

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ
«СТУПИЦЯ ПВ 2308»
08-26.МКР.14.000.000.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1ПМ-18м
спеціальності 131 –

«Прикладна механіка»

Мединський Ю.І. _____

Керівник: к.т.н., доцент

Савуляк В.В. _____

Рецензент: д.т.н., професор

Макаров В.А. _____

Вінниця ВНТУ – 2019 року

Вінницький національний технічний університет
 Факультет машинобудування та транспорту
 Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний ступінь – «Магістр»
 Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

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

« ___ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мединський Юрій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Ступиця ПВ 2308»

керівник МКР доц., к.т.н. Савуляк В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ВНТУ від « 2 » жовтня 2019 _ року № 254 .

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі "Ступиця ПВ 2308", програма випуску деталі N = 4500

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Огляд технології виготовлення деталі типу "Ступиця ПВ 2308"; Технологічна частина; Розрахунок та планування ділянки механічного цеху; Аналіз впливу факторів процесу різання на точність поверхні за допомогою математичного планування експерименту; Економічна частина; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

Креслення деталі; креслення заготовки; маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень; загальний вид ділянки; аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість.

6. Консультанти розділів МКР

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Спеціальна частина | Савуляк В.В. доцент кафедри ТАМ | | |
| Економічна частина | Руда Л.П. доцент кафедри ЕПВМ | | |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ | | |

7. Дата видачі завдання « 4 » жовтня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів МКР | Строк виконання етапів МКР | Примітка |
|-------|---|----------------------------|----------|
| 1 | Визначення об'єкту та предмету дослідження | 10.10.2019 | |
| 2 | Аналіз відомих рішень, постановка задач | 20.10.2019 | |
| 3 | Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень | 22.10.2019 | |
| 4 | Розв'язання поставлених задач | 28.11.2019 | |
| 5 | Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів | 02.12.2019 | |
| 6 | Виконання розділу «Економічна частина» | 02.12.2019 | |
| 7 | Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» | 02.12.2019 | |
| 8 | Попередній захист МКР | 6.12.2019 | |
| 9 | Перевірка роботи на плагіат | 4.12.2019 | |
| 10 | Нормоконтроль МКР | 12.12.2019 | |
| 11 | Рецензування МКР | 13.12.2019 | |
| 12 | Захист МКР | 18.12.2019 | |

Студент _____
Керівник МКР _____

Анотація

Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Ступиця ПВ 2308»: дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Ю.І. Мединський. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

В магістерській кваліфікаційній роботі (МКР) розроблено та економічно обґрунтовано удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БА-01».

Для досягнення поставленої мети було проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Диск»; виконано аналіз та варіантний вибір, техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено два варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» з використанням верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено ділянку механічної обробки.

В економічній частині МКР розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення технологічного процесу та ділянки механічної обробки.

Відповідність впроваджених розробок вимогам безпеки та аналіз умов праці на розробленій ділянці механічної обробки приведений у розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях».

Матеріали, які представлені в роботі, ілюстративно доповнені графічною частиною, що виконана за допомогою прикладних комп'ютерних програм.

Abstract

Improvement of the technological process of machining the workpiece of the details of the type "Stock PV 2308": a thesis for obtaining an educational qualification level, master's degree in specialty 131 "Applied Mechanics" / Yu.I. Medinskiy/ - Vinnytsia National Technical University. - Vinnytsya, 2019.

In the master's qualifying work (MKR) the technological process of mechanical processing of the workpiece of the details of the type " Stock PV 2308" has been developed and economically substantiated.

To achieve this goal, an overview of the manufacturing technologies of the " Disk " type parts was conducted; the analysis and variant choice, the feasibility study of the method of manufacturing the workpiece; Two variants of mechanical processing of details of type " Stock PV 2308" with the use of CNC machines and the choice of the best of them for a minimum of reduced expenses were developed; dimensional-precise modeling of the advanced technological process; Cutting regimes and time standards are defined; the number of equipment and employees is calculated; the machining section has been improved.

In the economic part of the MKR the capital investments are calculated, the cost of mechanical processing of the workpiece, the payback period and the economic effect obtained as a result of the improvement of the technological process and the machining section.

Compliance with the developed safety requirements and the analysis of working conditions at the developed machining section is provided in the section "Occupational safety and security in emergencies".

Materials presented in the work, illustrated supplemented by the graphic part, executed with the help of applied computer programs.

ВСТУП

Актуальність. Розвиток технологій виготовлення деталей, підвищення конкуренції та розвиток технологій обробки металів призводить до принципових змін в побудові технологічних процесів. Інтенсифікація виробництва відбувається шляхом заміни ручної роботи працівників на універсальних верстатах на роботу меншої кількості кваліфікованих робітників, які виконують її на оброблювальних центрах та верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Застосування такого обладнання вимагає певної підготовки виробництва, в тому числі уточнення розмірів заготовки, параметрів технологічних операцій, побудови операцій механічної обробки, вибір схем базування тощо. Однак реалізація такого комплексу заходів дозволяє знизити вартість виготовлення деталей та підвищити їх якість.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

При цьому повинні бути вирішені такі **завдання:**

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- розробка варіантів маршруту механічної обробки з застосуванням верстатів з ЧПК;
- призначення режимів різання;
- визначення технічних норм часу;
- аналіз впливу факторів процесу різання на точність обробленої діаметральної поверхні;
- розрахунок кількості обладнання та працівників дільниці;
- проектування дільниці механічної обробки;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Ступиця ПВ 2308».

Методи дослідження. Математичне планування експерименту та статистична обробка експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. За допомогою повного трифакторного експерименту отримала подальший розвиток математична модель залежності шорсткості обробленої діаметральної поверхні деталі «Ступиця ПВ 2308» при точінні на токарному верстаті від таких факторів процесу різання як швидкість різання, подача та глибини різання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» та ділянки для його реалізації. При цьому запропоновані такі нові рішення:

- обґрунтовано вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки деталі «Ступиця ПВ 2308»;

- розроблено технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу;

- за допомогою математичного планування експерименту встановлено вплив режимів процесу різання (радіуса вершини різця, подачі та глибини різання) на шорсткість обробленої діаметральної поверхні деталі «Ступиця ПВ 2308» при точінні на токарному верстаті;

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час проведення наукових досліджень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів.

Публікація результатів. Результати опубліковані у вигляді тез електронної наукової конференції [1].

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ "СТУПИЦЯ ПВ 2308"

1.1 Сутність технічної проблеми

Виконання завдань, які поставлені темою роботи, допомагають в розробці декількох варіантів технологічного маршруту механічної обробки заданої деталі і спираючись на передові технології, інструмент, оснащення та обране обладнання для заданих умов виробництва (попередньо за масою деталі та заданим обсягом річного виготовлення – це умови середньосерійного типу) обрати найбільш техніко-економічно доцільний варіант і на його базі спроектувати ділянку механічного цеху. Виконання цієї роботи дозволить, в порівнянні з розглянутими прототипами, підвищити продуктивність праці, зменшити собівартість виробу, підвищити його якість, і, зокрема, підвищити гнучкість обладнання, що особливо важливо для умов дрібно- та середньосерійного типу виробництва, тому що в ньому, окрім заданої деталі, для забезпечення рекомендованої величини завантаження обладнання будуть оброблятися ще інші, подібні до заданої, деталі – таким обладнанням повинні бути спеціалізовані та багато інструментальні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Тому, доцільно для даного робочого місця застосувати засоби автоматизації основними цілями яких буде: підвищення продуктивності праці за рахунок впровадження верстатів з ЧПК, зниження часу виробництва, шляхом зменшення частки холостих переміщень і завдання більш жорстких характеристик протікання процесів, досягнення оптимальних умов проходження технологічного процесу за рахунок зменшення виконуваних функцій людиною.

Впровадження цих засобів дозволить, зменшити собівартість виробу, а також час на його обробку, підвищити його якість і, зокрема, підвищити гнучкість обладнання, що особливо важливо для умов дрібно та середньосерійного типу, тому що в ньому, окрім заданої деталі, для забезпечення рекомендованої величини завантаження обладнання будуть оброблятися ще інші, подібні до заданої деталі.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні вимоги на виготовлення [1]

Деталь типу «Ступиця ПВ 2308» виготовляється із сталі 40ХЛ і служить як сполучна частина механізму передачі руху. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням поверхонь обертання.

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішні циліндричні поверхні, та торцева поверхня, що служить для її приєднання до механізму чи пристрою.

Допоміжні конструкторські бази деталі – це зовнішні циліндричні поверхні.

Дану деталь можливо обробляти на верстатах з ЧПК;

Суміщення технологічної і вимірюваної баз можливе.

На креслені деталі допустимі відхилення розмірів відповідають шорсткості (більш точні поверхні мають меншу шорсткість) їх можна забезпечити на верстатах звичайної та високої точності. Вказані на кресленні деталі якості точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Конструкція деталі в цілому технологічна, нетехнологічні елементи відсутні. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

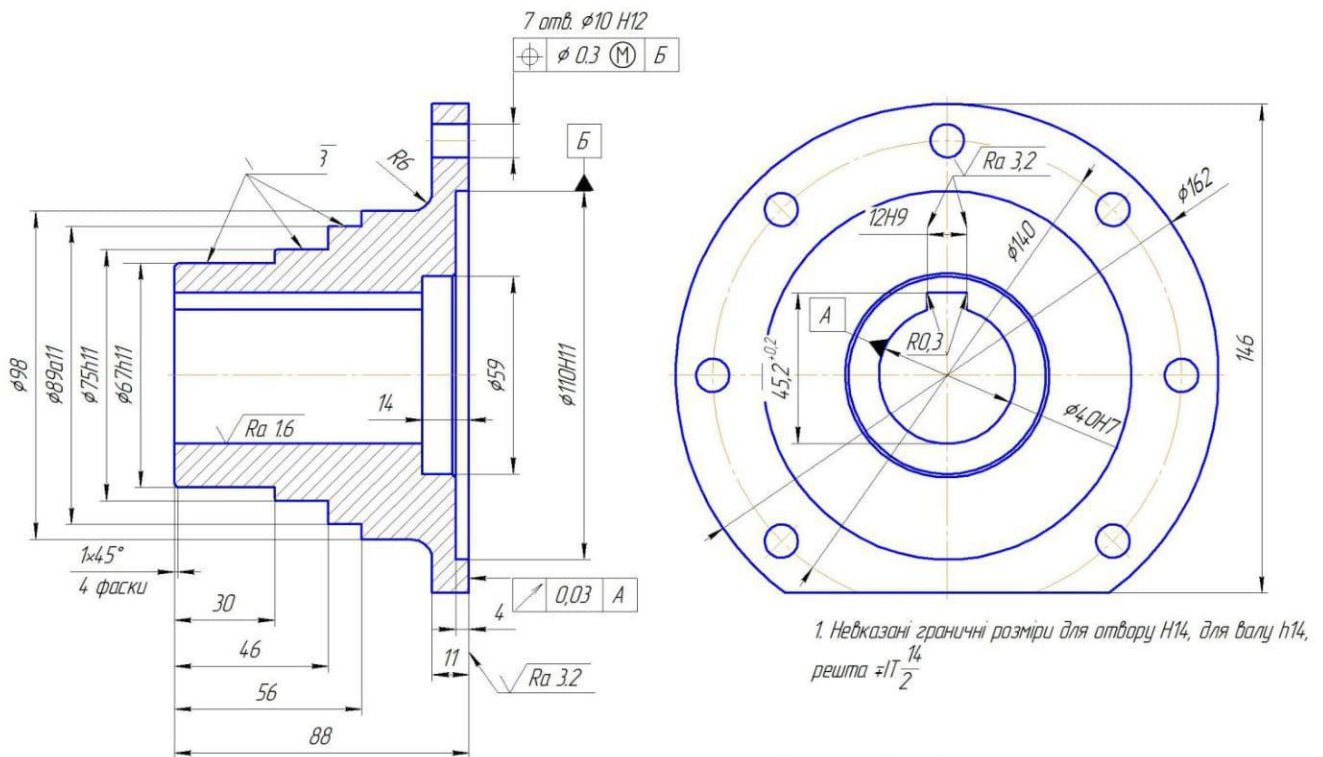


Рисунок 1.1 – Деталь “Ступиця ПВ 2308”

1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець» [2]

За конструкторськими ознаками деталь "Ступиця ПВ 2308" найбільш повно відноситься до класу фланців.

Типовий технологічний процес обробки деталі типу «Фланець» було розроблено на основі літературних даних [2].

При розробленні маршруту механічної обробки доцільно буде орієнтуватись на типовий технологічний процес для подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки дозволяє застосовувати одноманітне обладнання для виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого ТП.

Вид заготовки типової деталі: вилівок.

Матеріал типової деталі: СЧ20.

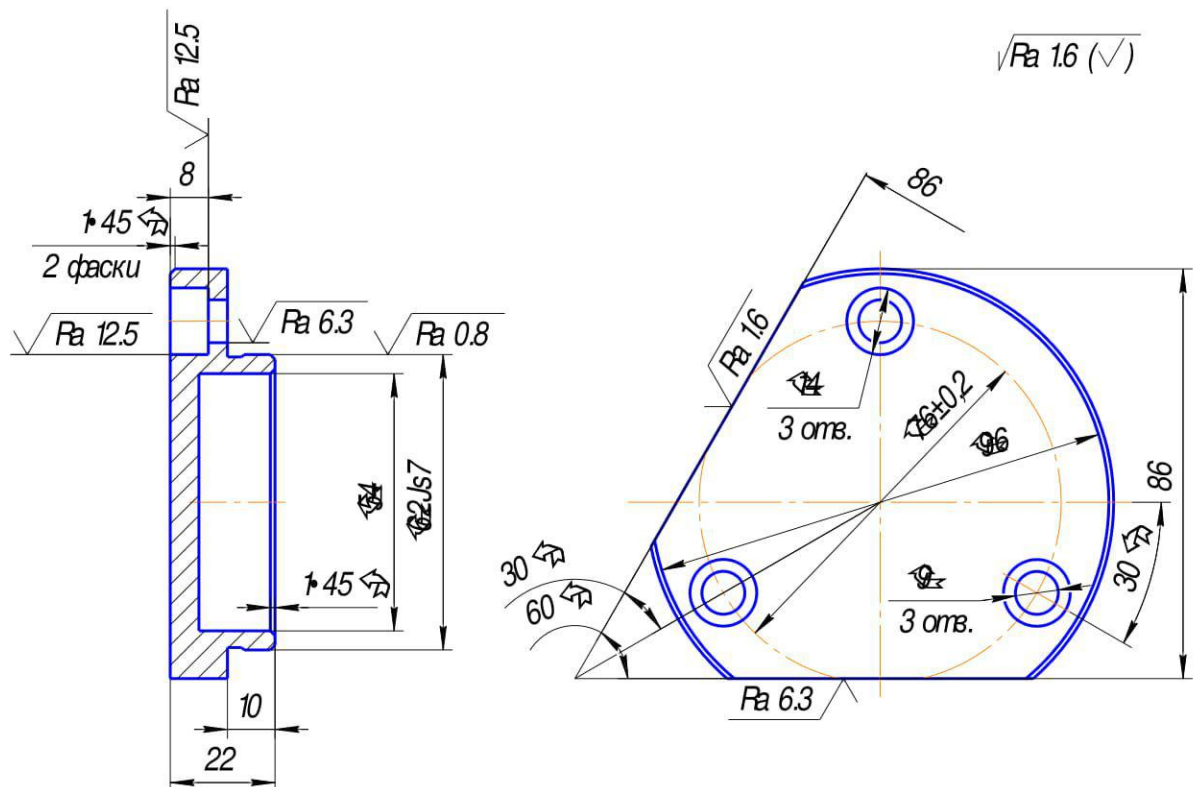


Рисунок 1.2 – Типова деталь типу «Фланець»

Таблиця 1.1 – Типовий маршрут механічної обробки деталі типу "Фланець"

| № операції | Найменування операції, і зміст технологічних переходів | Тип і модель верстата |
|------------|--|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 005 | Лиття | |
| 010 | Обробка і очистка вилівка | |
| 015 | Малярна | |
| 020 | Підрізати торець $\varnothing 62_{js7} / \varnothing 54$ і $\varnothing 96 / \varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B=3$ і фаски | Токарний патронний напівавтомат КТ141 |
| 025 | Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$ (технологічно) | Токарний напівавтомат КТ141 |

Продовження таблиці 1.1

| 1 | 2 | 3 |
|-----|--|--|
| 030 | Свердлити й зенкерувати чотири отвори Ø9/ Ø14, фрезерувати дві лиски в розмір 86 | Багатоцільовий свердлильно-фрезерний верстат 21105H7Ф4 |
| 035 | Затупити гострі кромки | Верстак механізований |
| 040 | Шліфувати поверхню Ø62 _s 7 із підшліфовкою торця Ø96 _s 7 остаточно | Універсально-шліфувальний 3У131ВМ |
| 045 | Промити деталь | Машина для миття |
| 050 | Технічний контроль | |
| 055 | Нанесення антикорозійного покриття | |

1.4 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Аналізуючи типовий технологічний процес механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308», який наведено у таблиці 1.1 відмітимо, що основним обладнанням є напівавтомати, що недоцільно в умовах середньоерійного виробництва. Тому, під час розробки удосконаленого маршруту механічної обробки намагатимусь застосовувати верстати з ЧПК. Це дозволить скоротити площу дільниці, кількість робітників, а також зменшити кількість різального і допоміжного інструментів та верстатних пристроїв.

Також недоліком типової технології є відносно велика кількість операції під час обробки деталі, коли це можна зробити на декількох верстатах ЧПК за меншу кількість операції, при цьому буде зменшена витрата часу на переустановку деталі

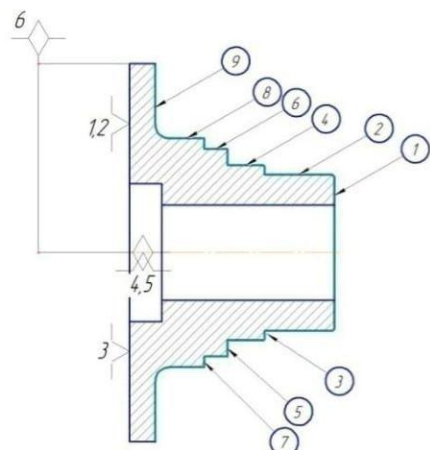
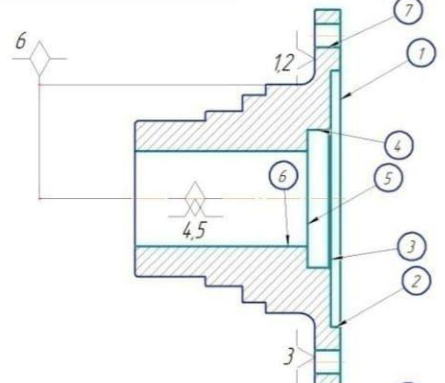
і до того ж деталь буде оброблятися за один установ, що значно зменшить похибку установлення.

1.5 Розробка модернізованого технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308»

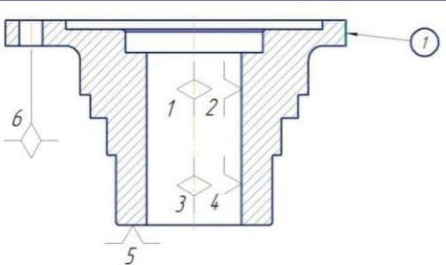
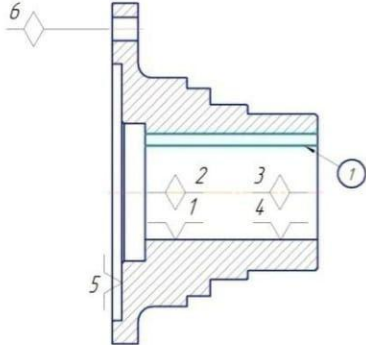
Базуючись на критичному аналізі прийнятого базового технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308», розробимо варіант модернізованого технологічного процесу:

Покажемо розроблений модернізований маршрут механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Модернізований маршрут механічної обробки деталі типу "Ступиця ПВ 2308"

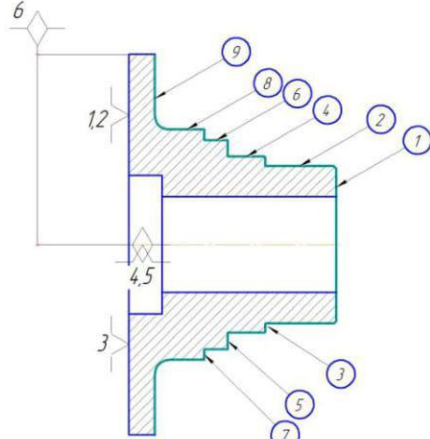
| № опер | Найменування операції. Зміст переходу | Схема базування деталі та ескіз обробки | Обладнання |
|--------|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | <p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 5, 7, 8, 9 однократно, поверхні 2, 4, 6 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 4, 6 остаточно. 4. Зняти заготовку.</p> |  | Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі ТВ34.0Ф30 |
| 010 | <p>Багатоцільова з ЧПК</p> <p>1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 4, 5, 8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо. 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. 4. Центрувати 8 отвір 7. 5. Свердлити 8 отвір 7 однократно. 6. Точити поверхню 6 попередньо. 7. Точити поверхню 6 остаточно. 8. Зняти заготовку.</p> |  | Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ПН-2017Ф-0 |

Продовження таблиці 1.2

| | | | |
|-----|---|--|--|
| 015 | <p>Горизонтально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Зняти заготовку |  | Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р82 |
| 020 | <p>Протяжна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти заготовку |  | Горизонтально-протяжний верстат моделі 7А612 |

Як альтернативний варіант можна розглянути маршрут механічної обробки представлений в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Альтернативний варіант модернізації маршруту механічної обробки деталі типу "Ступиця ПВ 2308"

| №опер | Найменування операції. Зміст переходу | Схема базування деталі та ескіз обробки | Обладнання |
|-------|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | <p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 5, 7, 8, 9 однократно, поверхні 2, 4, 6 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 4, 6 остаточно. 4. Зняти заготовку. |  | Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30 |

Продовження таблиці 1.3

| | | | |
|-----|---|--|--|
| 010 | <p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 4, 5, 8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо. 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. 4. Точити поверхню 6 попередньо. 5. Розвернути поверхню 6 остаточно. 6. Зняти заготовку. | | Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В340Ф30 |
| 015 | <p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати 8 отворів 1. 3. Свердлити 8 отворів 1. 4. Зняти заготовку. | | Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2 |
| 020 | <p>Горизонтально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Зняти заготовку | | Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6P82 |
| 020 | <p>Протяжна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти заготовку | | Горизонтально-протяжний верстат моделі 7А612 |

1.6 Розробка технічного завдання на МКР

1.6.1 Підстави для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудування необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при

проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

1.6.2 Мета і призначення МКР

а) мета – удосконалення технології механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» з урахуванням передових технологій і нових методів обробки подібних заготовок;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

1.6.3 Джерела розробки: завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

1.6.4 Вхідні дані для виконання МКР

При виконанні МКР в якості вихідних даних було задано:

- деталь типу «Ступиця ПВ 2308»;
- маса деталі $m = 3,46$ кг;
- річна програма випуску розрахункового представника – 4500 шт.;
- матеріал деталі – сталь 40ХЛ ГОСТ 977-75;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки деталі «Ступиця ПВ 2308» на базі автоматизованого обладнання з вибором оптимального варіанту.

1.6.5 Вимоги до виконання МКР

МКР повинна бути виконана в задані терміни згідно завдання, затвердженого кафедрою ТАМ.

При виконанні МКР забезпечити прийняття прогресивних інженерних рішень, що забезпечать досягнення поставленої мети.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

1.6.6 Етапи та стадії розробки

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 4 основних частин:

- спеціальна;
- економічна частина;
- охорона праці та безпека життєдіяльності;
- графічна.

На кожну частину, завдання видає викладач відповідної кафедри, контролює процес роботи та візує виконану роботу підписом у бланку завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Загальне керівництво магістерською кваліфікаційною роботою здійснює викладач випускної кафедри, він же керує виконанням спеціальної частини.

1.6.7 Економічні показники: термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції; економічна перевага в порівнянні з іншими.

1.6.8 Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, рецензія.

1.6.9 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист

МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, яка затверджена наказом ректора.

1.6.10 Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011 р.

1.6.11 Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

Копіювати заборонено

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності деталі

2.1.1 Якісна оцінка

Проаналізувавши умови роботи вузла та річну програму випуску, а також існуючу конструкцію можна зробити висновок, проте що дана деталь має конфігурацію середньої складності.

Оскільки вихідною заготовкою є штамповка, а більша частина поверхонь, що потребують механічної обробки мають високу точність, тому запровадження нових високопродуктивних методів обробки має принести бажане покращення якості та зменшення собівартості даного виробу.

У конструкції виробу є такі конструктивні елементи – лиска, паз, нормальної точності отвори та отвір із підвищеними вимогами точності, діаметральні поверхні із підвищеними та високими вимогами точності.

За результатами розробки креслення та перевірки залежності допустимих відхилень, шорсткостей від відхилень геометричної форми та взаємного розміщення поверхонь можна зробити висновок, що залежності відповідають вимогам.

Враховавши конфігурацію деталі, а також розглянувши відомі методи проведення вимірювання та асортимент доступного вимірювального інструменту можна зробити висновок, що при обробці всіх зовнішніх та внутрішніх поверхонь можна виконати безпосереднє вимірювання одержаних розмірів.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Знайдемо коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

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

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, [шт];

Q_e – загальна кількість елементів, [шт].

Для розрахунку даного коефіцієнта створюється таблиця лінійних, діаметральних, кутових розмірів, різьб та інших конструктивних елементів в які заносяться розміри, що вказані на кресленні деталі та відмічається які з них є уніфіковані. Результати аналізу заносяться до зведеної таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Визначення коефіцієнта уніфікації

| Лінійні розміри | Діаметральні розміри | Кутові розміри | Шорсткість | Різь |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 88 | Ø98 | | 12,5 (19)* | |
| 56* | Ø89 | | 6.3 (3) | |
| 46 | Ø75* | | 3.2 (3)* | |
| 30* | Ø67* | | 1,6 (1)* | |
| 11* | Ø10(7 отв.)* | | | |
| 4* | Ø59 | | | |
| 14* | Ø110* | | | |
| 45,2 | Ø40* | | | |
| 12* | Ø140* | | | |
| 146 | Ø162 | | | |
| $\Sigma_{\text{заг.}} = 10$ | $\Sigma_{\text{заг.}} = 16$ | $\Sigma_{\text{заг.}} = 0$ | $\Sigma_{\text{заг.}} = 26$ | $\Sigma_{\text{заг.}} = 0$ |
| $\Sigma_{\text{уніф.}} = 6$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 12$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 0$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 26$ | $\Sigma_{\text{уніф.}} = 0$ |

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 / \text{Ш}_{\text{ср}} ; \quad (2.2)$$

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{n_i}, \quad [\text{МКМ}] \quad (2.3)$$

де $Ш_i$ – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю $Ш_i$. Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Відповідно до наведених даних отримаємо:

$$Ш_c = 267.6 / 26 = 10.29$$

$$K_{ш} = 1 / 10.29 = 0,097 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт шорсткості

| Шорсткість | Кількість поверхонь | Розрахунок |
|------------|---------------------|-------------------------|
| 1,6 | 1 | $1,6 \cdot 1 = 1,6$ |
| 3,2 | 3 | $3,2 \cdot 3 = 9,6$ |
| 6,3 | 3 | $6,3 \cdot 3 = 18,9$ |
| 12,5 | 19 | $12,5 \cdot 19 = 237,5$ |
| Всього: | 26 | 267,6 |

3) Коефіцієнт точності визначається (таблиця 2.3):

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.4)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.5)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру;

n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i ..

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності

| Квалітет | Кількість розмірів | Розрахунок |
|----------|--------------------|---------------------|
| 7 | 1 (40H7) | $7 \cdot 1 = 7$ |
| 9 | 1 (12H9) | $9 \cdot 1 = 9$ |
| 11 | 4 | $11 \cdot 4 = 44$ |
| 12 | 7 | $12 \cdot 7 = 84$ |
| 14 | 13 | $14 \cdot 13 = 182$ |
| Всього | 26 | 326 |

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 326 / 26 = 12.53$$

$$K_T = 1 - 1/12.53 = 0,92$$

За даним показником деталь є також технологічною. Отже, деталь "Ступиця ПВ 2308" технологічна за якісними і кількісними показниками.

2.2 Попереднє визначення типу та організації форми виробництва

Тип виробництва [4] визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} \leq 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво;

$40 < K_{з.о.}$ – одиничне виробництво.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308».

Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі:

- Точити поверхню $\varnothing 67h11$ попередньо.
- Підрізати торець $\varnothing 162$ однократно.
- Розточити отвір $\varnothing 40H7$ попередньо.
- Розточити отвір $\varnothing 40H7$ попередньо.
- Фрезерувати лиску .

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, для кожного переходу формули для розрахунку записані в таблицю 2.4. Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K \quad [хв] \quad (2.7)$$

де φ_K – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

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

де $N = 4500$ шт. – річна програма випуску деталі “ Ступиця ПВ 2308”; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2040$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Наприклад, при точінні поверхні $\varnothing 67$ отримаємо:

$$C_{p1} = \frac{4500 \cdot 0,2}{60 \cdot 2040 \cdot 0.8} = 0.03 (шт.)$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого

більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P (по одному верстату на кожне робоче місце).

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

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

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

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

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

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

$$\sum O_i = 26,78 + 5,36 + 17,47 + 6,28 + 6,79 = 62,67$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P=9$. Відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о}$:

$$K_{з.о} = 62,67/5 = 12,53$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.4. Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – середньо серійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і

розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

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

де 254 кількість робочих днів в року;

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.12)$$

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,27 + 0,26 + 0,6 + 14,44 + 0,23 + 0,63 + 2,7 + 0,73 + 1,73) / 9 = 2,4 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{2,4 \cdot 0,8} = 495,8 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

| № п/п | Зміст технологічних переходів | $T_{осн}$, хв | Φ_k | $T_{шт.к.}$, хв | C_p | P | $\eta_{з.ф.}$ | O | $K_{з.о.}$ |
|----------|---|-------------------|----------|---------------------|-------|-----|---------------|-------|------------|
| 1 | Точити поверхню $\varnothing 67h11$ попередньо | 0,15 | 1,3 | 0,20 | 0,030 | 1 | 0,030 | 26,78 | 12,53 |
| 2 | Підрізати торець $\varnothing 162$ однократно | 0,75 | | 0,98 | 0,149 | 1 | 0,149 | 5,36 | |
| 3 | Розточити отвір $\varnothing 40H7$ попередньо | 0,23 | | 0,30 | 0,046 | 1 | 0,046 | 17,47 | |

Продовження таблиці 2.4

| № п/п | Зміст технологічних переходів | T _{осн.} , хв | φ _к | T _{шт.к.} , хв | C _p | P | η _{з.ф.} | O | K _{з.о.} |
|----------|-------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------------------|----------------|---|-------------------|-------|-------------------|
| 4 | Розточити отвір Ø40H7 попередньо | 0,64 | | 0,83 | 0,127 | 1 | 0,127 | 6,28 | |
| 5 | Фрезерувати лиску | 0,57 | 1,35 | 0,77 | 0,118 | 1 | 0,118 | 6,79 | |
| 6 | Всього | 2,34 | | 3,07 | | 5 | | 62,67 | |

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{4500}{254} = 17,78 \approx 18 \text{ (шт.)}$$

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

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.13)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (4 дні).

$$n = \frac{4500 \cdot 4}{254} = 71 \text{ (шт.)}$$

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 71 штука

2.3 Розробка маршруту механічної обробки заготовки

2.3.1 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготовки з розробкою 3D моделі заготовки

Таблиця 2.5 – Порівняльна характеристика різних способів виготовлення заготовки деталі типу «Ступиця ПВ 2308»

| Спосіб | Суть способу | Переваги | Недоліки | Область застосування |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Кування | Нагріту заготовку укладають на нижній бойок і універсальним інструментом – верхнім бойком – послідовно деформують на окремих ділянках заготовки. Метал вільно тече в сторони, не обмежені робочими поверхнями інструменту, у якості якого застосовують плоскі чи фігурні (вирізні) бойки, а також різний підкладний інструмент. | Готові поковки мають різні форму та масу: від кількох грамів до 300 т і більше | Відходи становлять 25-30% маси заготовки, із них 2-3% – це окалина, яка утворилася за одне нагрівання заготовки. Чим складніша форма заготовки, тим більше разів її нагрівають. | Кування важких поковок (до 250 т і більше) типу валів, гідрогенераторів, турбінних дисків, колінчастих валів суднових двигунів, валків прокатних станів і т.д. Поковки меншої маси (десятки і сотні кілограмів) можна виготовляти і куванням, і штампуванням. |
| Гаряче штампування на молотах | Молотовий штамп являє собою два сталевих бойки (матриця і пуансон), що мають в площині роз'єму виїмки, які відповідають конфігурації деталі. Під дією сили удару молота або тиску преса нагріта заготовка деформується і заповнює порожнину штампа | невеликі вимоги до фаховості працівників; отримані вироби мають менший припуск на оброблення; різанням; точніша форма штамповок; вища продуктивність. | Обмеженість маси штамповок (0,3-100 кг, у деяких випадках – до 1,5 т); кожна нова штамповка потребує виготовлення нового штампа | Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа, для виготовлення зубчасті колеса, важелі, перемикачі чашки, ступиці |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--|---|---|--|
| Штампування ГKM | Штампування на ГKM здійснюється в штампах із двома площинами рознімання, що складаються з трьох частин: нерухомої і рухомої матриць та пуансона. Подвійний роз'єм штампів дає можливість штампувати більшість поковок без штампувальних нахилів і облою. | ГKM виготовляють із зусиллям на головному повзуні 5...31,5 МН; на них можна обробляти прутки діаметром до 270 мм. | За продуктивністю ГKM не поступаються кривошипним гарячештампувальним пресам, але вартість їх у 1,5 рази вища і вони менш універсальні, ніж молоти і преси | Призначені для штампування висаджуванням деталей, що не вимагають штампування по всій довжині а також для прошивання . |
| Гаряче штампування на механічних пресах | Найбільш прогресивний метод об'ємного штампування. Такі преси з зусиллям 6,3...100 МН використовують для одержання поковок різної форми із сортового чи періодичного прокату у відкритих і закритих штампах, у тому числі видавлюванням. | Велика кількість ходів у хвилину (35...90) забезпечує високу продуктивність. Сталість ходу повзуна і застосування штампів з напрямними колонками дає можливість досягти вищої точності поковок порівняно із штампуванням на молотах. Наявність виштовхувачів дозволяє зменшити штампувальні нахили. | необхідність точного визначення маси заготовок; заготовки не повинні мати окалини; не можна застосовувати протяжний підкатний рівчак; вартість пресів у 3...4 рази вища, ніж молотів. | Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа. Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, порожнисті корпуси |

Провівши порівняльну характеристику даних методів вибираємо два способи штампування: штампування на ГKM та Гаряче штампування на механічних пресах зокрема з використанням КГШП.

Таблиця 2.6 – Порівняння способів виготовлення заготовки

| Спосіб виготовлення поковки | Гаряче штампування на механічних пресах | Штампування на ГKM |
|------------------------------------|---|--|
| Тип виробництва | С,М | С, М |
| Матеріал поковок, штамповок | Сталі, кольорові метали | Сталі, кольорові метали |
| Маса поковок, кг | 0,1... 1000 | 0,5... 100 |
| Припуски на сторону, мм | 0,5...3.0 | 1,5...3,25 |
| Штампувальні нахили, град. | 3...7 | В матрицях 1...7, в пуансоні 0,25...2,0 |
| Точність, що досягається, квалітет | 13... 17 | 13... 17 |
| Шорсткість поверхні R_a , мкм | 160...20 | 160...20 |
| Орієнтовні розміри партії, шт. | Для важких заготовок 2500... 3000, для середніх, дрібних 4000... 10000 | Стійкість до повного зношування матриць 24000...64000, пуансонів 3000... 11000 |
| Відносна собівартість, % | 86... 100 | 70... 75 |
| Технологічні особливості | Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа | Симетричні та асиметричні стрижні із суцільними і полими головками фланцями |
| Область застосування | Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, порожнисті корпуси | Кільця, гайки, втулки, вали з фланцями |

Проаналізувавши дані таблиці можемо зробити висновок що два способи виготовлення заготовки є доцільними і мають місце для застосування, але доцільніше буде використати штампування на КГШП.

2.3.1.2. Розрахунок розмірів заготовки для двох способів виготовлення поковок

Таблиця 2.7 – Вибір норм точності штампованих заготовок

| Вихідні дані норми точності | Штамповка на ГKM | | Штамповка на КГШП | |
|--|------------------|----------|-------------------|----------|
| | ГОСТ 7505-89 | Прийнято | ГОСТ 7505-89 | Прийнято |
| Клас точності | T4-T5 | T4 | T2-T3 | T2 |
| Марка матеріалу | M2 | M2 | M2 | M2 |
| Ступінь складності | C4 | C4 | C4 | C4 |
| Індекс | 17 | 17 | 11 | 11 |
| Конфігурація поверхні роз'єднання штампу | П | П | П | П |

А. Штампування на ГKM

1. Клас точності.

Штампування на ГKM дає клас точності T4-T5 згідно з рекомендаціями приймаємо менше значення для середньосерійного виробництва відповідно T4.

2. Марка матеріалу.

Приймаємо марку матеріалу M2 так як в нас сталь 40X вміст вуглецю більше 0,35 %, але менше 0,65%, сумарний вміст легуючих елементів 2,94%.

3. Ступінь складності.

Розраховуємо масу штампованої поковки

$$Q_n = Q_{\text{дет}} * K_p, [\text{кг}]$$

де $Q_{\text{дет}}=3,48$ кг маса деталі;

$K_p=1.3$ – в умовах середньосерійного виробництва від 1.3-1.6.

$$Q_n = 3,48 * 1,3 = 4,52 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо масу найпростішої фігури $Q_{\text{ф}}$

а) визначаємо вид фігури в нашому випадку циліндр

б) визначаємо об'єм циліндра

$$V_{\text{ц}} = 3,14 * (162 * 1,05)^2 * 88 * 1,05 = 8,4 * 10^6 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

Визначаємо масу циліндра

$$Q_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} * \rho = 8,4 * 10^6 * 7,82 * 10^{-6} = 65,68 \text{ (кг)}.$$

Розраховуємо співвідношення $4,52/65,68=0,07$.

Приймаємо ступінь складності С4 так як 0,07 менше 0,16.

4. Індекс

Визначаємо індекс згідно таблиці приймаємо 17

5. Конфігурація поверхні роз'єднання штампу Плоска

Б.Штамування на КГШП

1. Клас точності.

Штамування на КГШП закрите дає клас точності Т2-Т3 згідно з рекомендаціями приймаємо менше значення для середньосерійного виробництва відповідно Т2.

2. Марка матеріалу.

Приймаємо марку матеріалу М2 так як в нас сталь 40Х вміст вуглецю більше 0,35 % але менше 0,65%, сумарний вміст легуючих елементів 2,94%.

3. Ступінь складності.

Розраховуємо масу штампованої поковки

$$Q_n = Q_{\text{дет}} * K_p, [\text{кг}]$$

де $Q_{\text{дет}}=3,48$ кг маса деталі;

$K_p=1.3$ – в умовах середньосерійного виробництва від 1.3-1.6.

$$Q_n = 3,48 * 1,3 = 4,52 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо масу найпростішої фігури $Q_{\text{ф}}$

а) визначаємо вид фігури в нашому випадку циліндр

б) визначаємо об'єм циліндра

$$V_{\text{ц}} = 3,14 * (162 * 1,05)^2 * 88 * 1,05 = 8,4 * 10^6 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

Визначаємо масу циліндра

$$Q_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} * \rho = 8,4 * 10^6 * 7,82 * 10^{-6} = 65,68 \text{ (кг)}.$$

Розраховуємо співвідношення $4,52/65,68=0,07$

4. Індекс

Визначаємо індекс згідно таблиці приймаємо 11.

5. Конфігурація поверхні роз'єднання штамп Пласка

Визначаємо розміри для випадку штампування на ГKM

А) Вибір основних припусків відповідно до вихідного індексу і шорсткості:
 162 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 2,7; 98 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо 3; 75 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо 3; 40 індекс 17 шорсткість 1,6 приймаємо 3; 11 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 2; 88 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 2,6; 46 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 2,4.

Б) Додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа

Таблиця 2.8 – Розрахунок розмірів для штампування на ГКМ

| | Розрахункові розміри | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | Ø162 | Ø98 | Ø75 | Ø40 | 11 | 88 | 46 |
| Основний припуск | 2,7 | 3 | 3 | 3 | 2,0 | 2,6 | 2,4 |
| Зміщення по поверхні | 0,3 | 0,3 | - | 0,3 | - | - | - |
| Вигнутості | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Розміри заготовки | | | | | | |
| | 169 | 105,6 | 82,6 | 32,4 | 16,6 | 94,2 | 46,2 |
| Допуски розмірів | $5,0^{+3,3}_{-1,7}$ | $4^{+2,7}_{-1,3}$ | $4^{+2,7}_{-1,3}$ | $4,0^{+1,3}_{-2,7}$ | $3,6^{+2,4}_{-1,2}$ | $4,5^{+3,0}_{-1,5}$ | $4^{+2,7}_{-1,3}$ |
| На зміщення по поверхні роз'єднання | 0,7 | | | | | | |
| По вигнутості | 1 | | | | | | |
| Радіусів заокруглень | 2 | | | | | | |
| Величини облою | 0,9 | | | | | | |
| Висота облою | 5 | | | | | | |
| Від концентричності | 1,5 | | | | | | |

Призначаються відповідно до маси поковки та класу точності відповідно в нашому випадку маса 3,48 кг клас точності Т4 площа роз'єму плоска відповідно приймаємо 0,3.

В) Для врахування вигнутості відхилення від площинності, прямолінійності.

Призначається відповідно до класу точності в нашому випадку Т4 та найбільшого габаритного розміру $\emptyset 162$ мм відповідно приймаємо 0,5.

Г) Розраховуємо розміри заготовки відповідно до рекомендацій

$$D_1 = 162 + 2 \cdot t = 162 + 2 * (2,7 + 0,3 + 0,5) = 169 \text{ (мм)}.$$

$$D_2 = 46 + t - e = 46 + (2,6 + 0,5) - (2,4 + 0,5) = 46,2 \text{ (мм)}.$$

$$D_3 = 88 + t + y = 88 + (2,6 + 0,5) + (2,6 + 0,5) = 94,2 \text{ (мм)}.$$

$$D_4 = 11 + t + y = 11 + (2,6 + 0,5) + (2,0 + 0,5) = 16,6 \text{ (мм)}.$$

$$D_5 = 98 + 2 \cdot t = 98 + 2 * (3 + 0,3 + 0,5) = 105,6 \text{ (мм)}.$$

$$D_6 = 75 + 2 \cdot t = 75 + 2 * (3 + 0,3 + 0,5) = 82,6 \text{ (мм)}.$$

$$D_7 = 40 - 2 \cdot t = 40 - 2 * (3 + 0,3 + 0,5) = 32,4 \text{ (мм)}.$$

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі.

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Д) Вибір основних допусків відповідно до вихідного індексу і шорсткості :

162 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $5,0_{-1,7}^{+3,3}$; 98 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо $4,0_{-1,3}^{+2,7}$; 75 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо $4,0_{-1,3}^{+2,7}$; 40 індекс 17 шорсткість 1,6 приймаємо $4,0_{-2,7}^{+1,3}$; 11 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $3,6_{-1,2}^{+2,4}$; 88 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $4,5_{-1,5}^{+3,0}$; 46 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $4,0_{-1,3}^{+2,7}$.

Ж) Допустимі величини зміщення по поверхні роз'єднання штампа встановлюється залежно від маси заготовки 3,48 кг та класу точності Т4 – в нашому випадку 0,7;

Е) Допустимі величини залишкового облою встановлюється залежно від маси заготовки 3,48 кг та класу точності Т4 – в нашому випадку 0,9;

Л) Допустимі відхилення від вигнутості – 1,0;

М) Від концентричності – 1,5 мм;

И) Вибираємо радіус заокруглення зовнішніх поверхонь 4 мм та допуск на радіуси заокруглень – 1 мм;

Ш) Призначаємо штампувальні нахили: для зовнішніх поверхонь 0,25-5° приймаємо 3° для внутрішніх поверхонь 1-7° приймаємо 3,5°

Визначимо розміри заготовки для випадку штампування на КГШП.

Таблиця 2.9 – Розрахунок розмірів для штампування на КГШП

| | Розрахункові розміри | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Ø162 | Ø98 | Ø75 | Ø40 | 11 | 88 | 46 |
| Основний припуск. | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,2 | 1,5 | 1,4 |
| Зміщення по поверхні | 0,2 | 0,2 | - | 0,2 | - | - | - |
| Вигнутості | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Розміри заготовки | | | | | | | |
| | 165,8 | 102 | 78,6 | 35,6 | 13,1 | 91,4 | 46,1 |
| Допуски розмірів | $2,5^{+1,6}_{-0,9}$ | $2,0^{+1,3}_{-0,7}$ | $2,0^{+1,3}_{-0,7}$ | $2,0^{+0,7}_{-1,3}$ | $1,6^{+1,1}_{-0,5}$ | $2,2^{+1,4}_{-0,8}$ | $2,0^{+1,3}_{-0,7}$ |
| На зміщення по поверхні роз'єднання | 0,5 | | | | | | |
| По вигнутості | 0,5 | | | | | | |
| Радіусів заокруглень | 4 | | | | | | |
| Величини облою | 0,7 | | | | | | |
| Висота облою | 6 | | | | | | |
| Від концентричності | 0,8 | | | | | | |

А) Вибір основних припусків відповідно до вихідного індексу і шорсткості :
 162 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 1,5; 98 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо 1,6; 75 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо 1,6; 40 індекс 17 шорсткість 1,6 приймаємо 1,8; 11 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 1,2; 88 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 1,5; 46 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо 1,4.

Б) Додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа

Призначаються відповідно до маси поковки та класу точності відповідно в нашому випадку маса 3,48 кг клас точності Т2 площа роз'єму плоска відповідно приймаємо 0,2.

В) Для врахування вигнутості відхилення від площинності, прямолінійності.

Призначається відповідно до класу точності в нашому випадку Т2 та найбільшого габаритного розміру Ø 162 мм відповідно приймаємо 0,2.

Г) Розраховуємо розміри заготовки відповідно до рекомендацій

$$D_1 = 162 + 2 \cdot t = 162 + 2 * (1,5 + 0,2 + 0,2) = 165,8 \text{ (мм);}$$

$$D_2 = 46 + t - e = 46 + (1,5 + 0,2) - (1,4 + 0,2) = 46,1 \text{ (мм);}$$

$$D_3 = 88 + t + y = 88 + (1,5 + 0,2) + (1,5 + 0,2) = 91,4 \text{ (мм);}$$

$$D_4 = 11 + t + y = 11 + (1,5 + 0,2) + (1,2 + 0,2) = 13,1 \text{ (мм);}$$

$$D_5 = 98 + 2 \cdot t = 98 + 2 * (1,6 + 0,2 + 0,2) = 102 \text{ (мм);}$$

$$D_6 = 75 + 2 \cdot t = 75 + 2 * (1,6 + 0,2) = 78,6 \text{ (мм);}$$

$$D_7 = 40 - 2 \cdot t = 40 - 2 * (1,8 + 0,2 + 0,2) = 35,6 \text{ (мм).}$$

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі.

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Д) Вибір основних допусків відповідно до вихідного індексу і шорсткості :

162 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $2,5_{-0,9}^{+1,6}$; 98 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо $2,0_{-0,7}^{+1,3}$; 75 індекс 17 шорсткість 6,3 приймаємо $2,0_{-0,7}^{+1,3}$; 40 індекс 17

шорсткість 1,6 приймаємо $2,0_{-1,3}^{+0,7}$; 11 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $1,6_{-0,5}^{+1,1}$; 88 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $2,2_{-0,8}^{+1,4}$; 46 індекс 17 шорсткість 12,5 приймаємо $2,0_{-0,7}^{+1,3}$.

Ж) Допустимі величини зміщення по поверхні роз'єднання штампа встановлюється залежно від маси заготовки 3,48 кг та класу точності Т2 – в нашому випадку 0,5;

Е) Допустимі величини залишкового облою встановлюється залежно від маси заготовки 3,48 кг та класу точності Т2 – в нашому випадку 0,7;

Л) Допустимі відхилення від вигнутості – 0,5;

М) Від концентричності – 0,8 мм;

И) Вибираємо радіус заокруглення зовнішніх поверхонь 4 мм та допуск на радіуси заокруглень – 0,5 мм;

Ш) Призначаємо штампувальні нахили: для зовнішніх поверхонь 3-5° приймаємо 3° для внутрішніх поверхонь 5-7° приймаємо 6°

Призначення технічних вимог на поковку отриману штампуванням на ГКМ.

Клас точності штамповки Т4-М2-С4

Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 4 мм.

Допустима величина залишкового облою 0,9 мм.

Допустиме зміщення по площі роз'єму штампа 0,3 мм.

Допуски відхилення від концентричності 1,5 мм.

Невказані допуски радіусів заокруглень 1мм.

Допуск відхилення від площинності 1 мм.

Призначення технічних вимог на поковку отриману штампуванням на КГШП (закрите).

Клас точності штамповки Т2-М2-С4.

Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 4 мм.

Допустиме зміщення по площі роз'єму штампа 0,2 мм.

Допуски відхилення від концентричності 0,8 мм.

Невказані допуски радіусів заокруглень 0,5 мм.

Допуск відхилення від площинності 0,5 мм.

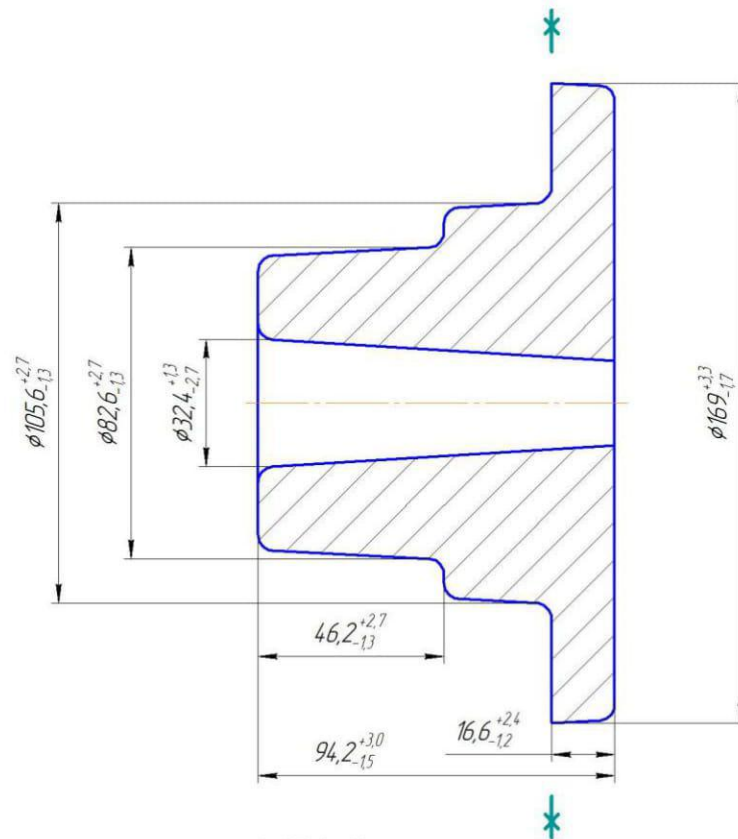


Рисунок 2.1 – Виготовлення заготовки штампуванням на ГКМ

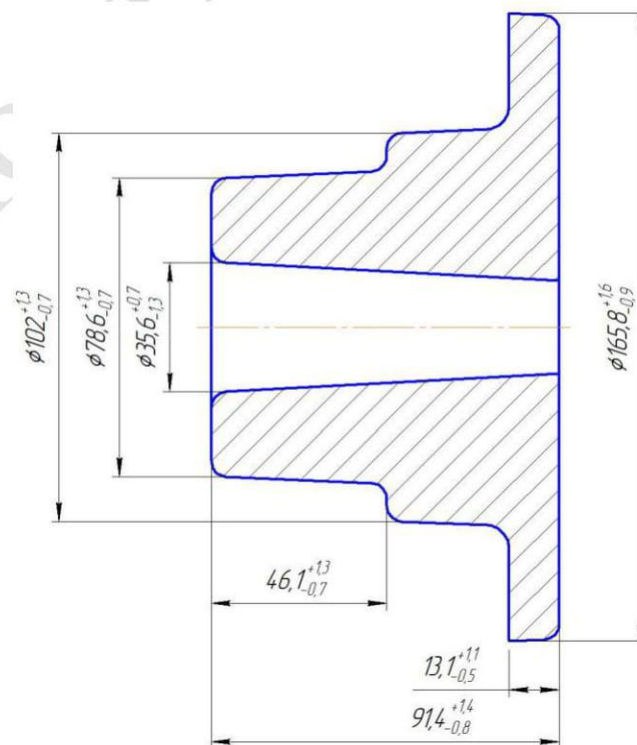


Рисунок 2.2 – Виготовлення заготовки штампуванням на КГШП

Визначення маси заготовки за допомогою програми КОМПАС 3D методом побудови 3D-моделі

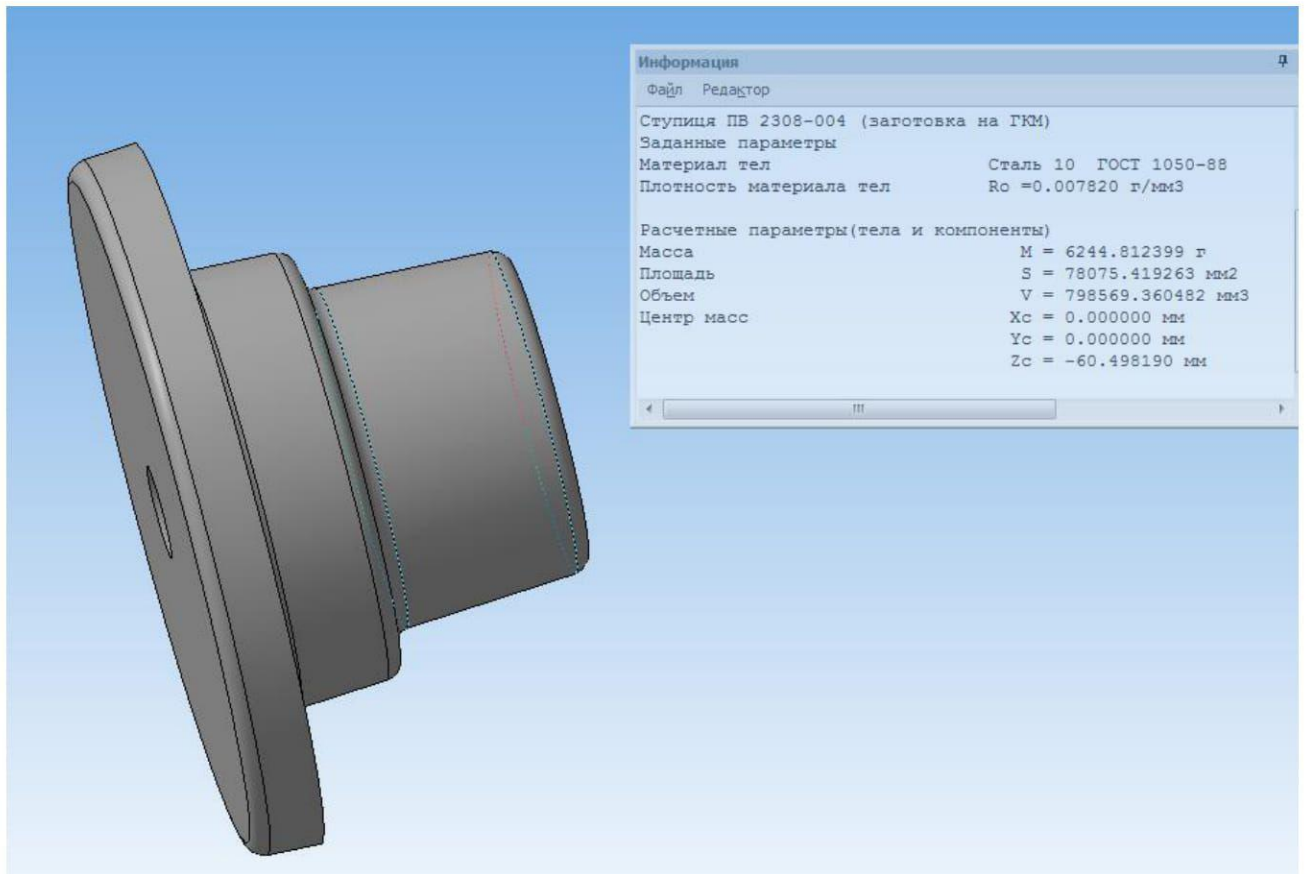


Рисунок 2.3 – Виготовлення поковки на ГКМ

Маса заготовки на ГКМ $m = 6,24$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки для виготовлення на ГКМ:

$$K_{\text{ГКМ}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{3,48}{6,24} = 0,557$$

Маса заготовки на КГШП $m = 5,65$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки для випадку виготовлення на КГШП

$$K_{\text{ГКМ}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{3,48}{5,65} = 0,616$$

Розраховуємо умовну вартість штампованих заготовок

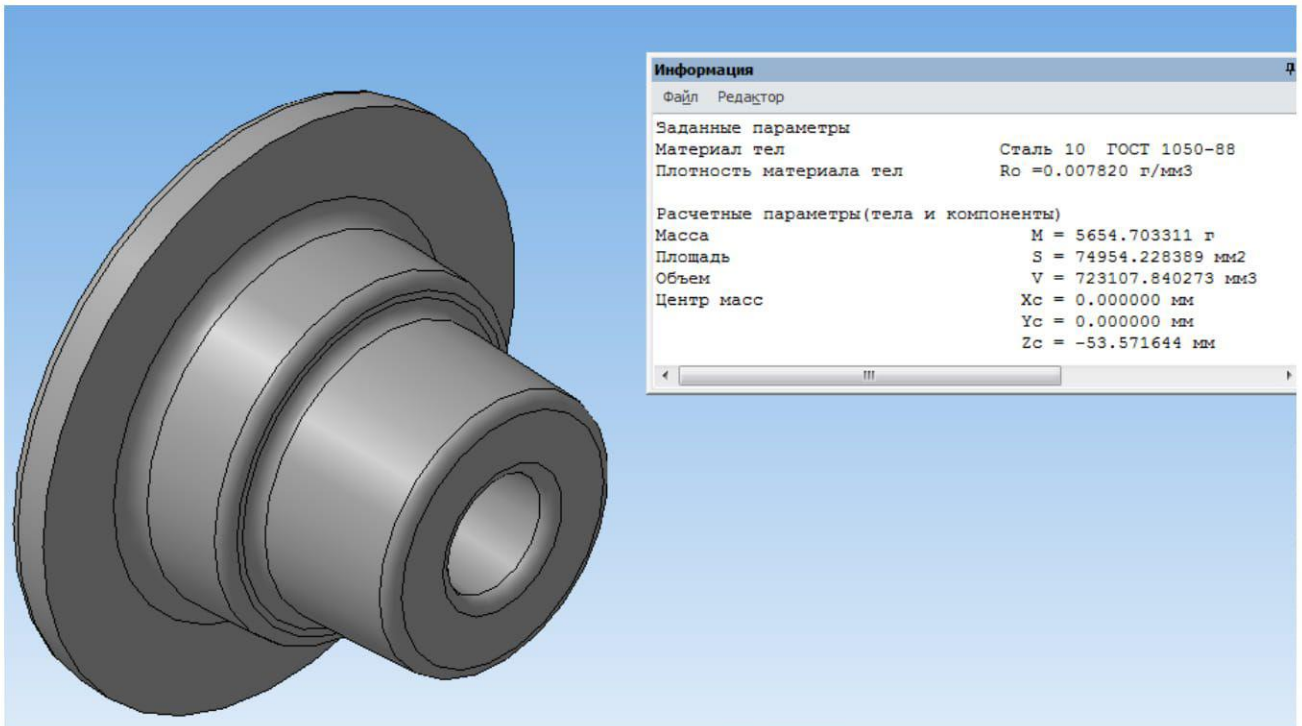


Рисунок 2.4 – Виготовлення поковки на КГШП

Умовна вартість отримання поковки при штампуванні на ГКМ.

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{Q_{\text{заг}} * C_{\text{шт}} * K_T * K_M * K_C * K_B * K_{\Pi}}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} C_{\text{від}}$$

де: $C_{\text{шт}} = 13730$; $Q_{\text{заг}} = 6,24$ кг; $K_T = 1,05$; $K_M = 1,13$; $K_C = 1$; $K_B = 0,8$; $K_{\Pi} = 1,0$; $C_{\text{від}} = 530$.

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{6,24 * 13730 * 1,05 * 1,13 * 1 * 0,8 * 1}{1000} - \frac{(6,24 - 3,48)}{1000} * 530 = 79,86$$

(гр.о.)

Для визначення вартості отримання на КГШП: $C_{\text{шт}} = 13730$; $Q_{\text{заг}} = 5,65$ кг; $K_T = 1,05$; $K_M = 1,13$; $K_C = 1$; $K_B = 0,8$; $K_{\Pi} = 1,0$; $C_{\text{від}} = 530$

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{5,65 * 13730 * 1,05 * 1,13 * 1 * 0,8 * 1}{1000} - \frac{(5,65 - 3,48)}{1000} * 530 = 72,48$$

(гр.о.).

Порівнявши аналіз собівартості виготовлення заготовки вибираємо спосіб виготовлення заготовки штампуванням на КГШП так як це економічно доцільніше.

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

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

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [3]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdots \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdots \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdots \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.14)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d , – допуск деталі.

T_3 , – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи

попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 40H7$, враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорного точіння) складає 1,0 мм:

$$\varepsilon = 1,0/0,025 = 40$$

Отже можна проводити обробку за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 6$$

$$\varepsilon_2 = 4$$

$$\varepsilon_3 = 1,5$$

$$\varepsilon_4 = 1,12$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_5 = \varepsilon / (\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4) \quad (2.15)$$

Тобто:

$$\varepsilon_4 = 40 / (6 \cdot 4 \cdot 1,5) = 1,11$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 1,0/6 = 0,167 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,167/4 = 0,042 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,042/1,5 = 0,028 \text{ (мм)}$$

$$T_4 = 0,028/1,12 = 0,025 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (12 квалітет точності); точіння попереднє (9 квалітет точності); точіння остаточне (8 квалітет точності) та точіння тонке (7 квалітет точності).

Зведемо для всіх поверхонь результати розрахунку кількості переходів і способів обробки поверхонь в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Зміст та кількість переходів для обробки поверхонь

| Поверхня | Кількість переходів | Зміст переходів |
|----------|---------------------|---|
| Ø40H7 | 4 | 1) розточування чорнове 2) розточування напівчистове 3) розточування чистове 4) шліфування чорнове |
| Ø67h11 | 2 | 1) точіння чорнове 2) точіння напівчистове |
| Ø75h11 | 2 | 1) точіння чорнове 2) точіння чистове |
| Ø10H12 | 1 | 1) центрувати отвір 2) свердлити отвір |
| Ø89a11 | 2 | 1) точіння чорнове 2) точіння напівчистове |
| Ø110H11 | 2 | 1) розточування чорнове 2) розточування напівчистове |
| 12Н9 | 1 | 1) протягування однократне |

Решта поверхонь обробляється по 14 квалітету і може бути отримано за 1 перехід.

Типізація механічної обробки вносить одноманітність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму, скорочує строки проектування і покращує якість проекту, дозволяє впроваджувати обладнання і оснастку на базі типових схем і уніфікованих складальних одиниць.

2.3.3 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в трьохкулачковому патроні (рис. 2.5а).

При такій схемі базування похибка базування рівна нулю для всіх отримуваних розмірів та дозволяє забезпечити всі вимоги до взаємного розташування і форми поверхонь оскільки:

1) для лінійних розмірів 30, 46, 56, 88, 14, 4 – обробка відбувається з одного установа;

2) для діаметральних поверхонь похибка базування рівна нулю за визначенням;

3) для допусків розташування похибка базування дорівнює нулю, оскільки обробка відбувається з одного установа, або по причині співпадіння конструкторських і технологічних баз.

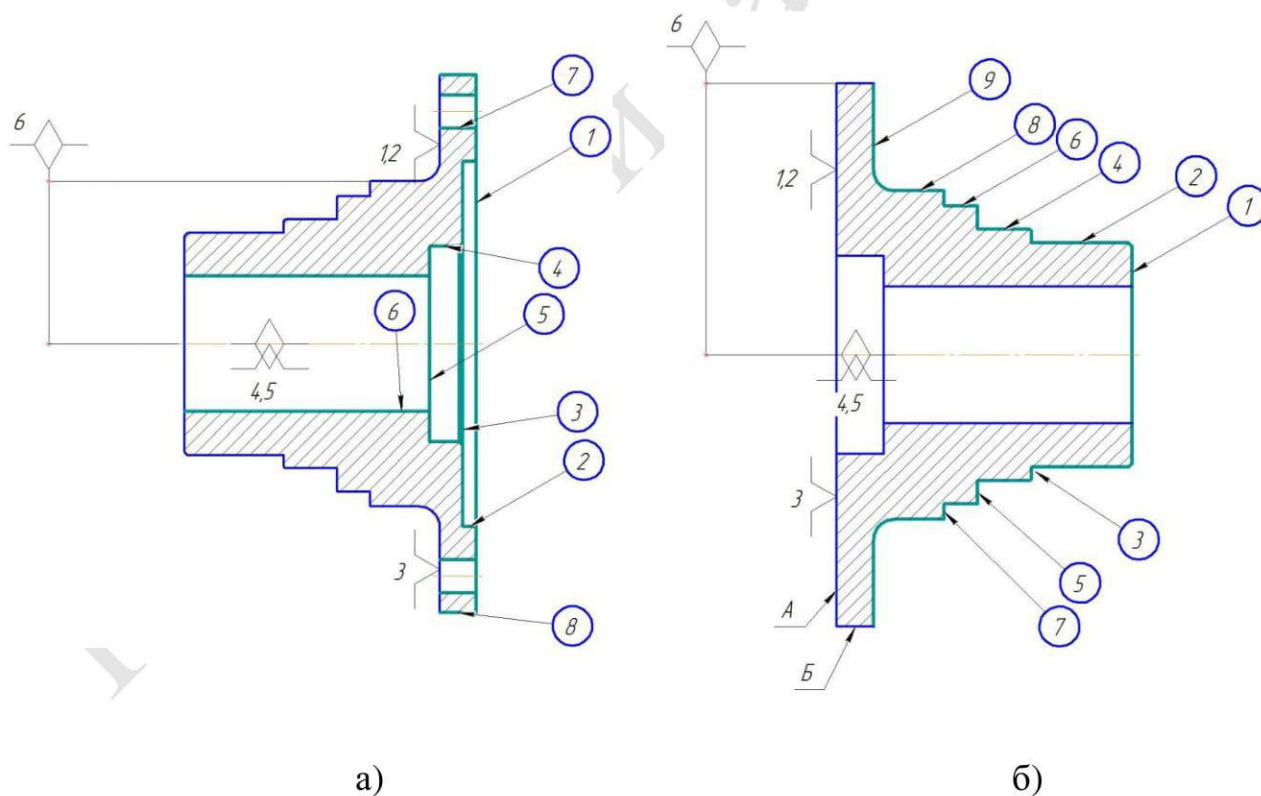


Рисунок 2.5 – Чистові (а) та чорнові (б) технологічні бази

Аналогічна схема базування запропонована для чорнових технологічних баз – трьохкулачковий патрон. Під час вибору чорнових баз вирішуємо задачу зняття мінімального і рівномірного припуску, для цього за базу вибрана поверхня А та зовнішню поверхню Б (рис. 2.5б).

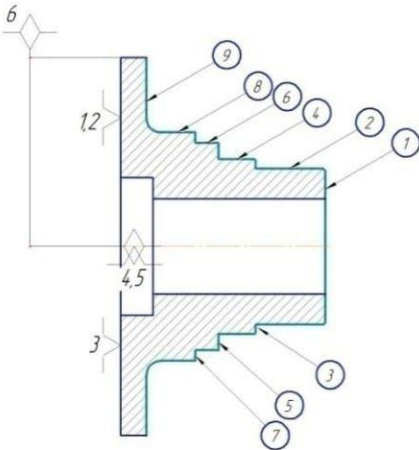
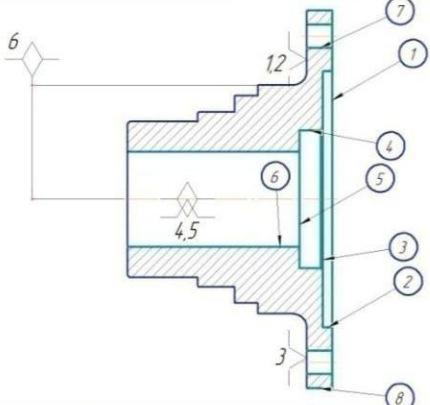
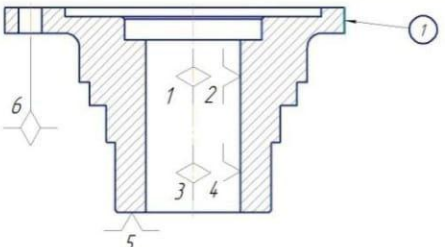
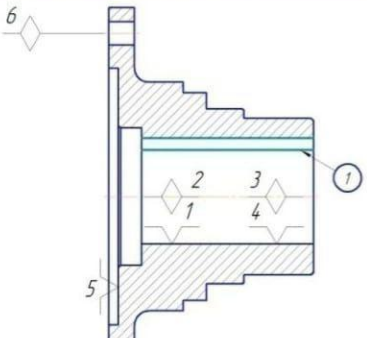
Оскільки в процесі виготовлення необхідно отримувати різьбові отвори зміщені відносно осі, то можна застосувати свердлильний верстат і виділити обробку різьбових отворів в окрему операцію, або використати обладнання (токарне) з можливістю свердління неосьових отворів та нарізання у них різей. Крім того, обладнання повинно володіти здатністю обробляти поверхні підвищеної точності - це верстати класу П (підвищена точність). Ще однією вимогою до обладнання є кількість інструментів, що може розміщуватись в інструментальному магазині. Таким чином, на основі вищевикладеного, для обробки деталі "Ступиця ПВ 2308" доцільно застосовувати токарно-револьверні верстати підвищеної або високої точності з інструментальним магазином на 12 одиниць, максимальним діаметром оброблюваної деталі більшим за 180 мм.

2.3.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки модернізованого технологічного процесу

Як бачимо із креслення деталі (рис. 1.1) у даному випадку ми маємо декілька точних поверхонь із певними вимогами розташування відносно баз. Ці вимоги точності та розташування поверхонь ми повинні досягти при обробці. Тому, розробимо два альтернативних маршрути механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308», виходячи із техніко-економічних міркувань та креслення деталі, враховуючи технологічні можливості виробництва, застосувавши конструкторські навички, здобуті під час навчання.

Покажемо їх у вигляді таблиць 2.11 та 2.12.

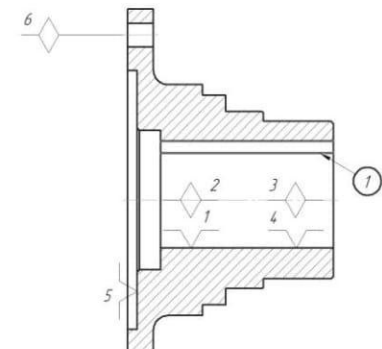
Таблиця 2.11 – Запропонований маршрут механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» (варіант 1)

| № опер | Найменування операції. Зміст переходу | Схема базування деталі та ескіз обробки | Обладнання |
|--------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | <p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 5, 7, 8, 9 однократно, поверхні 2, 4, 6 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 4, 6 остаточно. 4. Зняти заготовку. |  | Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34,09Ф30 |
| 010 | <p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 4, 5, 8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо. 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. 4. Центрувати в отвір 7. 5. Свердлити в отвір 7 однократно. 6. Точити поверхню 6 попередньо. 7. Точити поверхню 6 остаточно. 8. Зняти заготовку. |  | Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ПМ20ПФ40 |
| 015 | <p>Горизонтально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Зняти заготовку. |  | Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р82 |
| 020 | <p>Протяжна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти заготовку. |  | Горизонтально-протяжний верстат моделі 7А612 |

Таблиця 2.12 – Запропонований маршрут механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» (варіант 2)

| №опер | Найменування операції. Зміст переходу | Схема базування деталі та ескіз обробки | Обладнання |
|-------|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | <p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 5, 7, 8, 9 однократно, поверхні 2, 4, 6 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 4, 6 остаточно. 4. Зняти заготовку. | | Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі ВБ340Ф30 |
| 010 | <p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 4, 5, 8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо. 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. 4. Точити поверхню 6 попередньо. 5. Розвернути поверхню 6 остаточно. 6. Зняти заготовку. | | Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі ВБ340Ф30 |
| 015 | <p>Вертикально-свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати в отвірід 1. 3. Свердлити в отвірід 1. 4. Зняти заготовку. | | Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2 |
| 020 | <p>Горизонтально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Зняти заготовку | | Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р82 |

Продовження таблиці 2.12

| | | | |
|-----|--|--|---|
| 020 | <p><i>Протягувальна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти заготовку |  | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Горизонтально-протяжний верстат модель 7А612</p> |
|-----|--|--|---|

2.3.5 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів по мінімуму приведених витрат

Критерієм оптимальності маршруту механічної обробки є забезпечення найменших витрат. Тому із розроблених двох альтернативних варіантів потрібно вибрати той, що забезпечить меншу цехову собівартість.

Цехова собівартість (грн) операції механічної обробки складає:

$$C_o = \frac{C_{п-в} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot k_b}, [\text{грн}] \quad (2.16)$$

де $C_{п-в}$ – цехові годинні приведені витрати, грн/год; $T_{ш-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання операції, хв, k_b – коефіцієнт виконання норм (в машинобудуванні $k_b = 1,05$).

Значення $C_{п-в}$ для моделей металорізальних верстатів, що використовуються для виготовлення деталі наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Годинні приведені затрати

| Модель верстату | Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$, коп/год |
|-----------------|---|
| 1П420ПФ40 | 48,1 |
| 1В340Ф30 | 39,0 |
| 2Р135Ф2 | 36,5 |

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = C_{п.з} \cdot T_{шт} / (60 \cdot K_v) \text{ [грн.],} \quad (2.17)$$

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

$T_{шт}$ - штучний час на виконання операції. Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Нормуються операції, які відрізняються у різних варіантах маршруту механічної обробки, тобто операції 010 і 015 у другому варіанті та операція 010 у першому варіанті маршруту механічної обробки.

Таблиця 2.14 – Основний час на виконання операцій першого та другого маршрутів механічної обробки

| № | Зміст технологічних переходів | Формула для розрахунку $T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв | Параметри обробки, мм | $T_{осн}$, хв | ϕ_k | $T_{шт.к.}$, хв |
|---|---|--|--|----------------|----------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1-й варіант маршруту механічної обробки | | | | | | |
| 010 | 2. Точити по контуру поверхні 1,3,4,5,8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо | $0,045D_1(D_1-d_1)$ $+0,068D_2l_2+$ $0,045D_3(D_3-d_3)$ $+0,068D_4l_4+$ $0,045D_5(D_5-d_5)$ $+0,068D_6l_6 +$ $0,075D_7l_7$ | $D_1=162, d_1=110$ $D_2=110, l_2=4$ $D_3=110, d_3=59$ $D_4=59, l_4=10$ $D_5=59, d_5=40$ $D_6=40, l_6=74$ $D_7=162, l_7=11$ | 1,086 | 1.3 | 2,54 |

Продовження таблиці 2.14

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|--|--|--|-------|------|------|
| | 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. | $0,019D_1l_1$ $0,019D_2l_2$ | $+ D_1=110, l_1=4$ $D_2=40, l_2=74$ | 0,065 | | |
| | 2. Розвернути поверхню 6 остаточно | $0,88Dl$ | $D=40, l=74$ | 0,26 | | |
| | 2. Центрувати 8 отворів 1 | $0.56Dl$ | $D=4, l=3$ | 0,054 | | |
| | 3. Свердли 8 отворів 1 | $0.56Dl$ | $D=10, l=11$ | 0,492 | | |
| 2-й варіант маршруту механічної обробки | | | | | | |
| 010 | 2. Точити по контуру поверхні 1,3,4,5,8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо | $0,045D_1(D_1-d_1)$ $+0,068D_2l_2+$ $0,045D_3(D_3-d_3)$ $+0,068D_4l_4+$ $0,045D_5(D_5-d_5)$ $+0.068D_6l_6 +$ $0,075D_7l_7$ | $D_1=162, d_1=110$ $D_2=110, l_2=4$ $D_3=110, d_3=59$ $D_4=59, l_4=10$ $D_5=59, d_5=40$ $D_6=40, l_6=74$ $D_7=162, l_7=11$ | 1,086 | 1.3 | 1,84 |
| | 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. | $0,019D_1l_1$ $0,019D_2l_2$ | $+ D_1=110, l_1=4$ $D_2=40, l_2=74$ | 0,065 | | |
| | 2. Розвернути поверхню 6 остаточно | $0,88Dl$ | $D=40, l=74$ | 0,26 | | |
| 015 | 2. Центрувати 8 отворів 1 | $0.56Dl$ | $D=4, l=3$ | 0,054 | 1.35 | 0,67 |
| | 3. Свердли 8 отворів 1 | $0.56Dl$ | $D=10, l=11$ | 0,492 | | |

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]} \quad (2.18)$$

де φ_k - коефіцієнт, що визначається типом обладнання.

Технологічна собівартість операції 005, що виконується на верстаті 1П420ПФ40 буде рівна :

$$C_o = 2,54 \cdot 48,1 / (1,3 \cdot 60) = 1,56 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховується технологічна собівартість усіх інших операцій. Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технологічна собівартість операцій

| Тип верстату | $T_{шт}$, хв | $C_{п.з.}$, коп/хв | C_o , грн. |
|--|---------------|---------------------|--------------|
| Перший варіант маршруту механічної обробки | | | |
| 1П420ПФ40 | 2,54 | 48,1 | 1,56 |
| Другий варіант маршруту механічної обробки | | | |
| 1В340Ф30 | 1,84 | 39,0 | 0,72 |
| 2Р135Ф2 | 0,67 | 36,5 | 0,25 |
| Всього | | | 0,97 |

З таблиці 2.15 слідує, що доцільно використовувати другий із запропонованих маршрутів механічної обробки, із використанням токарно-револьверного та свердлильного верстатів.

2.3.6 Розробка технологічних операцій

2.3.6.1 Призначення послідовності переходів

Розташування технологічних розмірів вибираємо таким чином, щоб забезпечити розмірну прив'язку поверхонь, що обробляються на одній операції з поверхнями, які не обробляються на даній операції, або визначають взаємне розташування оброблених поверхонь між собою.

При розташуванні технологічних розмірів, варіант вибору баз, коли співпадають конструкторські та технологічні бази, є найоптимальнішим. При

цьому похибка базування відсутня і немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів.

Варіант проставлення технологічних розмірів наведений в розмірній схемі технологічного процесу. Розміри заготовки визначає (беруться до уваги лінійні розміри) довжини зовнішніх циліндричних ступенів штапованої заготовки – розміри з позначенням «З».

Технологічні розміри «В» характеризують послідовний процес механічної обробки, за яким утворюються конструкторські розміри «К» зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів.

До розгляду прийняті операції 005 та 010 на яких утворюються основні лінійні розміри, а обробка фасок та кріпильних отворів на розмірній схемі не розглядалась (рисунок 2.6).

2.3.6.2 Розмірно-точносте моделювання технологічного процесу

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [8], для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

Таблиця 2.16 – Попередні допуски технологічних розмірів

| Розмір | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₅ | B ₆ | B ₇ | B ₈ | Z ₁ | Z ₂ | Z ₃ |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Квалітет | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | | | |
| Допуск, мм | 1,4 | 0,52 | 0,62 | 0,7 | 0,74 | 0,43 | 0,3 | 0,43 | 2.2 | 1,6 | 2 |

Таблиця 2.17 – Конструкторські розміри

| Конструкторський розмір | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 88 | 11 | 56 | 46 | 30 | 4 | 14 |
| Допуск, мм | 0,87 | 0,43 | 0,7 | 0,62 | 0,52 | 0,3 | 0,43 |

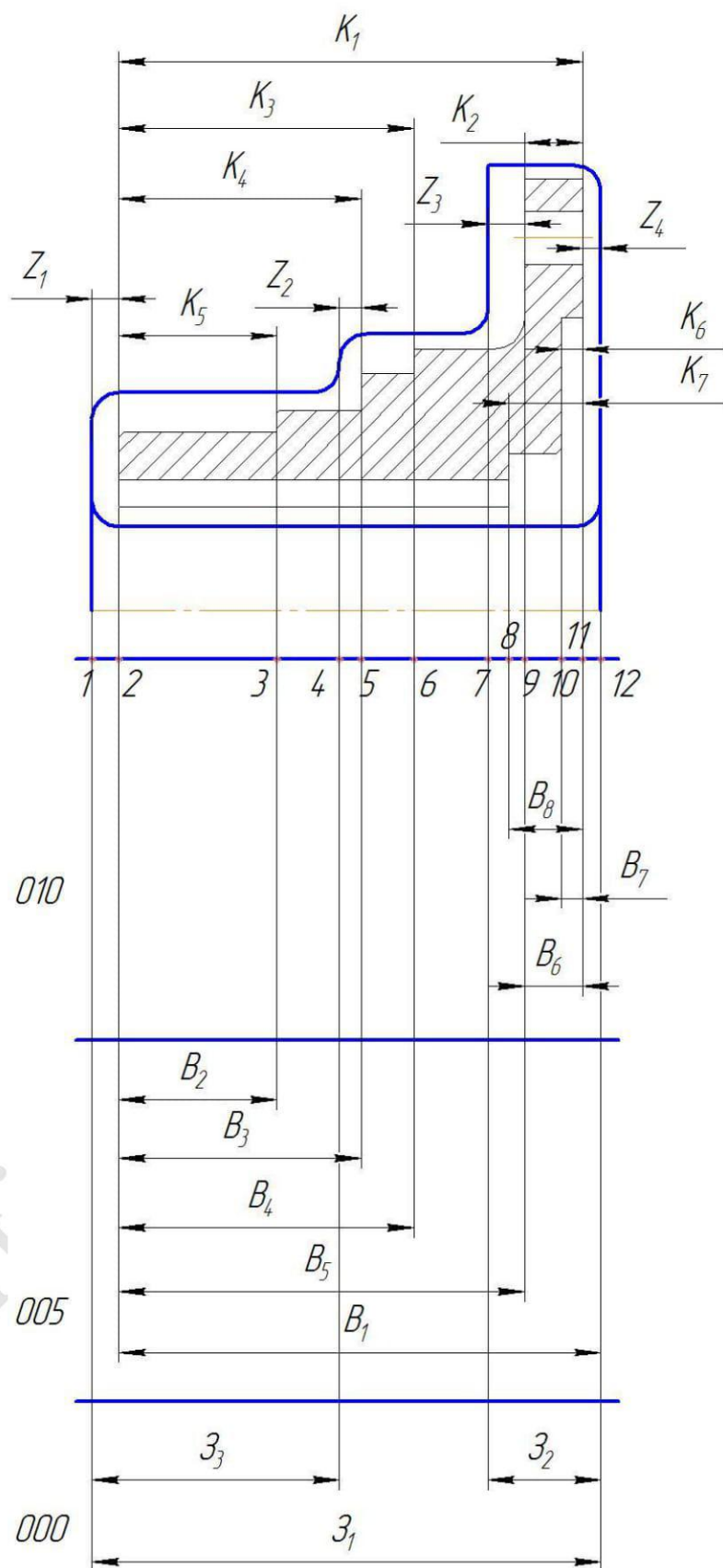


Рисунок 2.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів.

Побудова похідного, вихідного графів-дерев і суміщеного графа:

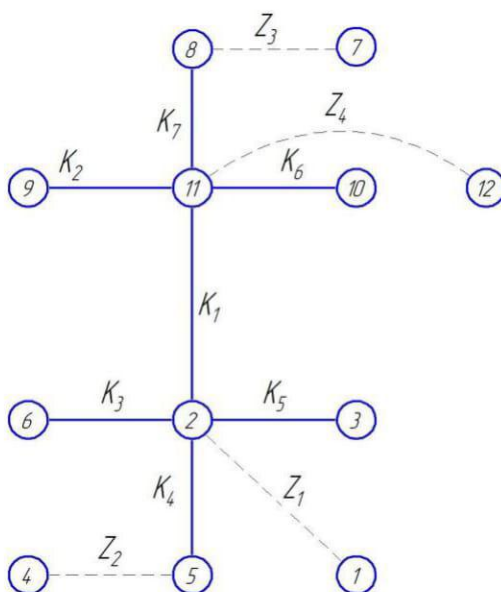


Рисунок 2.7 – Похідний граф-дерево

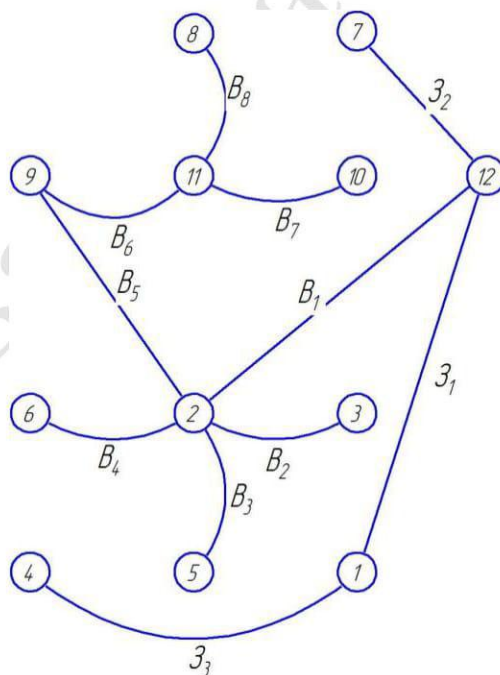


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево

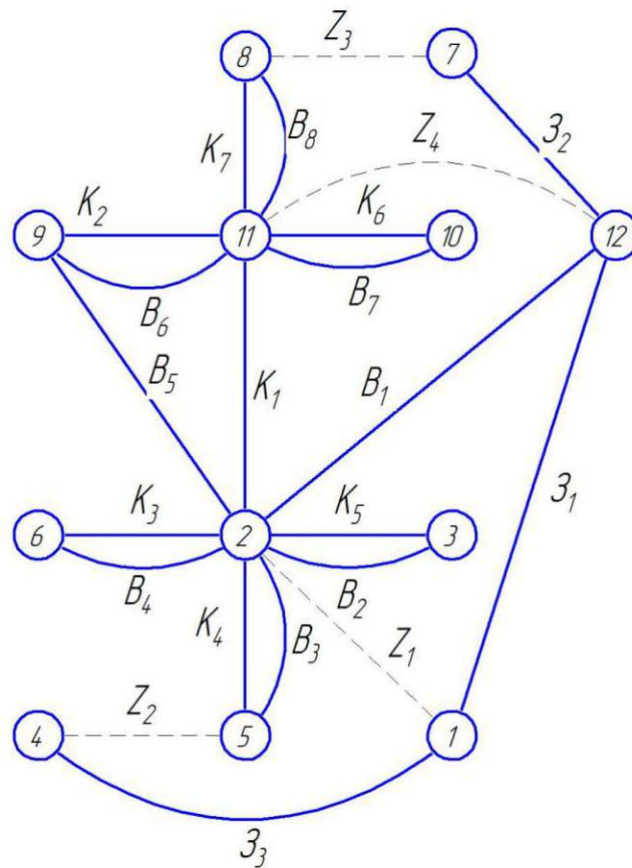


Рисунок 2.9 – Суміщений граф

Таблиця 2.18 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

| № | Розрахункове рівняння | Вихідне рівняння | Розмір, що визначається |
|----|------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | $-K_2 + B_6 = 0$ | $K_2 = B_6$ | B_6 |
| 2 | $-K_3 + B_4 = 0$ | $K_3 = B_4$ | B_4 |
| 3 | $-K_4 + B_3 = 0$ | $K_4 = B_3$ | B_3 |
| 4 | $-K_5 + B_2 = 0$ | $K_5 = B_2$ | B_2 |
| 5 | $-K_6 + B_7 = 0$ | $K_6 = B_7$ | B_7 |
| 6 | $-K_7 + B_8 = 0$ | $K_7 = B_8$ | B_8 |
| 7 | $-K_1 + B_5 + B_6 = 0$ | $K_1 = B_5 + B_6$ | B_5 |
| 8 | $-Z_4 - B_5 - B_6 + B_1 = 0$ | $Z_4 = -B_5 - B_6 + B_1$ | B_1 |
| 9 | $-Z_1 - B_1 + 3_1 = 0$ | $Z_1 = -B_1 + 3_1$ | 3_1 |
| 10 | $-Z_3 - B_8 - Z_4 + 3_2 = 0$ | $Z_3 = -B_8 - Z_4 + 3_2$ | 3_2 |
| 11 | $-Z_1 - B_3 + Z_2 + 3_3 = 0$ | $Z_2 = B_3 + Z_1 - 3_3$ | 3_3 |

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь.

Припуски для обробки плоских поверхонь визначаємо за допомогою нормативних таблиць.

Таблиця 2.19 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

| Позначення припуску | Спосіб обробки | Кількісне значення мінімального припуску, мм |
|---------------------|-----------------------|--|
| Z_{1min} | Однократне підрізання | 1,5 |
| Z_{2min} | Однократне підрізання | 2,0 |
| Z_{3min} | Однократне підрізання | 2,5 |
| Z_{4min} | Однократне підрізання | 2,5 |

Технологічні розміри,. Розраховані за рівняннями таблиці 2.18 приведені в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Технологічні розміри

| Технологічний розмір | Розрахунок |
|----------------------|---|
| 1 | 2 |
| B_6 | $B_6=K_2=11_{-0,43}$ мм |
| B_4 | $B_4=K_3=56\pm 0,35$ мм |
| B_3 | $B_3=K_4=46\pm 0,31$ мм |
| B_2 | $B_2=K_5=30\pm 0,26$ мм |
| B_7 | $B_7=K_6=4\pm 0,15$ мм |
| B_8 | $B_8=K_7=14\pm 0,215$ мм |
| B_5 | $K_{1min}=B_{5min}+B_{6min}$ $B_{5min}=87,13-10,57=76,56$ мм $B_{5max}=76,56+0,74=77,3$ мм $B_5=76,93\pm 0,37$ $K_{1max}=77,3+11=88,03$ мм |
| B_1 | $Z_{4min}=-B_{5max}-B_{6max}+B_{1min}$ $B_{1min}=2,5+77,3+11=90,8$ мм $B_{1max}=90,8+1,4=92,2$ мм $B_1=92,2_{-1,4}$ $Z_{4max}=92,2-76,56-10,57=5,07$ мм |

Продовження таблиці 2.20

| 1 | 2 |
|-------|---|
| Z_1 | $Z_{1\min} = -B_{1\max} + Z_{1\min}$ $Z_{1\min} = 1,5 + 92,2 = 93,7 \text{ мм}$ $Z_{1\max} = 93,7 + 2,2 = 95,9 \text{ мм}$ $Z_1 = 95,9_{-2,2}$ $Z_{1\max} = 95,9 - 90,8 = 5,1 \text{ мм}$ <p>Скоригуємо розмір заготовки і прийнемо $Z_1 = 95,9_{-2,2}$</p> |
| Z_2 | $Z_{3\min} = -B_{8\max} - Z_{4\max} + Z_{2\min}$ $Z_{2\min} = 2,5 + 14,215 + 5,07 = 21,785 \text{ мм}$ $Z_{2\max} = 21,785 + 2 = 23,785 \text{ мм}$ $Z_2 = 23,785_{-2}$ $Z_{3\max} = 23,785 - 13,785 - 2,5 = 7,5 \text{ мм}$ <p>Скоригуємо розмір заготовки і прийнемо $Z_2 = 23,8_{-2}$</p> |
| Z_3 | $Z_{2\min} = B_{3\min} + Z_{1\min} - Z_{3\max}$ $Z_{3\max} = 1,5 + 45,69 - 2 = 45,19 \text{ мм}$ $Z_{3\min} = 45,19 - 2 = 43,19 \text{ мм}$ $Z_3 = 44,19 \pm 1$ $Z_{2\max} = 46,31 + 5,1 - 43,19 = 8,22 \text{ мм}$ <p>Скоригуємо розмір заготовки і прийнемо $Z_3 = 44,2 \pm 1$</p> |

Таблиця 2.21 – Технологічні розміри і припуски

| Позначення | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | B_8 | Z_1 | Z_2 | Z_3 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------------|-------|
| Допуск, мм | 1,4 | 0,52 | 0,62 | 0,7 | 0,74 | 0,43 | 0,3 | 0,43 | 2,2 | 2 | 2 |
| Мінімальне значення | 90,8 | 29,74 | 45,69 | 55,65 | 76,56 | 10,57 | 3,85 | 13,785 | 93,7 | 21,78 5 | 43,19 |
| Максимальне значення | 92,2 | 30,26 | 46,31 | 56,35 | 77,3 | 11 | 4,15 | 14,215 | 95,9 | 23,78 5 | 45,19 |
| Позначення припусків | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | | | | | | | |
| Мінімальне значення | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | |
| Максимальне значення | 5,1 | 8,22 | 7,5 | 5,07 | | | | | | | |

2.3.6.3 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 40H7$ складається із попереднього розточування, остаточного та тонкого, що виконується за один установ обробки деталі. Базами для заготовки слугує зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 67h11$, тобто заготовка встановлена у трьохкулачковому патроні. При розв'язанні поставленої задачі отриманий результат та технологічний маршрут обробки заносимо в розрахункову таблицю 2.22 [6].

Сумарне значення R_z та T , які характеризують якість поверхні литої заготовки, рівне 240 мкм. Після першого технологічного переходу T для деталі зі сталі 40Х вилучається із розрахунків, тому для чорнового і чистового розточування знаходимо лише значення R_z (відповідно 50 та 20 мкм) і записуємо їх в розрахункову таблицю.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \quad [\text{мкм}], \quad (2.17)$$

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

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} \quad [\text{мкм}]. \quad (2.18)$$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 40)^2 + (0,7 \cdot 99)^2} = 74,7 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{зм}} = 0,074 \text{ (мм)}; \quad \rho_{\text{см}} = 2,4 \text{ (мм)};$$

$$\rho = \sqrt{74,7^2 + 240^2} = 251,3 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad (2.19)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 251,3 = 15,07 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 15,07 = 0,75 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.20)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення, що при установці в трьохкулачковому патроні складає 100 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 100 \text{ (мкм).}$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 100 = 5 \text{ (мкм).}$$

Так, як тонке розточування проводиться за одну установку, то $\varepsilon_3 = 0$ (мкм), тому при розрахунку між операційних припусків при тонкому розточуванні похибкою установки можна знехтувати.

Розрахунковий припуск

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

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.21)$$

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (240 + \sqrt{251,3^2 + 100^2}) = 2 \cdot 510 \text{ (мкм).}$$

Чистове:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (50 + \sqrt{15,07^2 + 5^2}) = 2 \cdot 65 \text{ (мкм).}$$

Тонке:

$$2Z_{3\min}=2(20+0,75)=2\cdot 20,75 \text{ (мкм)}.$$

При тонкому точінні маємо отримати розмір, що вказаний на кресленні:

$$d=40,025(\text{мм}).$$

Знаходивши значення розрахункового діаметра, заповнюємо, починаючи з кінцевого (що на кресленні) розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_3 = 40,025 \text{ (мм)};$$

$$d_2 = 40,025 - 2 \cdot 0,02075 = 39,9835 \text{ (мм)};$$

$$d_1 = 39,9835 - 2 \cdot 0,065 = 39,7935 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{зар}} = 39,8535 - 2 \cdot 0,510 = 38,8335 \text{ (мм)}.$$

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

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

для тонкого розточування – 7 квалітету, допуск складає 72 мкм,

для чистового розточування – 9 квалітету, допуск складає 185 мкм,

для попереднього розточування – 11 квалітет допуск складає 460 мкм,

для заготовки, допуск складає 2400 мкм.

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

Найбільші граничні розміри визначаємо, віднімаючи допуск до заокругленого найменшого значення граничного розміру:

$$d_{\max 3} = 40,025 - 0,072 = 39,953 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max 2} = 39,953 - 0,185 = 39,768 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max 1} = 39,768 - 0,460 = 39,303 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 39,303 - 2,4 = 36,903 \text{ (мм)}.$$

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

Граничні значення припусків Z_{\max}^{ep} визначаємо як різниця найбільших граничних розмірів та Z_{\min}^{ep} - як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2 Z_{\max 3}^{ep} = 39,953 - 39,768 = 0,185 \text{ (мм)};$$

$$2 Z_{\max 2}^{ep} = 39,768 - 39,303 = 0,465 \text{ (мм)};$$

$$2 Z_{\max 1}^{ep} = 39,303 - 36,903 = 2,4 \text{ (мм)};$$

$$2 Z_{\min 3}^{ep} = 40,025 - 39,9835 = 0,0415 \text{ (мм)};$$

$$2 Z_{\min 2}^{ep} = 39,9835 - 39,7935 = 0,19 \text{ (мм)};$$

$$2 Z_{\min 1}^{ep} = 39,8535 - 38,8335 = 1,02 \text{ (мм)};$$

Загальні припуски розраховуємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо отримані значення у нижній частині таблиці.

Виконуємо перевірку правильності виконуваних розрахунків:

$$Z_{\max 2}^{ep} - Z_{\min 2}^{ep} = 0,465 - 0,19 = 0,275 \text{ (мм)}; \delta_1 - \delta_2 = 460 - 0,185 = 0,275 \text{ (мм)};$$

Для решти поверхонь застосуємо нормативний метод призначення припусків. Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 2.23.

Таблиця 2.22 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору Ø40H7

| Технологічні переходи обробки поверхні Ø40H7 ^(0,025) | Елементи припуска, мкм | | | | Розрахунковий припуск 2Z _{min} | Розрах. розмір, мм d _p | Допуск мм δ | Граничний розмір | | Граничні значення | |
|---|------------------------|-----|-------|----------------|---|-----------------------------------|-------------|------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Rz | T | ρ | ε _y | | | | d _{min} | d _{max} | 2Z _{min} ^{np} | 2Z _{max} ^{np} |
| | Заготовка | 240 | 200 | 251,3 | | | | - | | | 2,4 |
| Розточування попереднє | 50 | - | 15,07 | 100 | 2 · 510 | 39,793 | 0,46 | 39,7935 | 39,303 | 1,02 | 2,4 |
| Розточування остаточне | 50 | - | 0,75 | 5 | 2 · 65 | 39,983 | 0,185 | 39,9835 | 39,768 | 0,19 | 0,465 |
| Тонке розточування | 20 | - | - | 0 | 2 · 20,75 | 40,025 | 0,072 | 40,025 | 39,953 | 0,041 | 0,185 |
| Сума | | | | | | | | | | 1,251 | 3,05 |

Таблиця 2.23 – Припуски на циліндричні поверхні

| Технологічні переходи обробки поверхні | Призначений припуск, мкм 2Z _{min} | Розрахунковий розмір, мм d _p | Допуск мм δ | Граничний розмір, мм | | Граничні значення припусків, мм | |
|--|--|---|-------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-------------------|
| | | | | d _{min} | d _{max} | 2Z _{min} | 2Z _{max} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ø67h11 | | | | | | | |
| Заготовка | | 69,71 | 1,9 | 69,71 | 71,61 | | |
| Точіння чорнове | 2 · 1200 | 67,31 | 0,74 | 67,31 | 68,05 | 2,4 | 3,56 |
| Точіння напівчистове | 2 · 250 | 66,81 | 0,19 | 66,81 | 67 | 0,5 | 1,05 |
| Ø75h11 | | | | | | | |
| Заготовка | | 77,71 | 1,9 | 77,71 | 79,61 | | |
| Точіння чорнове | 2 · 1200 | 75,31 | 0,74 | 75,31 | 76,05 | 2,4 | 3,56 |
| Точіння напівчистове | 2 · 250 | 74,81 | 0,19 | 74,81 | 75 | 0,5 | 1,05 |
| Ø89a11 | | | | | | | |
| Заготовка | | 91,68 | 1,9 | 91,68 | 93,58 | | |
| Точіння чорнове | 2 · 1200 | 89,28 | 0,74 | 89,28 | 90,02 | 2,4 | 3,56 |

Продовження таблиці 2.23

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|----------|-------|------|-------|--------|-----|------|
| Точіння напівчистове | 2 · 250 | 88,78 | 0,22 | 88,78 | 89 | 0,5 | 1,05 |
| Ø110H11 | | | | | | | |
| Заготовка | | 107,1 | 2,2 | 107,1 | 104,9 | | |
| Розточити начорно | 2 · 1200 | 109,5 | 0,87 | 109,5 | 108,63 | 2,4 | 3,73 |
| Розточити напівчисто | 2 · 250 | 110 | 0,22 | 110 | 110,22 | 0,5 | 1,59 |

2.3.6.4 Призначення режимів різання

Для точіння осі із сталі 40ХЛ приймаємо токарний прохідний різець відігнутий лівий з пластинкою із твердого сплаву Т5К10. Форма передньої поверхні радіусна з фаскою; геометричні параметри ріжучої частини різця:

$$\gamma=15^{\circ}, \alpha=10^{\circ}, \varphi=45^{\circ}, \varphi_1=45^{\circ}, r=0,8 \text{ (мм)}, f=1 \text{ (мм)}.$$

Припуск, який знімається на даній операції – 6 мм. При чорновому точінні, згідно рекомендацій, глибину різання t приймають 0,5 – 2мм, ми приймаємо 1,5мм. Отже, даний припуск ми знімаємо за 4 проходи.

Згідно [23] і паспортних даних верстата 1В340Ф30 приймаємо: $S=1,0$ (мм/об);

Швидкість різання, яка допускається матеріалом різця, знайдемо по формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, [\text{М/хв.}] \quad (2.22)$$

де - $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$, $m=0,2$, $T=60$ хв

Поправочний коефіцієнт для обробки різцем з твердосплавною пластинкою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}; \quad (2.23)$$

K_{mv} – коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_i}, \quad (2.24)$$

де - $K_r=0.95$; $n_i=1,0$

$$K_{mv} = 0,95 \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,17;$$

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Приймаємо $K_{nv}=0,9$.

K_{iv} – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання. Приймаємо $K_{iv}=0.65$.

Отже, поправочний коефіцієнт K_v складатиме:

$$K_v = 1,17 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,68;$$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,68 = 107,2 \text{ (м/хв)};$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ [об/хв.]; } (2.22)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 107,2}{3,14 \cdot 78} = 525 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right)$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним верстата:

$$n_d=500 \text{ (об/хв)};$$

Сила різання при точінні розраховується за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p [H]; \quad (2.25)$$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.26)$$

Значення C_p і показників степенів і коефіцієнтів вибираємо з таблиць [9]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n; \quad (2.27)$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86;$$

$$K_p = 0,86 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,08;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 107,2^{-0,15} \cdot 1,08 = 2411(H);$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, [кВт]; \quad (2.28)$$

$$N = \frac{2411 \cdot 107,2}{1020 \cdot 60} = 4,22(кВт);$$

Визначимо режими різання для всіх переходів механічної обробки кожної з технологічних операцій і занесемо в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 - Режими різання

| Технологічні переходи і робочі ходи | Vf(D), мм | L, мм | t, мм | s, мм/об | V, м/хв | n, об/хв |
|--|-----------|-------|-------|----------|---------|----------|
| 005 – токарно-револьверна з ЧПК (1В340Ф30) | | | | | | |
| Точити поверхню 1 однократно | 40-67 | 27 | 1,5 | 1 | 107,2 | 525 |
| Точити поверхню 3 однократно | 67-75 | 33 | 3 | 1,5 | 104 | 600 |
| Точити поверхню 5 однократно | 75-89 | 14 | 2,0 | 0,6 | 125 | 846 |
| Точити поверхню 7 однократно | 89-98 | 9 | 2,0 | 0,6 | 125 | 846 |
| Точити поверхню 8 однократно | 98 | 21 | 2,5 | 0,8 | 109,8 | 672 |
| Точити поверхню 9 однократно | 98-162 | 64 | 2,0 | 0,6 | 125 | 846 |
| Точити поверхню 2 попередньо | 67 | 30 | 3 | 1 | 96,6 | 656 |
| Точити поверхню 6 попередньо | 89 | 12 | 3 | 1 | 96,6 | 496 |
| Точити поверхню 4 остаточно | 75 | 12 | 2 | 0,8 | 113,5 | 645 |
| 010 – токарно-револьверна з ЧПК (1В340Ф30) | | | | | | |
| Точити поверхню 1 попередньо | 55 | 47 | 3 | 1 | 96,6 | 496 |
| Точити поверхню 2 однократно | 55-85 | 33 | 3 | 1,5 | 104 | 600 |
| Точити поверхню 3 попередньо | 84,6 | 52 | 3 | 0,8 | 113,5 | 645 |
| Точити поверхню 4 попередньо | 85 | 18 | 2,5 | 0,8 | 109,8 | 672 |
| Підрізати торець 5 однократно | 85-169 | | 2,0 | 0,6 | 125 | 846 |
| Точити поверхню 1 попередньо | 55 | 47 | 1,5 | 1 | 102,7 | 527 |
| Точити поверхню 3 попередньо | 84,6 | 52 | 1,5 | 0,8 | 118,5 | 650 |
| Точити поверхню 4 попередньо | 85 | 18 | 2,0 | 0,8 | 109,8 | 635 |
| Точити поверхню 1 остаточно | 55 | 47 | 0,6 | 0,2 | 235,1 | 1600 |
| Точити поверхню 3 остаточно | 84,6 | 52 | 0,6 | 0,2 | 235,1 | 1600 |
| Точити поверхню 4 остаточно | 85 | 18 | 0,6 | 0,2 | 235,1 | 1600 |
| 015 - Вертикально-фрезерна з ЧПК (2Р135Ф2) | | | | | | |
| Свердлити 7 отворів 1 однократно | 10 | 11 | 5 | 0,18 | 6,3 | 470 |
| 020 - Горизонтально-фрезерна (6Р82) | | | | | | |
| Фрезерувати поверхню 1 однократно | 11 | 47 | 1 | 0,05 | 132 | 600 |

2.3.6.6 Розрахунок технічних норм часу [8]

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції.

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

Штучний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + t_b + t_{г.обс.} + t_{о.обс.} + t_{отд.} \cdot [хв] \quad (2.29)$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з.}/n. [хв] \quad (2.30)$$

Оперативний час визначаємо за формулою:

$$t_{оп} = T_0 + t_b, [хв] \quad (2.31)$$

де T_0 – основний машинний час;

t_b - час на встановлення, закріплення, знімання деталі та зміну інструменту (приймаємо за нормативами);

$t_{т.обс.}$ - час на технічне обслуговування, складає 4% від оперативного;

$t_{о.обс.}$ - час на організаційне обслуговування, складає 4,5% від $t_{оп.}$;

$t_{отд.}$ - час на перерви і індивідуальні потреби, складає 5% від $t_{оп.}$.

Проведемо розрахунок основного машинного часу на всі операції за уточненими формулами . Дані для розрахунку беремо із таблиць 2.18 та 2.19.

Операція 005:

1) Другий перехід: точити торець $\varnothing 123,4$ мм та циліндричну пов. $\varnothing 120$ мм однократно, циліндричну пов. $\varnothing 84$ мм попередньо.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для другого переходу:

$$T_{осн2} = \frac{\pi D_1^2}{2000 v_1 s_1} + \frac{\pi D_2 l_2}{1000 v_2 s_2} + \frac{\pi D_2 (D_2 - d_3)}{2000 v_3 s_3} = \frac{3,14 \cdot 123,4^2}{2000 \cdot 29 \cdot 0,52} + \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 18}{1000 \cdot 29 \cdot 0,52} + \frac{3,14 \cdot 120 (120 - 86)}{2000 \cdot 75 \cdot 0,16} = 2,569 \text{ (хв).}$$

2) Третій перехід: точити циліндричну поверхню $\varnothing 84$ мм попередньо.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для третього переходу:

$$T_{осн3} = \frac{\pi D(D-d)}{2000 v s} = \frac{3,14 \cdot 86(86 - 84,4)}{2000 \cdot 75 \cdot 0,16} = 0,018 \text{ (хв).}$$

3) Четвертий перехід: точити циліндричну поверхню $\varnothing 84$ мм остаточно.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для четвертого переходу:

$$T_{осн4} = \frac{\pi D l}{1000 v s} = \frac{3,14 \cdot 84 \cdot 8}{1000 \cdot 95 \cdot 0,12} = 0,185 \text{ (хв).}$$

4) П'ятий перехід: центрувати та свердлити отвір $\varnothing 20$ мм.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для п'ятого переходу:

$$T_{осн5} = \frac{\pi D l}{1000 v s} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 82}{1000 \cdot 11 \cdot 0,2} = 1,873 \text{ (хв).}$$

5) Шостий перехід: розточувати отвір $\varnothing 20$ мм попередньо.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для шостого переходу:

$$T_{\text{осн6}} = \frac{\pi D l}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 19,6 \cdot 82}{1000 \cdot 29 \cdot 0,52} = 0,335 \text{ (хв)}.$$

6) Сьомий перехід: розточувати отвір $\varnothing 20$ мм остаточно.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для сьомого переходу:

$$T_{\text{осн7}} = \frac{\pi D l}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 19,9 \cdot 82}{1000 \cdot 59 \cdot 0,22} = 0,395 \text{ (хв)}.$$

7) Восьмий перехід: точити поверхню $6 \times 45^\circ$ мм однократно.

Визначаємо уточнений основний машинний час T_o для восьмого переходу:

$$T_{\text{осн8}} = \frac{\pi D l}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 6}{1000 \cdot 29 \cdot 0,52} = 0,04 \text{ (хв)}.$$

Отже, $\sum T_{\text{осн005}} = 2,569 + 0,018 + 0,185 + 1,873 + 0,335 + 0,395 + 0,04 = 5,415$
(хв).

Розрахуємо час на встановлення, закріплення, знімання деталі та зміну інструменту:

$$t_b = 0,25 + 0,05 + 0,05 + 6 \cdot 0,02 = 0,47 \text{ (хв)}.$$

Розрахуємо оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = 5,415 + 0,47 = 5,885 \text{ (хв)}.$$

Розрахуємо час на технічне обслуговування:

$$t_{г.обс.} = 5,885 \cdot 4/100 = 0,236 \text{ (хв).}$$

Розрахуємо час на організаційне обслуговування:

$$t_{о.обс.} = 5,885 \cdot 4,5/100 = 0,265 \text{ (хв).}$$

Розрахуємо час на перерви і індивідуальні потреби:

$$t_{отд.} = 5,885 \cdot 5/100 = 0,294 \text{ (хв).}$$

Штучний час складає:

$$T_{шт.} = 5,885 + 0,236 + 0,265 + 0,294 = 6,68 \text{ (хв).}$$

Штучно-калькуляційний час при партії деталей для наладок $n=4500$ шт.:

$$T_{шк} = T_{шт.} + T_{п.з.}/n = 6,68 + 50/3500 = 6,694 \text{ (хв).}$$

Розраховані норми часу на всі операції запишемо у таблицю 2.20.

Таблиця 2.25 – Норми часу, хв

| № опер. | Операції | T_o | t_v | $t_{г.обс.}$ | $t_{о.обс.}$ | $t_{отд.}$ | $T_{шк.}$ |
|---------|-----------------------------|-------|-------|--------------|--------------|------------|-----------|
| 005 | Токарно-револьверна з ЧПК | 5,415 | 0,47 | 0,236 | 0,265 | 0,294 | 6,694 |
| 010 | Токарна з ЧПК | 4,384 | 0,5 | 0,195 | 0,22 | 0,244 | 5,557 |
| 015 | Токарно-револьверна з ЧПК | | | | | | |
| 020 | Вертикально-фрезерена з ЧПК | 0,145 | 0,46 | 0,024 | 0,027 | 0,03 | 0,71 |

2.3.6.7 Визначення розряду робіт [10]

Виробництво даної деталі, як представника групи подібних деталей, проектується на умові середньосерійного типу. Обробка проводиться на складному обладнанні - верстатах з ЧПК.

Якщо дільницю буде обслуговувати наладчик – то кваліфікація основних робітників повинна бути невисокою. Виходячи із викладеного, призначаємо розряди робіт по операціям:

005 – Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30, III розряд;

010 – Токарний верстат з ЧПК моделі НТ160, V розряд;

015 – Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6Р13Ф3, III розряд.

Дільницю обслуговує наладчик V розряду.

3 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

3.1 Уточнення виробничої програми [17]

Приведену програму випуску можна розрахувати за формулою:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np.i} \cdot [\text{шт}], \quad (3.1)$$

Всі деталі в групі приводяться до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення:

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

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

$$\begin{cases} 0.5m_{\max} \leq m \leq 2m_{\min} , \\ 0.1N_{\max} \leq N \leq 10N_{\min} , \end{cases} \quad (3.3)$$

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.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

| Деталі | Маса | Програма | Точність/Шорсткість | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|----------|---------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|--|
| | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| Ступиця ПВ 2308 | 0,85 | 3500 | - | 1 | - | 2 | 2 | - | - | 3 | - | 20 | |

Продовження таблиці 3.1

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|----|----|
| | | | 0,32 | 0,8 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | - | - |
| | | | - | 1 | - | - | - | 4 | 3 | 20 | - | - |
| Ступиця | 1,4 | 2000 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | | - | - | 1 | 3 | 1 | 1 | - | 33 | - | - |
| | | | 0,32 | 0,8 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | - | - |
| | | | - | - | - | 3 | - | 2 | 14 | 20 | - | - |
| Верхня кришка | 0,6 | 10000 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | | - | - | 2 | 4 | 1 | 2 | - | 4 | - | 5 |
| | | | 0,32 | 0,8 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | - | - |
| | | | - | - | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 5 | - | - |
| Стакан | 1,65 | 1500 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | | - | 1 | - | 3 | 2 | 4 | - | 6 | - | 5 |
| | | | 0,32 | 0,8 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | - | - |
| | | | - | 1 | - | 3 | 2 | 4 | 6 | 5 | - | - |
| Нижня кришка | 1 | 3000 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | | - | - | 2 | 2 | 3 | 1 | - | 5 | - | 6 |
| | | | 0,32 | 0,8 | 1,25 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | - | - |
| | | | - | - | 2 | 2 | 3 | 1 | 5 | 6 | - | - |

1) Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.пр.}}\right)^2}, \quad (3.4)$$

де m – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.пр.}$ – маса розрахункового представника.

2) Визначаємо коефіцієнт приведення по серійності K_2 , що враховує зміни в трудомісткості обробки чи складання при зміні програми випуску, за формулою:

$$K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i} \right)^\alpha, \quad (3.5)$$

де N_{pn} і N_i - програма випуску відповідно деталі (виробу) - розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

α - показник степені ($\alpha = 0,15$ для об'єктів легкого і середнього машинобудування, $\alpha = 0,2$ для об'єктів важкого машинобудування).

3) Визначаємо коефіцієнт K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами:

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.6)$$

де K_{31} - коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних поверхонь деталей;

K_{32} - коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних поверхонь деталей.

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.p}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.7)$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.p.p}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.8)$$

$\overline{K_{Ti}}$ і $\overline{K_{T.p.p}}$ - середні значення якості точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

$\overline{R_{ai}}$ і $\overline{R_{a.p.p}}$ - середні значення параметра R_a шорсткості поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

$$\overline{K_T} = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} K_\gamma n_\gamma}{\sum_{i=1}^{n_n} n_\gamma}, \quad (3.9)$$

$$\overline{R_a} = \frac{\sum_{i=1}^{n_r} R_{ak} n_k}{\sum_{i=1}^{n_r} n_k}, \quad (3.10)$$

де K_γ – γ -й квалітет;

n_n – кількість розглядуваних розмірів, що мають певні квалітети;

n_γ – кількість розмірів γ -го квалітету;

R_{ak} – значення R_a k – ї поверхні деталі, мкм;

n_r – кількість розглядуваних поверхонь, що мають певну шорсткість;

n_k – кількість поверхонь, що мають значення R_a .

Результати розрахунків зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок виробничої програми

| Найменування деталі | Маса, кг | Програм випуску, шт | Коефіцієнт приведення по | | | Коефіцієнт приведення | K·N |
|------------------------|-------------|------------------------|-----------------------------|----------|------------|--------------------------|-------|
| | | | масі | точності | серійності | | |
| Ступиця ПВ 2308 | 3,46 | 4500 | 1 | 1 | 1 | 1,00 | 4500 |
| Ступиця 1 | 2,5 | 4000 | 0,8 | 0,94 | 1,02 | 0,77 | 3068 |
| Верхня кришка | 3,05 | 9000 | 0,92 | 0,89 | 0,9 | 0,74 | 6632 |
| Стакан | 3,2 | 10000 | 0,95 | 0,98 | 0,89 | 0,83 | 8286 |
| Нижня кришка | 3,3 | 5000 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,93 | 4658 |
| Ступиця 2 | 5 | 20000 | 1,28 | 0,96 | 0,8 | 0,98 | 19960 |
| Всього | | | | | | 47104 | |

3.2 Визначення кількості обладнання [18]

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (3.11)$$

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

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

m – кількість робочих змін

Враховуючи проведенне раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Відповідно для кожної операції отримаємо:

операція 005:

$$C_p = 2,8 \cdot 47104 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,7 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 010:

$$C_p = 1,84 \cdot 47104 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,46 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 015:

$$C_p = 0,7 \cdot 47104 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,18 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 020:

$$C_p = 0,9 \cdot 47104 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,23 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 025:

$$C_p = 0,04 \cdot 47104 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,01 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

Отже, для виконання всього технологічного циклу із виготовлення партії деталей достатньо прийняти по одному верстатові кожної моделі.

Коефіцієнт завантаження для верстату 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_3 = 0,7 / 1 = 0,7$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом для верстату 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_3 = 2,16 / 2,8 = 0,77$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів. Результати розрахунків представлені у вигляді гістограм (рисунок 3.1 і 3.2).

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати на операціях 005, 010 завантажені в достатній мірі. На операціях 015-025 верстат, повинні довантажувати обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі) з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

Аналіз графіка використання обладнання за основним часом свідчить про те, що час на операціях з знаходиться в допустимих межах. Це свідчить про те, що маршруту механічної обробки розроблено правильно.

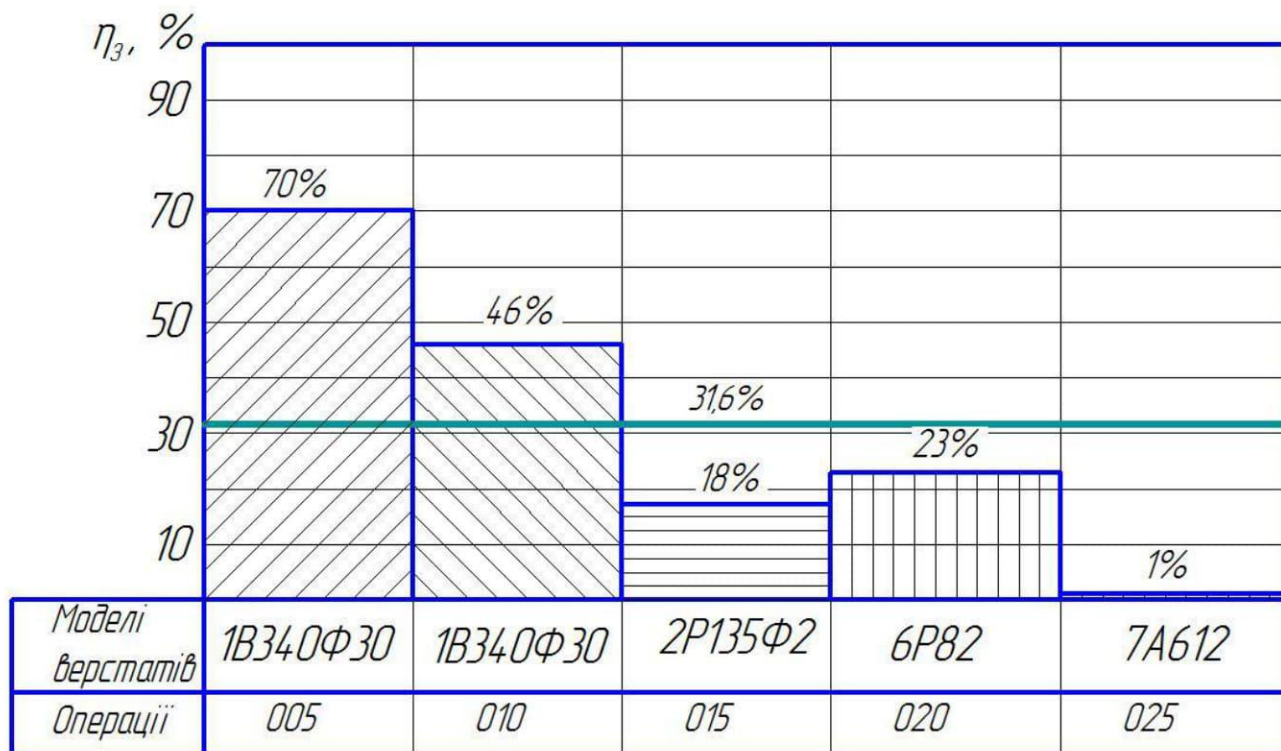


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

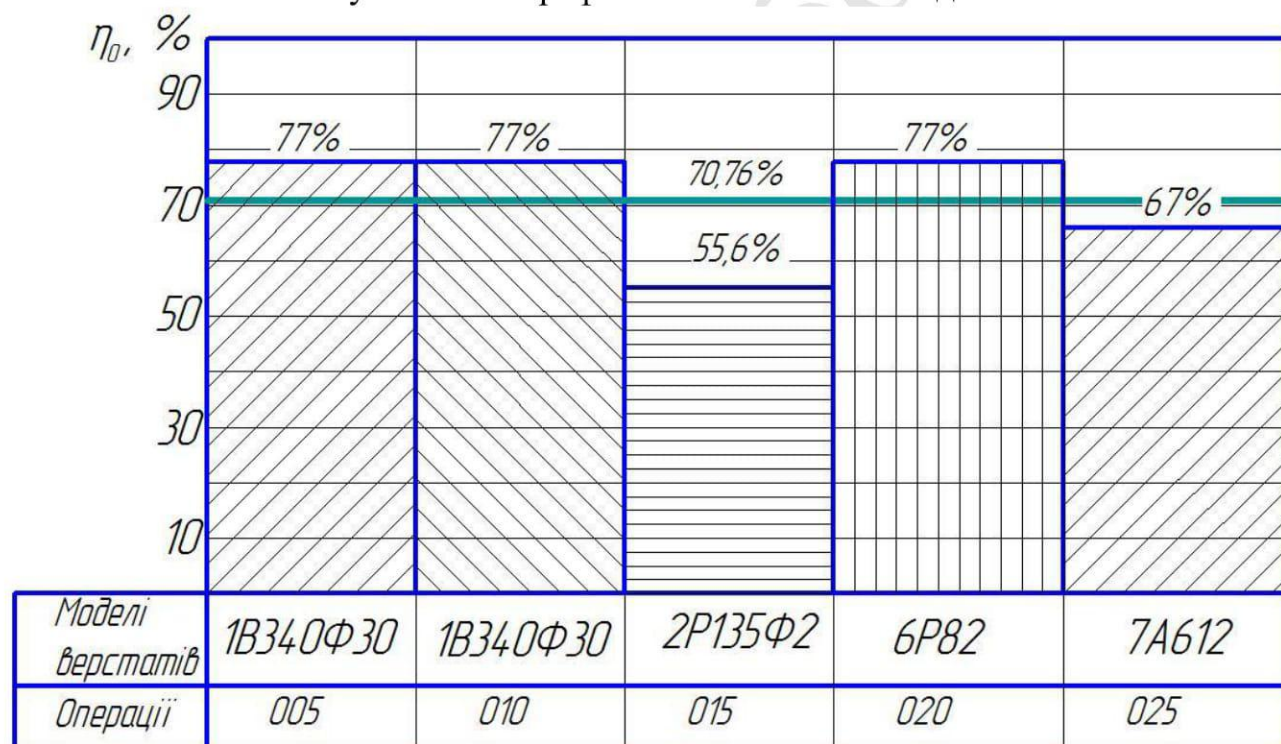


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Розрахунок кількості робітників на дільниці

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

$$P = N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}) \quad (5.6)$$

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

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

Наприклад, для роботи на токарно-револьверному з ЧПК необхідно:

$$P = 2,8 \cdot 47104 / (60 \cdot 1840 \cdot 1) = 1,19$$

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

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 2 робітники.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.2.

Згідно таблиці 5.2 сума всіх основних робочих – 6 чол.

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

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 6 = 1,2 \dots 1,5$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

При середньосерійному виробництві кількість ІТР складає 24-18% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 6 = 1,08 \dots 1,44$$

Приймаємо 2 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}} = 0,022 \cdot 6 = 0,132$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 5.2 – Кількість робітників –верстатників

| Назва операції | Штучно- калькуляці йний час, $T_{шт-к}$ | $\Phi_{д,}$ год | $N_{пр}$ | $K_{м}$ | $P,$ чол | $P_{пр,}$ чол |
|-------------------------------|--|--------------------|----------|---------|-------------|------------------|
| Токарно-револьверна з ЧПК | 2,8 | 1840 | 47104 | 1 | 1,19 | 2 |
| Токарно-револьверна з ЧПК | 1,84 | | | 1 | 0,79 | 1 |
| Вертикально-свердлильна з ЧПК | 0,7 | | | 1 | 0,3 | 1 |
| Горизонтально-фрезерна | 0,9 | | | 1 | 0,38 | 1 |
| Протягувальна | 0,04 | | | 1 | 0,02 | 1 |

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

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (6+2+2+1)=0,22$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Відомість складу працюючих дільниці

| Категорії працюючих | Спосіб визначення | Розрахункова кількість | Прийнята кількість |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| Основні робітники-верстатники | | | 6 |
| Допоміжні робітники | 20...25% | 1,2...1,5 | 2 |
| ІТР | 15...21% | 1,08...1,44 | 2 |
| СКП | 2,2% | 0,132 | 1 |
| МОП | 2% | 0,22 | 1 |

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 5

металорізальних верстатів, які обслуговуються 6 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 6 робітників.

3.3 Розрахунок маси вантажопотоків дільниці механічного цеху

Міжцеховий вантажопотік із заготівельного цеху до механічного цеху та з механічного цеху до проміжного складу розраховується за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^m G_i \cdot N_i, [\text{кг}] \quad (3.15)$$

де m - кількість найменувань деталей, які надходять із заготівельного цеху;

G_i - чорнова маса деталі, кг;

N_i - річний обсяг виготовлення деталей, шт.

Для нашого випадку ця формула трансформується так:

$$Q = G_{\text{дет}} \cdot N_{\text{прив}} + G_{\text{заг}} \cdot N_{\text{прив}} + G_{\text{стр}} \cdot N_{\text{прив}}, [\text{кг}] \quad (3.16)$$

де $G_{\text{дет}}$ - чорнова маса деталі-представника, тобто деталі «Ступиця ПВ 2308», кг;

$G_{\text{заг}}$ - чистова маса деталі-представника, кг;

$G_{\text{стр}}$ - маса стружки деталі-представника, кг;

$N_{\text{прив}}$ - приведена програма виготовлення деталей, шт.

Тоді:

$$Q = 0,85 \cdot 23035 + 2,197 \cdot 23035 + 1,347 \cdot 23035 = 10215,79 \text{ (кг)},$$

$$Q = 10,3 \text{ (т)}.$$

3.4 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту [19]

Цеховий транспорт

В якості такого транспорту приймаємо електровізок. Визначимо необхідну кількість електровізків:

- кількість перевезень - 1 на кожен деталь;
- заповнення електровізка за 1 рейс - в середньому $q_{\text{зап.}} = 0,4$ т;
- середній пробіг електровізка за 1 рейс у 2 боки - $l_{\text{сер.}} = 45 \cdot 2 = 90$ (м);
- середня швидкість електровізка - $V_{\text{сер.}} = 100$ м/хв;
- час на завантаження електровізка (для однієї зміни) - $t_z = 5$ хв;
- час на розвантаження (для однієї зміни) - $t_p = 5$ хв;
- номінальний річний фонд часу електровізка для однієї зміни - $F_n = 2070$ год. (враховує пристосування засобу по причині ремонту коефіцієнтом $K_m = 0,97$);
- режим роботи - 1 зміна.

Кількість електровізків визначається за формулою:

$$K_{\text{тр.}} = \frac{Q_i}{q_{\text{зап.}} \cdot 60 \cdot F_n \cdot K_T} \left(\frac{l_{\text{сер.}}}{V_{\text{сер.}}} + t_z + t_p \right), \text{ [шт]} \quad (3.17)$$

Тоді, для нашого випадку:

$$K_{\text{тр.}} = \frac{10,3}{0,4 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 0,97} \left(\frac{90}{100} + 5 + 5 \right) = 0,0023 \text{ (шт).}$$

Приймаємо:

$$K_{\text{тр.пр.}} = 1 \text{ електровізок.}$$

Однак, з врахуванням того, що цей транспортний засіб може довантажуватися також іншими деталями для інших ділянок, то можна вважати, що застосування одного електровізка в цілому є окупним.

3.5 Розробка плану розташування обладнання [20]

Розташування верстатів на ділянцях та лініях механічної обробки визначається організаційною формою виробничого процесу, довжиною верстатних ділянок, кількістю верстатів, видом міжопераційного транспорту, способом вилучення стружки та іншими факторами.

3.5.1 Вибір будівельних параметрів приміщення

Перед тим, як виконувати планування обладнання, потрібно вибрати будівельні параметри приміщення - сітку колон та висоту прольоту.

Сітку колон (ширину L та крок t колон) та висоту H прольоту (відстань від підлоги до нижньої частини несучої конструкції приміщення) вибирають з уніфікованого ряду вказаних величин [9]. Ширину прольоту вибирають такою, щоб була можливість раціонально розмістити кратну кількість рядів обладнання - звичайно від 2-х до 4-х рядів в обладнання, в залежності від габаритних розмірів та варіанту розміщення. Приймаємо ширину прольоту (вимір приміщення у поперечному напрямку) $L = 18$ м, крок колон (у поздовжньому напрямку) – $t = 6$ м.

Визначимо висоту прольоту за формулою:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, [м] \quad (3.18)$$

де H_1 - висота до головки підкранової рейки;

h_1 – максимальна висота обладнання, для данного цеху це вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13Ф3 з висотою 2760 мм;

h_2 – мінімальна відстань між обладнанням і вантажем, приймаємо 500 мм;

h_3 - висота транспортованого вантажу:

$$h_3 = h_1 + 1000, [мм] \quad (3.19)$$

$$h_3 = 2760 + 1000 = 3760 \text{ (мм)}.$$

h_4 – висота крану, 1000 мм.

Отже,

$$H_1 = 2760 + 500 + 3760 + 1000 = 8020 \text{ (мм)}.$$

Стандартне значення H_1 складає 8160 мм, і відповідно висота цеху до нижнього пояса ферми $H = 10800$ мм.

В якості несучих конструкцій приймаємо залізобетонну полігональну форму прольотом 18 м.

Світловий ліхтар приймаємо прямокутної форми з вертикальним освітленням та шириною 6 м.

3.5.2 Планування розташування обладнання [20]

Спочатку визначимо ширину магістрального проїзду:

$$A = 2 \cdot B + 1400, \text{ [мм]} \quad (3.20)$$

де B - ширина вантажу, $B = 300$ мм (прийнятий металевий піддон).

Тоді:

$$A = 2 \cdot 300 + 1400 = 2000 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо:

$$A_{\text{пр.}} = 2000 \text{ мм}.$$

При розгляданні розташування обладнання будемо враховувати рекомендації по нормам відстаней [4]:

- від проїзду до фронтального боку верстата - 1600 мм;
- між верстатами, розташованими боками один до одного - 900 мм;
- від колон до фронтального верстата - 1600 мм;
- від колон до тильного боку верстата - 800 мм;
- від стелажів до проїздів - 500 мм.

В нашому випадку обладнання розташуємо поздовжньо та боками по відношенню до проїзду.

4 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ПОВЕРХНІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

4.1. Вибір факторів

Розглядається деталь «Ступиця ПВ 2308» зовнішня діаметральна поверхня якої обробляється точінням на токарному верстаті (рис. 4.1). Аналізується вплив наступних факторів: величини подачі S , глибини різання t і радіуса заокруглення при вершині різця R на точність обробки діаметральної поверхні d .

Всі вибрані фактори S , t , R відповідають наступним обов'язковим вимогам: керованості, незалежності і сумісності по відношенню один до одного.

4.2. Встановлення граничних значень та нульового рівня факторів

Вибрані фактори S , t , R відповідно позначено через x_1 , x_2 , x_3 .

Перед початком дослідів встановлено верхній і нижній рівні факторів.

В даному експерименті вони вибираються такими (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Рівні факторів

| Рівні факторів | S , мм/об | t , мм | R , мм |
|---------------------|-------------|----------|----------|
| | x_1 | x_2 | x_3 |
| Основний | 0,5 | 2 | 1 |
| Інтервал варіювання | 0,25 | 1,5 | 0,5 |
| Верхній | 0,75 | 3,5 | 1.5 |
| Нижній | 0,25 | 0,5 | 0.5 |

Для зручності запису умов дослідів і обробки експериментальних даних виконано кодування факторів, тобто переведено натуральні значення рівнів факторів в кодові безрозмірні величини за формулою

$$x_i = (x_i - x_{i0}) / \Delta x_i,$$

де x_i – кодове значення i -го фактора; x_i – натуральне значення i -го фактора; x_{i0} – початковий (основний) рівень фактора; Δx_i – інтервал варіювання i -го фактора.

Тут $x_{i\max}$ і $x_{i\min}$ – поточні значення верхнього і нижнього рівнів факторів.

Після кодування рівні факторів приймають значення -1 або $+1$.

Наприклад: верхній рівень 1-го фактора $x_1 = (0,75-0,5)/0,25 = +1$; нижній рівень 1-го фактора $x_1 = 0,25-0,5/0,25 = -1$ і т.д.

Рівні факторів і їх кодові значення наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Кодові значення рівнів факторів

| Рівні факторів | Кодове позначення | S , мм/об | t , мм | R , мм |
|---------------------|-------------------|-------------|----------|----------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 |
| Основний | 0 | 0,5 | 2 | 1 |
| Інтервал варіювання | не позначається | 0,25 | 1,5 | 0,5 |
| Верхній | + | 0,75 | 3,5 | 1,5 |
| Нижній | - | 0,25 | 0,5 | 0,5 |

Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу в якості моделі використано поліном першого ступеня

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{12\dots k}x_1x_2\dots x_k. \quad (4.1)$$

Поліном лінійний відносно невідомих коефіцієнтів, що спрощує обробку експериментальних даних. Для трьох факторів математична модель має вигляд

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (4.2)$$

Кількість дослідів, необхідних для реалізації всіх можливих комбінацій рівнів факторів, визначається за залежністю $N = 2^k$, де N – число дослідів; k – число факторів; 2 – число рівнів (верхній і нижній).

4.3 Вибір матриці планування експерименту

Для проведення експерименту прийнято матрицю планування (табл. 4.3), в якій рядки відповідають різним незалежним дослідом, а стовпці – рівням факторів.

Таблиця 4.3 – Матриця планування експерименту

| Номер дослідів | x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | x_1x_2 | x_1x_3 | x_2x_3 | $x_1x_2x_3$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------------|
| 1 | + | - | - | - | + | + | + | - |
| 2 | + | + | - | - | - | - | + | + |
| 3 | + | - | + | - | - | + | - | + |
| 4 | + | + | + | - | + | - | - | - |
| 5 | + | - | - | + | + | - | - | + |
| 6 | + | + | - | + | - | + | - | - |
| 7 | + | - | + | + | - | - | + | - |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | + |

В таблиці 4.3 наведено кодові значення факторів +1 і -1. Для спрощення записів одиниці опускаються.

В матрицю введений стовпець ефективної змінної x_0 , яка у всіх випадках приймає тільки значення «+» і використовується для розрахунку вільного члена b_0 . Стовпці подвійної і потрійної взаємодії отримуються перемноженням стовпців x_1 , x_2 , x_3 і призначені для розрахунку відповідних коефіцієнтів рівняння (4.1).

Для проведення кожного з 8 дослідів фактори $x_1(S)$, $x_2(t)$ і $x_3(R)$ задано у відповідності з матрицею планування (табл. 4.3) на верхньому (+) або нижньому (-) рівні.

4.4 Результати експериментальних дослідів

З метою підвищення точності заміру шорсткості поверхні (параметра оптимізації) проведено 3 паралельних дослідів при незмінних режимах.

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначено за формулою

$$\bar{y}_j = \sum_u^r y_{ju} / r, \quad (4.3)$$

де r – число паралельних дослідів; u – номер паралельного дослідів; y_{ju} – значення параметра оптимізації в u -му паралельному досліді j -ої стрічки матриці.

Для оцінки відхилень параметра оптимізації від середнього його значення обчислено дисперсію паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r (y_{ju} - \bar{y}_j)^2 / (r-1). \quad (4.4)$$

Таблиця 4.4 – Результати дослідів

| № дослідження | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₁₂ | X ₁₃ | X ₂₃ | X ₁₂₃ | y ₁ | y ₂ | y ₃ | \bar{y} | S_j^2 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|---------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 37 | 36 | 40 | 37,67 | 4,33 |
| 2 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 34 | 32 | 39 | 35,00 | 13,00 |
| 3 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 41 | 38 | 37 | 38,67 | 4,33 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 32 | 29 | 34 | 31,67 | 6,33 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 34 | 30 | 28 | 30,67 | 9,33 |
| 6 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 37 | 37 | 39 | 37,67 | 1,33 |
| 7 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 36 | 34 | 32 | 34,00 | 4,00 |
| 8 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 31 | 35 | 34 | 33,33 | 4,33 |
| Всього | | | | | | | | | 59,6 | 57,6 | 59 | | 39,23 |

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевірено по G -критерію Кохрена, що представляє собою відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій

$$G_p = S_{j_{\max}}^2 / \sum_{j=1}^N S_j^2. \quad (4.5)$$

Гіпотеза про однорідність дисперсії підтверджується, якщо розрахункове значення критерію не перевищує табличного [19].

Рівень значущості всіх розглядуваних критеріїв $\alpha = 0,05$. При цьому вірогідність P істинної відповіді складе $P = 1 - 0,05 = 0,95$ або 95%.

Розрахункове значення критерію порівняне з табличним [19] для ступенів свободи чисельника $f_1 = r - 1 = 3 - 1 = 2$ і знаменника $f_2 = N = 8$. Оскільки $G_{\text{табл}} = 0,5157 > G_p = 0,37$, то гіпотеза про однорідність паралельних дослідів приймається.

Визначено дисперсію відтворюваності за формулою

$$S^2(y) = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N = 39,23/8 = 5,88. \quad (4.6)$$

Помилка експерименту складе

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = 2,42. \quad (4.7)$$

4.5 Розрахунок коефіцієнтів та побудова математичної моделі

Далі проведено розрахунок коефіцієнтів математичної моделі (4.1).

Члени регресії обчислено за формулами

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{y}_j}{N} = 34,83, \quad b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} \bar{y}_j}{N} = 0,42, \quad b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} \bar{y}_j}{N} = 0,42,$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,92, \quad b_{12} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -1,5, \quad b_{13} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 2, \quad b_{23} =$$

$$\frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,17, \quad b_{123} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,42.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (4.1) отримано

$$\hat{y} = 34,83 + 0,42x_1 + 0,42x_2 + 0,92x_3 - 1,5x_1x_2 + 2x_1x_3 + 0,17x_2x_3 + 0,42x_1x_2x_3. \quad (4.8)$$

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

$$S(b_i) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 0,493 \quad (4.9)$$

Далі визначено довірчий інтервал довжиною $2\Delta b_i$

$$\Delta b_i = \pm t_{кр} \cdot S(b_i) = \pm 1,047 \quad (4.10)$$

Критичне значення $t_{кр} = 2,12$ прийняте згідно [19] для числа ступенів свободи $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$ (при $\alpha = 0,05$).

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

Якщо в рівнянні (4.8) є статистично незначущі коефіцієнти ($|b_i| < \Delta b_i$), то їх можна усунути без перерахунку інших.

Нехтуючи статистично незначущими коефіцієнтами, рівняння (4.8) набуло вигляду

$$\hat{y} = 34,83 - 1,5x_1x_2 + 2x_1x_3 \quad (4.11)$$

Коефіцієнти в рівнянні вказують на силу впливу факторів. Чим більша величина коефіцієнта, тим більший вплив здійснює даний фактор.

Якщо коефіцієнт має знак «+», то зі збільшенням значення фактора параметр оптимізації збільшується. В даному випадку таким фактором є подача S.

Знак «-» при коефіцієнті вказує, що при збільшенні значення даного фактора параметр оптимізації зменшується. Такий вплив дає сумарний вплив глибина різання і радіус заокруглення різця.

4.6 Статистичний аналіз математичної моделі

Отримане рівняння перевірено на адекватність по критерію Фішера:

$$F_p = S_{ag}^2 / S^2(y). \quad (4.12)$$

Тут дисперсія адекватності

$$S_{ag}^2 = r \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 / (N - \lambda), \quad (4.13)$$

де λ – число значимих коефіцієнтів рівняння; \bar{y}_j – середнє арифметичне значення параметра оптимізації в j -му досліді; \hat{y}_j – значення параметра оптимізації, яке обчислене по моделі для умов j -го досліді (по рівнянню 4.11 і матриці планування експерименту табл. 4.3).

Якщо виконується умова

$$F_p \leq F_{табл}, \quad (4.14)$$

то розроблена модель є адекватною.

В таблиці 4.5 показано розрахункові значення для визначення дисперсії адекватності.

Таблиця 4.5 – Результати дослідів і розрахунків

| Номер дослідів | \bar{y} | \hat{y} | $\bar{y} - \hat{y}$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ |
|----------------|-----------|-----------|---------------------|-------------------------|
| 1 | 37,67 | 34,83 | 2,83 | 8,028 |
| 2 | 35,00 | 34,83 | 0,17 | 0,028 |
| 3 | 38,67 | 34,83 | 3,83 | 14,694 |
| 4 | 31,67 | 34,83 | -3,17 | 10,028 |
| 5 | 30,67 | 34,83 | -4,17 | 17,361 |
| 6 | 37,67 | 34,83 | 2,83 | 8,028 |
| 7 | 34 | 34,83 | -0,83 | 0,694 |
| 8 | 33,33 | 34,83 | -1,50 | 2,250 |
| Σ | | | | 61,11 |

Звідси дисперсія адекватності – 26,19.

Критерій Фішера (розрахунковий) – 0,86.

Згідно [19] визначено критичне значення критерія Фішера для ступеня вільності 1 та 16 становить 5,73. Оскільки розрахунковий критерій Фішера менший від табличного, то модель є адекватною.

5 ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Оцінювання експертами потенціалу використання удосконаленого технологічного процесу в машинобудуванні

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в (таблиця 5.1).

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

| Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою) | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|
| Критерій | 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 на розрахунках | Концепція перевірена на практиці | Перевірено робоздатність 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 |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|---|--|---|---|--|
| 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 |
| 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 компаній на ринку | Активна конкуренція | Помірна конкуренція | Незначна конкуренція | Конкуренція немає |
| Практична здійсненність | | | | | |
| 8 | Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї | Необхідно наймати фахівців або витратити 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 |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--|---|--|---|---|
| 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 документів та отримання дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту | Отримання документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу | Отримання 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 зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

| Критерії | Експерти | | |
|----------|------------------------------|------------|------------|
| | Експерт №1 | Експерт №2 | Експерт №3 |
| | Бали, виставлені експертами: | | |
| 1 | 2 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 3 | 2 |
| 6 | 1 | 2 | 2 |
| 7 | 3 | 3 | 4 |
| 8 | 1 | 2 | 2 |

Подовження таблиці 5.2

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

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

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 з нових міцних матеріалів.

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 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Зовнішній вигляд | | 7 | | 10% |
| Точність розмірів | 9 | | | 25% |
| Відповідність технологічній документації | 10 | | | 20% |
| Наявність заусенців | 9 | | | 25% |
| Важкість виконання | | | 3 | 20% |

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

де P_{Hi} – числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{я.а.}} = 7 \cdot 0,1 + 9 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 = 7,8$$

Далі визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (5.2) та (5.3) і занесемо їх у відповідну колонку таблиці 5.4.

$$Q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}, \quad (5.2)$$

або

$$Q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}, \quad (5.3)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.4 – Основні економічні, нормативні та технічні параметри та товару-конкурента

| Показник | Варіанти | | Відносний показник якості | Коефіцієнт вагомості параметра |
|--|----------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | Базовий | Новий | | |
| Зовнішній вигляд | Гірший | Кращий | 1,3 | 0,1 |
| Точність розмірів | Гірша | Краща | 1,25 | 0,25 |
| Відповідність технологічній документації | Непона | Повна | 1,15 | 0,2 |
| Наявність заусенців | Присутня | Частково присутня | 1,1 | 0,25 |
| Важкість виконання | Легко | Важко | 0,86 | 0,2 |
| Економія на втратах від браку | 20 грн | 17,8 грн | - | - |

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{\text{я.в.}} = 1,3 * 0,1 + 1,25 * 0,25 + 1,15 * 0,2 + 1,1 * 0,25 + 0,86 * 0,2 = 1,12$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента на 12%.

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 (К) з урахуванням вище зазначених груп показників можна визначити за формулою:

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

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

$I_{\text{е.п.}}$ — індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{е.п.}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{Hei}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{Bei}}}, \quad (5.6)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} — економічні параметри відповідно нового та базового товарів.

Якщо $K > 1$, то інноваційне рішення вважається більш

конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент; якщо $K < 1$, то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товара-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 1,12. За формулою 5.6 розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.p.} = \frac{17,8}{20} = 0,89$$

Тоді, користуючись формулою 5.5, розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,12}{0,89} = 1,26$$

Оскільки $K > 1$ ($K = 1,26$), то запропонована нова технологія виготовлення деталі "Ступиця ПВ 2308" є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку технологічного процесу виготовлення деталі типу "Ступиця ПВ 2308"

Заходи з розробки та впровадження досягнень науково-технічного прогресу потребують для свого здійснення одноразових витрат, їх називають капітальними. В залежності від змісту заходу склад капітальних вкладень різниться. Загалом при визначенні річного економічного ефекту у складі капітальних вкладень виробників враховуються як безпосередньо капітальні вкладення, так і інші одноразові витрати, які необхідні для створення і використання техніки або технологічного процесу без залежності від джерела їх фінансування.

До них відносяться: витрати на основну та додаткову заробітну плату розробників технологічного процесу, нарахування на заробітну плату розробників, витрати на придбання, доставку, монтаж, технічну підготовку і освоєння виробництва; вартість необхідних виробничих площ і інших елементів основних фондів, які безпосередньо пов'язані з виготовленням нових виробів за новим технологічним процесом.

Розрахунок капітальних витрат на розробку або модернізацію технологічного процесу, включає розрахунок таких основних статей витрат:

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн}] \quad (5.7)$$

де M — місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн. В 2019 році величини окладів коливаються в межах 12000 ÷ 25000 грн.

T_p — число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$, прийmemo – 21 робочий день.

t — число днів роботи розробника.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку кошторису капітальних витрат

| Найменування посади | Місячний посадовий оклад, грн. | Оплата за робочий день, грн | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату, грн |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Керівник проекту | 15000 | 714,29 | 20 | 14 285,71 |
| Інженер-конструктор I категорії | 10000 | 476,19 | 18 | 8 571,43 |
| Інженер-технолог вищ. категорії | 10000 | 476,19 | 20 | 9 523,81 |
| Всього | | | | 32 380,95 |

Додаткова заробітна плата розробників.

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

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} Z_o, \text{ [грн]} \quad (5.8)$$

де $N_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{д}} = 32380,95 \cdot 0,11 = 3\,561,9 \text{ (грн)}.$$

Нарахування на заробітну плату розробників.

Нарахування на заробітну плату розробників Z_n розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot N_{\text{зп}}, \quad (5.9)$$

де $N_{\text{зп}}$ – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$Z_n = (32380,95 + 3561,9) \cdot 0,22 = 7907,43 \text{ (грн)}.$$

Вартість обладнання визначається за прейскурантом гуртових цін на металорізальні верстати або за даними базового підприємства за відпускними і договірними цінами. До балансової вартості обладнання окрім прейскурантної вартості верстатів входять витрати на їх транспортування і монтаж на ділянці, ці витрати приймаються в розмірі 10...12% від вартості обладнання.

Балансову вартість нового обладнання розраховують за формулою:

$$V_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \text{ [грн]} \quad (5.10)$$

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

| Найменування обладнання | Ціна, грн | Кількість | Вартість, грн | Примітка |
|---|-----------|-----------|---------------|----------|
| Токарний верстат з ЧПК 1В340Ф30 підвищеної точності | 150000 | 2 | 300000 | $K=1.12$ |
| Всього | | | 300000 | 336000 |

Витрати на оренду або придбання приміщень для облаштування технологічного процесу відсутні (використання власних виробничих приміщень). Однак необхідно врахувати переобладнання власних старих приміщень для облаштування модернізованого технологічного процесу за формулою:

$$V_{буд} = C_{пл} \cdot S_{заг}, [\text{грн}] \quad (5.11)$$

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

$S_{заг}$ – загальна площа виробничої ділянки, м².

$$V_{буд} = 400 \cdot 85 = 34000 \text{ (грн)}.$$

Додаткові інструменти та пристосування для впровадження даного технологічного процесу.

Витрати на придбання нового інструменту можна розрахувати за формулою:

$$O = \sum_1^n C_i \cdot N_i \cdot K_i, [\text{грн}] \quad (5.12)$$

де: C_i — ціна придбання інструменту даного виду, марки, грн.,

N_i — кількість однотипного виду інструменту, шт.,

K_i — коефіцієнт, що ураховує доставку, налагодження інструменту тощо,

$K_i = 1,1$

n — кількість видів інструменту.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на інструмент

| Найменування інструменту | Ціна, грн | Кількість | Вартість, грн | Примітка |
|--------------------------|-----------|-----------|---------------|----------|
| Різець прохідний | 26,50 | 8 | 212,00 | |
| Різець підрізний | 25,30 | 5 | 126,50 | |
| Фреза торцева | 28,70 | 7 | 200,90 | |
| Фреза пальцева | 18,00 | 5 | 90,00 | |
| Розвертка | 32,60 | 5 | 163,00 | |
| Свердло центрувальне | 15,50 | 4 | 62,00 | |
| Поворотне пристосування | 6500,00 | 1 | 6500,00 | |
| Всього | | | 7354,40 | 8089,84 |

Інші витрати (накладні витрати) — приймаються як 250% від суми основної заробітної плати розробників.

$$I = 32380,95 \cdot 250 / 100\% = 80\,952,38 \text{ (грн)}.$$

Сума всіх попередніх статей дає капітальні витрати на модернізацію технологічного процесу— К (ΔК).

$$K = 32380,95 + 3561,9 + 7907,43 + 336000 + 34000,00 + 8089,84 + 80952,38 = 502\,892,5 \text{ (грн)}.$$

5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

До виробничої собівартості продукції включаються: прямі матеріальні витрати, прямі витрати на оплату праці, інші прямі витрати, загально виробничі витрати, які поділяються на змінні та постійні. Постійні загально виробничі витрати поділяються в свою чергу на розподілені та нерозподілені.

Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції передбачає визначення таких статей витрат:

Витрати на матеріали

Якщо вихідні заготовки виробів, які в подальшому потребують механічної обробки, виготовлені на підприємстві у відповідних виробничих підрозділах заготівельного виробництва (ливарних, пресових цехах або дільницях тощо), то вартість основного матеріалу з урахуванням утилізації відходів визначається за формулою:

$$M_j = S_{\text{заг}j} - V_j \cdot C_{\text{в}j}, \text{ [грн]} \quad (5.13)$$

де $S_{\text{заг}j}$ – виробнича собівартість заготовки у відповідному підрозділі, грн.

V_i - маса відходів i -го найменування, кг (гр.);

$C_{\text{в}}$ - ціна відходів i -го найменування, грн./кг;

n - кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.8 – Витрати на матеріали

| Найменування матеріалу, марка, тип, сорт | Ціна за 1 кг, грн. | Витрачено, кг | Величина відходів, кг | Ціна відходів, грн./кг | Возвратні відходи, грн, (-) | Вартість витраченого матеріалу, грн. | Примітка |
|--|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------|
| Сталь 40ХЛ | 352,20 | 5,6 | 1,35 | 4,00 | 5,40 | 774,84 | К=1.1 |
| Всього | | | | | | | 852,32 |

Витрати на комплектуючі та напівфабрикати:

Комплектуючі та напівфабрикати відсутні.

Витрати на силову електроенергію

Електрична енергія на дільниці витрачається на живлення електродвигунів, електронагрівальних приладів, які використовуються при виготовленні продукції, апаратури. Силова електроенергія для виробничих цілей залежить від потужності обладнання, що використовується.

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = B \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, [\text{грн}] \quad (5.14)$$

де B - вартість 1 кВт-години електроенергії. В 2019 році $B = 2,35535$ грн/кВт.

Π — установлена потужність обладнання, кВт;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання по виготовленню одного виробу, год.;

K_{Π} — коефіцієнт використання потужності, $K_{\Pi} < 1$.

Результати розрахунку витрат на електроенергію покажемо у вигляді таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розраховані витрати на електроенергію

| Обладнання | Потужність | Нормо-години | Сума |
|---|------------|--------------|------|
| Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30 | 11 | 0,129 | 3,34 |
| Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30 | 11 | 0,098 | 2,31 |
| Всього | | | 5,81 |

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \text{ [грн]} \quad (5.15)$$

де t_i — норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, год;

n — число робіт по видах та розрядах;

K_c —коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками - $K_c = 1 \div 5$.

C_i — погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \text{ [грн/год]} \quad (5.16)$$

де M_m - мінімальна місячна оплата праці, грн. $M_m = 4173$ грн.

K_i — тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p — число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21$.

$T_{зм}$ — тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ год.

$$C = (4173 \cdot 1,5) / (21 \cdot 8) = 37,26 \text{ (грн).}$$

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Витрати на заробітну плату

| Найменування технологічних операцій | Трудомісткість, н-годин | Розряд роботи | Погодинна тарифна ставка, грн. | Величина оплати, грн | Примітка |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|----------|
| Токарно-револьверна з ЧПК | 0,129 | 5 | 42,24 | 5,45 | K=1,7 |
| Токарна з ЧПК | 0,098 | 4 | 37,27 | 3,65 | K=1,5 |
| Вертикально-фрезерна з ЧПК | 0,012 | 4 | 37,27 | 0,45 | K=1,5 |
| Всього | | | | 9,55 | |

Додаткова заробітна плата робітників.

Розраховується як $10 \div 12$ % від основної заробітної плати робітників:

$$Зд = 9,55 \cdot 0,11 = 1,05 \text{ (грн).}$$

Нарахування на заробітну плату робітників.

Нарахування на заробітну плату розробників $З_n$ розраховується як 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$З_n = (З_o + З_{дод}) \cdot Н_{зп}, \text{ [грн]} \quad (5.17)$$

де $Н_{зп}$ – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$H_3 = (9,55 + 1,05) \cdot 0,22 = 2,33 \text{ (грн)}.$$

Загальновиробничі статті витрат.

Величину загальновиробничих витрат в розрахунку на одиницю продукції можна розрахувати за нормативами відносно до основної заробітної плати основних робітників, які виготовляють цю продукцію.

Загальновиробничі витрати (в відсотках до основної заробітної плати основних робітників) для механічного устаткування складають 250 ... 280%. Прийmemo 250%. Тоді:

$$ЗВ = 9,55 \cdot 250\% / 100\% = 23,87 \text{ (грн)}.$$

Сума всіх попередніх статей утворює виробничу собівартість одиниці продукції:

$$S = 852,32 + 5,81 + 9,55 + 1,05 + 2,33 + 23,87 = 894,93 \text{ (грн)}.$$

5.4 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень

Економічний ефект від впровадження модернізованого технологічного процесу розраховується за формулою:

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N, \text{ [грн]} \quad (5.18)$$

де S_1 - виробнича собівартість виготовленої продукції за базовим технологічним процесом;

S_2 - виробнича собівартість виготовленої продукції за модернізованим технологічним процесом;

N - обсяги виготовлення продукції за модернізованим технологічним процесом.

Тоді величина економічного ефекту складе:

$$E = (944,93 - 894,93) \cdot 3500 = 175\,000 \text{ (грн).}$$

Термін окупності капітальних вкладень розраховують за формулою:

$$T_o = \frac{K(\Delta K)}{\Pi}, \text{ [років]} \quad (5.19)$$

де K (або ΔK) — капітальні вкладення або додаткові капітальні вкладення, необхідні для реалізації нового технологічного процесу, нової ділянки, цеха тощо, або для їх модернізації, грн.,

E – економічний ефект від впровадження нового технологічного процесу.

$$T_o = 415723,80 / 175000 = 2,37 \text{ (року).}$$

Термін окупності модернізованого технологічного процесу складає 2,37 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 3 – 5 років, а величина економічного ефекту складе 175000 грн. Тому застосування модернізованого технологічного процесу виготовлення деталі “Ступиця ПВ 2308” є економічно доцільним.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

На дільниці механічної обробки деталі типу "Ступиця ПВ 2308" діють небезпечні та шкідливі фактори фізичної, хімічної та психологічної груп.

В процесі механічної обробки деталі виділяється стружка, туман мінеральних мастил, ЗОР, які видаляються через вентиляційну систему. При цьому можливий вплив на робітників шкідливих і небезпечних факторів: підвищений вплив шуму; підвищений рівень вібрації; рухомі машини і механізми, рухомі частини верстатів; підвищена запиленість робочої зони; підвищена температура робочої зони; підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини; гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструмента, обладнання; недостатня освітленість робочої зони.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: токсичні; подразнюючі. Ці фактори виникають внаслідок застосування у виробництві ЗОР для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруень.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть бути на дільниці: фізичні перевантаження, монотонність роботи.

6.2 Виробнича санітарія

Обладнання на дільниці пофарбовано відповідно нормам машинобудування НОВ-2 "кольори фарбування металорізальних верстатів". Станини верстатів пофарбовані у світлозелені кольори, рухомі частини - у кремовий, внутрішні частини огорожень рухомих частин верстатів, лампи, сигналізуючі про порушення технічного процесу, кнопки, рукоятки вимикачів, а також аварійні кнопки - у червоний. Переплетіння світлових прийомів, стіни над рівнем 2,5-3 м

пофарбовані у білий колір, так як біла поверхня відбиває більше 80% падаючого світла, створюючи добру освітленість. Панелі пофарбовані у світлозелений колір.

6.2.1 Повітря робочої зони

Мікроклімат на підприємстві вимірюють в виробничих приміщеннях, де знаходяться працівники на постійних і непостійних робочих місцях. Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону, допустимі - встановлюються диференціально для робочих місць. Згідно ГОСТ 12.1.005-88 на даній ділянці проводяться роботи категорії Пб - середньої важкості, пов'язані з постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги. В таблиці 1 наведені допустимі норми вологості температур, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні згідно ГОСТ 12.1.005-88.

Таблиця 6.1 – Показники мікроклімату

| Період року | Категорії робіт | Температура, °С | | | | Відносна вологість | | Швидкість руху, м/с | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------|------------|---|-----------------------|--|-----|---------------|
| | | Оптимальна | Допустима | | Оптимальна | Допуст. на робочих місцях пост. і непост. не більше | Оптимальна, не більше | Допустима на робочих місцях пост і непост. | | |
| | | | Верхня межа | Нижня межа | | | | | | |
| | | | На робочих місцях | | | | | | | |
| пост. | непост. | пост. | непост. | | | | | | | |
| Холодн. | Пб | 17-19 | 21 | 23 | 15 | 13 | 40-60 | 75 | 0,2 | Не більше 0,4 |
| Тепл. | Пб | 20-22 | 27 | 29 | 16 | 15 | 40-60 | 70 (при 25°С) | 0,3 | 0,2-0,5 |

Вимірювання показників мікроклімату необхідно проводити на початку, всередині і в кінці холодного та теплого періодів року. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні не більше 25% поверхні тіла. Допустимі показники мікроклімату потрібно підтримувати.

В даному цеху внаслідок роботи інструменту та обладнання при більшості операцій механічної обробки виникає виробничий пил, який може викликати професійні захворювання. Крім захворювань запиленість викликає підвищення зношування поверхонь тертя. Головним засобом боротьби з пилом та шкідливими речовинами є вентиляція. В нашому цеху використовуємо природну та механічну вентиляцію.

Системи опалення, вид і параметри теплоносія, а також типи нагрівальних пристроїв передбачаються з урахуванням теплової енергії навколишніх конструкцій у відповідності з характером і призначенням СНиП 27.04.05-84. в приміщенні даного цеху передбачені система опалення, внутрішнього водопроводу, гарячого водопостачання, каналізації. Система опалення використовується з умови забезпечення температури повітря в приміщеннях в холодний і перехідний періоди року на рівні 16°C. Опалення - центральне, водяне і парове з радіаторами і ребристими трубами. Нагрівачі прилади встановлюються біля зовнішніх вікон.

6.2.2 Освітленість

При виконанні в приміщенні робіт Ів розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E=200$ лк (СНиП II-4-79).

Характеристика зорових робіт - дуже високої точності, найменший розмір об'єкту розрізнення від 0,15 мм до 0,3 мм. В таблиці 6.2 наведені нормативні значення КЕО при природному і штучному освітленні згідно СНиП II-4-79 для нашого цеху.

Таблиця 6.2 – Показники освітлення

| Характеристика зорової роботи | Мінімальний розмір об'єкту розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Контраст об'єкта розрізнення з фоном | Характеристика фона | Характеристика фона | Штучне освітлення | | Природне освітлення |
|-------------------------------|--|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| | | | | | | Освітленість, лк | | КЕО e_n^{III} , % |
| | | | | | | При комбінованому освітленні | При загальному освітленні | При поверхневому і боковому освітленні |
| Дуже високої точності | 0,15-0,3 | I | в | середній | середній | 2000 | 500 | 2,5 |

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot C_k, \quad [6.1]$$

де e_n^{III} - нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

m - коефіцієнт світлового клімату;

C_k - коефіцієнт сонячного клімату.

$$e_n^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,7\%.$$

Освітленість робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого, повинно складати 10% від тієї, що нормується для комбінованого при джерелах світла, які використовують для місцевого освітлення (лампи розжарювання). При цьому найменші і найбільші значення освітленості наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Значення освітленості

| Лампи | Освітленість від загального освітлення в системі комбінованого, лк | |
|--------------|--|----------|
| | Найбільша | Найменша |
| Газорозрядні | 500 | 150 |

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела місцевого освітлення. Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт II розряду при люмінесцентних лампах 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються повинно складати 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк. Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати: порушення норм обслуговування обладнання, тривале порушення технічного процесу.

6.2.3 Шум

На дільниці, де проходить обробка деталей типу "корпус" має місце шум, джерелами якого є робота обладнання, інструменту, ударні процеси, що виникають внаслідок руху деталей із змінним прискоренням. Характеристикою шуму на робочих місцях являються рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах. В таблиці 5.3 наведені допустимі рівні звукового тиску в октавних полосах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні на робочих місцях виробничих приміщень та на території підприємства згідно ГОСТ 12.1.003-83. Для установок вентиляції, кондиціонування повітря та повітряного опалення допустимі рівні шуму необхідно приймати на 5дБ менше рівнів, указаних в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Рівні звукового тиску

| Рівні звукового тиску, дБ, в октавних полосах з середньо геометричними частотами, Гц | | | | | | | | | Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ (А) |
|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 105 | 102 | 98 | 95 | 100 | 105 | 96 | 90 | 94 | 80 |

Дія шуму на людину може викликати різні загально біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональний розлад. Довготривала дія інтенсивного шуму може призвести до патологічного стану слухового апарату, до його перетому і виникнення професійного захворювання. Шум викликає зміни серцево-судинної системи.

Заходи по зниженню шуму: на нашій дільниці механічної обробки верстати оснащені приводними двигунами, які розташовані в нішах станин, стінки яких покриті звукоізолюючими матеріалами.

6.2.4 Вібрація

Причиною виникнення вібрації на дільниці механічної обробки деталі на верстатах являються виникаючі при роботі машин і агрегатів невідновжені силові дії. Згідно ГОСТ 12.1.012-90 вибираємо категорію вібрації по санітарним нормам та критерій оцінки - 3 тип "а" - межа зниження продуктивності. Характеристика умов праці: технологічна вібрація, яка діє на операторів стаціонарних машин і обладнання. Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження до оператора для довго тривалості зміни 8 годин наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження

| Вид вібрації | Категорія вібрації по санітарним нормам | Напрямок дії | Нормативні, кореговані по частоті та еквівалентні кореговані значення | | | |
|--------------|---|-----------------|---|-----------------------|------------------------------|-------------------------|
| | | | Віброшвидкість | Рівень віброшвидкості | Віброприскорення | Рівень віброприскорення |
| | | | $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}\cdot 10^{-2}$ | дБ | $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$ | дБ |
| Загальна | 3 тип "а" | Z_0, X_0, Y_0 | 0,2 | 92 | 0,1 | 100 |

Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора наведено в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 - Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження

| Середньо геометричні частоти октавних полос, Гц | Нормативні значення у напрямках | | | |
|---|---|-----------------------------|---|---------------------------|
| | Віброприскорення $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$ | Рівень віброприскорення, дБ | Віброшвидкість, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}\cdot 10^{-2}$ | Рівень віброшвидкості, дБ |
| 8 | 1,4 | 123 | 2,8 | 105 |
| 16 | 1,4 | 123 | 1,4 | 109 |
| 31,5 | 2,7 | 129 | 1,4 | 109 |
| 63 | 5,4 | 135 | 1,4 | 109 |
| 125 | 10,7 | 141 | 1,4 | 109 |
| 250 | 21,3 | 147 | 1,4 | 109 |
| 500 | 42,5 | 153 | 1,4 | 109 |
| 1000 | 85,0 | 159 | 1,4 | 109 |

6.3 Техніка безпеки

6.3.1 Електробезпека

Живлення верстатів здійснюється від мережі змінного струму напругою 220/380 В. Згідно ГОСТ 12.1.013-78 приміщення відноситься до особливо небезпечних умов враження людей електричним струмом:

- 1) наявність одночасно двох чи більше умов підвищеної небезпеки;
- 2) наявність струмопровідних основ (залізних, цегляних, залізобетонних);
- 3) наявність можливості одночасного дотику людини до наявних з'єднань з землею, механізмам, а також до металічних корпусів електрообладнання.

В електричних схемах обладнання повинно бути передбачено блокуючі пристосування на випадок падіння чи збільшення напруги в електричній мережі, яке відключає електроустановку.

6.3.2 Розрахунок занулення

Початкові дані: $P_{\text{нв}}=20,75$ кВт; $U_{\text{н}}=380$ В.

Умови праці з особливою небезпекою ураження людей електричним струмом.

1. Вибір перерізу проводів.

Призначення нульового проводу в мережі із заземленою нейтраллю - забезпечення необхідної для включення електрообладнання величини струму короткого замикання шляхом створення для цього ланцюга з малим опором.

Визначимо розрахунковий струм верстата:

$$I_{\text{в}} = P_{\text{нв}}/\sqrt{3}\cdot U_{\text{н}} = 20750/\sqrt{3}\cdot 380 = 31,526 \text{ (А)}.$$

$P_{\text{нв}}$ - номінальна потужність верстата, Вт;

$U_{\text{н}}$ - номінальна напруга живлення, В.

По таблиці 1 додатку 3 вибираємо 3 одножильних провода перерізом $S_h = 4 \text{ mm}^2$, проложених в одній трубі, для яких допустиме струмове навантаження складає 32 А.

2. Вибір струмового захисту (СЗ)

Вибираємо струмові захисні запобіжники. Визначаємо номінальний струм плавких вставок запобіжників (СЗ/1)

Пусковий струм електродвигуна $I_{\text{п}}/I_{\text{н}} = 5,5$:

$$I_{\text{п}} = 5,5 \cdot I_{\text{н}} = 5,5 \cdot 31,526 = 173,39 \text{ (А)}.$$

Номінальний струм плавкої вставки СЗ (1) при $\alpha=2,5$:

$$I_{\text{н}1} = I_{\text{п}}/2,5 = 173,39/2,5 = 69,36 \text{ (А)}.$$

Із стандартного ряду вибираємо плавку вставку для запобіжника СЗ (1) з номінальним струмом в А.

3. Розрахунок на відключаючу здатність

$R_{\text{но}} = 22 \text{ кВА}$; $l_1 = 200 \text{ м}$, $l_2 = 6 \text{ м}$.

По таблиці 1 додатку 5 для живлення лінії 1 вибираємо масляний трансформатор потужністю $P_{\text{т}} = 25 \text{ кВт}$ з первинною напругою 6-10 В, розрахований опір $Z_{\text{т}}/3 = 0,302 \text{ Ом}$.

Визначаємо робочий струм лінії 1 за формулою:

$$I_{\text{р}} = P_{\text{т}}/\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} = 25 \cdot 103/1,73 \cdot 380 = 38,03 \text{ (А)}.$$

Вибираємо чотирьохжильний алюмінієвий кабель. Перетином жили $S_{1\phi}=10 \text{ мм}^2$, для якого допустиме струмове навантаження складає 45 А.

Визначимо значення активних опорів фазових проводів ліній 1 і 2 за формулою:

$$R_{\Phi} = \rho_{\Pi}(l_1/S_{1\Phi} + l_2/S_{2\Phi}) = 0,028(200/10 + 6/4) = 0,266 \text{ (Ом)}.$$

Приймаємо значення індуктивного опору повітряної лінії $X_1 = 0,6 \text{ Ом/км}$ і внутрішньої $X_2 = 0,3 \text{ Ом/км}$, тоді індуктивний опір петлі "фаза-нуль".

$$X_{\Pi} = 2X_1l_1 + 2X_2l_2 = 2(0,6 \cdot 0,2) + 2(0,3 \cdot 0,006) = 0,24 \text{ (Ом)}.$$

Приймаємо перерізи нульових проводів для ліній 1 і 2: $S_{H1} = 35 \text{ мм}^2$; $S_{H2} = 2,5 \text{ мм}^2$, виконаних з алюмінію. Значення активного опору нульових проводів:

$$R_H = \rho_L(l_1/S_{H1} + l_2/S_{H2}) = 0,028(200/35 + 6/2,5) = 0,23 \text{ (Ом)}.$$

Знаходимо комплексний опір петлі "фаза-нуль":

$$Z_H = \sqrt{(R_H + R_{\Phi})^2 + X_{\Pi}^2} = \sqrt{(0,23 + 0,266)^2 + 0,24^2} = 0,55 \text{ (Ом)}.$$

Струм короткого замикання:

$$I_{K3} = U_{\Phi} / (Z_T/3 + Z_H) = 220 / (0,302 + 0,55) = 258,22 \text{ (А)}.$$

Перевіримо виконання умови $I_{зк} \geq KI_H$:

$$I_{H3} / I_{H1} = 258,22 / 75 = 3,4.$$

Умова виконується, так як $3,4 > 3$, що гарантує спрацювання захисту.

4. Визначимо максимальну величину напруги дотику. Визначаємо комплексний опір нульового проводу, враховуючи, що індуктивний опір нульового проводу приблизно рівний половинні індуктивного опору петлі "фаза-нуль".

$$X_H = X_n/2 = 0,24/2 = 0,12 \text{ (Ом)}.$$

$$Z_H = \sqrt{R_n^2 + X_H^2} = \sqrt{0,23^2 + 0,12^2} = 0,259 \text{ (Ом)}.$$

Напруга дотику без урахування повітряного заземлення нульового проводу:

$$U_{пр} = I_{кз} Z_H = 258,22 \cdot 0,259 = 66,879 \text{ (В)}.$$

Це значення перевищує гранично допустиме (36 В), тобто умова безпеки не виконується, а для дії її забезпечується необхідне повторне заземлення нульового дроту, опір якого повинен бути $R_n \leq 36 \cdot 4 / (66,879 - 36) = 4,66 \text{ (Ом)}$.

Значення $R_0 = 4 \text{ Ом}$ приймаємо по додатку 2, так як використовується мережа живлення напругою 380/220 В.

5. Розрахунок повторного заземлення нульового дроту:

Визначаємо розрахунковий питомий опір гранита:

$$\rho = \rho_{вим} \cdot \Psi_3 = 30 \cdot 1,2 = 36 \text{ (Ом}\cdot\text{м)},$$

де $\rho_{вим} = 30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ - значення вимірюваного питомого опору гранта;

Ψ_3 - кліматичний коефіцієнт.

В якості вертикальних електродів приймаємо сталевий пруток діаметром $d = 14 \text{ мм}$ і довжиною $l = 5 \text{ м}$. Глибина накладання $h = 0,8 \text{ м}$. Заземлювачі розташовані в ряд.

Визначимо величину t :

$$t = l/2 + h = 5/2 + 0,8 = 3,3 \text{ (в)}.$$

Опір одиночно вертикального електрода:

$$R_B = 0,333 [36/5 (\lg 2 \cdot 5/0,014 + 0,5 \lg 4 \cdot 3,3 + 5/(4 \cdot 3,3 - 5))] = 7,98 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо кількість вертикальних електродів:

$$п\eta_{в} = R_{в}/R_{п} = 7,98/4,66 = 1,71.$$

Знаходимо добуток $п\eta_{в}$, що близький до 1,71: при $п = 2$, $d/l = 2$, $\eta_{в} = 0,91$, а $п\cdot\eta_{в} = 1,8$.

В якості з'єднувальної приймаємо сталюю полосу перетином 48 мм^2 , при товщині $b = 4 \text{ мм}$, тоді її довжина при розташування вертикальних електродів в ряд:

$$l_c = 1,05a(п-1) = 1,05 \cdot 10(2-1) = 10,5 \text{ (м)}.$$

Опір з'єднувальної полоси:

$$R_c = 0,366(36/10,5) \cdot \lg 2 \cdot 10^5 / 0,004 \cdot 3,3 = 5,299 \text{ (Ом)}.$$

Опір повторного заземлення нульового дроту:

$$R_{п} = 7,98 \cdot 5,299 / (7,98 \cdot 0,89 + 5,299 \cdot 2 \cdot 0,91) = 2,525 \text{ (Ом)};$$

$$\eta_c = 0,89 \text{ (табл. 2, дод. 7)}.$$

Напруга дотику при $R_{п} = 2,525 \text{ Ом}$:

$$U_{пр} = 258,22 \cdot 0,259(2,525/(4+2,525)) = 25,88 \text{ (В)}.$$

$U_{пр} \leq U_{нду}$, $25,88 < 36 \text{ В}$., тобто умова безпеки виконується.

6.4 Пожежна безпека

Дільниця механічної обробки по пожежно- і вибухонебезпеці відноситься до категорії виробництва Д - виробництва, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

По степеню вогнестійкості будівлі відносяться до I ступеню - будівлі з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючи матеріалів.

В таблиці 6.7 наведені межі вогнестійкості конструкцій, об'єкту. Ці межі вогнестійкості повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огорожувальні функції під час пожежі та евакуації людей або перебуванні їх в місцях захисту.

Таблиця 6.7 - Межі вогнестійкості конструкцій

| Ступінь вогнестійкості будівлі | Стіни | | | | Колони | Драбинні площадки, балкони | Плити, ін. несучі конструкції перекриття | Елементи покриття |
|--------------------------------------|--------|-------------|-----------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------|--|-------------------|
| | Несучі | Само несучі | Зовнішні несучі | внутрішні несучі (перегородки) | | | | |
| I | 2,5/0 | 1,25/0 | 0,5/0 | 0,5/0 | 2,5/0 | 1/0 | 1/0 | 0,5/0 |

В таблиці 6.8 вказані максимально допустимі площі поверху за СНиП 2.09.0285.

Кількість евакуаційних виходів слід приймати не менше 2, при проектуванні виробничого приміщення передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з СНиП 2.01.02-85: висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до

низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного знаходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

Таблиця 6.8 - Максимально допустимі площі

| Категорія будівлі | Допустима кількість поверхів | Ступінь вогнестійкості | Площа поверху | | |
|-------------------|------------------------------|------------------------|----------------|------------------|------------|
| | | | Одноповерхових | Багатоповерхових | |
| | | | | На 2 поверха | 3 і більше |
| д | 6 | I | Не обмежується | | |

Для запобігання пожеж в цеху необхідно провести ряд заходів з техніки безпеки, а саме:

- встановити пожежні оповісники;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробування обладнання;
- оснащення діляниць засобами пожежегасіння, встановити новий комплект пожежного щита, забезпечити вільний доступ до пожежного інвентару.

6.5 Оцінка стійкості роботи діляниці механічної обробки деталі “Ступиця ПВ 2308” в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Оцінка стійкості роботи об'єкта в надзвичайних ситуаціях (НС) мирного та воєнського часу має велике значення, тому що вона дозволяє не тільки оцінити можливі втрати, нанесені об'єкту, але й розробити комплекс заходів, направлених на підвищення його стійкості.

Аварії техногенного характеру на атомних об'єктах можуть привести до виникнення іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу, які в свою чергу можуть вивести із ладу електронну систему верстатів з ЧПК.

В машинобудівних системах найбільш чутливими до дії іонізуючого випромінювання є перетворювачі струму та блоки дистанційного управління. В результаті опромінення електронної апаратури діляниці змінюється струм і

коефіцієнт підсилення; в конденсаторах понижується напруга пробою і опір витоку, змінюється провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах змінюються такі параметри: електрична провідність, діелектрична провідність і тангенс кута втрат.

Дія електромагнітного імпульсу може призвести до згорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових та контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Найбільш частіше одержують пошкодження вхідні кола різних електронних пристроїв.

Вихід дільниці з ладу може мати тяжкі наслідки. Припинення роботи обладнання призведе до зупинки виробничого процесу. Як наслідок, держава чи підприємство матиме матеріальні збитки через простій виробництва.

Отже, існує актуальна проблема розрахунку і підвищення стійкості роботи дільниці. Для цього на об'єкті завчасно на основі розрахунків планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи.

6.5.1 Оцінка стійкості роботи дільниці механічної обробки деталі типу “Ступиця ПВ 2308” в умовах дії іонізуючих випромінювань.

За критерій стійкості роботи дільниці приймається максимальне значення дози радіоактивного опромінення. Функціонування електронної апаратури при дії іонізуючих випромінювань залежить від стійкості її окремих елементів.

Таблиця 6.9 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання

| Елементи в системах управління електронної апаратури | | $D_{грi}(P)$ | $D_{гр}(P)$ |
|--|----------------------|--------------|-------------|
| Блок живлення | Діод Т143-1000 | 10^5 | 10^4 |
| | Конденсатор К21У-2 | 10^5 | |
| Блок перемикач | Мікроперемикач | 10^4 | |
| | Конденсатор К21У-2 | 10^5 | |
| | Транзистор Т143-1000 | 10^5 | |

| | | |
|-----------------|----------------|--------|
| Блок підсилення | Транзистор БПЛ | 10^4 |
| | Резистор R12 | 10^6 |

За критерій стійкості приймається $D_{гр}$ - мінімальне значення дози радіоактивного випромінювання для всіх елементів. В нашому випадку $D_{гр} = 10^4$ Р.

Тепер визначимо можливу дозу опромінення:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{пос}}, [P] \quad (6.2)$$

Тоді можлива доза опромінення буде дорівнювати:

$$D_m = \frac{2 \cdot 3,8 \cdot (\sqrt{35041} - \sqrt{1})}{4} = 353,8 \text{ (Р)} .$$

Визначимо допустимий час роботи обладнання:

$$t_{доп} = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{посл} + 2 \cdot P_{1max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2, [\text{год}] \quad (6.3)$$

$$t_{доп} = \left(\frac{10^4 \cdot 4 + 2 \cdot 3,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 3,8} \right)^2 = 27709696 \text{ (год)} = 3163 \text{ (років)} .$$

Так як $D_m < D_{гр}$, то електронна апаратура дільниці буде працювати стійко.

6.5.2 Оцінка стійкості роботи дільниці механічної обробки деталі типу “Ступиця ПВ 2308” в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи дільниці або окремих її елементів в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки, який має бути

більше 40 дБ. Для його визначення проведемо аналіз системи, визначивши окремі кола напруг, та сумарні значення струмопровідних частин.

При вертикальній складовій напруженості електричного поля, $E_B = 9,25$ кВ/м, знаходимо горизонтальну складову:

$$\begin{aligned} E_{\Gamma} &= E_B \cdot 10^{-3}, [\text{В/м}] \\ E_{\Gamma} &= 9,25 \cdot 10^{-3} (\text{кВ/м}). \end{aligned} \quad (6.4)$$

Напруга живлення, $U_{\text{ж}} = 12,220,380$ В.

Напруга наводки:

$$U_{\Gamma 1} = E_{\text{в1}} \cdot l_{\Gamma 1}, [\text{В}] \quad U_{\text{в1}} = E_{\Gamma 1} \cdot l_{\text{в1}}, [\text{В}] \quad (6.5)$$

де l_{Γ} - максимальна довжина горизонтальних струмопровідних частин, $l_{\Gamma 1} = 5$ м, $l_{\Gamma 2} = 6,3$ м, $l_{\Gamma 3} = 4,2$ м.

$l_{\text{в}}$ - максимальна довжина вертикальних струмопровідних частин, $l_{\text{в1}} = 7,5$ м, $l_{\text{в2}} = 9,5$ м, $l_{\text{в3}} = 11,8$ м.

$$U_{\Gamma 1} = 9250 \cdot 5 = 46250 \text{ (В)},$$

$$U_{\text{в1}} = 9,25 \cdot 10^{-3} \cdot 7,5 = 69,37 \text{ (кВ)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення дорівнює:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, [\text{В}] \quad (6.6)$$

$$U_{\text{д1}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)} ;$$

$$U_{\text{д2}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)} ;$$

$$U_{дз} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В)} .$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення, В;

N – допустиме відхилення напруги, %.

Визначаємо коефіцієнти безпеки для горизонтальних струмопровідних частин:

$$K_{гор} = 20 \lg \frac{U_{д1}}{U_{Г}}, [\text{дБ}] \quad (6.7)$$

$$K_{гор} = 20 \lg \frac{399}{46250} = -40,8 \text{ (дБ)} .$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для вертикальних струмопровідних частин:

$$K_{овл} = 20 \lg \frac{U_{д1}}{U_{В}}, [\text{дБ}] \quad (6.8)$$

$$K_{овл} = 20 \lg \frac{399}{69,37} = 15 \text{ (дБ)} .$$

Дані всіх розрахунків закосимо в таблицю 6.10.

Таблиця 6.10 - Параметри блоків системи

| Блок живлення $U_{ж}, \text{ В}$ | $U_{д}, \text{ В}$ | $K_{овл}, \text{ дБ}$ | $K_{гор}, \text{ дБ}$ | Стійкість |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| 380 | 399 | 15 | -40,8 | Не стійка |
| 220 | 231 | 8,4 | -47,8 | Не стійка |
| 12 | 12,6 | -18,4 | -50,4 | Не стійка |

Так, як умова не виконується, то ділянка нестійка до дії електромагнітного імпульсу. Тому необхідно застосувати захисне екранування.

6.6 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи ділянки механічної обробки деталі типу “Ступиця ПВ 2308” в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Для захисту від дії іонізуючого випромінювання використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багатошарові матеріали. Також, можна використати новітній вітчизняний метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, що розміщується на поверхнях даних елементів, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання, відмінним тим, що захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

Доцільно виконати захисне екранування даного обладнання, що дасть змогу зменшити вплив ЕМІ. В якості матеріалу для екрану вибираємо сталь, для якої перехідне затухання визначається за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, [\text{дБ}] \quad (6.9)$$

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, [\text{см}]$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Отже, визначаємо з даної формули товщину стінки екрана для елементів системи ділянки:

$$t_1 = \frac{80,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,13 \text{ (см) ;}$$

$$t_2 = \frac{87,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,14 \text{ (см) ;}$$

$$t_3 = \frac{90,4}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,141 \text{ (см) .}$$

Отже, при застосуванні захисного екрану із сталі з товщиною стінки 0,13; 0,14; 0,141 см, дільниця буде працювати стійко.

Також, в даному розділі, в результаті проведеного аналізу визначено, що дільниця механічної обробки деталі типу “Ступиця ПВ 2308” може потрапити під дію іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу. Були проаналізовані і визначені елементи та вузли, які не стійкі до дії цих факторів.

При дії іонізуючих випромінювань виявлено, що дільниця працює стійко в заданих умовах, оскільки $D_m < D_{гр}$.

Оцінка стійкості роботи дільниці механічної обробки деталі типу “Ступиця ПВ 2308” в умовах дії електромагнітного імпульсу показала, що вона буде працювати стійко при застосуванні захисних екранів товщиною 0,13; 0,14; 0,141 см зі сталі.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі виконані розділи, мета яких полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Ступиця ПВ 2308» для умов середньосерійного типу виробництва.

Проектування здійснено на базі розглядання типового технологічного процесу обробки деталі «Фланець», яка є аналогічною до заданої деталі. На основі критичного аналізу були запропоновані два модернізованих варіанти один з яких вибраний для подальшого проектування.

В технологічній частині роботи поставлені та послідовно розв'язані такі задачі:

- за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва середньо-серійний, завдяки чому, з усіх існуючих методів виготовлення заготовки вибрано два можливих;
- виконано порівняльний аналіз двох можливих методів виготовлення вихідної заготовки, це дозволило вибрати оптимальний варіант – штампування на КГШП;
- на основі аналізу існуючих типових процесів механічної обробки деталей подібних до заданої деталі розроблено технологічний процес механічної обробки, який складається з чотирьох операцій на яких використовуються такі верстати: 1В340Ф30, 2Р135Ф2. 6Р82, 7А612. Для обслуговування вибраних верстатів розраховано необхідну кількість робітників - 6 основних і 2 допоміжних;
- виконано розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки, в результаті якого визначено технологічні розміри і розміри вихідної заготовки, а також перевірено можливість забезпечення необхідної точності конструкторських розмірів;
- визначено режими різання на всіх переходах технологічного процесу механічної обробки;

- розраховано приведену програму, яка складає 47104 шт. та виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки.

В дослідницькому розділі проведений повно факторний аналіз впливу подачі, глибини різання та радіуса заокруглення вершини різця на шорсткість поверхні

Також в проекті виконані розділи «Економіка виробництва» та «Охорона праці та безпеки надзвичайних ситуаціях». Останні два розділи підтвердили економічну доцільність проведеної роботи та дозволили визначити заходи по охороні праці та безпеці роботи.

Графічна частина ілюстративно доповняє матеріали, які представлені в розрахунково-пояснювальній записці і виконана в обсязі 11 аркушів формату А1.

Копіювати заборонено

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мединський Ю.І. Аналіз показників точності обробки, що забезпечуються чистовим точінням на багатоцільовому верстаті. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/viewFile/6272/5173>
2. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч.Посібник /В.Д. Рудь.– К.: ІСДО – 1996.– 300с.
3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.– Минск. «Высшая школа»,1983.– 256 с.
4. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник/ В.О. Козловський – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
5. В. Большаков Основи 3D моделювання/В. Большаков, А. Бочков АСКОН-Питер. 2012 – 304 с.
6. Дусанюк Ж.П. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт дисципліни "Проектування механоскладальних дільниць та цехів " для студентівзаочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та"Менеджмент організацій машинобудування" / Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк – Вінниця: ВДТУ, 2002 – 58 с.
7. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. — Минск : Высшэйшая школа, 1983.— 256 с.
8. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок вмашиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа».1999.–247с.
9. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и размерные напуски : ГОСТ 7505-89. — [Чинний від 1990-07-06] М. : Изд-во стандартов, 1990.— 86 с.
10. Комиссаров В.И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В.И. Комиссаров, В.И. Леонтьев. М. : Машиностроение, 1985. — 224 с.

11. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Технологія обробки типових деталей та складання машин” для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та системи” / Уклад. О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик.

12. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П.О. Руденко. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.

13. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.—496с.

14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, наобслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Сер. произ. М. : Машиностроение, 1974.—421 с.

15. Вардашкин Б. Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т., Т.1,2 / [Под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского]. – М.: Машиностроение, 1984.—656 с.

17. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні" (електронний варіант) / [Дусанюк Ж.П., Савуляк В.В., Репінський С.В., Сердюк О.В.] ; / Вінниця, ВНТУ 2011. —143 с.

18. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов Под ред. А.М. Дальского - М.: Машиностроение. 1994

19. В. В. Кавецький, В. О. Козловський., вид. 3-те виправл. і доп. - Вінниця: ВНТУ, 2009.-90 с.

20. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин. М.:Машиностроение, – 1983. - 432 с.

21. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Навчальний посібник / В.Ф. Сакевич – Вінниця ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТКИ

Копіювати заборонено

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

(підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ
«СТУПИЦЯ ПВ 2308»
08-26.МКР.14.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Савуляк В.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Мединський Ю.І. _____

« ____ » _____ 20__ р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудування необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – удосконалення технології механічної обробки деталі типу «Ступиця РВ 2308» з урахуванням передових технологій і нових методів обробки подібних заготовок;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

3. Джерела розробки для виконання МКР

Джерела розробки: завдання на дипломний проект, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

При виконанні МКР в якості вихідних даних було задано:

- деталь типу «Ступиця РВ 2308»;
- маса деталі $m = 3,46$ кг;
- річна програма випуску розрахункового представника – 4500 шт.;
- приведена програма – 69384 шт.;
- матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 977-88;

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного

технічного університету (ВНТУ).

5. Етапи МКР та очікувані результати

| № етапу | Назва етапу | Термін виконання | | Очікувані результати |
|---------|--|------------------|-------------|---|
| | | початок | кінець | |
| 1 | Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками | 1.09.19 р. | 20.09.19 р. | Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ |
| 2 | Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення | 1.09.19 р. | 20.09.19 р. | Об'єкт дослідження, розділ 1 |
| 3 | Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження | 1.09.19 р. | 24.11.19 р. | розділ 2, публікація результатів |
| 4 | Підготовка економічної частини | 05.09.19 р. | 30.11.19 р. | розділ 3, апробація |
| 5 | Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях | 05.09.19 р. | 30.11.19 р. | розділ 4 |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації | 1.09.19 р. | 04.12.19 р. | пояснювальна записка |

6 Економічні показники: термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції

Максимальний термін окупності має становити не більше 5 років.

Орієнтовна річна потреба в продукції – 4500 шт.

7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

8. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів дослідницько-технологічної частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

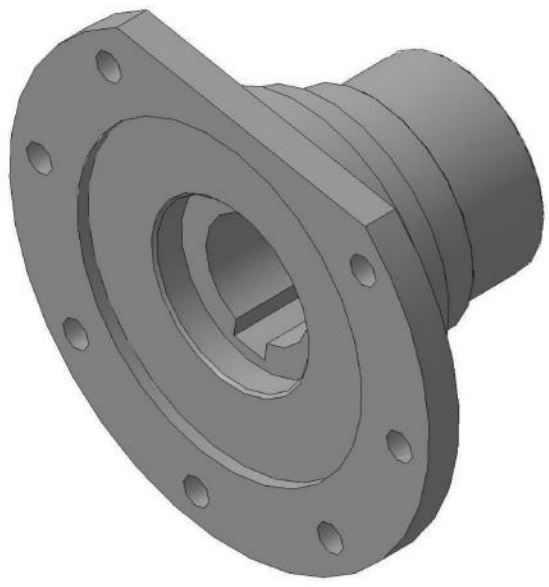
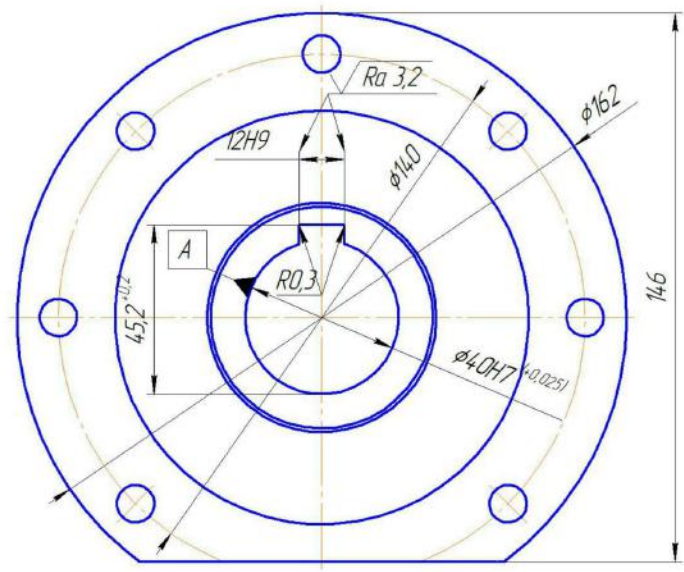
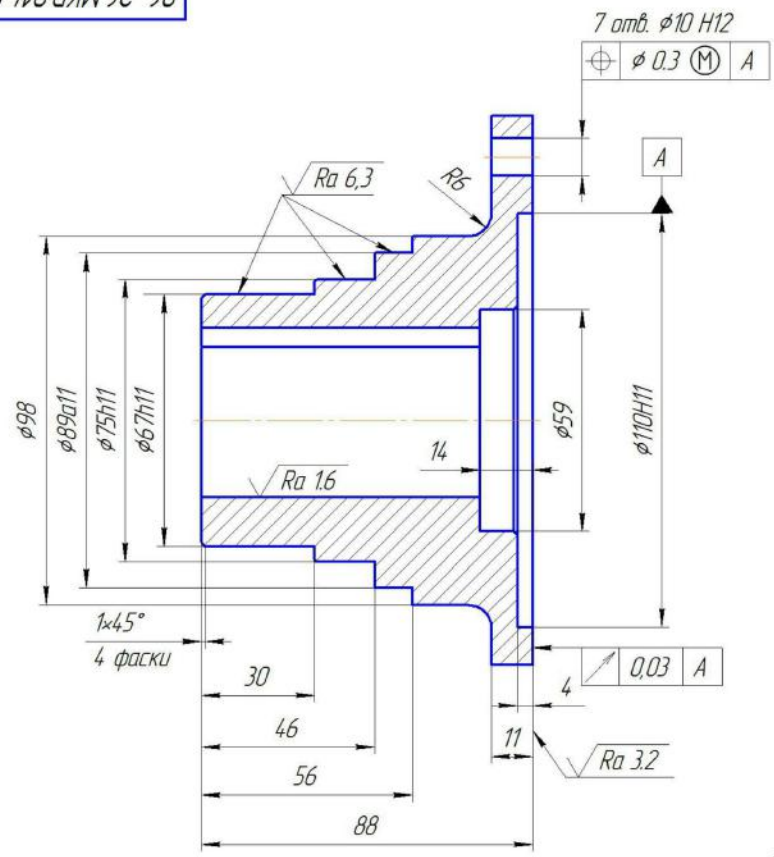
9. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Вимоги відсутні.

Копіювати заборонено



1. Невказані граничні розміри для отвору H14, для валу h14, решта $\pm IT \frac{14}{2}$

Лист № 1
 Сторінка № 1
 Взам. акт № 1
 Лист № 1
 Лист № 1
 Лист № 1

| | | | | | | | |
|-------------|----------------|-------|------|-----------------------|-----------------|--------|-----------|
| | | | | 06-26.MKP.014.00.001 | | | |
| Мат. / Лист | № докум. | Подп. | Дата | Ступиця ПВ 2308 | Лист | Масса | Масштаб |
| Разроб. | Медвилько В.В. | | | | Лист | Листов | 1 |
| Проб. | Собуляк В.В. | | | Сталь 40X ГОСТ 977-75 | ВНТУ | | |
| Н.контр. | Сердюк О.В. | | | | ст. гр. 1ПМ-18М | | |
| Утв. | Козлов Л.Г. | | | Копировал | | | Формат А2 |

06-26.МКР.014.00.003

Перв. примен.

Сараб. №

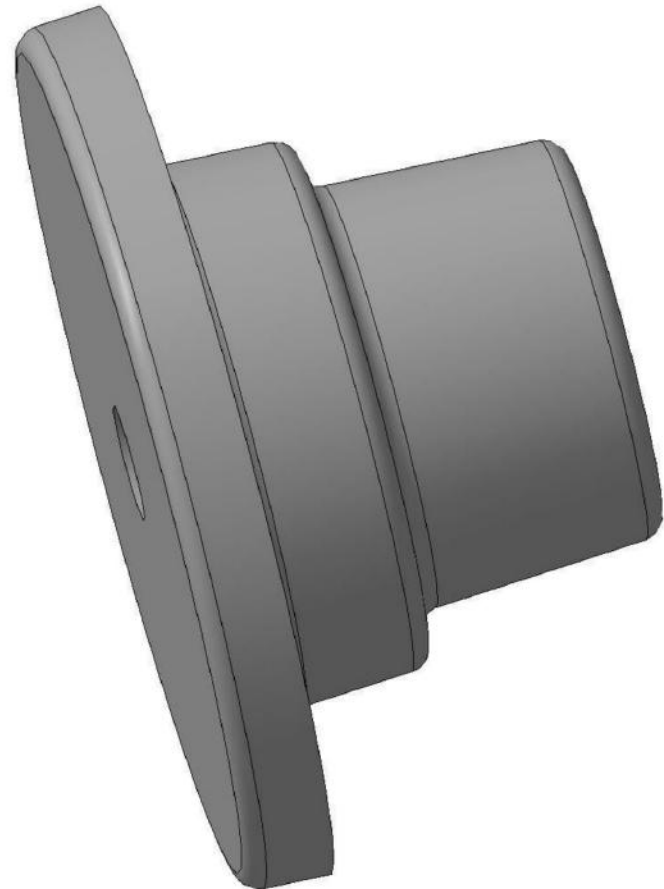
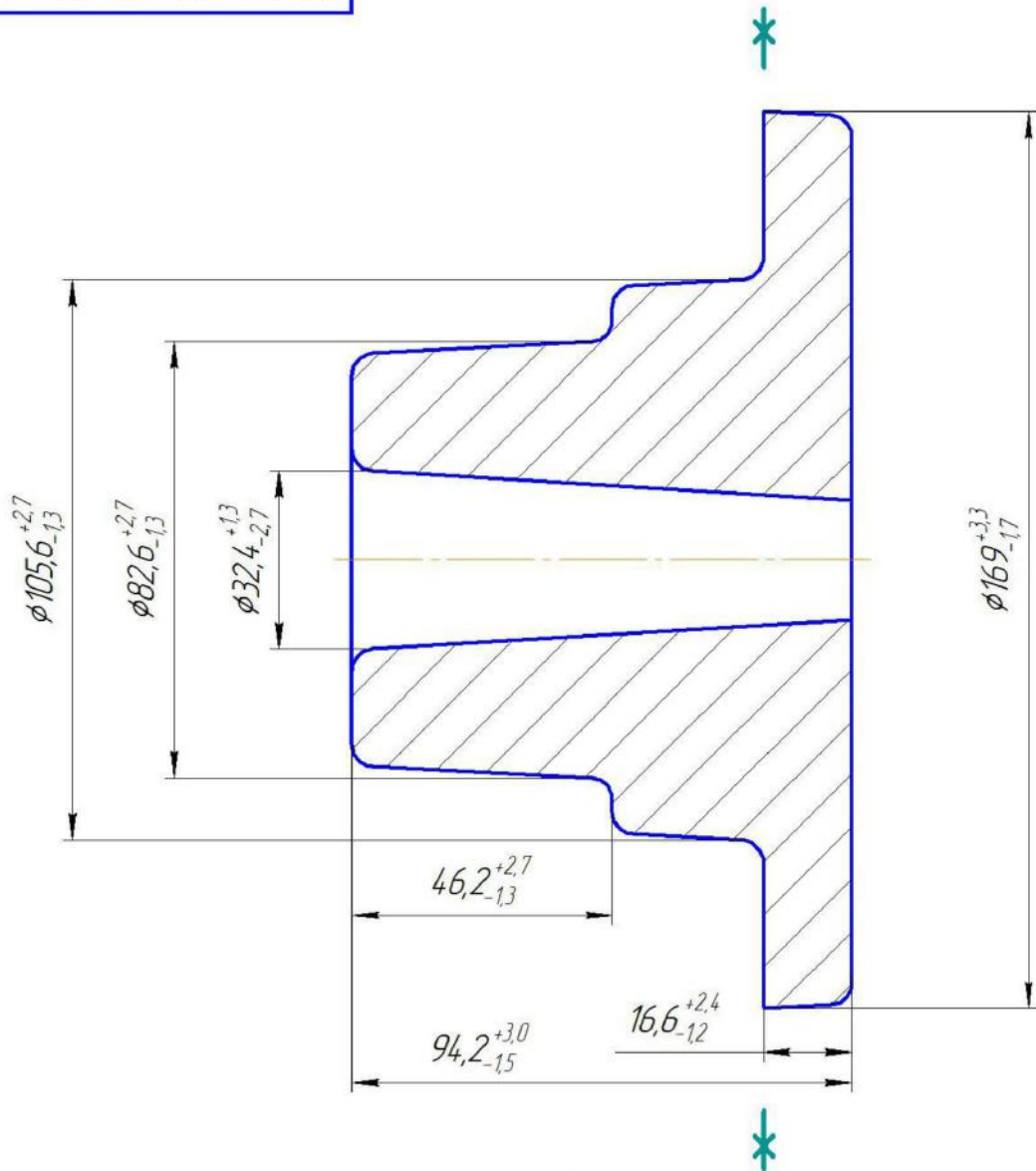
Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1. Клас точності штамповки Т4-М2-С4.
2. Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 4 мм.
3. Допустиме зміщення по площині рознімання штампa 0,3 мм.
4. Допуски відхилення від концентричності 1 мм.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 1 мм.
6. Допуск відхилення від площинності 1 мм.

| | | | | | | | | |
|----------|------------------|----------|-------|------|---------------------------------------|-------------------|--------|---------|
| | | | | | 06-26.МКР.014.00.003 | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Ступиця ПВ 2308 (заготовка на ГКМ) | Лист | Масса | Масштаб |
| Разраб. | Медвинський Ю.А. | | | | | | 6,24 | 1:1 |
| Проб. | Савицьк В.В. | | | | | Лист | Листов | 1 |
| Т.контр. | | | | | | | | |
| Н.контр. | Сердюк О.В. | | | | Сталь 40Х ГОСТ 977-75 | ВНТУ, гр. 1ПМ-18М | | |
| Утв. | Казлоб Л.Г. | | | | | | | |

Копировал

Формат А3

06-26.МКР.014.00.0012

Перв. примен.

Справ. №

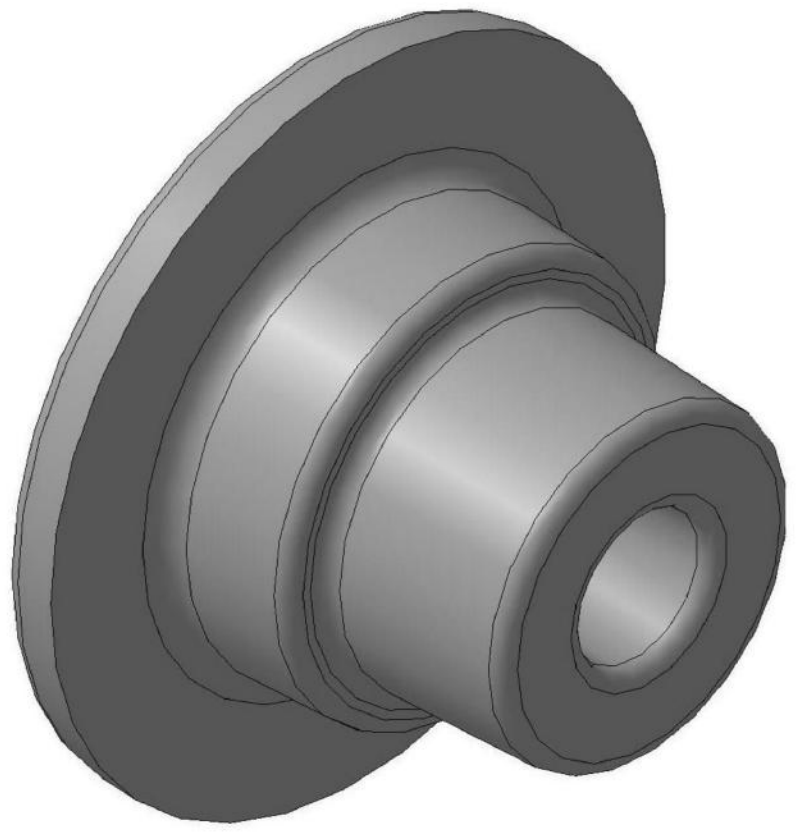
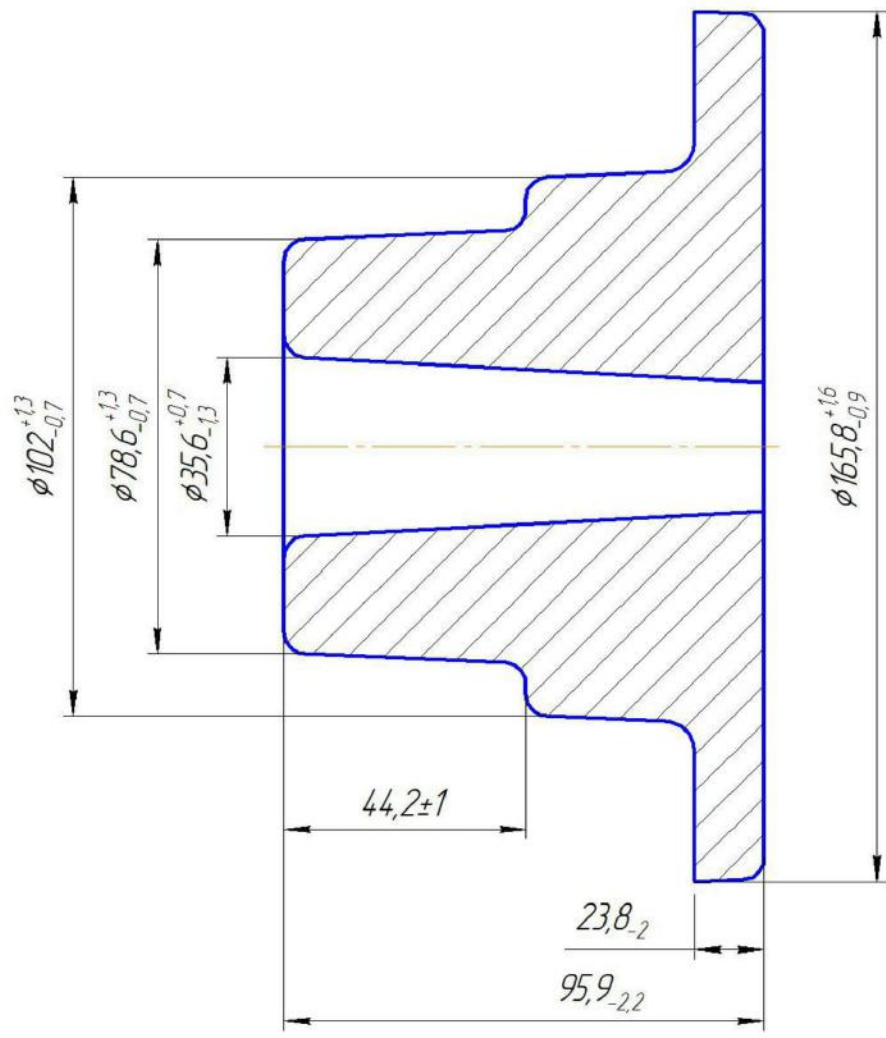
Подп. и дата

Инт. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инт. № подл.



1. Клас точності штамповки Т2-М2-С4.
2. Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 4 мм.
3. Допустиме зміщення по площині рознімання штампа 0,2 мм.
4. Допуски відхилення від концентричності 0,8 мм.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 0,5 мм.
6. Допуск відхилення від площинності 0,5 мм.

| | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-------|------|--|--|-------------------|----------|---------|
| | | | | 06-26.МКР.014.00.0012 | | | | |
| Изм./Лист | № док.м. | Подп. | Дата | Ступиця ПВ 2308 (заготовка на КГШП) | | Лист | Масса | Масштаб |
| Разраб. | Медінський Ю. | | | | | | 5,65 | 1:1 |
| Проб. | Савчуляк В.В. | | | Сталь 40Х ГОСТ 977-75 | | Лист | Листов 1 | |
| Т.контр. | | | | | | ВНТУ, гр. 1ПМ-18М | | |
| Н.контр. | Сердюк О.В. | | | Копировал | | Формат А3 | | |
| Утв. | Казлов Л.Г. | | | | | | | |

Маршрут механічної обробки деталі "Ступиця 2308"

| № опер | Найменування операції. Зміст переходу | Операційний ескіз | Обладнання |
|--------|---|-------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | <p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 5, 7, 8, 9 однократно, поверхні 2, 4, 6 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 4, 6 остаточно. 4. Зняти заготовку. | | <p style="text-align: center;">Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B34.0Ф30</p> |
| 010 | <p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Точити по контуру поверхні 1, 3, 4, 5, 8 однократно, поверхні 2 і 6 попередньо. 3. Точити поверхню 2 остаточно, поверхню 6 попередньо. 4. Точити поверхню 6 остаточно. 5. Зняти заготовку. | | <p style="text-align: center;">Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B34.0Ф30</p> |
| 015 | <p style="text-align: center;">Вертикально-свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати в отвір 1. 3. Свердлити в отвір 1. 4. Зняти заготовку. | | <p style="text-align: center;">Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2</p> |

06-26.МКР.014.00.100

Лист 1 з 1
Лист 2 з 2
Лист 3 з 3
Лист 4 з 4
Лист 5 з 5
Лист 6 з 6
Лист 7 з 7
Лист 8 з 8
Лист 9 з 9
Лист 10 з 10
Лист 11 з 11
Лист 12 з 12
Лист 13 з 13
Лист 14 з 14
Лист 15 з 15
Лист 16 з 16
Лист 17 з 17
Лист 18 з 18
Лист 19 з 19
Лист 20 з 20
Лист 21 з 21
Лист 22 з 22
Лист 23 з 23
Лист 24 з 24
Лист 25 з 25
Лист 26 з 26
Лист 27 з 27
Лист 28 з 28
Лист 29 з 29
Лист 30 з 30
Лист 31 з 31
Лист 32 з 32
Лист 33 з 33
Лист 34 з 34
Лист 35 з 35
Лист 36 з 36
Лист 37 з 37
Лист 38 з 38
Лист 39 з 39
Лист 40 з 40
Лист 41 з 41
Лист 42 з 42
Лист 43 з 43
Лист 44 з 44
Лист 45 з 45
Лист 46 з 46
Лист 47 з 47
Лист 48 з 48
Лист 49 з 49
Лист 50 з 50
Лист 51 з 51
Лист 52 з 52
Лист 53 з 53
Лист 54 з 54
Лист 55 з 55
Лист 56 з 56
Лист 57 з 57
Лист 58 з 58
Лист 59 з 59
Лист 60 з 60
Лист 61 з 61
Лист 62 з 62
Лист 63 з 63
Лист 64 з 64
Лист 65 з 65
Лист 66 з 66
Лист 67 з 67
Лист 68 з 68
Лист 69 з 69
Лист 70 з 70
Лист 71 з 71
Лист 72 з 72
Лист 73 з 73
Лист 74 з 74
Лист 75 з 75
Лист 76 з 76
Лист 77 з 77
Лист 78 з 78
Лист 79 з 79
Лист 80 з 80
Лист 81 з 81
Лист 82 з 82
Лист 83 з 83
Лист 84 з 84
Лист 85 з 85
Лист 86 з 86
Лист 87 з 87
Лист 88 з 88
Лист 89 з 89
Лист 90 з 90
Лист 91 з 91
Лист 92 з 92
Лист 93 з 93
Лист 94 з 94
Лист 95 з 95
Лист 96 з 96
Лист 97 з 97
Лист 98 з 98
Лист 99 з 99
Лист 100 з 100

| | | | |
|--|---------------|------|-------------------|
| 06-26.МКР.014.00.100 | | | |
| Мет. Лист | № докум. | Лист | Лист |
| Розроб. | Резніскава ІІ | Лист | Лист |
| Проєкт. | Сабунж ВВ | Лист | Лист |
| Контр. | | Лист | Лист |
| Начальн. цвд. | Севдов ОВ | Лист | Лист |
| Змін. | Козарев АІ | Лист | Лист |
| Маршрут механічної обробки деталі "Ступиця 2308" | | | |
| | | | 11 |
| | | | ВНТУ, зр. 17М-18М |

Маршрут механічної обробки деталі "Ступиця 2308"

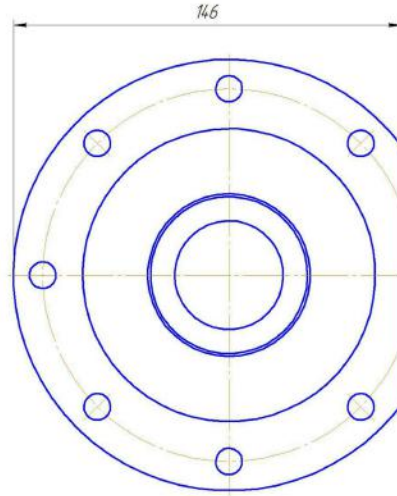
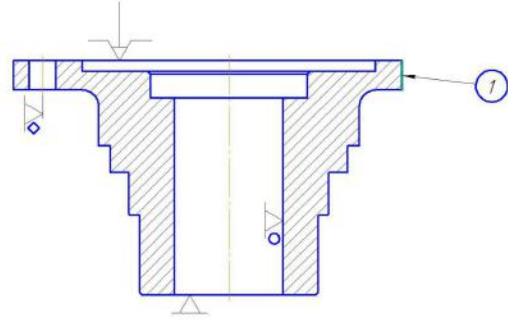
Горизонтально-фрезерний
верстат
модель 6F82

06-26.МКР.014.00.100

020

Горизонтально-фрезерна

1. Встановити заготовку
2. Фрезерувати поверхню 1 однократно.
3. Зняти заготовку

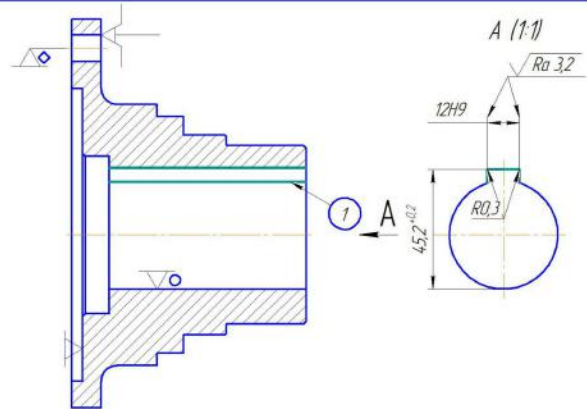


Горизонтально-протяжний
верстат
модель 7A612

025

Протягувальна

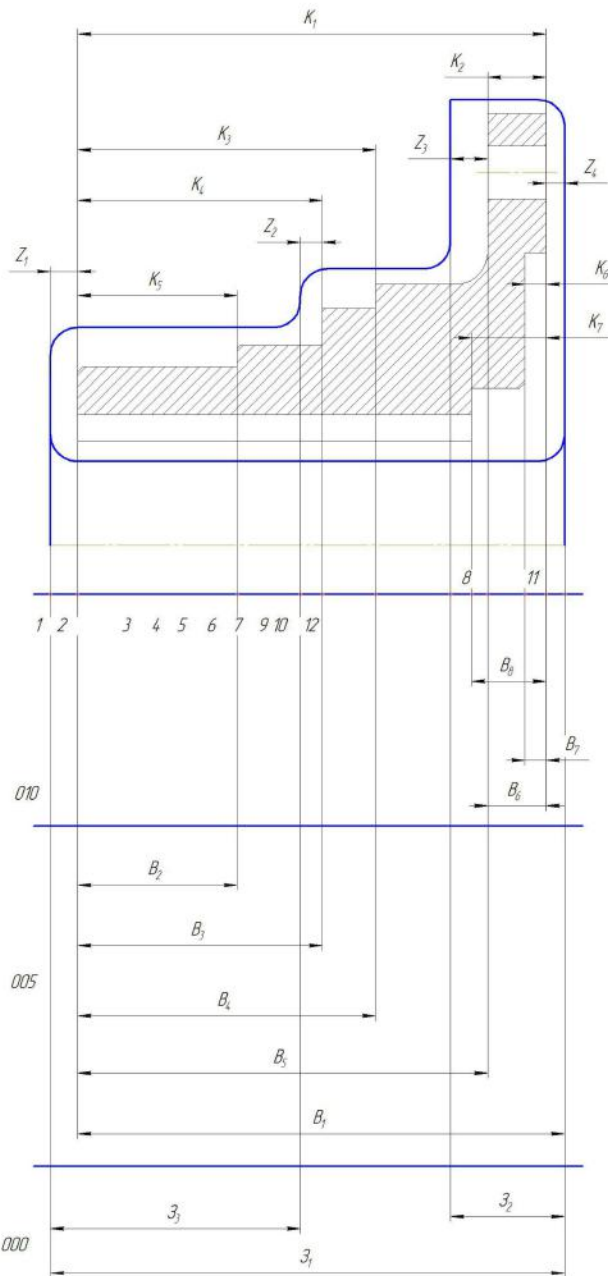
1. Встановити заготовку
2. Протягнути паз 1 однократно.
3. Зняти заготовку



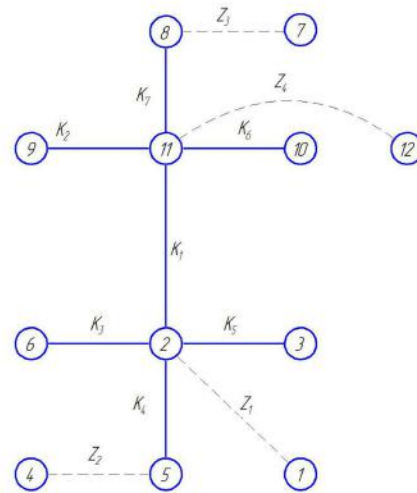
Лист 1 з 1
Лист 2 з 2
Лист 3 з 3
Лист 4 з 4
Лист 5 з 5
Лист 6 з 6
Лист 7 з 7
Лист 8 з 8
Лист 9 з 9
Лист 10 з 10

Розмірний аналіз технологічного процесу

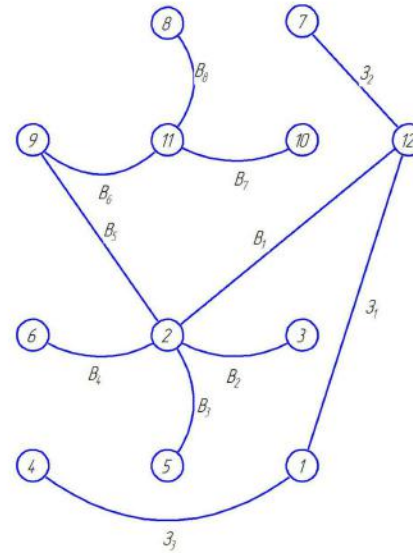
Розмірна схема технологічного процесу



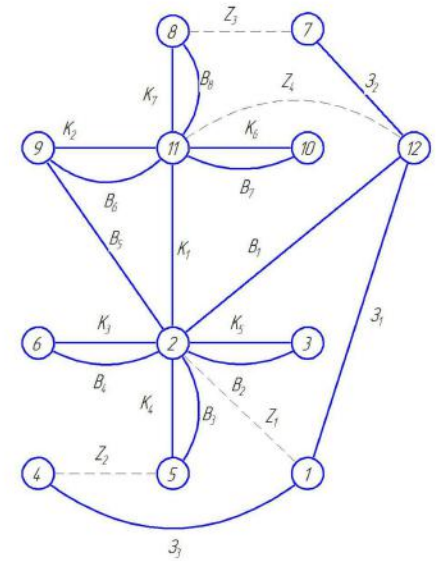
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщений граф

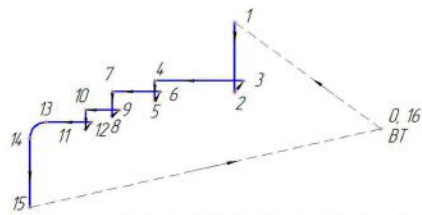
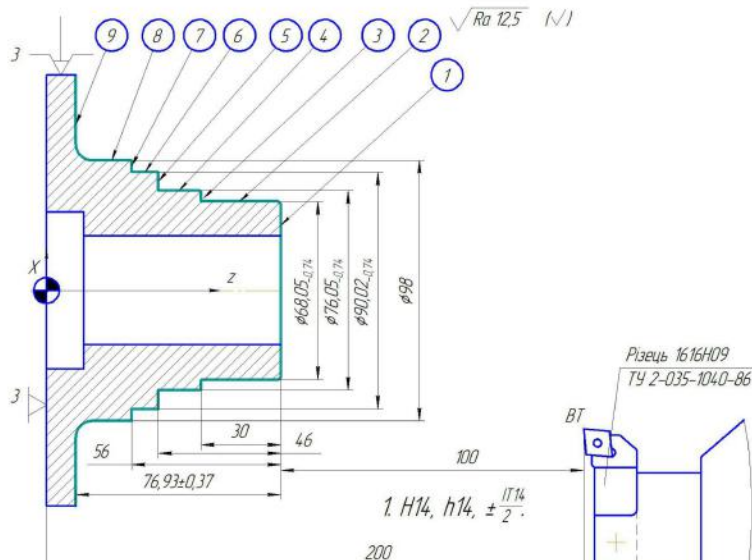


Таблиця допусків та граничних значень технологічних розмірів та припусків

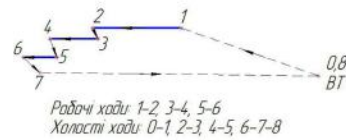
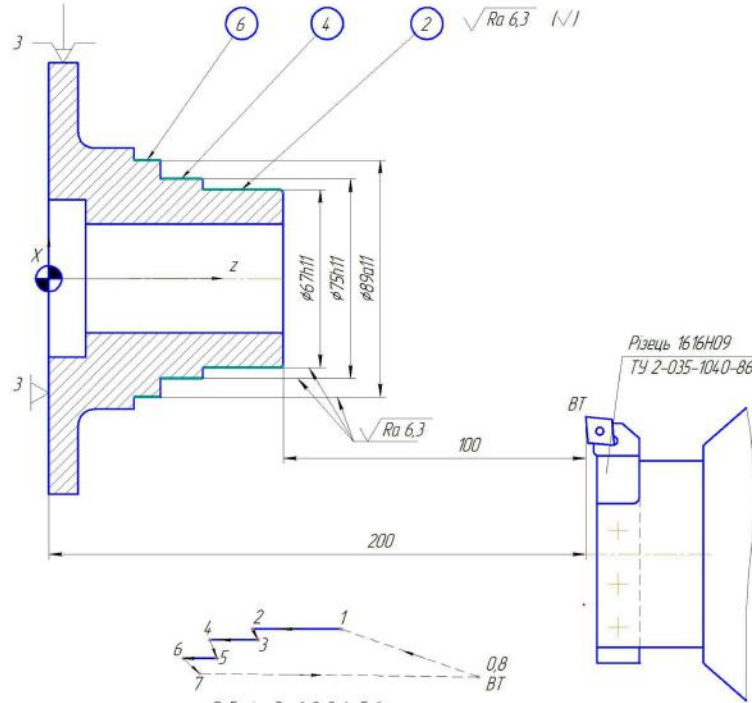
| Позначення | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | B_8 | Z_1 | Z_2 | Z_3 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------|-------|
| Допуск, мм | 1,4 | 0,52 | 0,62 | 0,7 | 0,74 | 0,43 | 0,3 | 0,43 | 2,2 | 2 | 2 |
| Мінімальне значення | 90,8 | 29,74 | 45,69 | 55,65 | 76,56 | 10,57 | 3,85 | 13,785 | 93,7 | $21,78_5$ | 43,19 |
| Максимальне значення | 92,2 | 30,26 | 46,31 | 56,35 | 77,3 | 11 | 4,15 | 14,215 | 95,9 | $23,78_5$ | 45,19 |
| Позначення припусків | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | | | | | | | |
| Мінімальне значення | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | |
| Максимальне значення | 5,1 | 8,22 | 7,5 | 5,07 | | | | | | | |

06-26.МКР.014.00.200

| | | | | | | | |
|-------------------|-------------|--------|------|--------|------|--------|-----------|
| Вправа | № | Вправа | Лист | Листів | Лист | Листів | Листів |
| Розроб | Резнішнін Ю | | | | | | 11 |
| Перев | Садуків ВВ | | | | | | 1 |
| Контроль | | | | | | | |
| Наказ | Сердюк ОВ | | | | | | |
| Відп. | Козлов ВІ | | | | | | |
| ВНТУ, гр. ППМ-18М | | | | | | | Формат А1 |

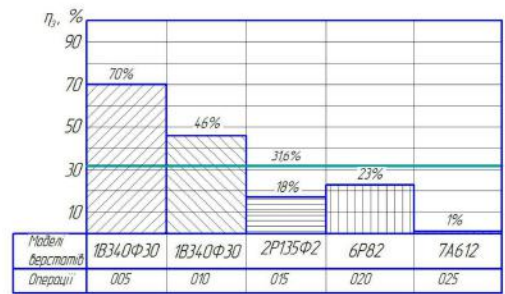
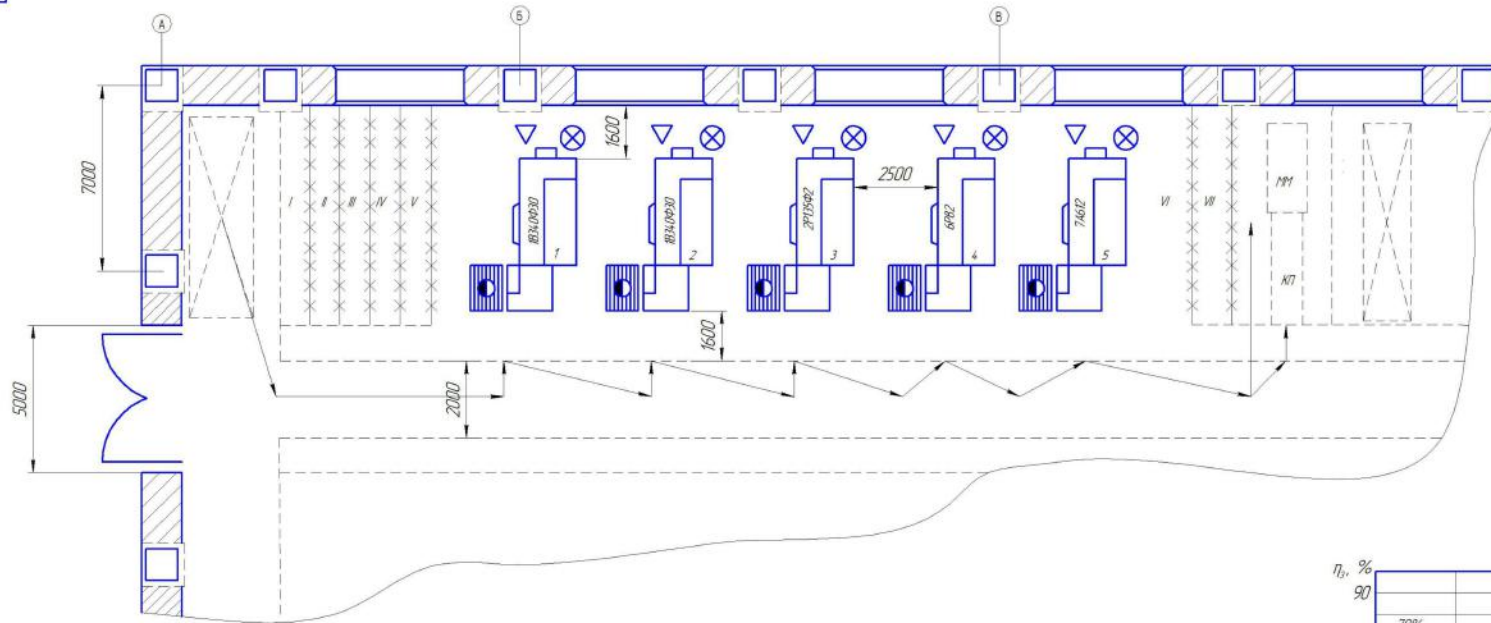


Робочі ходи: 1-2, 3-4, 4-5, 6-7, 7-8, 9-10, 10-11, 12-13-14-15
Халості ходи: 0-1, 2-3, 5-6, 8-9, 11-12, 15-16

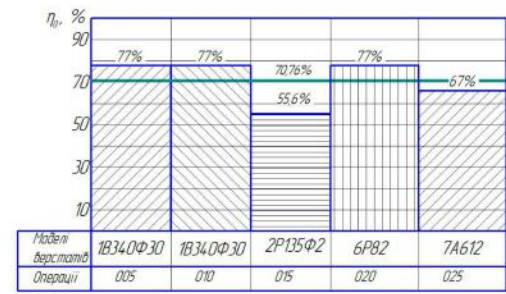
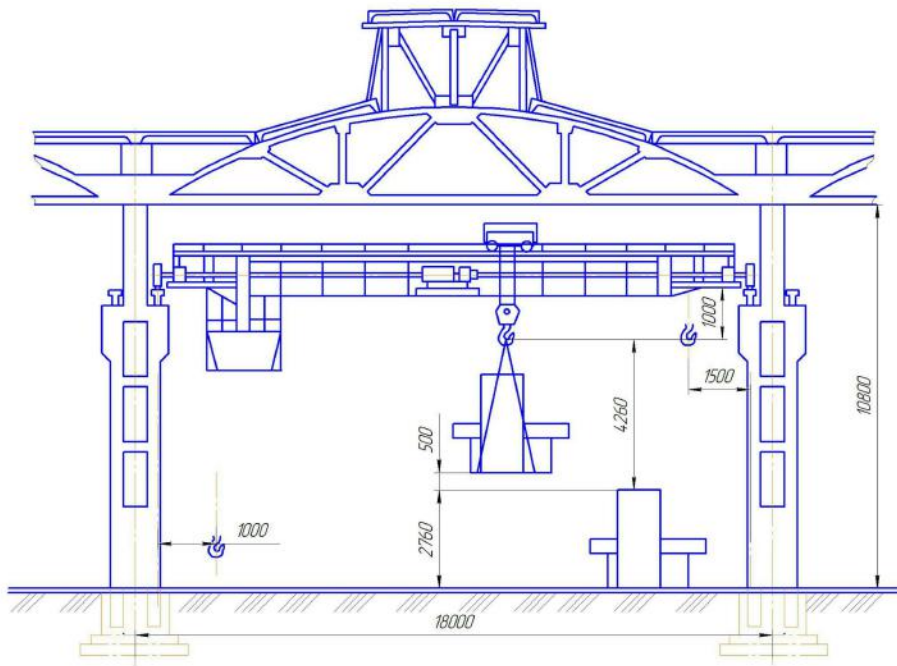


Робочі ходи: 1-2, 3-4, 5-6
Халості ходи: 0-1, 2-3, 4-5, 6-7-8

| N операції | N ходу | Найменування операції | 1В34.0Ф.30 | | | |
|------------------------------------|-----------|--|--------------|--------|-----------|---------|
| | | | S м/об | t, мін | V м/хв | n об/хв |
| 005 | 3 | Точити поверхні 2, 4, 6 остаточно. | 0,3 | 15 | 1512 | 745 |
| | | | 0,3 | 1 | 146,3 | 693 |
| | | | 0,2 | 1 | 135 | 610 |
| | 2 | Точити поверхні 2, 4, 6 попередньо | 1 | 2 | 96,6 | 496 |
| | | | 0,8 | 2 | 113,5 | 510 |
| | | | 1 | 3 | 128 | 623 |
| | | | 0,6 | 2 | 125 | 846 |
| | 2 | Точити по контуру поверхні 1, 3, 5, 7, 8, 9 однократно | 0,8 | 2,5 | 109,8 | 672 |
| | | | 0,6 | 2 | 125 | 846 |
| | | | 0,6 | 2 | 125 | 846 |
| 0,6 | | | 2 | 125 | 846 | |
| 1,5 | | | 3 | 104 | 600 | |
| | | | 1 | 15 | 107,2 | 525 |
| Найменування операції | | | Одлагодження | | | |
| Режими різання | | | | | | |
| 06-26.МКР.014.00.004 | | | | | | |
| Карта налагодження на операцію 005 | | | | | | |
| Лист | Лист | № деталі | Лист | Лист | Лист | Лист |
| Розроб | Розробник | Лист | Лист | Лист | Лист | Лист |
| Проєкт | Склад | В.В. | | | | |
| Контроль | | | | | | |
| Начальник | Склад | 0,8 | | | | |
| Метод | Контроль | Л/Т | | | | |
| Копія | | | | | Формат А1 | |



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом

1. На дільниці проводиться обов'язкове прибирання стружки в кінці зміни.
2. Не застосовувати прахові, проїзди і підходи до пердинних засобів пожежогашіння.
3. Наявність на підлозі мастила і емульсії не допускається.
4. Кількість працюючих: основних робітників - 6, загальна - 12.

| | | | | | | | | |
|---------------------|----------------|------|------|-----------------------------|------|------|--------------|-------|
| 08-26.МКР.14.00.004 | | | | Дільниця механічної обробки | | Лист | Класифікація | 1:100 |
| Виробник | М.В.С. | Лист | Лист | Лист | Лист | Лист | Лист | Лист |
| Розробник | Резнішнін В.В. | | | | | | | |
| Проз. | Садуків В.В. | | | | | | | |
| Контр. | | | | | | | | |
| Начальник цеху | Середюк О.В. | | | | | | | |
| Менеджер | Козубов В.І. | | | | | | | |

Лист №... / Листів у даній... / Листів у даній... / Листів у даній... / Листів у даній...

