

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «ВАЛЦІ»»

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІМ-23мс

№ 131 – Прикладна

Механіка

Підписав: Максим СІЧ



Максим СІЧ

(підпис)

Керував: к.т.н., проф., професор каф. ТАМ



Юрій БУРСИНІКОВ

« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ



Зерковський В.Б.

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

« 09 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»

Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.І.

в. 20 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сич Максим Олегович

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал Ц.32.8»

Керівник роботи Буренніков Юрій Матодійович, к.т.н.

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 20 " 03 2025 року № 97

2. Термін подання студентом роботи 16.06.25р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Вал Ц.32.8

Матеріал:

Програма випуску:

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз металургічного виготовлення та обробки заготовок деталей типу " Вал Ц.32.8"

2. Розробка технологічного процесу обробки

3. Розробка елементів ділянки механічної обробки

4. Охорона праці

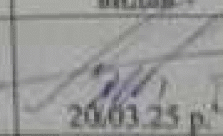
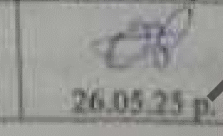
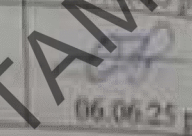
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видані	виконання прийнято
Спеціальна частина	Юрій БУРСЕННИКОВ, професор кафедри ТАМ	 20.03.25 р.	 06.06.25 р.
Охорона праці	Олег БЕРЕЗЮК, професор кафедри БЖД ПБ	 26.05.25 р.	 06.06.25 р.

7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

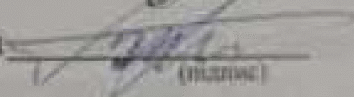
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим.
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25 р.	20.03.24 р.	
2	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25 р.	25.04.25 р.	
3	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25 р.	28.05.25 р.	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25 р.	06.06.25 р.	
5	Перевірка на антиплагіат	05.06.25 р.	09.06.25 р.	
6	Нормоконтроль БКР	09.06.25 р.	10.06.25 р.	
7	Попередній захист БКР	10.06.25 р.	11.06.25 р.	
8	Рецензування БКР	12.06.25 р.	13.06.25 р.	
9	Захист БКР	17.06.25 р.	19.06.25 р.	

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 91 сторінок формату А4, на яких є 22 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел містить 22 найменувань.

В бакалаврській дипломній роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу “Вал Ц32.8”.

В роботі виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний метод отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, проведені розрахунки припусків на обробку, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу.

Проведені розрахунки окремих елементів дільниці механічної обробки, а саме визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів та робітників на дільниці.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі та схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу.

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

Ключові слова: вал, технологічний процес, заготовка, механічна обробка, розмірний аналіз, планіровка, дільниця механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 91 pages of A4 format, on which there are 22 figures, 12 tables, the list of used sources contains 22 names.

In the bachelor's thesis, the technological process of mechanical processing of a part of the "Shaft T32.8" type is designed.

In the work, the analysis of the manufacturability of the part design is performed, the method of obtaining the workpiece is selected taking into account the technical and economic comparison of options, calculations of allowances for processing are performed, the technological process is designed, and a dimensional analysis of the technological process is performed.

Calculations of individual elements of the machining section are performed, namely, the resulting program is determined, the number of machines and workers in the section is calculated.

The graphic part presents working drawings of the part, the workpiece, a graphic image of the machining route of the part and diagrams with tables explaining the dimensional analysis of the technological process.

The occupational safety section covers issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and standardization of harmful and dangerous production factors in the production facility, recommendations for improving working conditions, and fire safety standards.

Keywords: Shaft, technological process, workpiece, machining, dimensional analysis, layout, machining area.

ЗМІСТ

Вступ	5
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ " КРИШКА ПР.54"	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки	9
1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	11
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ	16
2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі	16
2.2. Розрахунок розмірів заготовки.	18
2.3 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки	26
2.4 Вибір чистових та чорнових технологічних баз	29
2.5 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	31
2.6 Розмірний аналіз технологічного процесу	33
2.7 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	41
2.8 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів	47
2.9 Визначення технічних норм часу	49
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	53
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	65
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні	65

4.2 Карта умов праці	67
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	73
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТКИ	79
ДОДАТОК А (обов'язковий) Поток перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	80
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	81

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ

ВСТУП

Сучасне виробництво пропонує широкий вибір технологічного обладнання, пристосувань та інструменту для отримання різноманітних деталей високої точності з найменшими затратами.

Для обробки деталей в серійному типі виробництва доцільно використовувати обладнання із ЧПК. Воно дозволяє отримати точні поверхні, і за рахунок можливості виконання багатьох переходів механічної обробки із одного установа забезпечити максимальну точність взаємного розташування поверхонь (оскільки похибка базування буде рівна нулеві при їх обробці з одного установа). Крім того це дозволяє скоротити час на переустановки і переналагодження верстату, та інші складові допоміжного часу, а це в свою чергу зменшує собівартість деталі. Тому для обробки деталі планується використання верстатів з ЧПК.

Мета і завдання дослідження. Мета бакалаврської дипломної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал Ц32.8» на верстатах з ЧПК з побудовою технологічного маршруту.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Вал»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Вал Ц32.8»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Вал Ц32.8»;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;

- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити заходи з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Вал Ц32.8».

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

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Вал” і занесені до таблиці 1.1, це точіння циліндричних поверхонь $\varnothing 35$, $\varnothing 45$, $\varnothing 63$, $\varnothing 33,5$.

Наприклад при точіння циліндричних поверхонь $\varnothing 35$ отримаємо:

$$C_{p1} = \frac{4500 \cdot 0.95}{60 \cdot 2040 \cdot 0.8} = 0.04$$

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

$$\sum O_i = 18,26 + 13,98 + 19,43 + 22,65 + 74,36 = 148,69$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$. Відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$:

$$K_{з.о.} = 148,69 / 5 = 29,74$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1. Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – дрібносерійне.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,95 + 1,25 + 0,9 + 0,77 + 0,23) / 5 = 0,57 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 1.1 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	$T_{\text{очн, хв}}$	φ_k	$T_{\text{шт.к, хв}}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	Точіння поверхні Ø33,5	0,529	1,8	0,95	0,04	1	0,04	18,26	29,74
2	Точіння поверхні Ø63	0,691	1,8	1,25	0,06	1	0,06	13,98	
3	Точіння поверхні Ø35	0,497	1,8	0,90	0,04	1	0,04	19,43	
4	Точіння поверхні Ø35 остаточно	0,427	1,8	0,77	0,04	1	0,04	22,65	
5	Точіння поверхні Ø45	0,130	1,8	0,23	0,01	1	0,01	74,36	
6	Всього	1,585		2,85				148,6	

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{0.57 \cdot 0.8} = 1335$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{4500}{254} = 18$$

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

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (1.1)$$

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

$$n = \frac{4500 \cdot 4}{254} = 71$$

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 71 шт, але це викличе необхідність за одну зміну запускати декілька партій деталей, якщо ж запускати в одну зміну одну партію то вона складатиме 667 шт.

1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Оскільки матеріал деталі Сталь 10X17H13M2T, в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути виготовлена штампуванням, або з прокату. При штампуванні мінімальний діаметр отвору що отримується 30 мм.

Більшість поверхонь деталі мають 14 квалітет точності, тому доцільно обрати метод виготовлення заготовки, що забезпечує дану ступінь точності, це дозволить мінімізувати механічну обробку заготовки. Використовувати штампування на молотах недоцільно, так як даний метод є малопродуктивним і отримувати заготовки мають низьку точність (13...17 квалітет точності та шорсткість 320...40 мкм), крім того процес важко механізувати та автоматизувати, а умови праці важкі. При штампуванні на кривошипних гарячештампувальних пресах продуктивність значно вища, вища також точність заготовок і відповідно вищий коефіцієнт використання матеріалу, відсутні ударні навантаження, кращі умови праці, але вища вартість обладнання, необхідність в додаткових проміжних операціях, зокрема нагрівання металу. Проміжне положення між двома вище вказаними способами отримання заготовки займає штампування на гвинтових пресах. В даному випадку заготовки мають достатню точність – 13-15 квалітет, пристосування є тихохідне і

досить легко процес можна механізувати та автоматизувати. При використанні гідравлічних пресів отримуються заготовки високої точності, але стійкість штампів низька, необхідність в охолодженні штампів і як наслідок висока собівартість заготовок. Тобто використовуючи для отримання заготовки штампування на гідравлічних пресах ми можемо отримати отвір, тобто матимемо досить високий коефіцієнт використання матеріалу заготовки, що важливо, оскільки виробництво є серійним. Крім того заготовку можна отримати із прокату, оскільки деталь містить цілий ряд отворів, які не можуть бути отримані під час штампування через їх невеликі розміри.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки:

- 1) штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП);
- 2) прокат.

При цьому штампування на КГШП може бути у відкритих або закритих штампах, або в штампах для витискування.

Штампування у відкритих штампах характеризуються тим, що у зазор між верхньою і нижньою частинами штампа (що є змінним) впливає надлишок металу, що утворює облою. Останній є небажаним відходом.

При штампуванні в штампах для витискування поковки мають високу якість поверхні, щільну мікроструктуру. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штампування, висока точність виготовлення і налагодження штампів, використання спеціальних змащувальних сумішей. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

Штампування в закритих штампах відрізняються тим, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаємне переміщення і в процесі деформування металу залишається постійним. Відсутність облою у закритих штампах зменшує витрату металу, виключає необхідність в обрізанні облою. Цей тип штампів застосовується для порівняно простих деталей, в основному тіл обертання, і вимагає використання точних

заготовок з каліброваного прокату чи попередньо оброблених, що можливо в даному випадку. Тому буде використовуватися штампування в закритих штампах.

Штампування на КГШП може бути у відкритих або закритих штампах, або в штампах для витискування.

Штампування у відкритих штампах характеризуються тим, що у зазор між верхньою і нижньою частинами штампа (що є змінним) впливає надлишок металу, що утворює облой. Останній є небажаним відходом.

При штампуванні в штампах для витискування поковки мають високу якість поверхні, щільну мікроструктуру. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штампування, висока точність виготовлення і налагодження штампів, використання спеціальних змащувальних сумішей. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

Штампування в закритих штампах відрізняються тим, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаємне переміщення і в процесі деформування металу залишається постійним. Відсутність облою у закритих штампах зменшує витрату металу, виключає необхідність в обрізанні облою. Цей тип штампів застосовується для порівняно простих деталей, в основному тіл обертання, і вимагає використання точних заготовок з каліброваного прокату чи попередньо оброблених, що можливо в даному випадку. Тому буде використовуватися штампування в закритих штампах.

1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки

Дану деталь можна вінести до типу валів. Оскільки вона має значну довжину з невеликими перепадами зовнішніх діаметрів. В машинобудуванні

широко поширені деталі типу вал – ступінчасті з різними перепадами діаметрів. В наш час розроблені типові технологічні процеси механічної обробки валів на основі різновидності їх в різних типах виробництва.

Основними базами більшості валів є поверхні його опорних шийок. Але використати їх в якості технологічних баз при обробці зовнішніх поверхонь, як правило, важко, особливо при умові збереження постійності баз, що дуже важливо при автоматизації технологічного процесу. Тому в більшості операцій за технологічні бази приймають бази центрових отворів з обох торців заготовки, що дозволяє обробляти майже всі зовнішні поверхні валу на єдиних базах з установкою в центрах. В зв'язку з цим механічну обробку валів розпочинають з підготовки технологічних баз – підрізання торців і їх зацентровки.

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних. Токарно – копіювальних верстатах, горизонтальних багатоінструментальних верстатах, на вертикальних одношпиндельних і багатошпиндельних автоматах, а також на токарних верстатах з ЧПК.

При обробці валів в центрах для витримування лінійних розмірів від постійної бази рекомендується використовувати плаваючі передні центра з упором торцю заготовки в упорне кільце. Це дозволить уникнути похибки по глибині зацентровки. В дрібносерійному виробництві для більш ефективного використання гідравлічних супортів доцільно використовувати групову обробку, тобто обробку валів декількох типорозмірів, що відрізняються розмірами в межах групи, з мінімальним переналагодженням і в ряді випадків лише з невеликою корекцією лімбом гідравлічного супорта. Це на 80-85% зменшує час налагодження.

В серійному виробництві широке поширені багаторізцеві і токарно-копіювальні верстати, напівавтомати і автомати. Однопрохідна копіювальна і однопрохідна багаторізцева обробка жорстких валів забезпечують точність по 9-11 квалітетам. Багаторізцева обробка може бути ефективніша копіювальної для валів, що мають велику довжину і діаметр і великі перепади діаметрів, так як в повздовжньому супорті можна встановити більшу кількість різ-

ців. Однак велике збільшення сил різання може привести до деформації оброблюємого валу, а це змушує понижувати подачу в порівнянні з подачею при обробці на копіювальному верстаті. Тому в кожному конкретному випадкові при кінцевому виборі методу обробки потрібно приймати до уваги результати розрахунків на точність і економічну доцільність.

Сучасні токарно - копіювальні верстати на 50...100% продуктивніші універсальних токарних, їх виготовляють в достатньо широкому діапазоні. На таких верстатах можна обробляти зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні; їх порівняно легко переналагодити при переході на обробку інших деталей. Крім того, верстати мають відкриту робочу зону, що дозволяє сквозне транспортування деталі при вбудові їх в автоматичні лінії.

На токарно-копіювальних нових моделях можна виконувати токарну обробку багаторізцевим супортом, а чистове точіння – однорізцевим копіювальним супортом, причому при закріпленні валу торцевим поводком обробку можна вести з одного установа. Останні моделі деяких токарно-копіювальних верстатів мають декілька (до п'яти) копіювальних супортів, що переміщуються незалежно один від одного. Вони дозволяють вести незалежну обробку. Кожний на своїй ділянці, що значно підвищує продуктивність верстата. Використання такого верстата особливо доцільно, коли на деяких ступінях валу є великий припуск, який неможливо зняти за один робочий хід.

Схема технологічних процесів виготовлення деталей типу вал наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технологічна схема виготовлення деталей класу вал

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
1	2	3
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерування торців валу і свердління центрових отворів з двох сторін. Технологічна база – зовнішні поверхні двох шийок.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат
010	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з одної сторони і підрізання торцевих поверхонь ступеней валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатопшпіндельний чи багатоінструментальний напівавтомат
015	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з іншої сторони, а також підрізання оброблюваних шийок валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатопшпіндельний чи багатоінструментальний напівавтомат
020	Токарна Точіння поверхонь шийок валу під шліфування і кінцеве підрізання торців ступеней валу. Технологічна база – центрові отвори валу	Токарний багаторіздцевий, гідрокопіювальний багатопшпіндельний
025	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з припуском під шліфування і кінцева підрізка ступеней валу з іншої сторони. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторіздцевий, гідрокопіювальний багатопшпіндельний

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
030	Проміжний контроль	
035	Термічна обробка	
040	Шліфувальна Попереднє шліфування шийок валу в залежності від вимог креслення по якості поверхонь і точності обробки. Технологічна база – центрові отвори	Круглошліфувальний напівавтомат
045	Шліфувальна Кінцеве шліфування поверхонь шийок валу відповідно до розмірів на робочому кресленні і шорсткостей поверхонь. Технологічна база – центрові отвори	Круглошліфувальний напівавтомат
050	Кінцевий контроль	

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі

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

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

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

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, Q_e – загальна кількість елементів.

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

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

де T_{cp} – середній квалітет точності

Таблиця 2.1 – Лінійні розміри

Лінійний розмір	1.6	2	18	79	96	3	30.8	35	34.5	45	63	33.8	273	M36	M33
Уніфікований розмір	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+
Лінійний розмір	33,5	4	3	116	93	16	13,8	1	18,6	20	3	1,4	19,5		
Уніфікований розмір	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-		
Кількість лінійних розмірів 28								Кількість уніфікованих розмірів 16							

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні		Кутові			
P_L	$P_{L,y}$	P	P_y	Ш	Ш _y
28	16	4	4	7	7
$Q_{ye}=27$ $Q_e=39$				$K_y = \frac{27}{39} = 0.692$	

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
6	2	6·2=12
9	1	9·1=9
14	29	14·29=406
Всього	32	427

$$T_{cp} = \frac{427}{32} = 13.34$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13.34} = 0.925$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	3	3,75
2,5	4	10
12,5	21	262,5
$Ш_{cp} = \frac{276.25}{28} = 9.87$ $K_T = \frac{1}{9.87} = 0.1013$		276,25

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{uu} < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Деталь містить досить зручні базові поверхні, в якості яких можуть бути використані зовнішні поверхні, хоча бажано створити штучні технологічні бази у вигляді центрових отворів, які будуть використовуватися протягом усього технологічного процесу. Задана точність поверхонь може бути досягнута на верстаках підвищеної точності. Деталь містить ряд уніфікованих елементів. Для механічної обробки важкодоступних місць не має, потреби у спеціальних пристосуваннях та вимірювальних інструментах теж немає.

Деталь містить ряд точних поверхонь 6 квалітету, які можуть бути отримані тонким точінням або шліфуванням. Крім того на одній з поверхонь є шліци, які вимагають додаткового обладнання або пристосувань для їх обробки. На кресленні валу вказано ряд стандартних канавок, які можуть бути отримані стандартним ріжучим інструментом і слугують для виходу шліфувального креуга при обробці точних поверхонь.

В цілому деталь не містить важкодоступних для обробки місць і може бути отримана із вказаними вимогами точності поверхонь та їх взаємного розташування. Тобто деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

2.2. Розрахунок розмірів заготовки

Згідно ГОСТ 7505-89 на КГШП при штампуванні в закритих штампах отримуються заготовки Т2-Т3 класу точності, для серійного типу виробництва приймаємо 3 клас точності (Т3).

Деталь виготовляється із Сталі 10X17H13M2T, що відповідно містить 0,4% вуглецю, тобто даний матеріал відноситься до другої групи (М2).

Для того, щоб визначити ступінь складності виливка, що є одною із конструктивних характеристик форми поковок, необхідно попередньо обчислити масу штамповки. Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.}=2,5 \cdot 1,2=3 \text{ (кг)}$$

Вал вписується у циліндр, маса якого складатиме:

$$M=\pi \cdot 31,5^2 \cdot 273 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6}=6,646 \text{ (кг)}$$

Відношення маси деталі до маси заготовки:

$$3/6,646=0,45$$

Отже згідно із ГОСТ 7505-89 поковка матиме 2 ступінь складності (С2).

Площина роз'єму проходить через вісь валу.

Згідно [4] вихідний індекс з врахуванням отриманих вище даних складатиме – 11.

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поверхні. Основний припуск на механічну обробку поковок визначається в залежності від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі для кожного розрахункового розміра. Наприклад для $\varnothing 35$ згідно [4] він складає 1,6 мм. Аналогічно визначається припуск на інші поверхні, результати занесено до таблиці 2.1. Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму штампа складають 0,3 мм [4], причому внаслідок наявності двох площин роз'єму їх зміщення впливатиме на всі поверхні які охоплені розрахунковими розмірами. Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності визначається в залежності від класу точності (Т3) та найбільшого розміру заготовки (273 мм) в даному випадкові складає 0,5 мм.

З врахуванням прийнятих припусків отримаємо розміри заготовки:

Таблиця 2.5 - Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані	Штамповка на КГШП									
Клас точності	Т3									
Марка матеріалу	М2									
Ступінь складності	С2									
Індекс	11									
Конфігурація поверхні розему штампа	П									
Припуски: Основні	Розрахункові розміри, мм									
	Ø35	Ø45	Ø63	Ø36	Ø20	79	96	16	116	273
	1,6	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,3	1,5	1,4	1,7
Додаткові: На зміщення поповерх- ні розему штампа	0,2									
Для врахування вигну- тості і відхилення від площинності, прямолі- нійності	0,5									
Радіуси заокруглень	2,5									
	Розміри заготовки									
	40	49	67	41	25	80	97	17	117	277
Допуски: розмірів	1,6 (+1.1) (-0.5)	2 (+1.3) (-0.7)	2 (+1.3) (-0.7)	1,6 (+1.1) (-0.5)	1,6 (+1.1) (-0.5)	2 (+1.3) (-0.7)	2 (+1.3) (-0.7)	1,6 (+1.1) (-0.5)	2,2 (+1.4) (-0.8)	2,8 (+1.8) (-1.0)
Зміщення по поверхні розему штампа	0,5									
По вигнутості від пло- щинності і прямоліній- ності	1									
Радіусів заокруглень	0,5									
Величини замкнутого облою	0,7									

$$\varnothing 35 + (1,6 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 39,6 \text{ (мм) приймаємо } \varnothing 40;$$

$$\varnothing 45 + (1,3 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 49 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 63 + (1,3 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 67 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 36 + (1,6 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 40,6 \text{ (мм) приймаємо } \varnothing 41;$$

$$\varnothing 20 + (1,6 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 24,6 \text{ (мм) приймаємо } \varnothing 25;$$

$$273 + (1,7 + 0,2 + 0,5 + 1,7) = 277,1 \text{ приймаємо } 277 \text{ (мм);}$$

$$79+(1,7-1,6+0,2+0,5)=79,8 \text{ приймаємо } 80 \text{ (мм);}$$

$$96+(1,7-1,3+0,2+0,5)=97,1 \text{ приймаємо } 97 \text{ (мм);}$$

$$16+(1,7-1,5+0,2+0,5)=16,9 \text{ приймаємо } 17;$$

$$116+(1,7-1,4+0,2+0,5)=117 \text{ (мм).}$$

Допустимі відхилення лінійних розмірів поковок призначаються в залежності від вихідного індекса і розмірів поковки за [4]. Отримані дані заносимо до таблиці 2.5.

Допустима величина зміщення по поверхні роз'єму штампів визначається в залежності від маси поковки, конфігурації поверхні роз'єму штампів і класу точності і не повинна перевищувати 0,5 мм.

Допустиме відхилення по вигнутості від площинності і прямолінійності для плоских поверхонь складає 1 мм [4]. Дана величина не враховує перепади по висоті чи ширині поковки.

Допустима величина остаточного облою за лежить від маси поковки, конфігурації поверхні роз'єму і класу точності та призначається згідно ГОСТ 7505-89, і складає 0,7 мм.

Радіуси заокруглень прийняті рівними 2,5 мм, з врахуванням того, що глибина полості штампів складає не більше 60 мм, при цьому допуск на радіус заокруглення рівен 0,5 мм.

Для полегшення виймання заготовки із штампів зовнішні поверхні робляться з штампувальним нахилом 7° , а внутрішні поверхні - 10° .

Отримані результати заносимо до таблиці 3.1.

Оскільки, одним із варіантів обрано заготовку із прокату, то за довідником обрано прокат із сталі 40Х.

Розраховуємо граничні розміри заготовки:

$$\varnothing 63 + 2 \cdot 2 = 67 \text{ (мм).}$$

Найближчий більший гостований прокат 70 ГОСТ 19903-74, [4].

Лінійний розмір 273 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєному припуску на підрізання торцю.

$$273 + 2 \cdot 6 = 285 \text{ (мм)}.$$

Отже, з гостованого 2000x Ø 70 мм прокату, врахувавши припуск на розрізку і обробку торцю прокату - ми одержимо 7 заготовок.

При цьому прокат обирають виготовлений за 16 квалітетом точності, і відповідно допуски на отримувані розміри складатимуть: $200_{-2,9}$, $\text{Ø}67_{-1,9}$.



Рисунок 2.1 – Заготовка з прокату

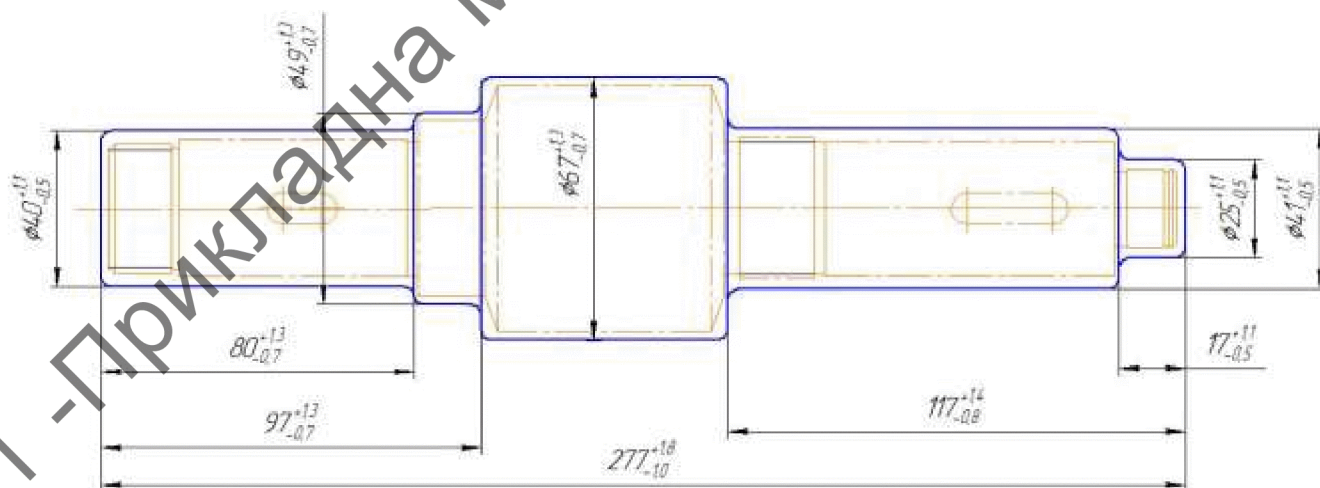


Рисунок 2.2- Заготовка отримана штампуванням на КГШП

Масу заготовок, аналогічно масі деталі, обчислюємо за допомогою – КГШП:

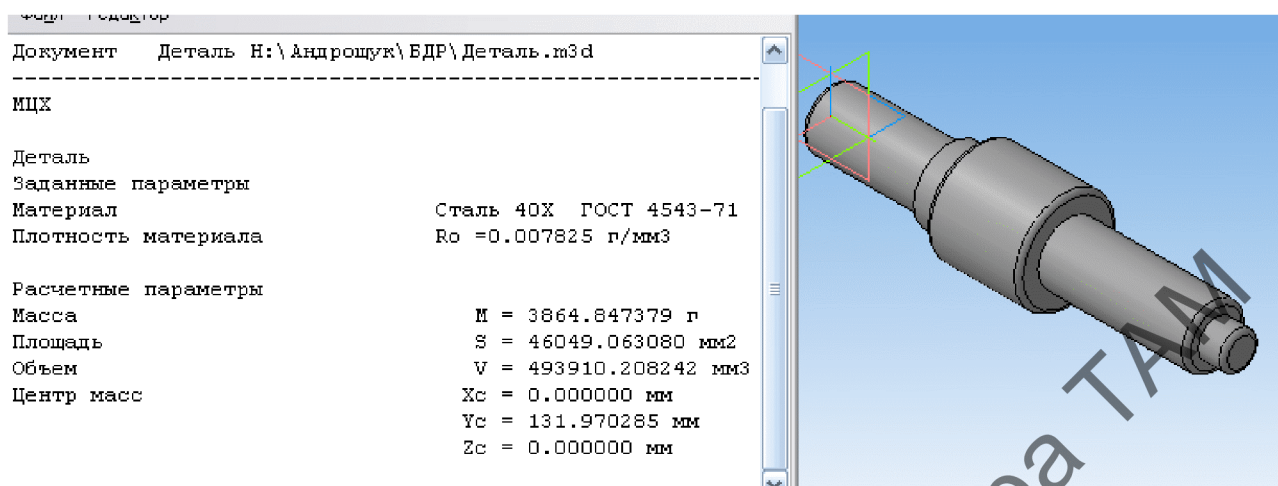


Рисунок 2.3 – Визначення маси заготовки штампованої на КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 2,5 / 3,86 = 0,64$$

– Прокат:

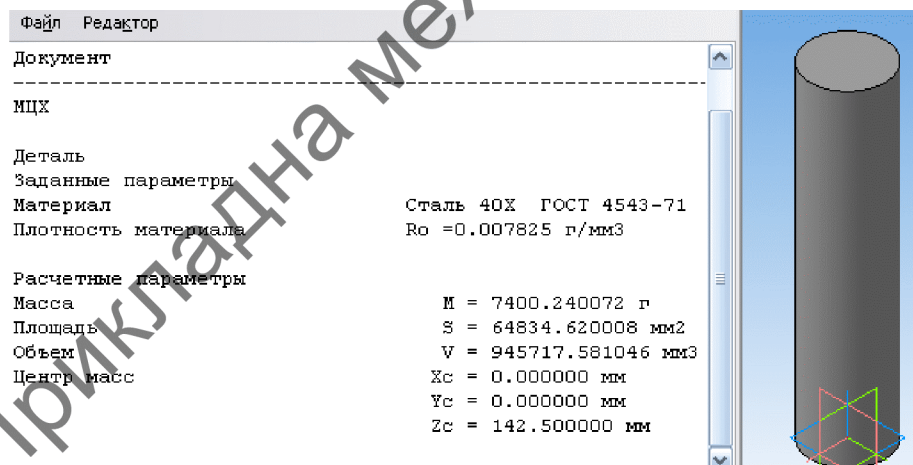


Рисунок 2.4 – Визначення маси заготовки із прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 2,5 / 7,4 = 0,34$$

Коефіцієнт використання матеріалу при штампуванні на КГШП більший ніж при прокатуванні. Це означає, що при одержанні заготовки на пресах менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці, тобто заготовка більш наближена до готової деталі.

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу штампування необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [4]:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{G_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{шт.}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг.}} - G_{\text{дет.}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх.}} \text{ [грн]} \quad (2.5)$$

де $G_{\text{заг.}} = 3,86$ кг – маса заготовки;

$G_{\text{дет.}} = 2,5$ кг – маса деталі;

$C_{\text{шт.}} = 18730$ – базова вартість 1т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{\text{відх.}}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{\text{відх.}} = 1520$.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1,0$, $K_C = 0,75$, $K_B = 1,33$, $K_{\Pi} = 1,0$.

Штампування на КГШП:

$$C_{\text{заг.шт.}} = \frac{3.86 \cdot 18730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,33 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(3.86 - 1,5)}{1000} 1520 = 68,33 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{пр.} = \frac{Q_{заг.}}{1000} \cdot C_{м.} - \frac{(Q_{заг.} - Q_{дет.})}{1000} \cdot C_{відх.}, [\text{грн}] \quad (2.6)$$

де $Q_{заг.}$ – маса заготовки, кг; $C_{м.}$ – вартість 1т матеріалу заготовки, грн;

$Q_{дет.}$ – маса готової деталі, кг; $C_{відх.}$ – вартість 1т відходів, грн;

$C_{м.} = 10000 \text{ гр.о.}$, $C_{відх.} = 1520 \text{ гр.о.}$

$$C_{заг.шт.} = \frac{7.4 \cdot 10000}{1000} - \frac{(7.4 - 2.5)}{1000} 1520 = 66,56 \text{ (грн.)}$$

Отже, після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість прокатної заготовки менша ніж на КГШП пресах.

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанту одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{заг.} = C_{заг.шт.} + \Sigma C_{обр.}, [\text{грн}] \quad (2.7)$$

де $\Sigma C_{обр.}$ – технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів одержання заготовки.

$$C_{обр.} = C_{п.-з.} \cdot T_{шт-к(шт.)} / K_v, [\text{грн}] \quad (2.8)$$

$C_{п.-з.}$ – хвилині приведені витрати, грн. – вибираємо згідно [4];

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

K_v - коефіцієнт виконання норм, $K_v \approx 1,3$;

$C_{п.-з} = 37,9$ грн/год, тобто 0,63 грн/хв.- собівартість точіння на токарно-му верстаті 16K20.

Штучно калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к(шт.)} = T_o \cdot \varphi_k; [хв] \quad (2.9)$$

Де основний час при точінні:

$$T_o = 0,17 dI [хв] \quad (2.10)$$

Відповідно, для того щоб отримати заготовку аналогічно за формулю отримуваний після КГШП необхідно обточити поверхні Ø40 довжиною 80мм, Ø49 довжиною 17 мм, Ø41 довжиною 100 мм та Ø25 довжиною 17 мм. Враховуючи, що для цього необхідно всі поверхні точити тричі, основний час складатиме:

$$T_{o1} = 0,17 \cdot (40 \cdot 80 \cdot 3 + 49 \cdot 17 \cdot 2 + 41 \cdot 100 \cdot 3 + 25 \cdot 17 \cdot 4 + 67 \cdot 63) \cdot 0,001 = 5,01 (хв);$$

$$T_{шт-к(шт.)1} = 53,01 \cdot 2,14 = 10,72 (хв);$$

$$C_{обр} = 10,72 \cdot 0,63 / 1,3 = 5,2 (грн);$$

$$C_{заг} = 66,56 + 5,2 = 71,76 (грн).$$

Отже, врахувавши токарну обробку, ми бачимо, що прокат дорожчий за КГШП. Тобто за основний спосіб отримання заготовки обираємо штампування на КГШП.

2.3 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної

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

Наприклад для розміру $\varnothing 35$ загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = 1,6 / 0,016 = 100$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon / 0.46 \quad (2.11)$$

Тобто підставивши числові значення в даному випадкові отримаємо:

$$N = \lg 100 / 0.46 = 4,35$$

Отже можна проводити обробку за чотири або п'ять переходів механічної обробки. Для зменшення трудомісткості приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,6; \varepsilon_2 = 4,6; \varepsilon_3 = 3;$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_3 \quad (2.12)$$

Тобто:

$$\varepsilon_4 = 100 / 5,6 \cdot 4,6 \cdot 3 = 1,29$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1 = 1,6 / 5,6 = 0,286 \text{ (мм)}$$

Що відповідає 12 квалітету точності поверхні. Після другого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 9 квалітету, а вже після третього пе-

реходу - 7 квалітету, після четвертого переходу механічної обробки відповідно отримаємо поверхню 6 квалітету точності. Оскільки обробляється зовнішня поверхня валу, то доцільно використати метод обробки – точіння, а остаточний - шліфування.

Метод обробки і кількість ступенів механічної обробки визначається аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
Ø35	$\varepsilon=1,6/0,01$ $6=100$	$\varepsilon_1=5,6$ $\varepsilon_2=4,6$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,29$	$T_1=286$ $T_2=62$ $T_3=20$ $T_4=16$	12 9 7 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування
Ø63	$\varepsilon=2/0,62=$ $=3,22$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=1,5$	$T_1=400$ $T_2=100$ $T_3=65$	12 10 9	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне
Ø45	$\varepsilon=2/0,62=$ $=3,22$	$\varepsilon_1=3,22$	$T_1=62$	14	Точіння
Ø20	$\varepsilon=1,6/0,02$ $1=76,19$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,27$	$T_1=320$ $T_2=80$ $T_3=27$ $T_4=21$	13 10 8 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування
Ø36	$\varepsilon=1,6/0,6$ $2=2,58$	$\varepsilon_1=2,58$	$T_1=620$	14	Точіння

2.4 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз потрібно мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах. Відповідно за чистові бази запропонована схема базування в центрах, вона показана на рисунку 3.5.

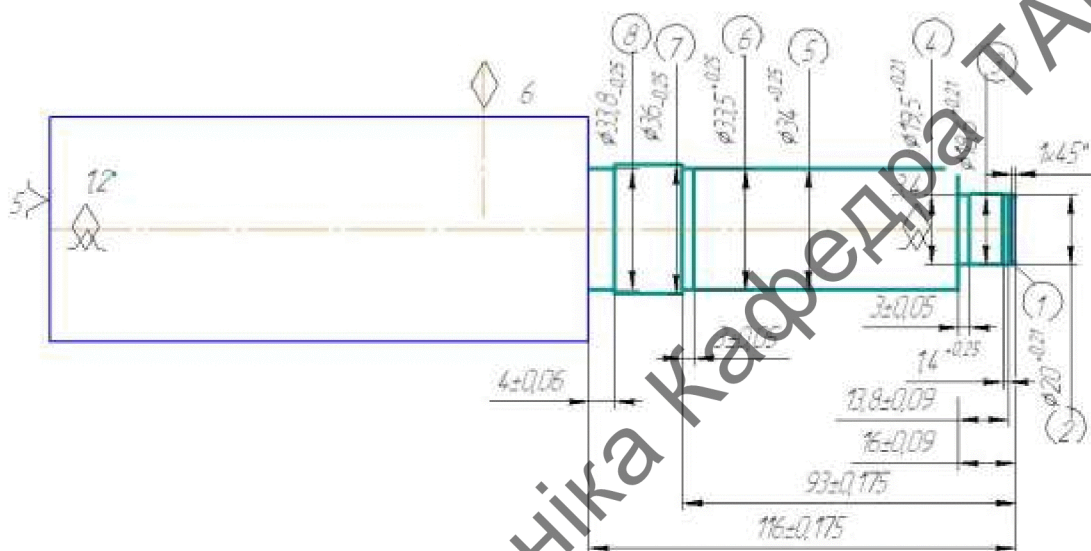


Рисунок 2.5 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Таблиця 2.7 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø33,8, Ø36, Ø33,5, Ø34, Ø19,5, Ø18,6	відсутня	Діаметральні розміри
	4, 3, 3, 1,4	відсутня	Обробка з одного установа
	138,16,93,116	присутня	Рівна допускові на розмір 273 (0,08 мм), що не перевищує допуск на жодний розмір

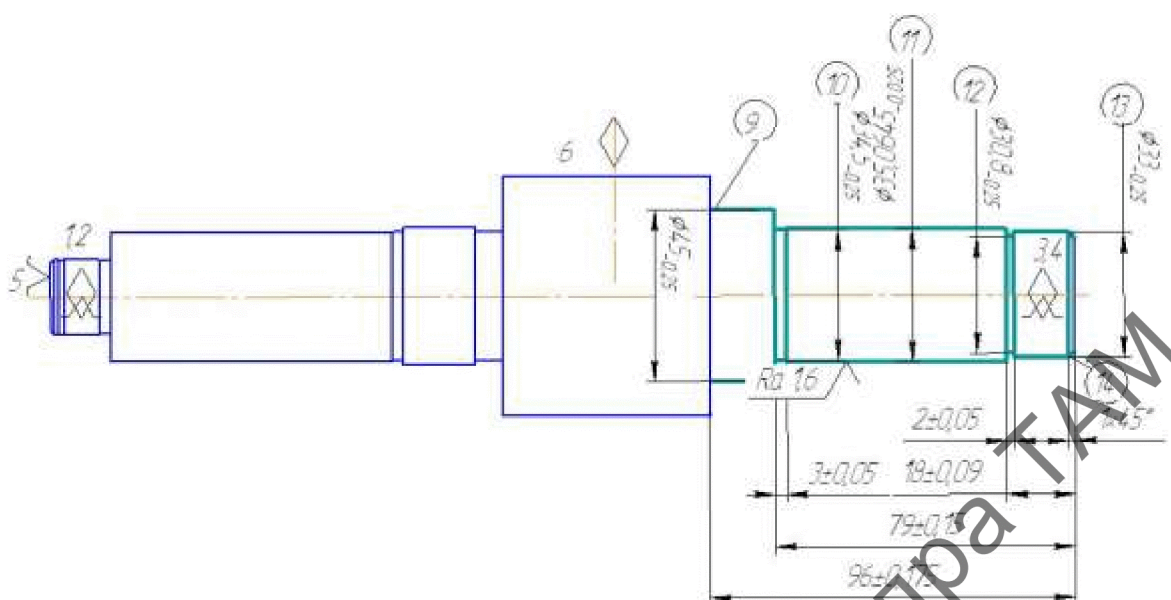


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази (операція 015)

Таблиця 2.8 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø35,05, Ø34,5, Ø30,8, Ø33, Ø45	відсутня	Діаметральні розміри
	2, 3	відсутня	Обробка з одного установка
	18, 79, 96	присутня	Рівна допускові на розмір 273 (0,08 мм), що не перевищує допуск на жодний розмір

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

В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування

на призми Це забезпечить зняття рівномірного мінімального припуску із площини, яка використовується в якості установчої бази.

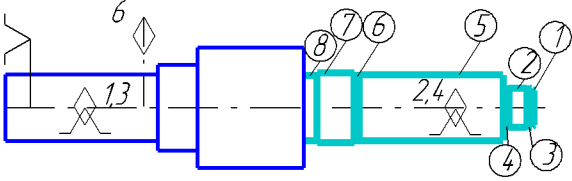
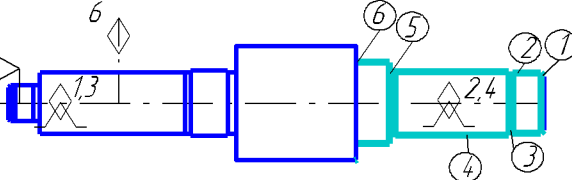
2.5 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній.

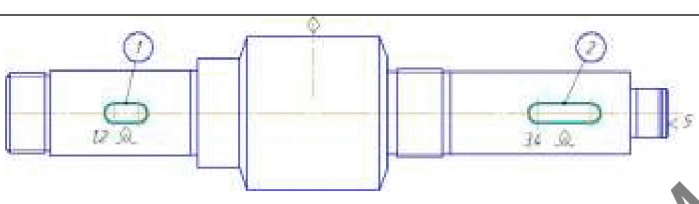
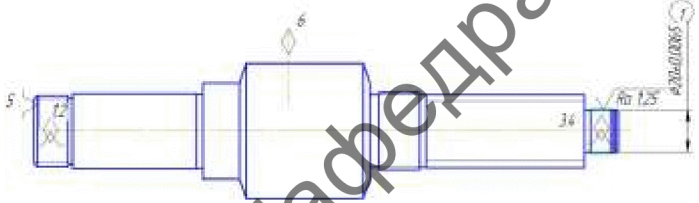
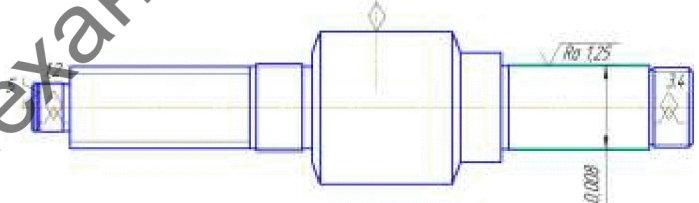
Таблиця 2.9 -Маршрут механічної обробки

Номер операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстату
005	<u>Фрезерно-центрувальна</u> 1 Встановит деталь 2 Фрезерувати торець 1 3 Свердлити центрувальний отвір 2 3 Фрезерувати торець 3 4 Свердлити центрувальний отвір 4 5 Зняти деталь		MP71

Продовження таблиці 3.11

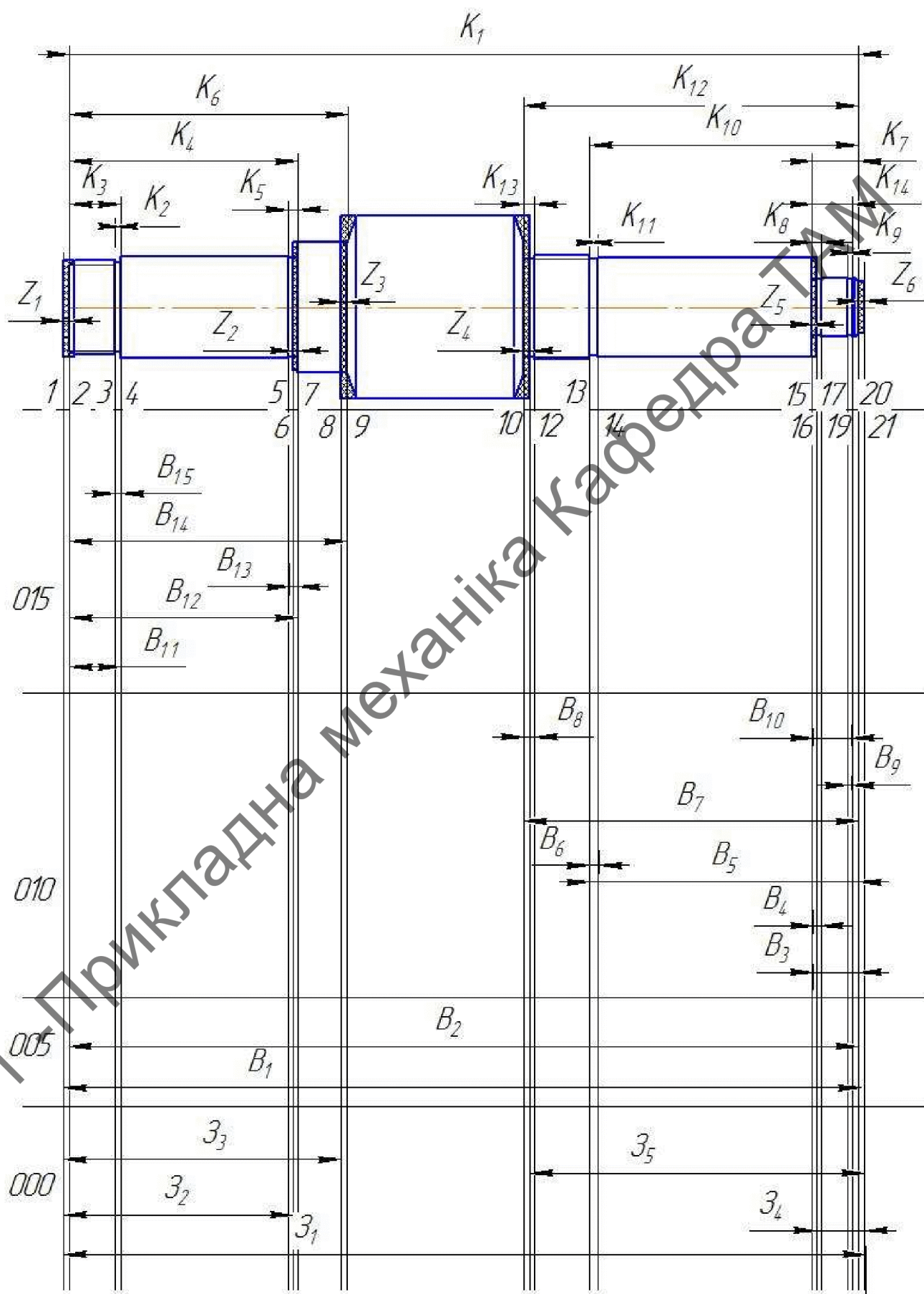
1	2	3	4
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1 Встановити заготовку 2 Точити попередньо поверхні 1, 2, 5, 6, 7. 3 Точити попередньо поверхню 2 4 Точити остаточно поверхню 2 5 Точити канавку 3 6 Точити канавку 4 7 Точити канавку 8 8 Нарізати різь на поверхні 7 9 Зняти деталь		16K20Ф3
015	<u>Токарна з ЧПК</u> 1 Встановити заготовку 2 Точити попередньо поверхні 1, 2, 4, 6 3 Точити попередньо поверхню 4 4 Точити остаточно поверхню 4 5 Точити канавку 3 6 Точити канавку 5 7 Нарізати різь на поверхні 2 8 Зняти деталь		16K20Ф3

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
020	<u>Фрезерна з ЧПУ</u> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати паз 1 3 Фрезерувати паз 2 4 Зняти деталь		6P13Ф3
025	<u>Токарна</u> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Обкотити поверхню 1 3 Зняти деталь		16K20
030	<u>Токарна з ЧПК</u> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Обкотити поверхню 1 3 Зняти деталь		16K20

2.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри слід розташовувати таким чином, що мінімізувати похибку базування і забезпечити можливість його контролю універсальним інструментом. Наприклад технологічний розміри V_1 , V_2 зв'язують два торця, що дозволяє легко проконтролювати розмір, наприклад, за допомогою штангенциркуля. Розташування розмірів V_3 , V_4 , V_5 забезпечує мінімальну похибку базування на ці розміри. Аналогічно розміри V_6 , V_7 зв'язують поверхні, що отримуються із одного установа, що забезпечує відсутність похибки базування. Крім того ці розміри легко контролюються універсальним інструментом.



Рисунки 2.7 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Таблиця 2.10– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	$З_1$	$З_2$	$З_3$	$З_4$	$З_5$	$В_1$	$В_2$	$В_3$	$В_4$	$В_5$
Попередні значення допусків	1,3	0,74	0,43	0,87	0,87	0,81	0,52	0,18	0,12	0,35
Розміри заготовки	$В_6$	$В_7$	$В_8$	$В_9$	$В_{10}$	$В_{11}$	$В_{12}$	$В_{13}$	$В_{14}$	$В_{15}$
Попередні значення допусків	0,12	0,35	0,12	0,25	0,18	0,18	0,3	0,12	0,35	0,12

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1 K_2 \dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

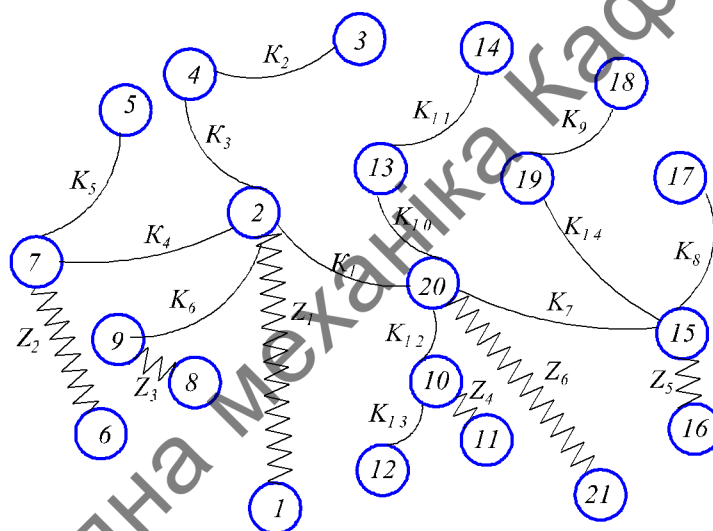


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $В_1 В_2 \dots$ і розмірів заготовки $З_1 З_2 \dots$ називається похідним графом.

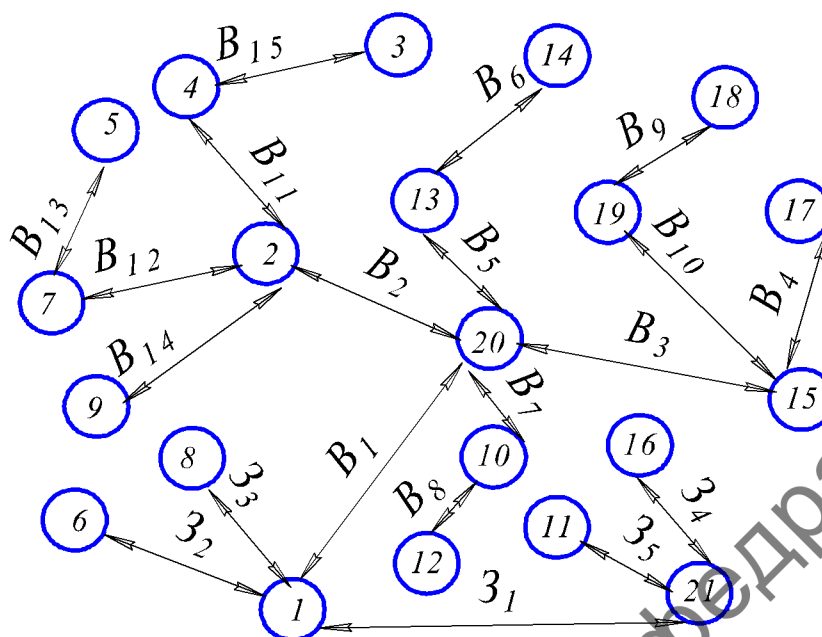


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

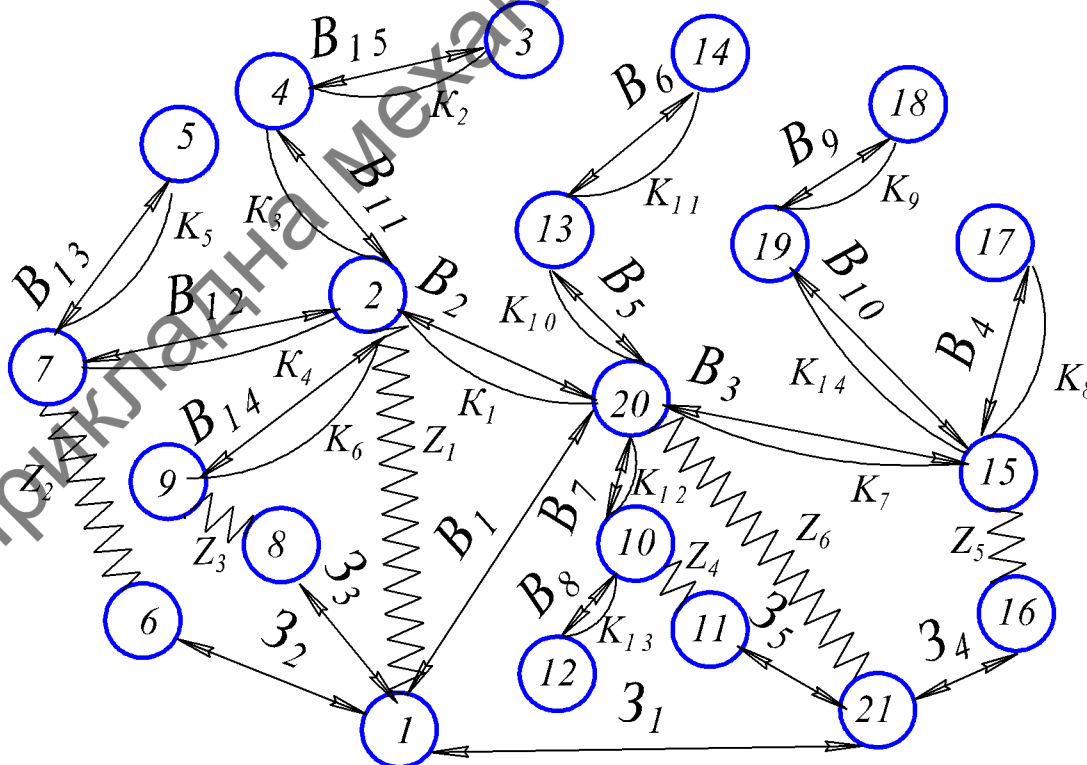


Рисунок 2.10 – Суміщений граф-дерево

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [6]. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці валу, які входять в один діапазон і обробляються: кожен за один прохід, то мінімальний припуск буде однаковий для всіх торців, тобто:

$$Z_{1 \min} = Z_{2 \min} = Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = Z_{5 \min} = Z_{6 \min} = 0,6 \text{ мм}$$

4.5.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.5

Таблиця 2.11 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	B_2
$B_3 - K_7 = 0$	$B_3 = K_7$	B_3
$B_4 - K_8 = 0$	$B_4 = K_8$	B_4
$B_5 - K_{10} = 0$	$B_5 = K_{10}$	B_5
$B_6 - K_{11} = 0$	$B_6 = K_{11}$	B_6
$B_7 - K_{12} = 0$	$B_7 = K_{12}$	B_7
$B_8 - K_{13} = 0$	$B_8 = K_{13}$	B_8
$B_9 - K_9 = 0$	$B_9 = K_9$	B_9
$B_{10} - K_{14} = 0$	$B_{10} = K_{14}$	B_{10}
$B_{11} - K_3 = 0$	$B_{11} = K_3$	B_{11}
$B_{12} - K_4 = 0$	$B_{12} = K_4$	B_{12}
$B_{13} - K_5 = 0$	$B_{13} = K_5$	B_{13}
$B_{14} - K_6 = 0$	$B_{14} = K_6$	B_{14}
$B_{15} - K_2 = 0$	$B_{15} = K_2$	B_{15}
$B_2 - B_1 + Z_1 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_1$	B_1
$3_1 - B_1 - Z_5 = 0$	$Z_5 = 3_1 - B_1$	3_1
$3_2 - B_{12} - Z_1 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_{12} + Z_1 - 3_2$	3_2
$3_3 - B_{14} - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_{14} + Z_1 - 3_3$	3_3
$3_4 - B_3 - Z_6 + Z_5 = 0$	$Z_5 = B_3 + Z_6 - 3_4$	3_4
$3_5 - B_7 - Z_6 + Z_4 = 0$	$Z_4 = B_7 + Z_6 - 3_5$	3_5

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

$$B_2 = K_1 = 273^{\pm 0.26}$$

$$B_{2 \min} = 272,74 \text{ мм}; B_{2 \max} = 273,26 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = K_7 = 16^{\pm 0.09}$$

$$B_{3 \min} = 15,91 \text{ мм}; B_{3 \max} = 16,09 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = K_8 = 3^{\pm 0.06}$$

$$B_{4 \min} = 2,94 \text{ мм}; B_{4 \max} = 3,06 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = K_{10} = 93^{\pm 0.175}$$

$$B_{5 \min} = 92,825 \text{ мм}; B_{5 \max} = 93,175 \text{ (мм)};$$

$$B_6 = K_{11} = 3^{\pm 0.06}$$

$$B_{6 \min} = 2,94 \text{ мм}; B_{6 \max} = 3,06 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = K_{12} = 116^{\pm 0.175}$$

$$B_{7 \min} = 115,825 \text{ мм}; B_{7 \max} = 116,175 \text{ (мм)};$$

$$B_8 = K_{13} = 4^{\pm 0.06}$$

$$B_{8 \min} = 3,94 \text{ мм}; B_{8 \max} = 4,06 \text{ (мм)};$$

$$B_9 = K_9 = 1,4^{+0.25}$$

$$B_{9 \min} = 1,4 \text{ мм}; B_{9 \max} = 1,65 \text{ (мм)};$$

$$B_{10} = K_{14} = 13,8^{\pm 0.09}$$

$$B_{10 \min} = 13,71 \text{ мм}; B_{10 \max} = 13,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{11} = K_3 = 18^{\pm 0.09}$$

$$B_{11 \min} = 17,91 \text{ мм}; B_{11 \max} = 13,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{12} = K_4 = 79^{\pm 0.15}$$

$$B_{12 \min} = 78,85 \text{ мм}; B_{12 \max} = 79,15 \text{ (мм)};$$

$$B_{13} = K_5 = 3^{\pm 0.06}$$

$$B_{13 \min} = 2,94 \text{ мм}; B_{13 \max} = 3,06 \text{ (мм)};$$

$$B_{14} = K_6 = 96^{\pm 0.175}$$

$$B_{14 \min} = 95,825 \text{ мм}; B_{14 \max} = 96,175 \text{ (мм)};$$

$$B_{15} = K_2 = 2^{\pm 0.06}$$

$$B_{15 \min} = 1,94 \text{ мм}; B_{15 \max} = 2,06 \text{ (мм)};$$

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

$$B_{1 \min} = Z_{1 \min} + B_{2 \max} = 0,6 + 273,26 = 273,86 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + IT(B_1) = 273,86 + 0,8 = 274,66 \text{ (мм)}.$$

$$B_1 = 274,26^{\pm 0.4}$$

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

$$Z_{1 \max} = 274,66 - 272,74 = 1,92 \text{ (мм)}$$

$$Z_{6 \min} = 3_{1 \min} - B_{1 \max}$$

$$3_{1 \min} = Z_{6 \min} + B_{1 \max} = 0,6 + 274,66 = 275,26 \text{ (мм)};$$

$$3_{1 \max} = 3_{1 \min} + IT(3_1) = 275,26 + 1,3 = 276,56 \text{ (мм)}.$$

$$3_1 = 275,91^{\pm 0.65}$$

$$Z_{6 \max} = 3_{1 \max} - B_{1 \min}$$

$$Z_{6 \max} = 276,56 - 273,86 = 2,7 \text{ (мм)}$$

$$Z_{2 \min} = Z_{1 \min} + B_{12 \min} - 3_{2 \max}$$

$$3_{2 \max} = Z_{1 \min} + B_{12 \min} - Z_{2 \min} = 0,6 + 78,85 - 0,6 = 78,85 \text{ (мм)};$$

$$3_{2 \min} = 3_{2 \max} - IT(3_2) = 78,85 - 0,74 = 78,11 \text{ (мм)}.$$

$$3_2 = 78,48^{\pm 0.37}$$

$$Z_{2 \max} = Z_{1 \max} + B_{12 \max} - 3_{2 \min}$$

$$Z_{2 \max} = 1,92 + 79,15 - 78,11 = 3,7 \text{ (мм)}$$

$$Z_{3 \min} = Z_{1 \min} + B_{14 \min} - 3_{3 \max}$$

$$3_{3 \max} = Z_{1 \min} + B_{14 \min} - Z_{3 \min} = 95,825 - 0,6 + 0,6 = 95,825 \text{ (мм)};$$

$$3_{3 \min} = 3_{3 \max} - IT(3_3) = 95,825 - 0,87 = 94,955 \text{ (мм)}.$$

$$3_3 = 95,39^{\pm 0.435}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{1 \max} + B_{14 \max} - 3_{3 \min}$$

$$Z_{3 \max} = 96,175 + 1,92 - 94,955 = 3,14 \text{ (мм)}$$

$$Z_{5 \min} = Z_{6 \min} + B_{3 \min} - 3_{4 \max}$$

$$3_{4 \max} = Z_{6 \min} + B_{3 \min} - Z_{5 \min} = 15,91 + 0,6 - 0,6 = 15,91 \text{ (мм)};$$

$$3_{4 \min} = 3_{4 \max} - IT(3_4) = 15,91 - 0,43 = 15,48 \text{ (мм)}.$$

$$3_4 = 15,695^{\pm 0,215}$$

$$Z_{5 \max} = Z_{6 \max} + B_{3 \max} - 3_{3 \min}$$

$$Z_{5 \max} = 16,09 + 2,7 - 15,48 = 3,31 \text{ (мм)}$$

$$Z_{4 \min} = Z_{6 \min} + B_{7 \min} - 3_{5 \max}$$

$$3_{5 \max} = Z_{6 \min} + B_{7 \min} - Z_{4 \min} = 115,825 - 0,6 + 0,6 = 115,825 \text{ (мм)};$$

$$3_{5 \min} = 3_{5 \max} - IT(3_5) = 115,825 - 0,87 = 114,955 \text{ (мм)}.$$

$$3_5 = 115,393^{\pm 0,435}$$

$$Z_{4 \max} = Z_{6 \max} + B_{7 \max} - 3_{3 \min}$$

$$Z_{4 \max} = 116,175 + 2,7 - 114,958 = 3,917 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
3 ₁	275,23	276,52	1,3	275,91		275,91(±0,65)
3 ₂	78,11	78,85	0,74	78,48		78,48(±0,37)
3 ₃	94,955	95,825	0,87	95,39		95,39(±0,435)
3 ₄	15,48	15,91	0,43	15,695		15,69(±0,21)
3 ₅	114,955	115,825	0,87	115,393		115,39(±0,43)
B ₁	273,86	274,66	0,8	274,26	274,26(±0,4)	
B ₂	273,74	273,26	0,52	273	273(±0,26)	
B ₃	15,91	16,09	0,18	16	16(±0,09)	
B ₄	3,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
B ₅	92,825	93,175	0,35	93	93(±0,175)	
B ₆	2,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
B ₇	115,825	116,175	0,35	116	116(±0,175)	
B ₈	3,94	4,06	0,12	4	4(±0,06)	
B ₉	1,4	1,65	0,25	1,4	1,4(+0,25)	
B ₁₀	13,71	13,89	0,18	13,8	13,8(±0,09)	
B ₁₁	17,91	18,09	0,18	18	18(±0,09)	
B ₁₂	78,85	79,15	0,3	79	79(±0,15)	
B ₁₃	2,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
B ₁₄	95,825	96,175	0,35	96	96(±0,175)	
B ₁₅	1,94	2,06	0,12	2	2(±0,06)	

Таблиця 2.13 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	0,6	1,92
Z_2	0,6	1,7
Z_3	0,6	3,14
Z_4	0,6	3,917
Z_5	0,6	3,31
Z_6	0,6	2,7

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

2.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в (24), враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні $R_Z=150\text{мкм}$, $T=250\text{ мкм}$. При попередньому точінні приймаємо $R_Z=T=100\text{ мкм}$, а на наступному переході відповідно 50 мкм , при чистовому точінні – 30 мкм та при шліфуванні $R_Z=5\text{ мкм}$, $T=15\text{ мкм}$.

Сумарне значення просторових відхилень згідно (24) визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \text{ [мкм]} \quad (2.13)$$

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 штампованих заготовок сумарне значення просторових відхилень виражається в вигляді короблення деталі і зміщення одних ділянок поверхні відносно інших. Це зміщення обумовлено неспівпаданням верхньої і нижньої частин штампа, і неспівпаданням полуматриць в горизонтально-кувальних машинах, і зміщенням штампуючої частини заготовки відносно стержня вихідного матеріалу. В даному випадкові:

$$\rho_{жол} = \Delta_k l = 0,001 \cdot 273 = 0,273 \text{ (мм)}$$

$$\rho_{зм} = 1 \text{ мм}$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{1,5^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ (мм)}$$

$$\rho = \sqrt{0,273^2 + 1 + 1,52^2} = 1,840 \text{ (мм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (2.14)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1840 = 110 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 110 = 5,5 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 5,5 = 0,22 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \text{ [мкм]} \quad (2.15)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1min} = 2(150 + 250 + 1840) = 2 \cdot 2240 \text{ (мкм)}$$

попереднє точіння:

$$2Z_{1\min}=2(100+100+110)=2\cdot310 \text{ (мкм)}$$

остаточне точіння:

$$2Z_{2\min}=2(50+50+5,5)=2\cdot105,5 \text{ (мкм)}$$

шліфування:

$$2Z_{2\min}=2(30+30+0,22)=2\cdot60,22 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=34,992 \text{ (мм)}$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1=34,992+2\cdot0,06022=35,05222 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння

$$d_2=35,05222+2\cdot0,1055=35,26322 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

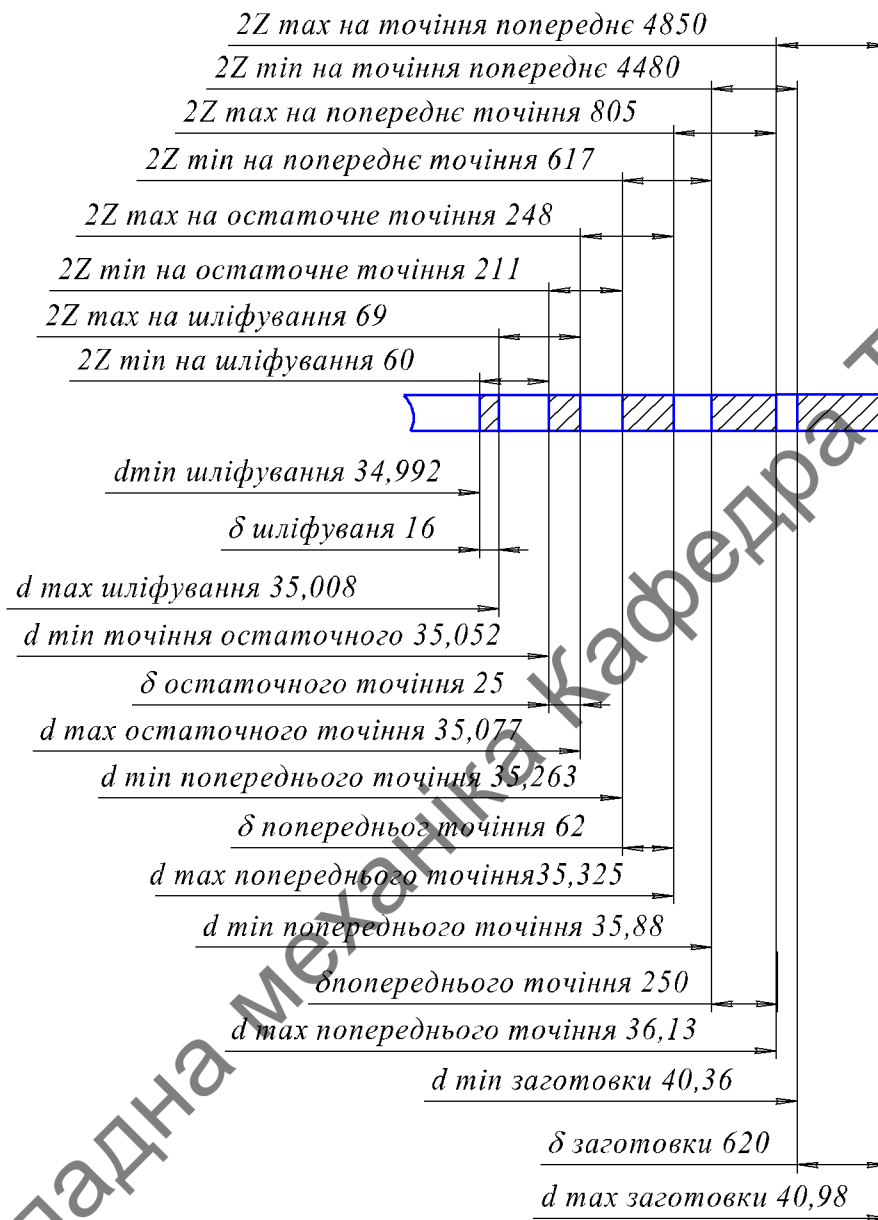


Рисунок 2.11 - Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 35$ валу

$$d_3 = 35,26322 + 2 \cdot 0,31 = 35,88322 \text{ (мм)}$$

для заготовки

$$d_3 = 35,88322 + 2 \cdot 2,24 = 40,36322 \text{ (мм)}$$

Тобто:

$$34,992+0,016=35,008 \text{ (мм)};$$

$$35,052+0,025=35,077 \text{ (мм)};$$

$$35,263+0,062=35,325 \text{ (мм)};$$

$$35,88+0,25=36,13 \text{ (мм)};$$

$$40,36+0,62=40,98 \text{ (мм)}.$$

Отже, для шліфування:

$$2Z_{\min 4}=35,052-34,992=0,06 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 4}=35,077-35,008=0,069 \text{ (мм)}$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3}=35,263-35,052=0,211 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3}=35,325-35,077=0,248 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2}=35,88-35,263=0,617 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2}=36,13-35,325=0,805 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1}=40,36-35,88=4,48 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 1}=40,98-36,13=4,85 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.7

На основі даних розрахунку будуємо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору $\varnothing 35$

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

$$2Z_{0min}=4480+617+211+60=5368 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{0max}=4850+805+248+69=5972 \text{ (мкм)}$$

Таблиця 2.14 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку валу

Технологічні переходи обробки поверхні Ø35	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{min}$	Розрахунковий розмір d_p	Допуск мкм δ	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	150	250	1840		40,363	620	40,36	40,98		
Точіння попереднє	100	100	110	2·2240	35,883	250	35,88	36,13	4480	4850
Точіння попереднє	50	50	5,5	2·310	35,263	62	35,263	35,325	617	805
Точіння остаточне	30	30	0,22	2·105,5	35,052	25	35,052	35,077	211	248
Точіння тонке	5	15	-	2·60,22	34,99	16	34,992	35,008	60	69
Ітого									5368	5972

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{max4}-2Z_{min4}=4480-4850=370 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{max3}-2Z_{min3}=805-617=188 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 250 - 62 = 188 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 248 - 211 = 37 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 62 - 25 = 37 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 69 - 60 = 9 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 25 - 16 = 9 \text{ (мкм)}$$

Таблиця 2.15- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø20	Заготовка		21,5
	Попереднє точіння	0,8	20,7
	Попереднє точіння	0,4	20,3
	Остаточне точіння	0,2	20,1
	Тонке точіння	0,1	20
Ø45	Заготовка		46,5
	Остаточне точіння	1,5	45
Ø34	Заготовка		35,5
	Остаточне розточування	1,5	34

2.8 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання проводимо за рекомендацією [8].

Для операції 005.

1. Розраховуємо довжину робочого ходу супорта:

$$L = L_{\text{рез}} + y + L_{\text{доп}}, [\text{мм}] \quad (2.16)$$

$L_{\text{доп}}$ - додаткова довжина наладки,

y - підвід, врізання, перебіг інструменту.

За додатком [8]: $y = 2 \text{ мм}$.

Відповідно отримаємо:

$$L = 77 + 2 + 3 = 82(\text{мм})$$

2. Визначення подач супортів на оберт шпинделя мм/об:

Визначені подач супортів за нормативами [8]: для приймасмо 0,57 мм/об.

3. Визначення стійкості інструментів: $T_m = 150$ хв.

4. Розрахунок швидкостей різання в мм/хв і числа обертів шпинделя верстатів в хв.

а) визначення швидкостей різання: $V_{\text{різ}} = 61.2$ м/хв.

Таблиця 2.16 - Розрахунок режимів різання

Операції	№ пере- ходу	Подача, мм/об	Швидкість Різання, м/хв	Частота обертання
1	2	3	4	5
005	2	0,6	41,5	400
	3	0,08	24,4	137
010	2	0,7	81,76	766
	3	0,7	81,76	744
	4	0,2	75	1194
	5	0,2	120	1091
	6	0,2	60	955
	7	0,2	112	1019
	8	0,1	52	828
	9	0,1	94	855
015	2	1,5	76,3	675
020	2	1,4	25	
025	2	0,1	22	157
030	2	0,1	22	157

Уточнюємо швидкість різання за допомогою коефіцієнтів, що враховують геометрію інструмента, вид оброблюваного матеріалу та інші параметри:

$$V_{\text{різ}} = 61.2 \cdot 1.25 \cdot 0.95 \cdot 1.2 = 87 (\text{м/хв})$$

б) розраховуємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = 1000V / \Pi d, [\text{об/хв}] \quad (2.17)$$

$$n = 87 \cdot 1000 / 3.14 \cdot 34 = 815 (\text{об/хв});$$

Оскільки даний верстат має безступінчасту коробку, то непотрібно приймати стандартне значення, верстата забезпечить розраховану величину. Аналогічно розраховуємо режими різання для всіх інших операцій, дані отримані в результаті розрахунків заносимо в таблицю.

Отже за допомогою довідників визначено режими різання для всіх операцій. Для їх точного розрахунку необхідно користуватися формулами і вести довгі і трудомісткі розрахунки, для того щоб уникнути цього режими вибрано за довідником, а щоб вони були оптимальні проведемо оптимізацію режимів різання, результати якої наведено в додаткові.

2.9 Визначення технічних норм часу

Нормування у машинобудуванні полягає у встановленні обґрунтованих з технічної точки зору норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюється для кожної окремої операції. Технічно обґрунтована норма часу — це час, який потрібен для виконання певної технологічної операції за конкретних організаційно-технічних умов виробництва.

Існує три основних методи нормування:

- метод технічного розрахунку за нормативами;

- метод порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами;
- метод вивчення витрат робочого часу.

Під час застосування першого методу тривалість операції визначають шляхом розрахунку мікроелементів, аналізуючи послідовність дій оператора та роботи верстата. Другий метод передбачає орієнтовне визначення часу за укрупненими типовими нормативами. Третій метод ґрунтується на хронометражних спостереженнях, що особливо важливо для вивчення та узагальнення ефективних трудових прийомів, а також для розробки нормативів, потрібних для технічно обґрунтованих розрахунків.

У цьому випадку ми скористаємося першим методом розрахунку. Варто зазначити, що розрахунок норм часу для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) має певні особливості порівняно із загальноприйнятими підходами для універсальних та спеціалізованих верстатів. Розглянемо приклад розрахунку для операції 010.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) [хв] \quad (3.28)$$

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

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{ввим} [хв] \quad (2.18)$$

$T_{вуст}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 в центрах хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв;

- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

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

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

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

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.19)$$

$T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень інструменту, в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилинні подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

Відповідно час на автоматичний цикл складає:

$$T_{\text{ца}}=0,51+0,2=0,71 \text{ (хв)}$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{ш}}=(0,71+0,2) \cdot (1+9/100)=0,965 \text{ (хв)}$$

Таблиця 2.17 – Штучно-калькуляційний час

№ опера- цій	Основний час, хв	Штучно-калькуляційний час Т _{шт-к} , хв	
005	0,37	0,5217	
010	1,61	2,2	5,63
015	1,885	2,43	
020	1,71	2,3177	
025	0,036	0,056	0,526
030	0,3	0,47	

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

При серійному виробництві доцільно застосовувати узагальнену програму для групи схожих виробів. Це дає змогу створювати технологічну документацію одночасно для декількох виробів. Тобто розробляється технологічний процес для однієї типової деталі-представника, а інші вироби узгоджуються з нею шляхом застосування коефіцієнта приведення, який розраховується за наступною формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (3.2)$$

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

Для деталі Вал отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{1.8}{2.5}} = 0.8$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (3.3)$$

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

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{4500}{4000}\right)^{0.15} = 1.017$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.pr.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.pr.}}\right)^{\alpha_2} \quad (3.4)$$

$\bar{K}_{Ti}$, $\bar{K}_{T.pr.}$ - середнє значення точності деталі і представника;

$\bar{R}_{ai}$, $\bar{R}_{a.pr.}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{14.2}{13.34}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{11}{9.87}\right)^{\alpha_2} = \frac{0.74}{0.79} \cdot \frac{0.95}{0.95} = 0.94$$

Коефіцієнт приведення для валу 154 складає:

$$K_1 = 0.8 \cdot 1.017 \cdot 0.94 = 0.7686$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 3.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приве- дення по			Коефіцієнт приве- дення	K·N
			масі	точності	серійності		
Вал	2,5	4500	1	1	1	1	4500
Вал 154	1,8	4000	0,8	0,94	1,017	0,768	3074
Вал 48-А	2,2	3500	0,918	0,891	1,038	0,849	2974
Вал 78БЖ-01	2,3	4100	0,945	0,98	1,014	0,94	3854
Вал Н12-45Ж	2,4	4250	0,97	0,975	1,008	0,957	4067
Всього						18469	

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

Відповідно для кожної операції отримаємо:

$$C_p = 0,5217 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,078$$

$$C_p = 5,63 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,849$$

$$C_p = 2,3177 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,349$$

$$C_p = 0,526 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,079$$

Коефіцієнт завантаження для верстатів 16K20Ф3 складатиме:

$$\eta_3 = 0,349 / 1 = 0,349$$

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

Таблиця 3.2 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{\text{пр.шт.}}$	$\eta_{z.i}$	$\eta_{z.cер.}$	$\eta_{o.i}$	$\eta_{o.cер.}$
005	Фрезерно-центрувальна	0,0787	1	0,0787	0,339	0,709	0,698
010-015	Токарна з ЧПК	0,8495	1	0,8495		0,709	
020	Фрезерна з ЧПК	0,3497	1	0,3497		0,738	
025-030	Токарна з ЧПК	0,0794	1	0,0794		0,639	

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом для верстатів 16K20Ф3 складатиме:

$$\eta_z = 1,71 / 2,3177 = 0,7378$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів.

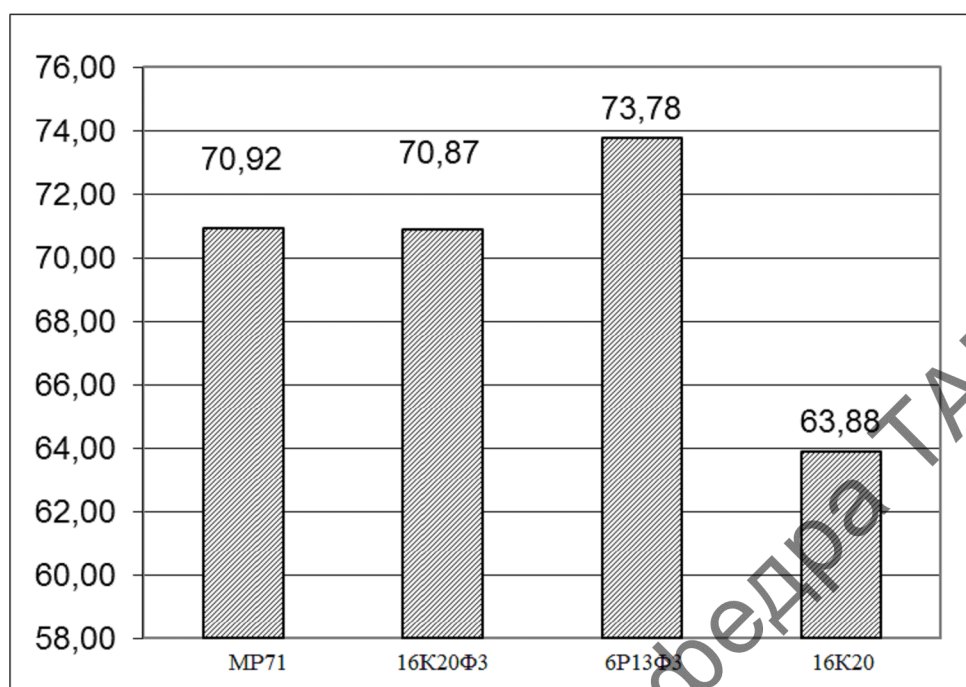


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

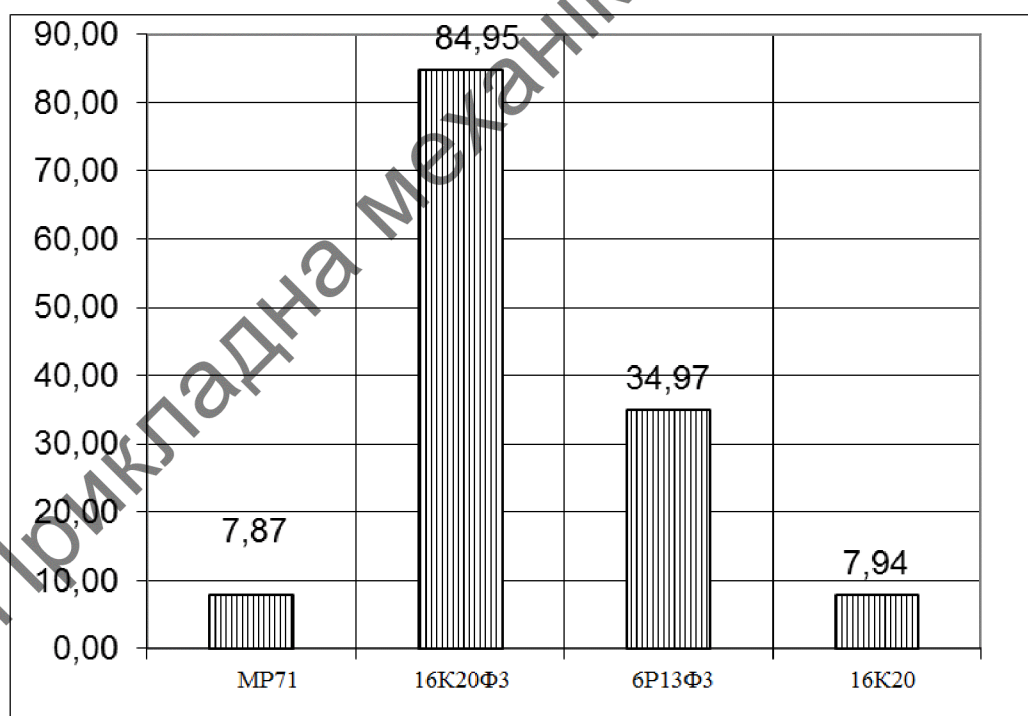


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Наприклад для роботи на токарно-револьверному з ЧПК необхідно:

$$P=1\cdot 2040\cdot 0,349/1\cdot 1840=0,387$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

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

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну операцію.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -7 чол.

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

$$P_{др}=(0,2...0,25) \cdot 4=0,8...1,0$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

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

$$P_{ІТР}=(0,18...0,24) \cdot 4=0,72...0,96$$

Приймаємо 1 чол ІТР

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

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 4=0,088$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 3.3 – Кількість робітників –верстатників

Назва операції	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д,}$ год	K_z	K_m	$P,$ чол	$P_{пр,}$ чол
Фрезерно-центрувальна	1	1840	0,078	1	0,087	1
Токарна з ЧПК	1		0,349	1	0,387	1
Шліцефрезерна	1		0,849	1	0,941	1
Токарна з ЧПК	1		0,079	1	0,087	1

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

$$P_{моп}=0,02 \cdot (4+1+1+1)=0,14$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітни- ки-верстатники			4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	15...21%	0,72...0,96	1
СКП	2,2%	0,088	1
МОП	2%	0,14	1

Із складу заготовок надходить вантажопотік масою:

$$4,7 \cdot 12234 = 57499 \text{ (кг)}$$

Весь вантажопотік почергово партіями обробляється на всіх верстатах.

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

$$K_{\text{тр}} = Q \cdot (l_{\text{ср}} / v_{\text{ср}} + t_3 + t_p) / (q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t_{\text{зм}}); \quad (3.7)$$

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

q -номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т ;

F - річний фонд часу роботи електровізка;

m - кількість змін;

$l_{\text{ср}}$ - сумарна відстань переміщення в прямому і зворотньому напрямках, м;

$v_{\text{ср}}$ - середня швидкість електровізка;

t_3 - час на завантаження для однієї операції;

t_p – час на розвантаження для однієї операції;

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

K_2 – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу;

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

$$K_{\text{тр}} = 57,499 \cdot (84/80 + 5 + 5) / (60 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,002) = 2,85$$

Приймаємо 3 електровізка.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовують ручні візки, кількість візків дорівнює кількості верстатів –3.

При дрібносерійному типі виробництва найдоцільніше розташовувати обладнання в порядку технологічного процесу. Оскільки габарити верстатів дозволяють то вони будуть розташовані фронтальною стороною до проїзду, це оптимальний варіант, який забезпечує досить легкий доступ до верстата робітників, відносно легко організувати подачу заготовок та вивіз оброблених деталей.

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

$$S_{сз} = Q_{чорн} \cdot t / 260 \cdot q \cdot K_v$$

де $Q_{чорн}$ – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, тобто сума маси деталей та маси стружки

t – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступання їх на обробку, згідно рекомендацій [1] складає 8 днів;

q – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, при способі збереження матеріалів і заготовок в штабелях складає 1.2 т/м^2 ;

K_v – коефіцієнт використання площ складування, 0,3.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{сз} = 57,49 \cdot 8 / 260 \cdot 1,2 \cdot 0,3 = 78,257 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 80 м^2 .

Оскільки ми суміщуємо склад матеріалів із заготівельним відділенням. То площа зросте і складатиме 100 м^2 .

Таблиця 3.5 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкти зберігання	Норми площі на металорізальний верстат, м ²	Кількість верстатів	Площа складу, м ²	
				розрахункова	прийнята
1	2	3	4	5	6
Інструментально-роздавальний	Ріжучий і допоміжний інструмент	0,4-0,9	7	2,8-6,3	5
	Вимірювальний інструмент	0,3-0,5	7	2,1-3,5	3
Допоміжний	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,6-1,2	7	4,2-8,4	8
Інструментального оснащення	Пристосування і всі види інструмента	1,3-2,6	9	9,1-18,2	15

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є проміжний склад. Необхідну площу для проміжного складу розраховують за формулою:

$$S_{\text{прс}} = Q \cdot t / 260 \cdot q_{\text{пр}} \cdot K_v \quad (3.9)$$

де Q – маса деталей та вузлів річної програми випуску, які підлягають зберігання;

t – середня кількість робочих днів запасу, згідно рекомендацій [1] складає 10 днів;

$q_{\text{пр}}$ – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, складає $1,25 \text{ т/м}^2$;

K_v – коефіцієнт використання площ складування, 0,4.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{\text{прз}} = 45,7304 \cdot 10 / 260 \cdot 1,25 \cdot 0,4 = 58,29 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 60 м^2 .

Площа інструментально – роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва за рекомендаціями [14].

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

Нормативами передбачено для кожного робітника мінімальну виробничу площу 45 м^2 та мінімальний об'єм 15 м^3 . Розташування обладнання на робочому місці, інвентарю, виробничих меблів, тари, стелажів для заготовок, та готової продукції планується з таким розрахунком, щоб не утворювались незручні умови праці, зайві витрати часу на переміщення по цеху та пошуки необхідних пристосувань.

Освітлення робочого місця повинно бути вірним та достатнім для нормальної праці робітників. Необхідна освітленість визначається в залежності від характеру та точності роботи, розмірів об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта, що розглядається з фоном та діючими санітарними нормами. При освітленні рекомендується, щоб світло падало на об'єкт зліва або спереду. При наявності місцевого освітлення світло не повинно сліпити очі, тінь не повинна падати на де-

таль, що оброблюється. Зовнішнє оформлення робочих місць та виробничих приміщень повинно відповідати вимогам технічної естетики.

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

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

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

Приміщення в якому виконується технологічний процес механічної обробки заготовок деталей типу "Вал Ц 32.8" може мати шкідливі фізичні небезпечні виробничі чинники, а саме:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена швидкість руху повітря;
- понижена вологість повітря,
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти крізь тіло людини;
- підвищений рівень вібрації;
- нестача природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони.

До небезпечних виробничих факторів відносяться: небезпека ураження людини електричним струмом напругою 220/380 В; використання несправного інструменту; опіки від розігрітих частин обладнання.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Приміщення є вогнестійкими і оснащенні приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Пости оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі має бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні. Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

Робочі місця не слід розмішувати поблизу силових кабелів і вводів, високовольтних трансформаторів, технологічного обладнання, що створює перешкоди у роботі.

Оскільки повинно подаватися стабілізоване електроживлення (з відхиленням від 220 В не більше -10 % +15 %), подачу електроенергії в комп'ютерні приміщення слід здійснювати від окремого незалежного джерела живлення.

Згідно з вимогами ПУЕ корпуси розподільчих (вступних) щитів в будівлях, спорудах, квартирах повинні бути занулені і заземлені; на вводі в будинок повинна виконуватися система зрівнювання потенціалів.

Правила поведінки на робочому місці:

Робітник повинен знати:

- особливо пожежонебезпечні ділянки, а також спеціальні місця для паління.

Курити на території строго ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ;

- місця розташування пожежної сигналізації та правила користування нею (телефон, ел. оповіщувачі, сигналізація тощо);

- місце, де знаходяться первинні засоби пожежегасіння (внутрішні крани, шухляди з піском і лопатами, вогнегасники, азбестова полотнона тощо);

- правила користування засобами пожежегасіння й інвентарем у кожному конкретному випадку (загоряння олії, гасу, дерева, папера, електропроводки тощо).

Особи, які відповідають за пожежну безпеку, повинні:

- здійснювати постійне спостереження за виконанням протипожежного режиму в цеху чи на території об'єкту;
- знати властивості матеріалів і сировини, що застосовується, ступінь небезпеки і вибухонебезпечності ділянок виробництва;
- знати засоби пожежогасіння та місцезнаходження вогнегасних засобів.

При прийманні чи здаванні зміни перевіряти наявність і справність первинних засобів пожежогасіння, а у випадку виявлення несправності чи їх відсутності, сповіщати про це відповідальній особі за пожежну безпеку.

Забезпечувати виконання попереджувальних протипожежних заходів, вчасно повідомляти про пожежу й організовувати до прибуття пожежної команди гасіння пожежі силами особового складу добровільних пожежних дружин і інших робітників.

4.1.2 Електробезпека

Дільниця відноситься до особливо небезпечної дільниці, оскільки підлога струмопровідна і в повітрі є струмопровідний пил. Захист проводимо такими методами: електроізоляція струмонесучих частин, системи автоматичного відключення - це такі пристрої, спроможні автоматично відключати установку від мережі у випадку виникнення аварійної ситуації.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Показниками, що характеризують мікроклімат є: температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання. Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано, у нашому випадку для постійного робочого місця.

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт ІІа – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів, процесами механічної обробки деталей. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року визначає [4.21]. Допустимі параметри мікроклімату приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт по важкості	Температура °С	Відносна вологість %	Швидкість повітря м/с
		Допустима	Допустима	Допустима
Холодний	Середня ІІ а	17-23	75	<0,3
Теплий	Середня ІІ а	18-27	65 при 26°	0,2-0,4

Інтенсивність теплового випромінювання на працюючих визначається нагрітими поверхнями технологічного обладнання, освітлювальними пристроями. Інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинні перевищувати 36 Вт/м² при опроміненні більше 25% поверхні тіла.

Забезпечення метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції та регулярного провітрювання [2].

Шкідливі речовини, які виділяються на дільниці показані в табл. 4.2. Це в основному речовини, які містяться в відпрацьованих газах.

Для захисту від шкідливих речовин, які знаходяться в повітрі робочої зони діагностування застосовують такі заходи:

- 1) обладнання приміщення дільниці загально-обмінною припливно-витяжною механічною вентиляцією;
- 2) обладнання постів діагностування автомобілів місцевими відсмоктувачами відпрацьованих газів;

- 3) спеціальна підготовка та інструктаж обслуговуючого персоналу;
- 4) своєчасний якісний ремонт вентиляційного обладнання;

Таблиця 4.2 - Шкідливі речовини та їх ГДК

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливість дії на організм
Акролеїн	0.2	П	II	
Азоту окис (NO ₂)	5	П	III	0
Бенз(а)пирен	0.0001	П	I	K
Окис вуглецю (CO)	20	П	IV	0
Свинець та його сполуки	0.01/0.005	A	I	
Тетраетилсвинець	0.005	П	I	0

- 5) регулярне прибирання приміщення;
- 6) застосування засобів індивідуального захисту працюючих (спецодяг, захисні окуляри, тощо);
- 7) попереджувальні та періодичні медичні огляди, профілактичне харчування і дотримання правил особистої гігієни.

Система опалення забезпечує рівномірне нагрівання повітря в зоні, можливість місцевого регулювання і вимикання, зручність в експлуатації, а також доступ при ремонті.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції розташовані на відстані від приймальних пристроїв для зовнішнього повітря більше 10 м. по горизонталі, викиди із системи місцевого відсмоктувача розташоване на висоті більше 2 м. над найвищою точкою покрівлі.

4.2.2 Освітлення

Приміщення повинні мати природне і штучне освітлення.

Природне освітлення має здійснюватись через світлопройми, орієнтовані переважно на північ і північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленос-

ті не нижче 1,2% у зонах зі стійким сніжним покривом і не нижче 1,5% на іншій території.

Згідно з [4.3] розряд зорової роботи IV а. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На дільниці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фону	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	а	малий	300	1,5

Нормоване значення КПО для суміщеного освітлення даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m_N,$$

де m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$ при орієнтації вікон на північ.

Природне освітлення $e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4\%$.

У виробничих приміщеннях, особливо в зимовий період, коли світловий день досить короткий, природнього освітлення недостатньо, тому використовуємо штучне освітлення (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 - Вибір освітлювального пристрою

Тип світильника	Кососвітло емальоване
Світло розподілення	Несиметричне
Потужність лампи, Вт	До 200
ККД	0,6
Найменша висота підвіски	Будь-яка
Рекомендації по використанню світильників	Для освітлення вертикальних поверхонь пультів управління та інших приладів

4.2.3 Шум

Дія шуму на людину може викликати зміни, функціональні розлади і механічні пошкодження. На ділянці роботи шум по характеру спектра - широкосмуговий, з безперервним спектром шириною більше октави. За часовою характеристикою шум відноситься до категорії постійного.

Основним джерелом шуму у приміщеннях є верстати, вентиляційна система, трансформатори, випрямлячі та інше обладнання.

Характеристикою такого шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньо-геометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 та 8000 Гц. Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами [24] і наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Робоче місце	Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами								
	31,5	63	125	250	500	1000;	2000	4000	8000
Виробниче приміщен-	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Рівень звукового тиску на робочих місцях постійний, але при необхідності виконання деяких непостійних робіт (вибухові та ремонтні), рівень звуку може змінюватись.

Для зменшення рівня шуму до допустимого застосовують малошумні установки, оснащення машин і установок засобами дистанційного керування і тиску в даному виробничому приміщенні при постійному шумі (дБА).

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерела шуму проводять акустичну обробку

4.2.4 Вібрації

Вібрацією називають будь-які механічні коливання пружних тіл, які проявляються в їх переміщенні в просторі. Коливання частотою нижче 16 (Гц) сприймаються органами як вібрації.

Джерелами вібрацій є інструмент, що працює, електродвигуни, вентилятори. Джерелом збудження вібрацій є зворотньо-поступальний рух системи, невірноваженої маси.

Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [5]. Основними гігієнічними характеристиками вібрації, які визначають вплив на людину, є середньоквадратичні значення віброшвидкості чи її логарифми. Систематична дія вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини, стає причиною вібраційної хвороби. Загальна вібрація діє на нервову, серцево-судинну систему, порушується обмін речовин; виникає головний біль, порушується сон, знижується продуктивність праці.

З метою виключення можливості виникнення віброхвороби обмежують параметри вібрації робочих місць і поверхні контакту працюючих

Допустимі значення нормованих вібрацій на постійних робочих місцях в даному виробничому приміщенні приведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Допустимі рівні вібрації на робочих місцях.

Види вібрацій	Октавні смуга з середньо-геометричними частотами, Гц				
	2	4	8	16	31,5
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	1,3/108	0,45/99	0,22/93	0,2/92	0,2/92

Заходи боротьби: динамічне гасіння коливань і зміна конструктивних елементів установки.

Боротьба з вібрацією досягається вибором таких кінематичних і технологічних схем, при яких динамічні процеси, які викликані поштовхами, різкими прискореннями, будуть виключені чи гранично знижені. Динамічне гасіння вібрації відбувається частіше всього шляхом розміщення установок на фундаменті, масу яких визначають з розрахунку, щоб амплітуда коливань не перевищувала 0,1-0,2 (мм).

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Приміщення механічної ділянки відносять до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані. Будівля характеризується III ступенем вогнестійкості згідно [26-29]. До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. При цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці. Межі вогнестійкості занесені у таблицю 8. У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Біля входу на станцію необхідно встановити 1 порошковий вогнегасник ВП-5. На території підприємства розташовано 3 пожежних щита, до комплексу засобів пожежегасіння, які розміщені на ньому, включені: вогнегасники ВП-5 – 3 шт., ящик

з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м х 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт. Ящик для піску має місткість 1,0 м³ та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Таблиця 4.8 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них згідно [28].

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
III	1/0	0,5/0	0,2/40	0,2/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної бакалаврської кваліфікаційної роботи, яка присвячена проектуванню технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал Ц32.8» визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде дрібносерійним;

Відповідно до матеріалу, маси та типу виробництва обрано два способи отримання заготовки – прокат і штамповка на КГШП, за техніко-економічним порівнянням обрано кращим способом отримання заготовки штампування на КГШП.;

Враховуючи форму заготовки, попередньо обрані технологічні бази та кількість ступенів механічної обробки побудовано маршрут механічної обробки.

Для визначення технологічних розмірів, припусків і уточнення розмірів заготовки виконано розмірний аналіз.

Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно.

Крім того виконано попереднє проектування ділянки механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 4. На ділянці має працювати 8 робітників. Верстати здебільшого завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 34 %, При цьому фрезерно-центрувальний. Фрезерний з ЧПУ та токарний підвищеної точності можуть використовуватися для виготовлення інших деталей.

Розроблено заходи з охорони праці на ділянці механічної обробки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дусанюк Ж.П.. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механо-складальні дільниці та цехи в машинобудуванні" / Дусанюк Ж.П., Савуляк В.В., Репінський С.В., Сердюк О.В - Вінниця: ВНТУ, 2016. — 148 с
2. Комп'ютерна графіка: навч. посіб. / А. С. Василюк, Н. І. Мельникова; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2016. - 306 с.
3. Комп'ютерна графіка Solidworks : навч. посіб. / М. М. Козяр, Ю. В. Фе-щук, О. В. Парфенюк. - Херсон : Олді-Плюс, 2018. - 251 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні./ Руденко П. О. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
5. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Боженко Л. І. — Львів : Світоч, 1996. — 348 с.
6. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
7. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дуса-нюк. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
8. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 106 с.
9. Григурко І. О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. — Львів : «Новий світ 2000», 2007. — 768 с.
10. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчаль-ний посібник / О.В. Дерібо — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 125 с.
11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчаль-ний посібник / О. В. Дерібо Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практи-кум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 106 с.

13. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
14. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, В.П. Пурдик — Вінниця: ВНТУ, 2012. — 122 с.
15. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навч. посіб. / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. - Суми: СумДУ, 2013. - 371 с.
16. Інструменти з надтвердих матеріалів / Під ред. М.В. Новікова — Київ: ІНМ НАНУ, 2001. -528 с.
17. Теорія різання. Розрахунок режимів різання: практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. — Вінниця : ВНТУ, 2019. — 67 с
18. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія.— К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. — 280с.
19. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник [Текст] / М. С. Когут — Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. — 352 с.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>
21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumuultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4>
25. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та ло-

кальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ

Додатки

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал Ц.32.8».

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 31,96 %

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

Експертна комісія:

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

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

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

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник (підпис) Юрій БУРЄННІКОВ
(ім'я, прізвище, посада)

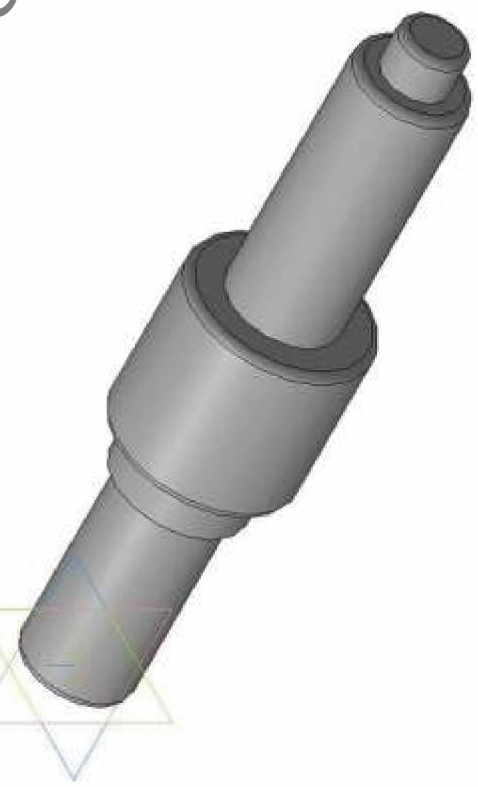
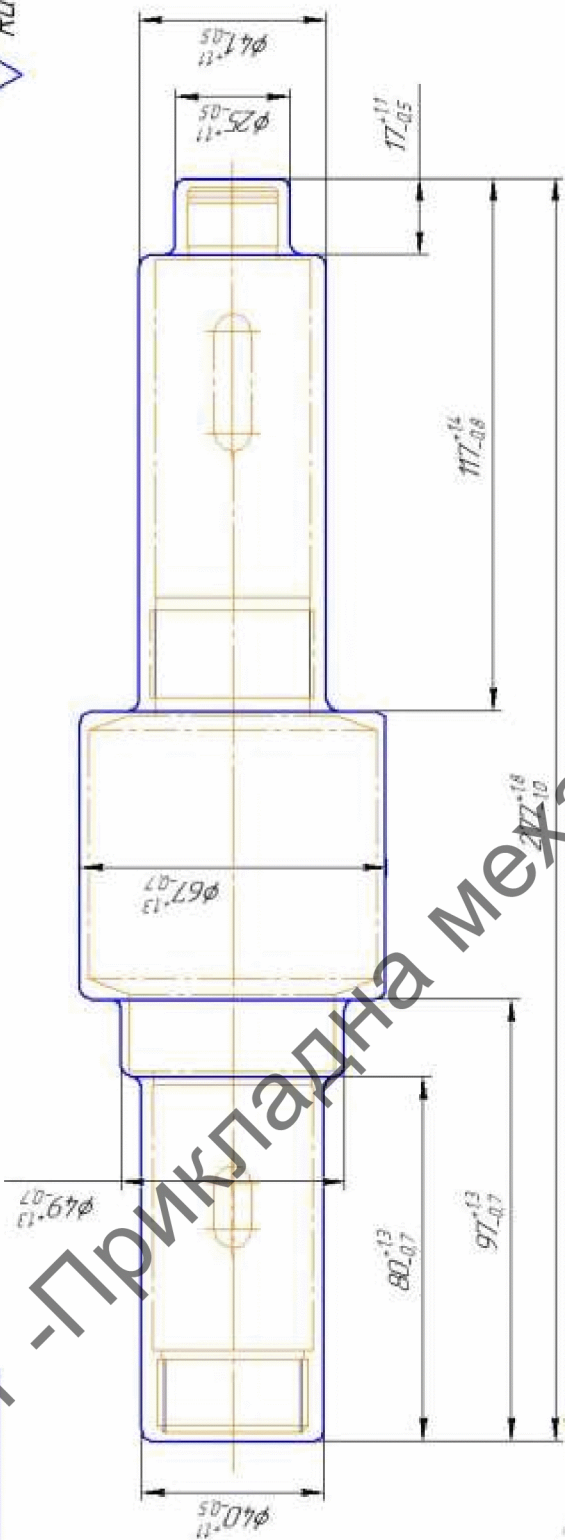
Здобувач (підпис) Максим СИЧ
(ім'я, прізвище)

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ

Додаток Б

Графічна частина

Ra 25

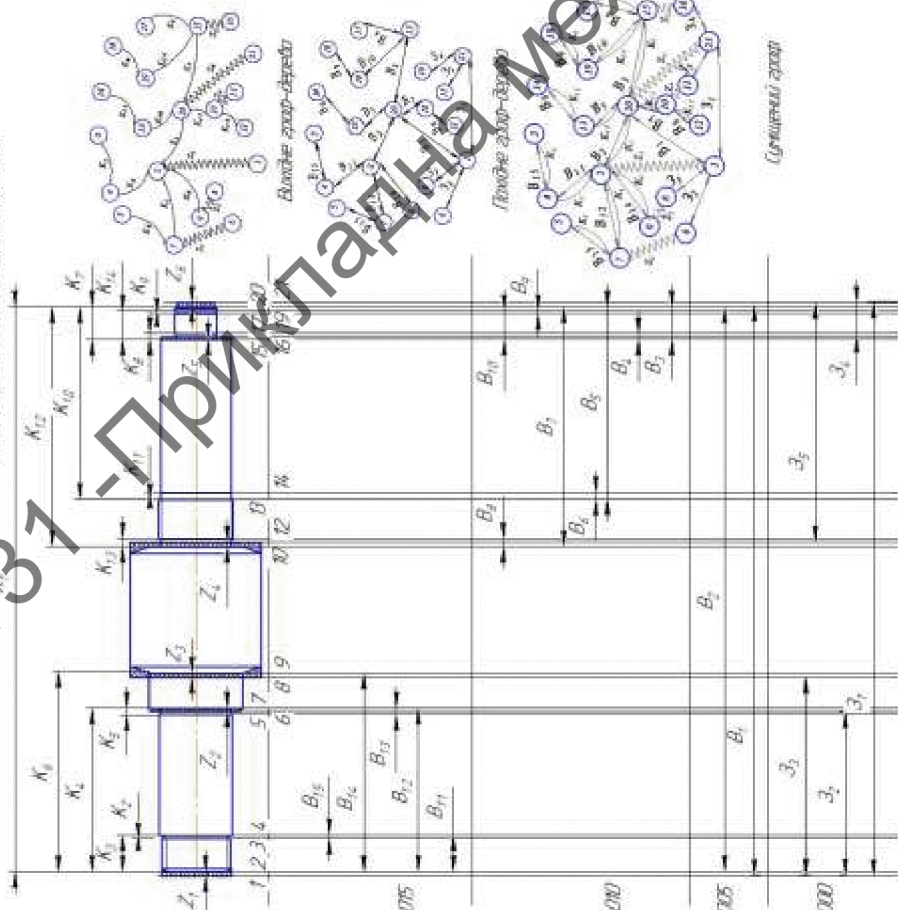


1. Високістю шпательки - 13, група сталі - М2, ступінь складності - 12
2. Невказані шпателькові нахили 7°, радіуси 25 мм
3. Допускається зменшення 5 мм
4. Допустиме відхилення по площині розсію шпатель 0,5 мм
5. Невказані діаметри радіусів зокруження 0,5 мм
6. Допускається відхилення від площинності 1 мм

08-64.BKP.027.00.002									
Вал Ц328		Маса		Масштаб					
(проект)		3.86		1:1					
Сталь 08Х1Н18М2 ГОСТ 1594-81		ВНТУ, зр. 17М-2МС		Архив		1			
Начерт.		Листовий 0.0		08.05					
Затверд.		Казаров А.Г.		08.05					
Зм. Акт.		№ Доповнен.		Дата					
Розроб.		Син М.О.		08.05					
Перевір.		Борисенко В.А.		08.05					
Голов.									
Інв. № докум.		Інв. № дубл.		Інв. № дубл.					
Лист 1 з 1		Лист 1 з 1		Лист 1 з 1					

№ операції	Описати і зобразити	Ескиз по даному уривку	Тип оброблення
005	фрезерно-центріально - Встановити деталь - проконтролювати поверхню 1 по 3 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 2 по 4 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 3 по 5 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 4 по 6 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 5 по 7 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 6 по 8 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 7 по 9 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 8 по 10 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 9 по 11 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 10 по 12 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 11 по 13 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 12 по 14 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 13 по 15 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 14 по 16 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 15 по 17 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 16 по 18 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 17 по 19 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 18 по 20 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 19 по 21 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 20 по 22 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 21 по 23 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 22 по 24 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 23 по 25 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 24 по 26 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 25 по 27 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 26 по 28 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 27 по 29 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 28 по 30 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 29 по 31 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 30 по 32 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 31 по 33 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 32 по 34 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 33 по 35 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 34 по 36 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 35 по 37 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 36 по 38 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 37 по 39 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 38 по 40 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 39 по 41 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 40 по 42 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 41 по 43 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 42 по 44 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 43 по 45 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 44 по 46 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 45 по 47 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 46 по 48 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 47 по 49 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 48 по 50 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 49 по 51 - встановити деталь - проконтролювати поверхню 50 по 52		

Розміри основних технологічних процесів



Таблиця 2 – Основні технологічні розміри, розміри виготовлення та їх

Позначення	Технологічний розмір	Величина	Величина	Величина	Величина
розмір	розмір	розмір	розмір	розмір	розмір
B1	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B2	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B3	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B4	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B5	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B6	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B7	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B8	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B9	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B10	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B11	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B12	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B13	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B14	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B15	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

Таблиця 3 – Параметри виготовлення

Позначення	Параметр	Величина	Величина	Величина	Величина
розмір	розмір	розмір	розмір	розмір	розмір
B1	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B2	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B3	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B4	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B5	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B6	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B7	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B8	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B9	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B10	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B11	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B12	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B13	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B14	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
B15	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

№ операції	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Припущена кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження верстатів	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт використання за основним часом	Середній коефіцієнт використання за основним часом
005	Фрезерно-центрувальна	0,0787	1	1	0,0787	0,709	0,698
010-015	Токарна з ЧПК	0,8495	1	1	0,8495	0,709	0,698
020	Фрезерна з ЧПК	0,3497	1	1	0,3497	0,738	0,698
025-030	Токарна з ЧПК	0,0794	1	1	0,0794	0,639	0,698

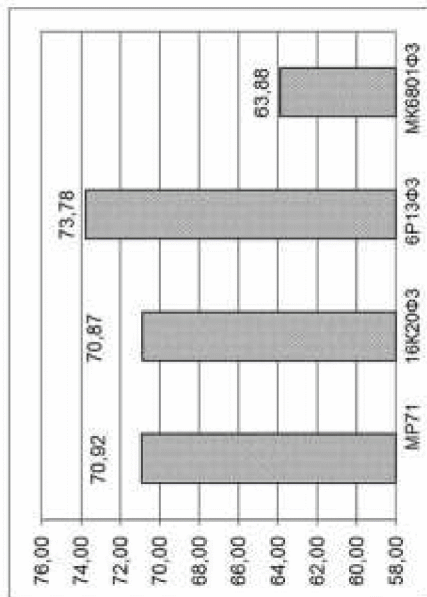


Рисунок 1 – Графік завантаження обладнання

Таблиця 2 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Припущена кількість
Основні робітники-кп-верстатники			4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	15...21%	0,72...0,96	1
СКП	2,2%	0,088	1
МОП	2%	0,14	1

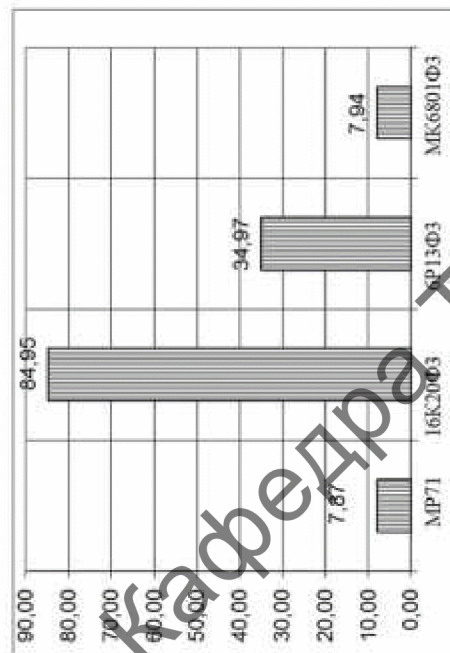


Рисунок 2 – Графік використання обладнання за основним часом