНТ		ст. зр. 2171-224	
		Контракт		Формат А1	

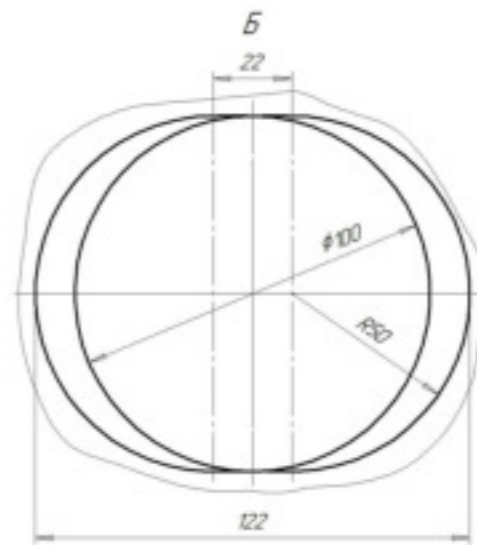
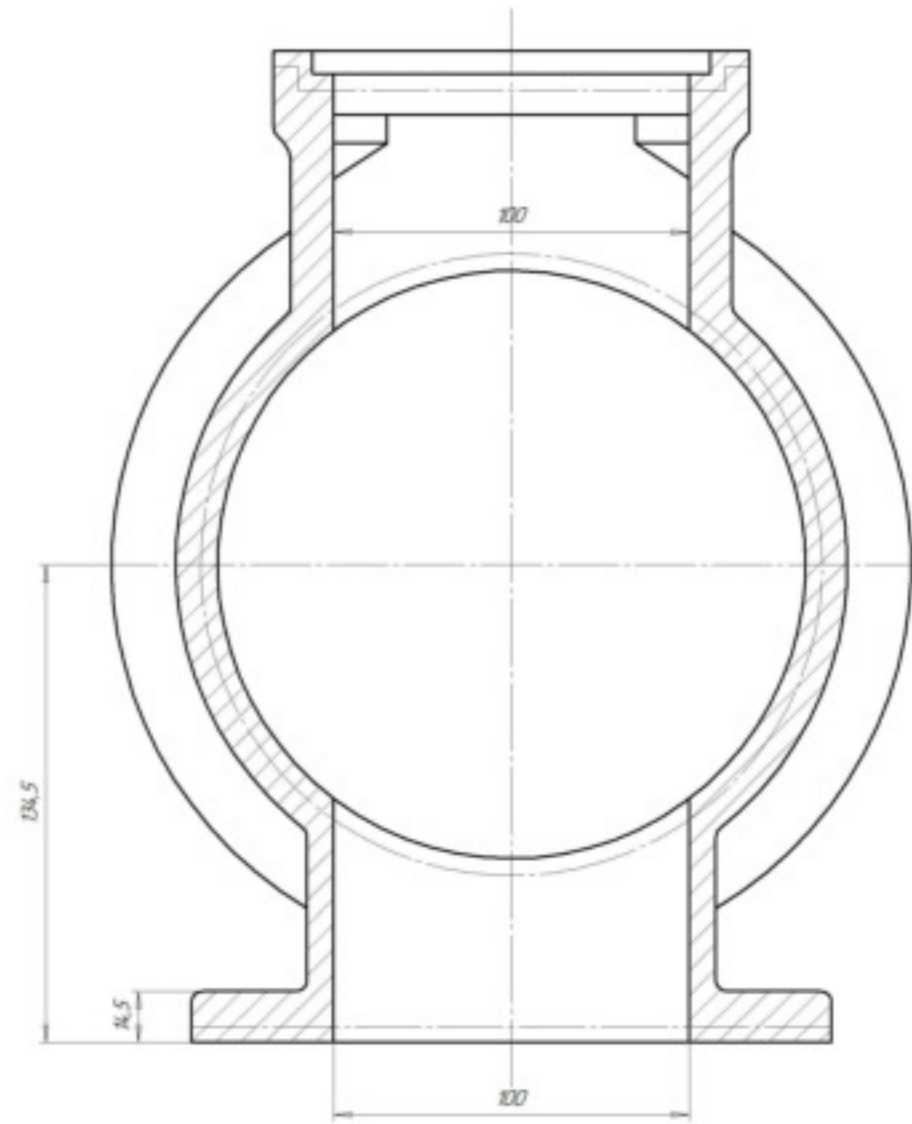
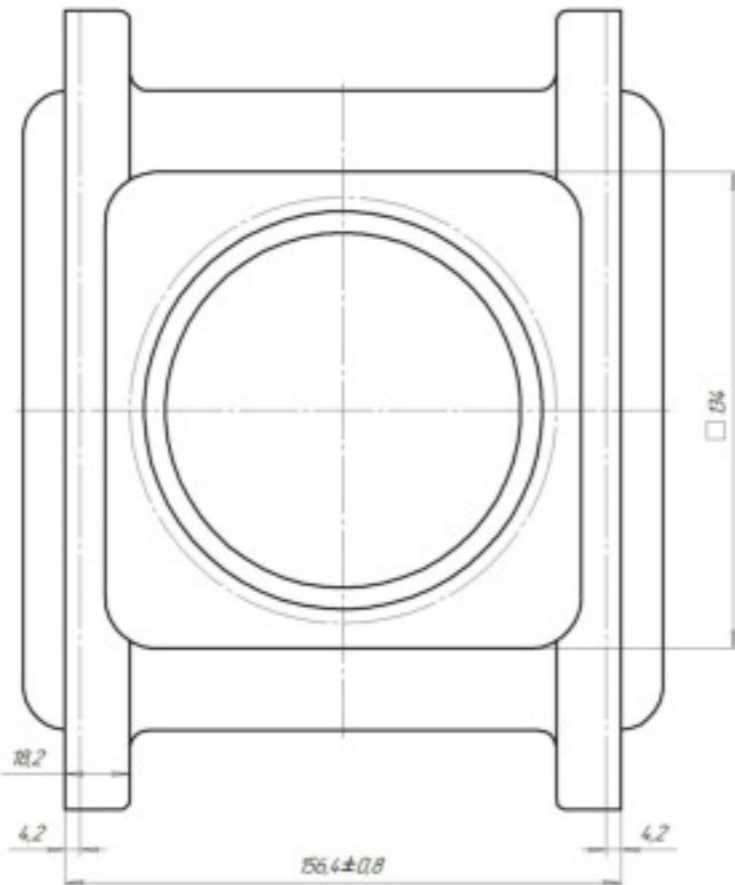
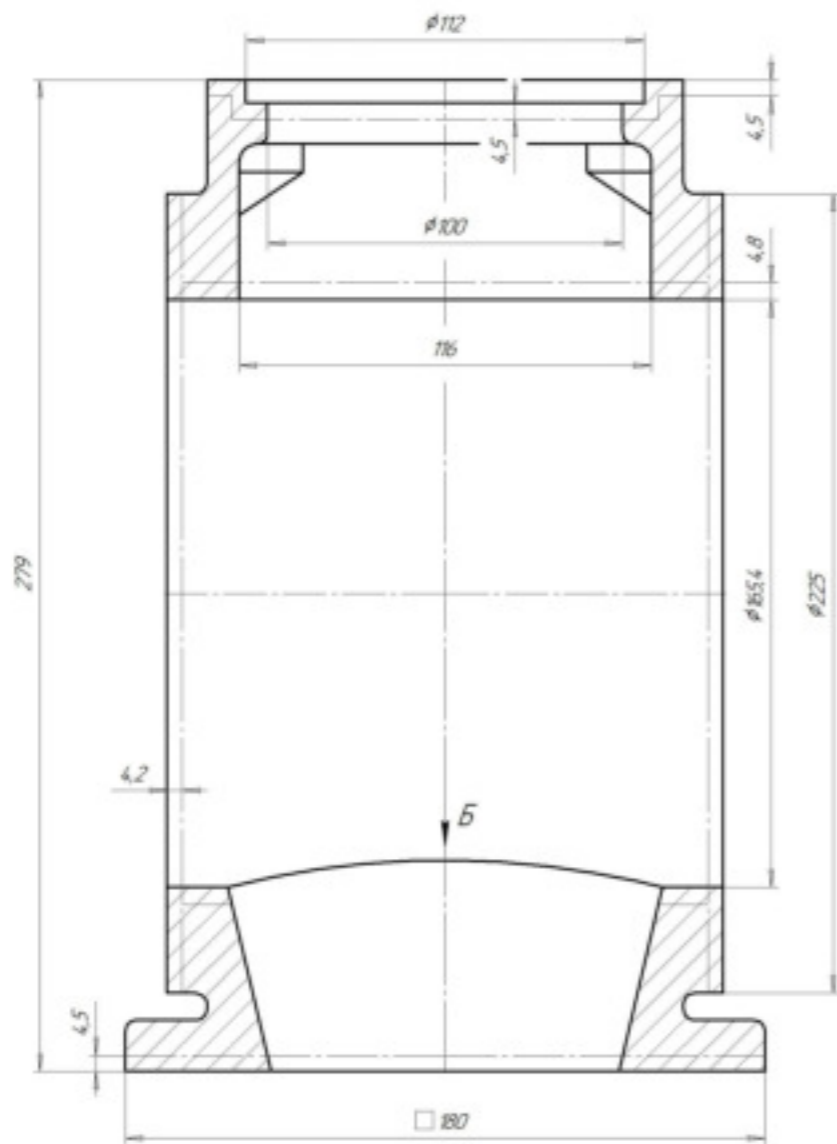


- 1 *Размери для довідки
- 2 160.197 НВ
- 3 Точність вимірка 8-7-Н-В зм. 0,8 ГОСТ 36645-85
- 4 Маса заготовки 8,5+1,2-0,25-9,95 ГОСТ 26645-85
- 5 Незазначені літерні радіуси R4,5 мм, нахили 0°40'
- 6 Фартульові нахили - за ГОСТ 3212-80
- 7 НН, НН ± 17% / 2
- 8 На поверхні вимірка допускаються раковини і пустоти діаметром 3 мм, глибиною 15-2 мм в кількості 5 шт
- 9 Покрыття
- а) внутрішні поверхні корпусу, за виключенням поверхні Ø175F9 - пудра оленівита П/П1 - 1 ГОСТ 5494-71
- б) покриття зовнішніх необроблених поверхонь - емаль ПР-БВ.300/14 ГОСТ 6465-76 червона
- 10 Нанести номер деталі, літерний знак заводу-виробника

08-64.МКР.013.01110				Лист	Кільк.	Розробл.
Корпус				Лист	Кільк.	Розробл.
ЗШ-043.001				Лист	Кільк.	Розробл.
СЧ 15 ГОСТ 14.12-85				Лист	Кільк.	Розробл.
				ВНТЗ		
				ст. др. 2171-221		

Тривимірна модель деталі "Корпус 3Ш-043.001"





- 1 Точність вимірка І-7-14-В зм. 0,8 ГОСТ 36645-85
- 2 Маса заготовки 8,5+1,2-0,25-9,95 ГОСТ 26645-85
- 3 Незазначені півдари радіуси R4,5 мм, нахили 0°40'
- 4 Формувальні нахили - за ГОСТ 3212-80
- 5 На поверхні вимірка допустимі раковини і пустоти діаметром 3 мм, глибиною 1,5-2 мм в кількості 5 шт.

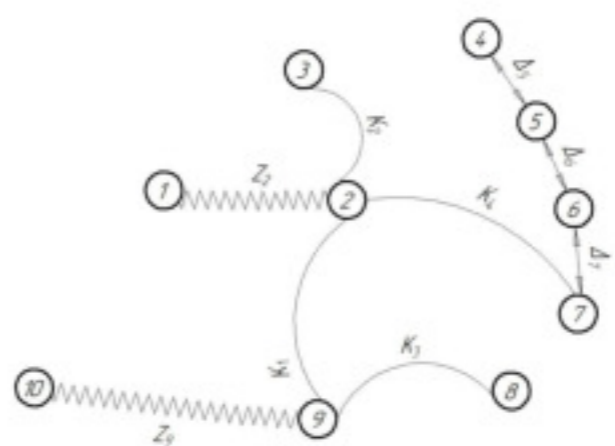
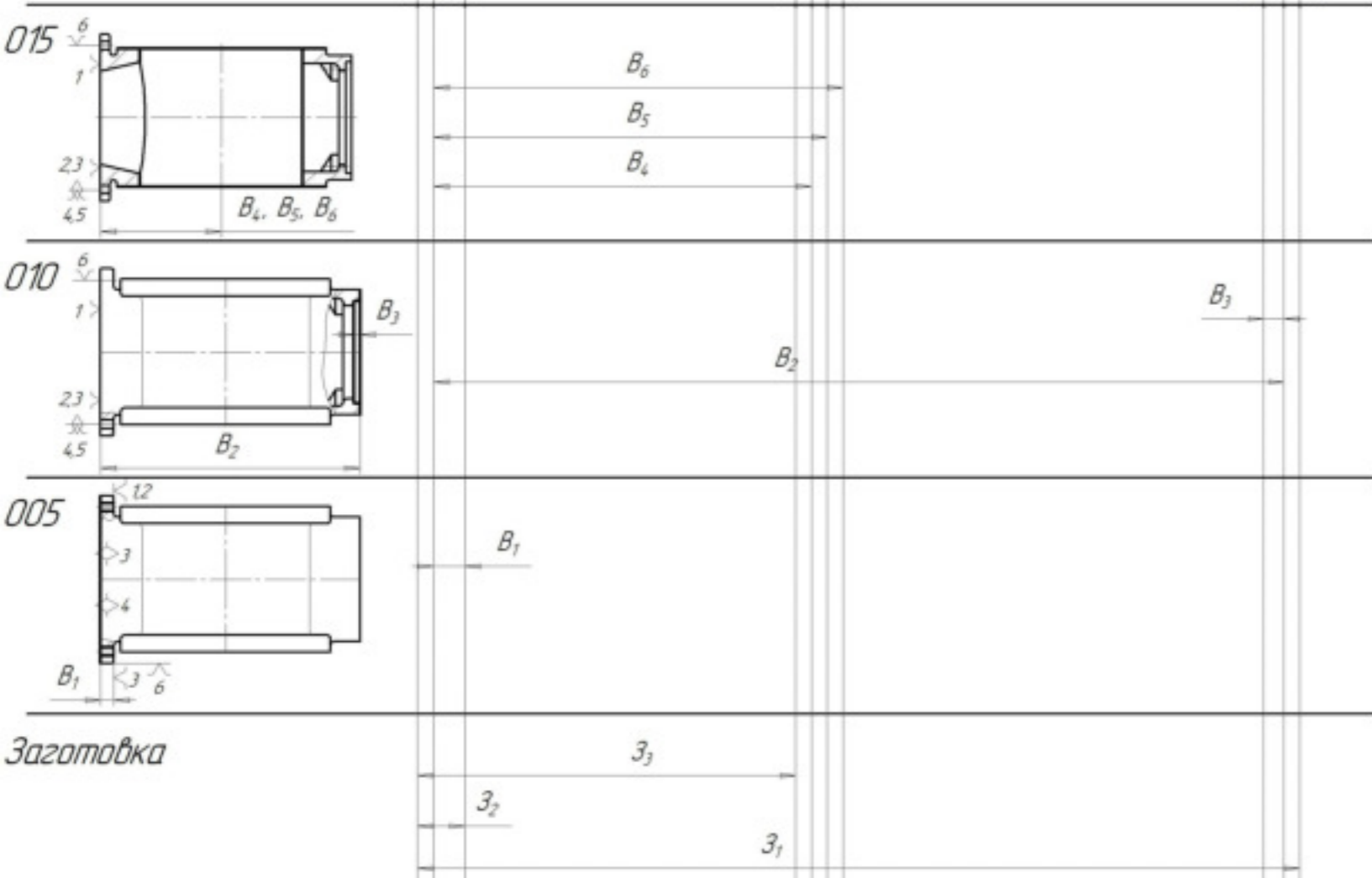
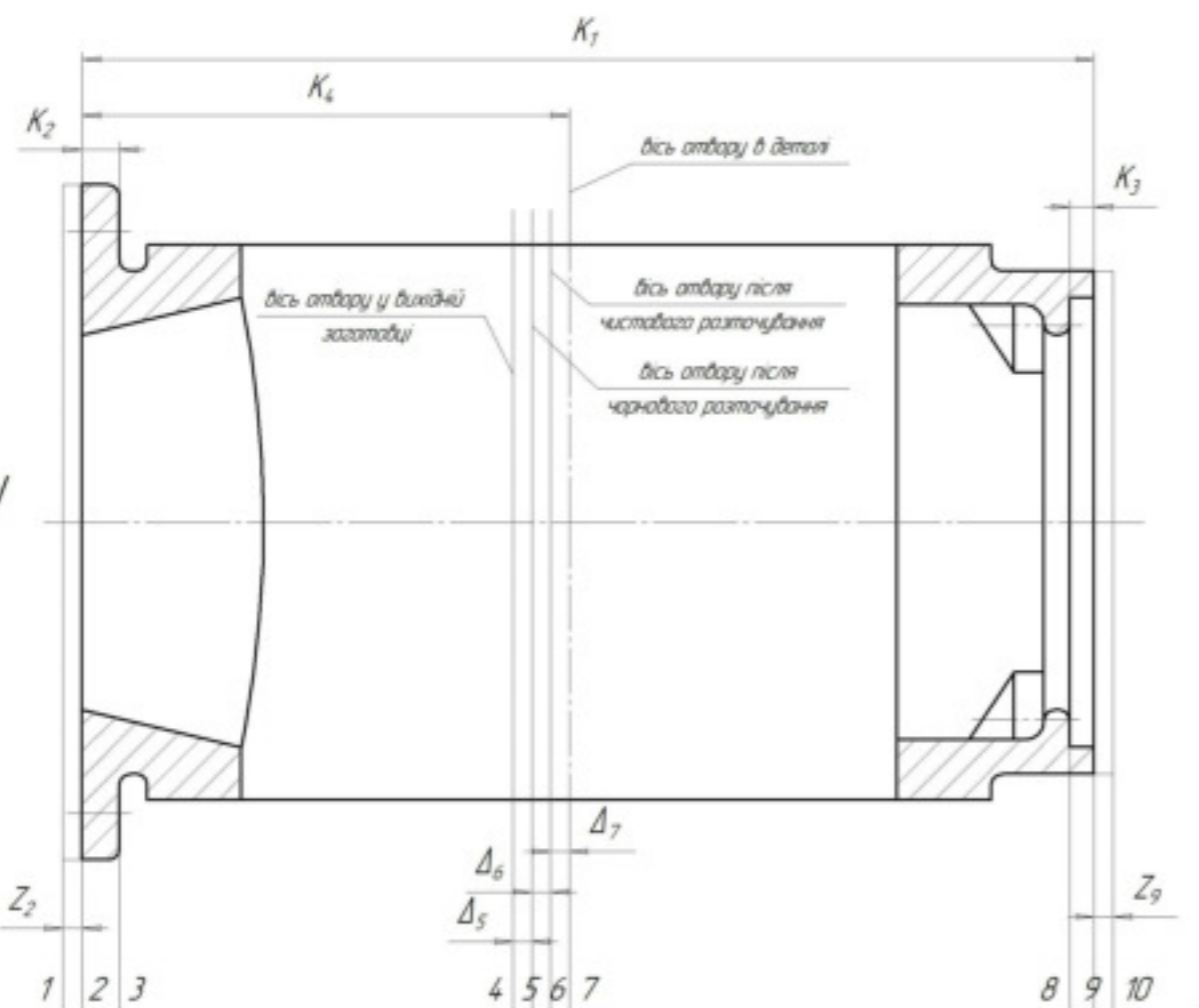
				08-64.МКР.013.01110		
				Корпус (випробок)		
				Лист	Кільк.	Розробл.
					1169	11
				Лист - Листів 1		
				СЧ 15 ГОСТ 14.12-85		
				ВНТЧ		
				ст. др. 2171-224		
				Корпус		
				Формат А1		

Маршрут механічної обробки

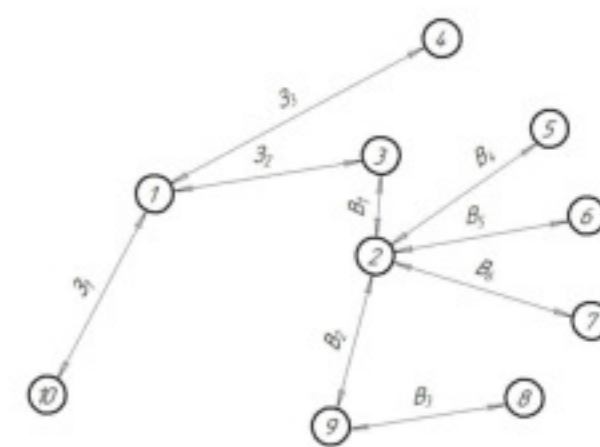
№ операції	Найменування операції та зміст переходів	Схема установки	Тип і модель обладнання
005	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Центрувати 4 отвори 2. 4. Свердлити 4 отвори 2. 5. Зенкерувати 4 отвори 2. 6. Зняти заготовку. 	<p style="text-align: center;">$h14, H14, \pm 1/2 IT14$</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати торець 1 однократно. 3. Фрезерувати заглиблення 2 однократно. 4. Центрувати 4 отвори 3. 5. Свердлити 4 отвори 3 $\phi 6,8$ мм під різь 3. 6. Нарізати різь в 4 отворах 3 згідно ескізу. 7. Зняти заготовку. 	<p style="text-align: center;">$h14, H14, \pm 1/2 IT14$</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
015	<p><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Повернути заготовку на 180°. 4. Фрезерувати поверхню 5 однократно. 5. Розточити отвір 2 попередньо в розмір $\phi 174,4$. 6. Розточити отвір 2 попередньо в розмір $\phi 174,89$. 7. Центрувати 8 отворів 3, одночасно фаску. 8. Повернути заготовку на 180°. 9. Центрувати 8 отворів 4, одночасно фаску. 10. Свердлити 8 отворів 3 в розмір $\phi 6,8$ мм під різьду. 11. Повернути заготовку на 180°. 12. Свердлити 8 отворів 4 в розмір $\phi 6,8$ мм під різьду. 13. Нарізати різь в 8 отворах 3 згідно ескізу. 14. Повернути заготовку на 180°. 15. Нарізати різь в 8 отворах 4 згідно ескізу. 16. Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескізу. 17. Зняти деталь. 	<p style="text-align: center;">$h14, H14, \pm 1/2 IT14$</p>	Багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточувальний ИСБ500ПМФ4
020	Контрольна		

Розмірний аналіз технологічного процесу

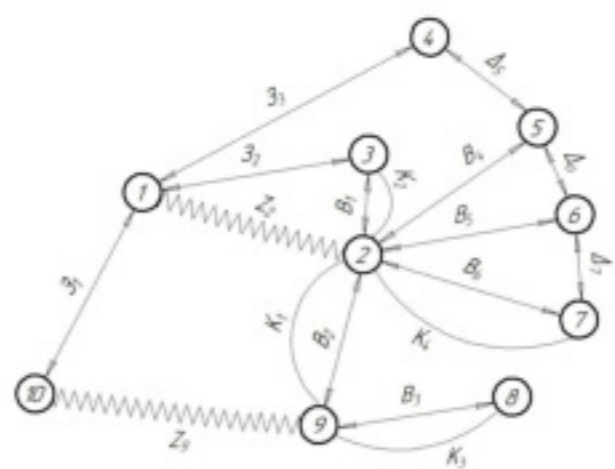
Розмірна схема технологічного процесу



Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево

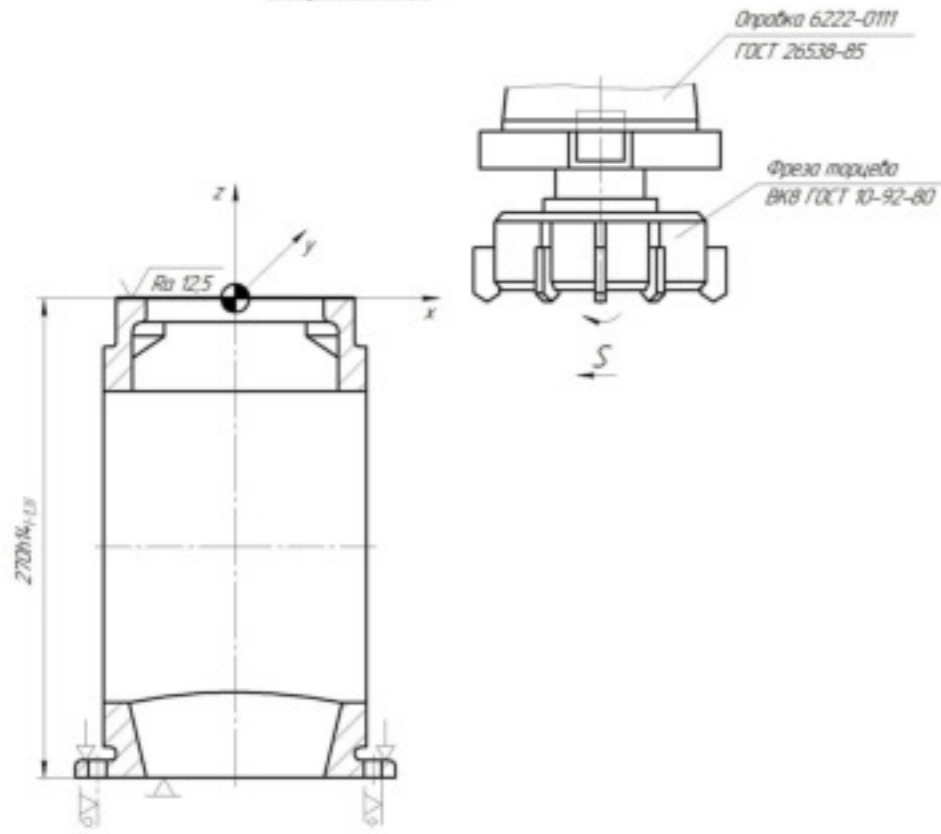


Суміщений граф-дерево

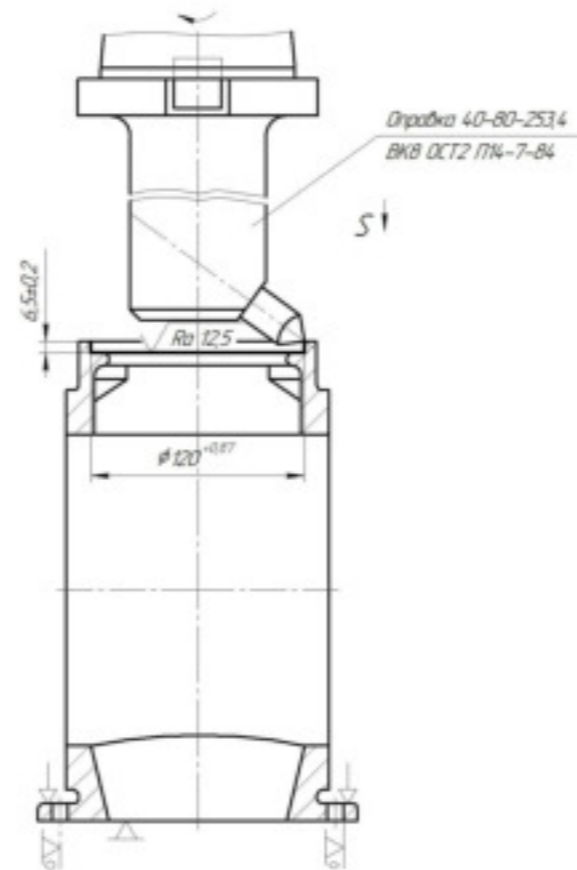
Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	max розмір	min розмір				
B ₁	10,215	9,785	0,43	10	10±0,215	-
B ₂	270,65	269,35	1,3	270	270±0,65	-
B ₃	6,575	6,425	0,15	6,5	6,5±0,075	-
B ₄	130,5	129,5	1,0	130	130±0,5	-
B ₅	130,125	129,875	0,25	130	130±0,125	-
B ₆	130,05	129,95	0,1	130	130±0,05	-
Z ₁	276,32	271,92	4,4	276,32	-	276,32 _{-4,4}
Z ₂	13,285	11,285	2,0	13,285	-	13,285 _{-2,0}
Z ₃	132,85	130,85	4,0	132,85	-	132,85±2,0

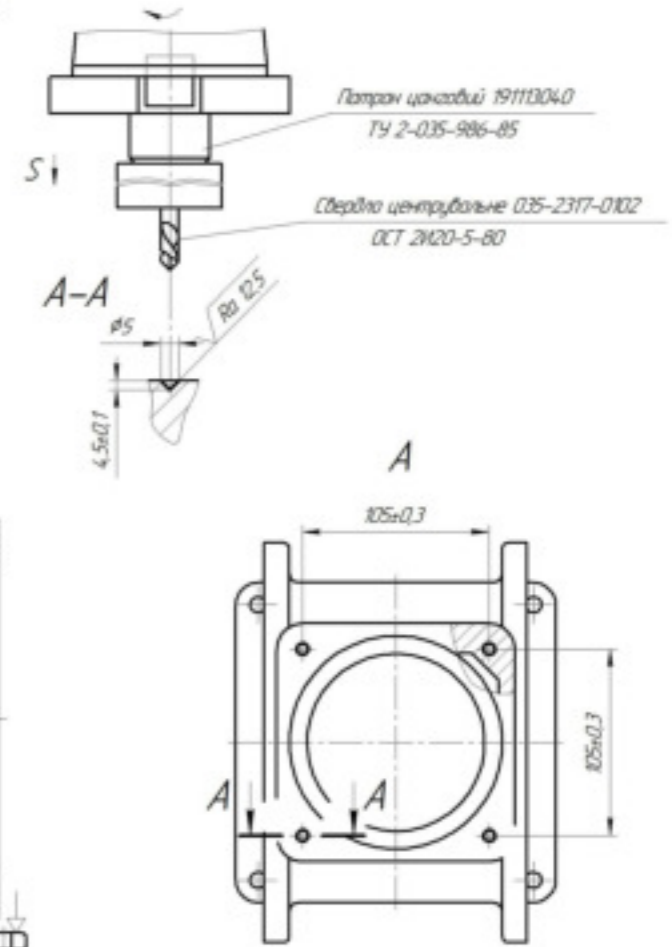
Перехід 2



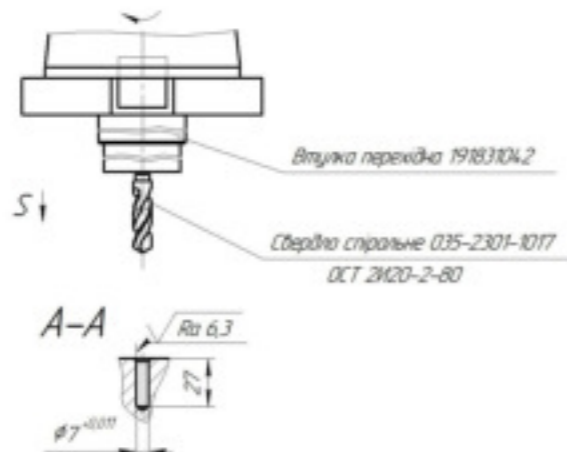
Перехід 3



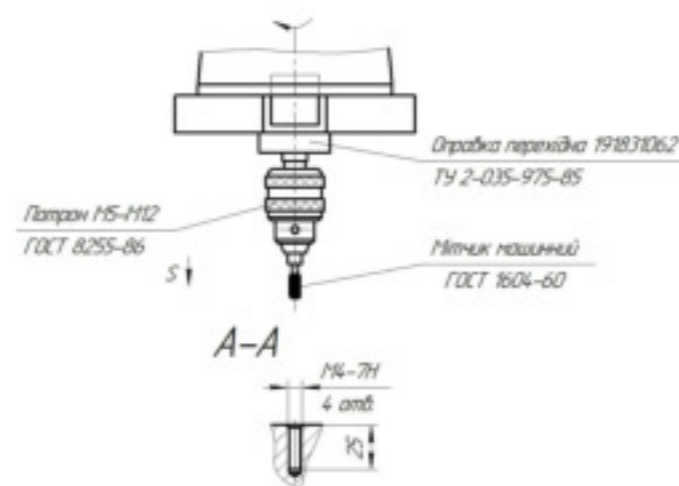
Перехід 4



Перехід 5



Перехід 6



№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
7	Зняти заготовку									
6	Нарізати різь М8-7H в 4 отворах 3	3,1	-	90	1,25					
5	Свердлити 4 отвори 3 під різьбу	10,5	3,35	500	0,28					
4	Центрувати 4 отвори 3	6,2	2,0	500	0,2					
3	Різати вилочку 2 однократно	60,2	4,0	160	0,2					
2	Фрезерувати под 1 однократно	62,8	4,5	125	250					
1	Встановити закріпити заготовку									

№		Назва операції		6Р13РФ3		V _{ср}		t _{мх}		p _{ср}		S _{ср}			
№		Обладнання		Режими різання											
08-64.МКР.013.00.500															
Карта налагоджень												Лист	1	Кількість	12
-												Лист	1	Листів	1
-												ВНТУ		ст. др. 2171-22м	

Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий маршрут</i>	<i>Удосконалений маршрут</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>8,5</i>	<i>8,5</i>
<i>Програма випуску, шт.</i>	<i>10000</i>	<i>10000</i>
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>13,4</i>	<i>11,69</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,72</i>	<i>0,76</i>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>233,92</i>	<i>185,72</i>
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	<i>7</i>	<i>3</i>
<i>Кількість основних робітників</i>	<i>14</i>	<i>3</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>5</i>	<i>4</i>
<i>Виробнича площа, м²</i>	<i>175</i>	<i>70</i>
<i>Собівартість одиниці продукції, грн.</i>	<i>456,45</i>	<i>316,98</i>
<i>Капітальні вкладання, грн.</i>	<i>–</i>	<i>1067666,01</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>513658,73</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>2,08</i>

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-64.МКР.013.01.000 СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
		1	08-64.МКР.013.01.100 СК	Затвор шлюзовий	4	
		2	08-64.МКР.013.01.200 СК	Зірочка натяжна	1	
		3	08-64.МКР.013.01.300 СК	Кожух	1	
		4	08-64.МКР.013.01.400 СК	Кронштейн	1	
		5	08-64.МКР.013.01.500 СК	Кронштейн	1	
		6	08-64.МКР.013.01.600 СК	Магнітний сепаратор	4	
		7	08-64.МКР.013.01.700 СК	Огородження	1	
		8	08-64.МКР.013.01.800 СК	Огородження	1	
		9	08-64.МКР.013.01.900 СК	Огородження	2	
		10	08-64.МКР.013.01.100 СК	Перехідник	3	
		11	08-64.МКР.013.01.110 СК	Перехідник	2	
		12	08-64.МКР.013.01.120 СК	Привід	1	
		13	08-64.МКР.013.01.130 СК	Циклон ЦРК ϕ 350	1	
		15	08-64.МКР.013.01.150 СК	Циклон ЦРК ϕ 250	1	
<u>Деталі</u>						
		18	08-64.МКР.013.01.018	Вал	2	
		19	08-64.МКР.013.01.019	Напівмуфта	1	
		20	08-64.МКР.013.01.020	Напівмуфта редуктора	1	
		21	08-64.МКР.013.01.021	Кільце	1	
			08-64.МКР.013.01.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Лозовський В.Г.				Лит.	Лист
Проб.	Регінський С.В.					1
Н.контр.	Сердюк О.В.				ВНТУ, ст. гр. 2ПМ-228	
Утв.	Козлов Л.Г.				Листов 3	
Батарея розвантажувачів						
Копіював				Формат А4		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		22	08-64.МКР.013.01.022	Прокладка	1	
		23	08-64.МКР.013.01.023	Палець	6	
		24	08-64.МКР.013.01.024	Прокладка	2	
		25	08-64.МКР.013.01.025	Прокладка	4	
		26	08-64.МКР.013.01.026	Зірочка	2	
		27	08-64.МКР.013.01.027	Прокладка	2	
		28	08-64.МКР.013.01.028	Муфта	4	
		29	08-64.МКР.013.01.029	Прокладка	4	
		30	08-64.МКР.013.01.030	Прокладка	2	
		31	08-64.МКР.013.01.031	Палець	4	
		32	08-64.МКР.013.01.032	Пластина	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти ГОСТ 7798-70		
		34		M8-6d×16.22H.05	8	
		35		M8-6d×25.56.019	80	
		36		M8-6d×30.56.019	16	
		37		M10-6d×20.56.019	2	
		38		M12-6d×28.56.019	4	
		39		M12-6d×60.22H.05	2	
				Гайки ГОСТ 5915-70		
		40		M8-6H.5.019	80	
		41		M12-6H.5.019	4	
		42		Гвинт M6×10,019 ГОСТ 50383-92	2	
				Шайби ГОСТ 6402-70		
		43		6.65Г.019	24	
		44		8.65Г.019	64	
		45		10.65Г.019	2	
		46		12.65Г.019	4	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	08-64.МКР.013.01.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 2	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Шайбы ГОСТ 11371-72		
		47		8.02.Ст.3.019	2	
		48		10.02.Ст.3.019	2	
		49		Шпінт 2×16 ГОСТ 397-79	4	
				Шпонки ГОСТ 23360-78		
		50		6×6×25	7	
		51		10×8×30	1	
		52		Ланцюг ПР-15.875-2300-2 ГОСТ 13568-75	1	n=100зв.
				L=1600 мм		
		53		Ланка П-ПР-15.875-2300-2	1	
		54		Ланка С-ПР-15.875-2300-2	1	
		55		СУ-1м-1-1-2.2	1	
				ТУ У 13342156.002-97		

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

08-64.МКР.013.01.000

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-26.МКР.000.01.101 СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
		1	08-26.МКР.000.01.101-01 СК	Ротор	1	
		2	08-26.МКР.000.01.101-02 СК	Кришка торцева	1	
		3	08-26.МКР.000.01.101-03 СК	Фланець-кришка	1	
<u>Деталі</u>						
		6	08-26.МКР.000.01.106	Кришка	1	
		7	08-26.МКР.000.01.107	Кільце спеціальне	1	
		8	08-26.МКР.000.01.108	Диск	1	
		9	08-26.МКР.000.01.109	Шайба	1	
		10	08-26.МКР.000.01.110	Корпус	1	
		11	08-26.МКР.000.01.111	Кришка упорна	1	
		12	08-26.МКР.000.01.112	Прокладка	1	
		13	08-26.МКР.000.01.113	Кільце	1	
		14	08-26.МКР.000.01.114	Вставка	1	
		15	08-26.МКР.000.01.115	Колесо	1	
08-26.МКР.000.01.101						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Лозовський В.Г.				Лит.	Лист
Проб.	Регінський С.В.					1
Н.контр.	Сердюк О.В.				Листов	
Утв.	Козлов Л.Г.				3	
Затвор шлюзовий					ВНТУ, ст. гр. 2ПМ-228	
Копіював					Формат А4	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № докл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби</i>		
		18		Болт М6-6д x 16.58.019 ГОСТ 7798-70	8	
		19		Болт М6-6д x 20.58.019 ГОСТ 7798-70	8	
		21		Шайба 6 65Г.019 ГОСТ 6402-70	8	
		22		Шайба 8 65Г.019 ГОСТ 6402-70	8	
		24		Кільце 1А47 ГОСТ 13941-86	1	
		25		Кільце СП-30-19-3,5 ГОСТ 6308-70	1	
		26		Кільце СП 37-24-5 ГОСТ 6308-71	1	
		28		Манжета 2 1-30 x 52-1 ГОСТ 8752-79	1	
		30		Підшипник 180205 ГОСТ 8882-75	1	
		31		Підшипник 180204 ГОСТ 8882-75	1	
		33		Шпонка 6 x 6 x 20 ГОСТ 23360-78	1	
08-26.МКР.000.01.101						

Інв. № подл.	Підп. і дата
Взам. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			08-64.МКР.013.01.100 СК	Складальне креслення		
<i>Складальні одиниці</i>						
A1	1		08-64.МКР.013.01.101 СК	Затвор шлюзовий	1	
<i>Деталі</i>						
		4	08-64.МКР.013.01.104	Корпус	1	
		5	08-64.МКР.013.01.105	Фланець	1	
		6	08-64.МКР.013.01.106	Шестерня	2	
		7	08-64.МКР.013.01.107	Колесо	1	
		8	08-64.МКР.013.01.108	Вал	1	
		9	08-64.МКР.013.01.109	Кришка	1	
		10	08-64.МКР.013.01.110	Диск	1	
		11	08-64.МКР.013.01.111	Шайба	1	
		12	08-64.МКР.013.01.112	Кільце	3	
		13	08-64.МКР.013.01.113	Продка	2	
		14	08-64.МКР.013.01.114	Продка	1	
		15	08-64.МКР.013.01.115	Табличка	1	
08-64.МКР.013.01.100						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Лозовський В.Г.				
Проб.		Регінський С.В.				
Н.контр.		Сердюк О.В.				
Утв.		Козлов Л.Г.				
Затвор				Лит. Лист Листов		
Затвор				1 3		
Затвор				ВНТУ, ст. гр. 2ГМ-22М		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби</i>		
		18		Болт М6-6д x 16.58.019 ГОСТ 7798-70	4	
		19		Болт М6-6д x 20.58.019 ГОСТ 7798-70	5	
		20		Болт М10-6д x 28.58.019 ГОСТ 7798-70	8	
		22		Гвинт М3 x 6 ГОСТ 17473-80	2	
		23		Гвинт М6 x 8 ГОСТ 1476-75	2	
		25		Шайба 6 65Г 019 ГОСТ 6402-70	4	
		26		Шайба 8 65Г 019 ГОСТ 6402-70	4	
		27		Шайба 10 65Г 019 ГОСТ 6402-70	8	
		29		Підшипник 204 ГОСТ 8338-75	1	
		30		Підшипник 205 ГОСТ 8338-75	1	
		32		Шпонка 5 x 5 x 20 ГОСТ 23360-78	1	
		33		Шпонка 6 x 6 x 20 ГОСТ 23360-78	1	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-64.МКР.013.01.100	
					Лист	2

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-64.МКР.013.01.100		Лист
														3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Інші вироби</u>		
		36		Електродвигун АИР 63В6 исп. 1М 2081 U=380 В; 50 Гц ТУ16-525.564.-86	1	N=0,25 кВт $n=16 \text{ с}^{-1}$ 1000 об/хв
				<u>Матеріали</u>		
		39		Герметик прокладка ТУ 2384-31-5666764-96		0,05 кг
		40		Олія ТАП-15В ГОСТ 23652-79		0,360 л