

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

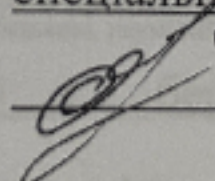
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

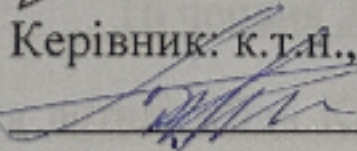
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

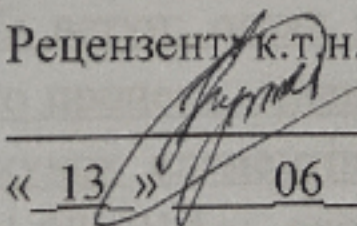
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КЕС01.08.601А»»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-216
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Станіслав ПЕРЕВЕРТАНИЙ

Керівник: к.т.н., проф., професор каф. ТАМ
 Юрій БУРЕННІКОВ

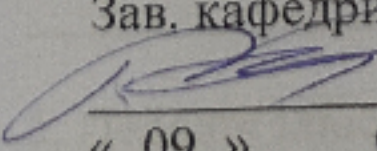
« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ
 Володимир КУЖЕЛЬ

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 09 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повне найменування інституту, факультету)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(повна назва кафедри)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

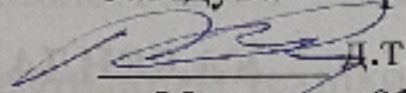
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма –

Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(шифр і назва спеціальності)
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Перевертаному Станіславу Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А»

Керівник роботи Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97.

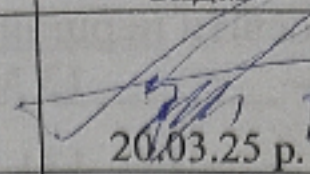
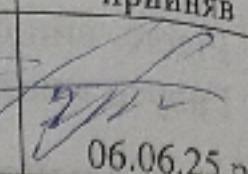
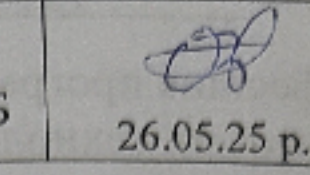
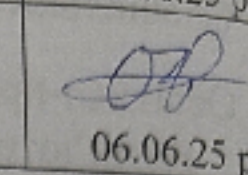
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Вал КЕС01.08.601А»; річна програма випуску 3 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Вал»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А»; розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Вал КЕС01.08.601А» (А2); вал (заготовка) (А3); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 015) (А1); графіки завантаження обладнання (А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Юрій БУРЄННІКОВ, 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.

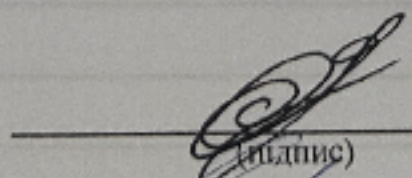
7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

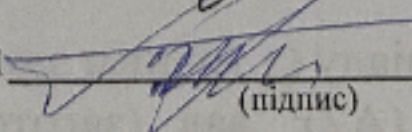
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Приміт
		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

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Станіслав ПЕРЕВЕРТАН

Юрій БУРЄННІКОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 80 сторінок формату А4, на яких є 14 рисунків, 28 таблиць, список використаних джерел містить 31 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Вал», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу, проведені розрахунки припусків на обробку, режимів різання та технічних норм часу.

В розділі розрахунку елементів ділянки механічної обробки визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів, коефіцієнти завантаження та кількість працюючих на ділянці.

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: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, режими різання, норми часу, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 80 A4 pages, which have 14 figures, 28 tables, the list of sources used contains 31 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Shaft KES01.08.601A».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Shaft» type was carried out, an analysis of the manufacturability of the design of the part was carried out, a method for manufacturing a workpiece was selected taking into account the technical and economic comparison of options, a technological process was designed, a dimensional analysis of the technological process was performed, calculations of processing tolerances, cutting modes were carried out and technical standards.

In the section for calculating the elements of the machining section, the given program is defined, the number of machines, load factors and the number of workers on the site are calculated.

In the labor protection section, such issues as the causes of occurrence, the effect on the human body and the regulation of harmful and dangerous production factors in the production room are worked out, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are considered.

Keywords: technological process, machining, workpiece, part, cutting conditions, time standards, machining section.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ»	8
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	8
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Вал»	12
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ КЕС01.08.601А»	14
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	14
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	18
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	18
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	18
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	21
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	21
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	23
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	26
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 25k6^{+0,015}_{+0,002}$	26
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	28
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	29
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	30
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	38
2.3.6 Визначення режимів різання	42
2.3.7 Визначення технічних норм часу	46

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КЕС01.08.601А»	52
3.1 Розрахунок приведеної програми	52
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	55
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	57
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні	61
4.2 Карта умов праці	65
4.3 Пожежна безпека	67
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ	73
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	73
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	74

ВСТУП

Актуальність. Машинобудування є основною галуззю промисловості країни і визначає подальший розвиток та прискорення науково-технічного прогресу в інших галузях. Машинобудування забезпечує промисловість високоефективними, верстатами, машинами тощо.

Якість і собівартість продукції відіграє важливу роль в умовах ринкової економіки при конкуренції та боротьбі за ринки збуту. Вироби мають бути конкурентоспроможними. Для цього необхідно домагатися прискорення темпів росту продуктивності праці, впроваджувати комплексну механізацію та автоматизацію виробничих, допоміжних операцій, удосконалювати організацію праці тощо.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Вал»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ»

1.1 Попереднє визначення типу та організаційної форми виробництва

1.1.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва згідно [1, 2] визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{z.o.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

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

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

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується наступним чином:

а) встановлюються вихідні дані:

- річна програма виробів $N = 3000$ шт.;
- режим роботи підприємства – 2 зміни в добу;
- дійсний річний фонд роботи обладнання $F_o = 4060$ год. (для універсальних верстатів); $F_o = 3890$ год. (для верстатів з ЧПК).

- Фрезерувати торці.
- Центрувати отвори в торцях.
- Точити попередньо поверхні.
- Точити остаточно поверхні.
- Точити канавки.
- Фрезерувати паз.
- Фрезерувати паз.
- Шліфувати поверхні.

б) кількість обладнання на кожну операцію

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{\text{шт.}}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{\text{м}}} \quad [\text{шт.}], \quad (1.2)$$

де $T_{\text{шт-кл}}$ – штучно-калькуляційний час на відповідну операцію;

$\eta_{\text{шт}}$ – нормативне значення коефіцієнту завантаження обладнання,
 $\eta_{\text{шт}} = 0,75-0,85$.

Для забезпечення обробки по даних переходах планується використати 4 верстати: фрезерно-центрувальний, токарний, фрезерний, шліфувальний.

Наприклад, для фрезерно-центрувальної операції

$$C_{p1} = 3000 \cdot 1,56 / (60 \cdot 4060 \cdot 0,8) = 0,024.$$

в) отримане значення C_p округлюємо до найближчого цілого числа;

Для фрезерно-центрувальної операції прийнята кількість верстатів $P_1 = 1$.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Найменування операції	$T_o \times 10^{-3}$, хв.	$T_{\text{шт-кл}}$, хв.	C_p	P	$\eta_{\text{зф}}$	O
Фрезерно-центрувальна	6 l 0,52 dl	0,51 1,05	0,024	1	0,024	34
Токарна	0,17 dl 0,18 dl 0,18 dl	26,66 4,16 27,38	0,935	1	0,935	1
Фрезерна	6 l 6 l	1,64 1,05	0,027	1	0,027	30
Шліфувальна	0,15 dl	10,04	0,16	1	0,16	1
Σ				4		66

г) визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження даного верстата

$$\eta_{\text{зф}} = \frac{C_p}{P}, \quad (1.3)$$

де C_p – необхідна кількість верстатів;

P – кількість робочих місць на дану операцію;

$$\eta_{\text{зф}} = \frac{0,024}{1} = 0,024 .$$

д) визначаємо кількість операцій, що можуть бути виконані на даному робочому місці

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.}}}{\eta_{\text{зф}}}, \quad (1.4)$$

де $\eta_{\text{зн}}$ – нормативне значення коефіцієнту завантаження обладнання;

$\eta_{\text{зф}}$ – фактичне значення коефіцієнту завантаження обладнання.

$$O_1 = \frac{0,8}{0,024} = 33,3. \text{ Приймаємо } 34.$$

е) коефіцієнт закріплення

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{34 + 1 + 30 + 1}{4} = 16,5 .$$

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійний.

Після розробки маршруту і нормування технологічного процесу розрахунки типу виробництва можуть корегуватися.

1.1.2 Визначення організаційної форми виробництва

Потрібний добовий випуск виробів [1, 2]:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.5)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_3} \text{ [шт.]}, \quad (1.6)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;

η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_3 = 0,8$).

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.;

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,51 + 1,05 + 26,66 + 4,16 + 27,38 + 1,64 + 1,05 + 10,04) / 8 = 9,06 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{1945}{9,06 \cdot 0,8} = 268,35 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{3000}{254} = 12 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової

продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.8)$$

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

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71 \text{ (шт.)}$$

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

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

Задана деталь «Вал КЕС01.08.601А» відноситься до класу деталей типу «Вал ступінчастий».

Існуючі технологічні процеси обробки деталей типу «Вал» можна розділити на такі операції [1-10].

- Заготівельна операція – передбачає отримання початкової форми вала: прокат (круглий прокат, калібровані прутки), кування (вільне або штампове), лиття (рідше для валів високої точності).

- Чорнова механічна обробка – для видалення надлишку матеріалу та формування базових поверхонь: токарна обробка (зовнішні поверхні, центрування), фрезерування (площини, шпонкові канавки), свердління (отвори, центрувальні отвори).

- Напівчиста та чистова обробка – для досягнення заданої точності та шорсткості: точіння (зовнішні поверхні з точною геометрією), шліфування

(високоточні поверхні, шийки під підшипники), хонінгування (для деталей із дуже високими вимогами до якості поверхонь).

- Нарізання різьби (зовнішньої та внутрішньої).

- Теплова обробка (за потреби) – для підвищення міцності або зносостійкості: гартування, відпуск, цементація, азотування тощо.

- Контроль і доведення – контроль геометрії, шорсткості, твердості.

Цей процес обробки може варіюватися залежно від призначення вала, матеріалу, вимог до точності та серійності виробництва.

Типовий технологічний маршрут обробки шліцевого вала беремо з довідників (табл. 1.2) [1-10].

Таблиця 1.2 – Маршрут обробки шліцевого вала

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання
1	2	3
005	Відрізати заготовку	Фрезерно-відрізний 8А641А
010	Фрезерувати торці в розмір і центрувати з двох сторін одночасно	Фрезерно-центрувальний 2Г942
015	Точити шийки попередньо, точити шийки остаточно, точити фаски	Токарний 16К20Ф3
020	Фрезерувати шпоночний паз	Шпоночно-фрезерний 6930
025	Зачистка задирок	Механізований верстак
030	Термічна обробка	Установка СВЧ
035	Шліфувати шийки попередньо	Круглошліфувальний 3М153ДФ2
040	Шліфувати шийки остаточно	Круглошліфувальний 3М153ДФ2
045	Шліфувати шість шліців в розмір	Шліцешліфувальний напівавтомат 3В451ВФ20
050	Промити деталь	
055	Технічний контроль	
060	Нанесення антикорозійного покриття	

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ КЕС01.08.601А»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Вал КЕС01.08.601А» – типовий представник ступінчастих валів. Задана деталь входить до конструкції силосозбирального комбайна КСС–2.6. Деталь призначена для включення мотовила на силосозбиральному комбайні. Включення мотовила при опусканні жатки в робоче положення та його виключення при підйомі в транспортне положення проводиться автоматично спеціальним механізмом.

Основне службове призначення – передавати крутний момент через зубчасте колесо, забезпечувати необхідну точність розташування приєднувальних деталей як в статиці, так і в процесі роботи.

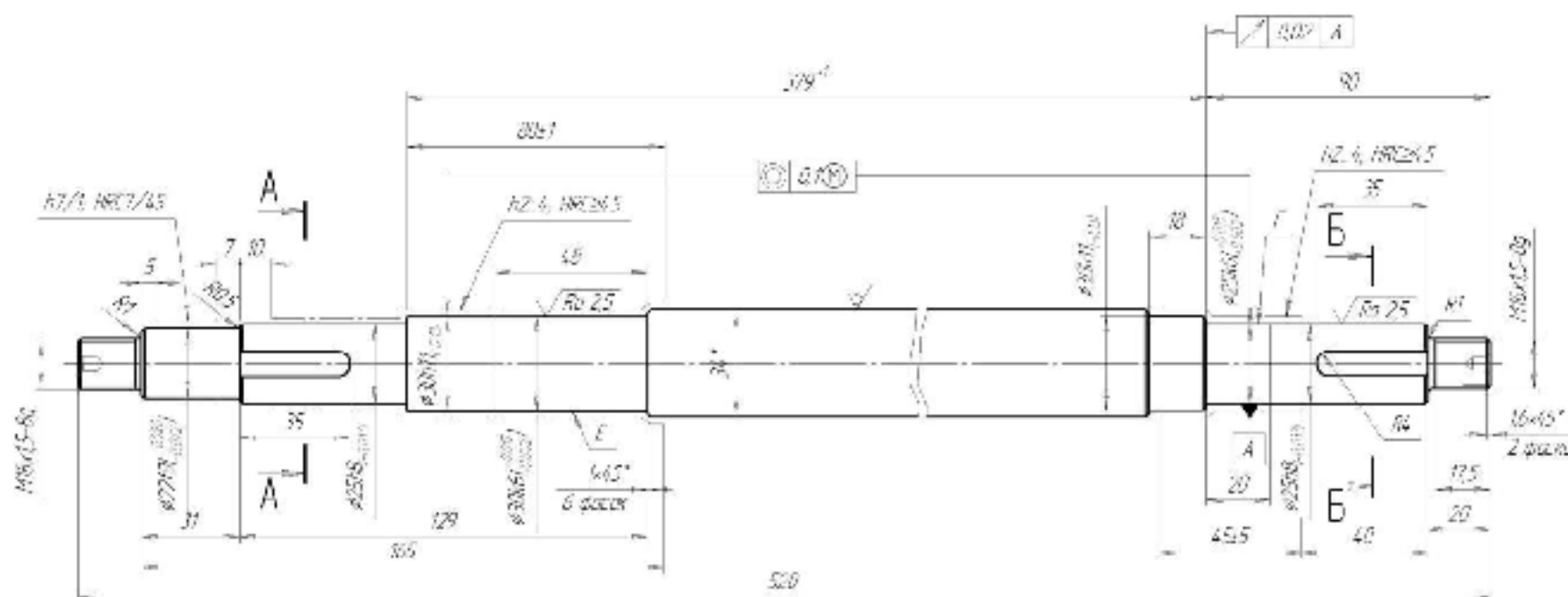


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Вал КЕС01.08.601А»

Основними поверхнями, якими деталь базується у вузлі, є посадочні поверхні $\varnothing 25k6^{(+0,015}_{+0,002)}$, $\varnothing 30k6^{(+0,015}_{+0,002)}$ і торцеві поверхні цих діаметрів.

Допоміжними поверхнями є: Ø25h8, Ø30h11, Ø22f9, різьба M16×1,5, паз 16. Решта поверхонь є вільними.

Жорсткість вала недостатня: $L/\varnothing = 871/34 = 25.62$ (жорсткість вала недостатня, якщо для отримання точності 6...8-го квалітетів відношення його довжини до діаметра більше 10...12. Але високу точність обробки можна досягти якщо застосувати при токарній обробці люнет.

Вимоги взаємного розташування:

- Овальність та конусність поверхонь Г та Е не більше 0,008 мм.
- Допуск співвісності вказаних поверхонь – 0,1 мм.

Загалом вал достатньо технологічний, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має добрі базові поверхні і простий за конструкцією. Поверхні, що обробляються відкриті, що дозволяє вести обробку стандартним ріжучим інструментом.

Маса деталі $m_d = 4,78$ кг. Деталь сприймає значні статичні і динамічні навантаження, тому матеріалом вибрана сталь 40Х ГОСТ 4543–71, яка дає можливість штампувати заготовку або виготовляти її із сортового прокату.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71

C	Si	Cr	Ni	Mn	S	P
					не більше	
0,35–0,40	0,17–0,37	0,3	0,3	0,4–0,5	0,045	0,045

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 454-71

Твердість, НВ (не більше)	$\sigma_{вр}$, МПА (кгс/мм ²)	σ_t , МПА (кгс/мм ²)	Відносне видовження, δ %	Відносна звуженість, ψ %	Ударна в'язкість, кгс·м/см ²
241 (гарячекатана)	610 (61)	360 (36)	16	40	50

2.1.2 Якісний аналіз технологічності

- Коефіцієнт уніфікації [1, 2]:

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

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.3 – Уніфіковані і не уніфіковані елементи деталі

Лінійні розміри		Діаметральні розміри		Різьба	
уніфік.	не уніфік.	уніфік.	не уніфік.	уніфік.	не уніфік.
12	8	14	1	2	0

$$K_{ye} = \frac{28}{37} = 0,75 .$$

При $K_{ye} \geq 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

- Коефіцієнт точності обробки [1, 2]:

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

де T_{φ} – середній квалітет точності;

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

де T_i – квалітет точності обробки;

n_i – кількість поверхонь даного квалітету.

Таблиця 2.4 – Значення квалітетів

Квалітет точності	6	7	9	11	14
Кількість поверхонь	3	1	2	2	3

$$T_{\varphi} = (6 \cdot 3 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 14 \cdot 3) / 11 = 9,72;$$

$$K_r = 1 - (1/9,72) = 0,898.$$

При $K_r \geq 0,8$ деталь відноситься до технологічних.

- Коефіцієнт шорсткості [1, 2]:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{\varphi}} [\text{мкм}^{-1}], \quad (2.4)$$

де $Ш_{\varphi}$ – середній клас шорсткості;

$$Ш_{\varphi} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} [\text{мкм}], \quad (2.5)$$

де $Ш_i$ – шорсткість оброблених поверхонь даної деталі, шорсткість поверхонь задана в значеннях Ra;

n_i – кількість поверхонь, що мають дану шорсткість.

Таблиця 2.5 –Значення шорсткості поверхонь деталі

Шорсткість, Ra	1,25	2,5	5	10	20
Кількість поверхонь	3	4	2	2	7

$$Ш_{\varphi} = (20 \cdot 7 + 10 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 2,5 \cdot 4 + 1,25 \cdot 3) / 18 = 10,21;$$

$$K_{ш} = 1/10,21 = 0,097.$$

При $K_{ш} \leq 0,32$ деталь відноситься до технологічних.

Висновок. Розглянувши всі позитивні і негативні фактори з урахуванням кількісних показників, можна зробити висновки, що деталь досить технологічна, але трудоемкість її механічної обробки досить висока.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод виготовлення заготовки – пластичне деформування, так як деталь виготовляється з матеріалу сталь 40Х, яка має добрі пластичні властивості.

Враховуючи тип виробництва, якісні та кількісні показники способу виготовлення заготовки, можна зробити висновок, що виготовлення даної деталі типу «Вал КЕС01.08.601А» доцільно використати такі способи як [11-14]:

- штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ);
- штучний прокат.

Дані способи дають достатню точність поверхонь, геометричну точність розмірів.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок розмірів заготовки.

Для виконання цього пункту використаємо [11].

Етапи призначення припусків:

Вибір вхідних параметрів заготовки, що характеризують її точність і складність [11].

Клас точності – Т4.

Група сталі – М2.

Ступінь складності – С1.

Конфігурація поверхні роз'єму штампу – П.

Вихідний індекс – 13.

При виборі класу точності заготовки більші значення призначаються для умов одиничного, дрібносерійного виробництва, менші масового, крупносерійного, серійного.

Розрахуємо масу поковки за формулою

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}, [\text{кг}] \quad (2.6)$$

де $M_{\text{пр}}$ – розрахункова маса поковки, кг;

$M_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$K_{\text{р}}$ – розрахунковий коефіцієнт. (група 2,2 $K_{\text{р}}=1,3 \dots 1,7$).

$$M_{\text{пр}} = 4,78 \cdot 1,5 = 7,17 \text{ (кг)}.$$

Вибір припусків: вибираються основні та додаткові припуски.

Вибір допусків: вибираються допуски розмірів, допуски зміщення, залишкового облою, заусенцю, відхилення від концентричності пробитого отвору, вгнутості, між осьової відстані, кутових елементів, радіусів заокруглень.

Вибрані значення заносимо в таблицю 2.6.

Розрахунок розмірів штампованої заготовки.

Припуски на механічну обробку поверхонь штампованої заготовки залежать від заданої шорсткості поверхні та індексу. Тому при розрахунку лінійних розмірів заготовки потрібно звертати увагу на параметр шорсткості. На дві поверхні, що зв'язані одним лінійним розміром припуск буде різним, якщо задана шорсткість різна.

Технічні вимоги на штамповану заготовку.

Клас точності штамповки Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С1.

Невказані штампувальні нахили $5-7^\circ$, радіуси 3 мм.

Допускаємий заусенець 0,9 мм.

Допускаємо зміщення по площині роз'єму штампі 0,8 мм.

Невказані допуски радіусів заокруглень 3,0 мм.

Допускаємо відхилення від площинності 2 мм.

Твердість матеріалу заготовки 156–207 НВ.

Маса деталі – 4,78 кг, маса заготовки – 7,34 кг.

Штучний прокат.

Для виготовлення деталі «Вал КЕС01.08.601А» застосуємо сортовий прокат. Данні наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Сортний прокат

Вид прокату	ГОСТ	Поперечний перетин	Область застосування
Круглий, гарячекатаний підвищеної та нормальної точності	2590–71	$\varnothing 34^{+0,4}_{-0,75}$ постійний	Гладкі та ступінчасті вали з невеликими перепадами ступенів

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

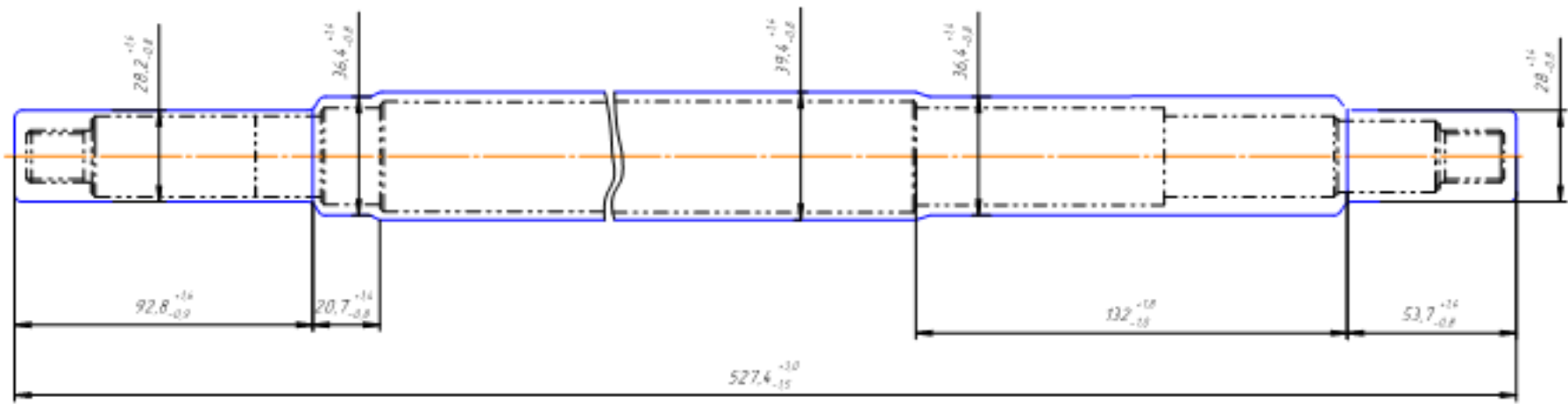


Рисунок 2.2 – Ескіз штапованої заготовки

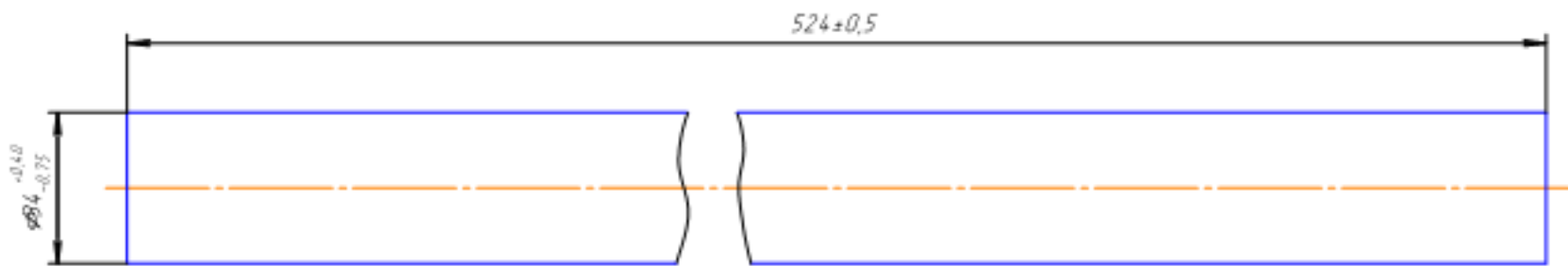


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки з прокату

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Маса заготовки може бути розрахована двома способами. При простій геометричній формі заготовки її рекомендується розділити на прості геометричні

фігури, визначити масу кожної із геометричних фігур. Загальну масу заготовки визначити, як суму мас складових геометричних фігур заготовки:

$$Q_{\text{заг.}} = \sum_{i=1}^n Q_i, [\text{кг}] \quad (2.7)$$

де $Q_{\text{заг.}}$ – маса заготовки, кг;

Q_i – маса i -ої елементарної геометричної фігури заготовки, кг;

n – кількість елементарних фігур заготовки.

Маса i -ої елементарної фігури може бути визначена

$$Q_i = V_i \cdot \rho, [\text{кг}] \quad (2.8)$$

де V_i – об'єм i -ої елементарної фігури заготовки, м^3 ;

ρ – густина матеріалу заготовки, $\text{кг}/\text{м}^3$, для сталі $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$.



Рисунок 2.4 – 3D-модель штампованої заготовки

Маса штампованої заготовки згідно масо-центрувальних характеристик 3D-моделі Q дорівнює 5,34 кг.

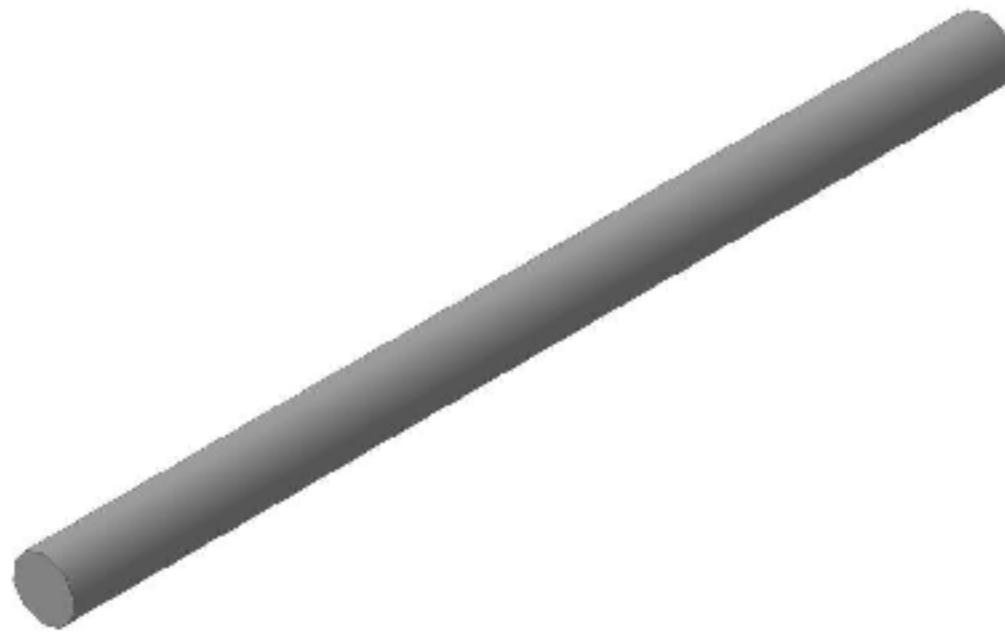


Рисунок 2.5 – 3D-модель заготовки з прокату

Маса заготовки з прокату згідно масо-центрувальних характеристик 3D-моделі Q дорівнює 6,21 кг.

Коефіцієнт точності маси заготовки характеризує економічність даного способу одержання заготовки. Чим ближчий він до 1, тим менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці, тобто тим ближча заготовка до готової деталі.

$$j = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} ; \quad (2.9)$$

- для заготовки із прокату:

$$j_{\text{п}} = 4,78 / 6,21 = 0,77;$$

- для штампованої заготовки:

$$j_{\text{л}} = 4,78 / 5,34 = 0,895.$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки із прокату [1]

$$C_{\text{заг.пр}} = C_{\text{м}} + \sum C_{\text{о.з.}}, [\text{грн.}] \quad (2.10)$$

де $C_{\text{м}}$ – витрати на матеріал заготовки;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ – технологічна собівартість заготівельних операцій (правки, калібрування, розрізання прокату на штучні заготовки та інше).

Витрати на матеріал визначаються по масі прокату, що використовується на виготовлення деталі і масі стружки, яка одержується у вигляді відходів і здається як вторинна сировина [11]:

$$C_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{м}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{відх}}, [\text{грн.}] \quad (2.11)$$

де $Q_{\text{заг.}} = 6,21$ кг – маса заготовки;

$C_{\text{м}} = 13700$ грн. – вартість 1 т матеріалу заготовки;

$Q_{\text{дет}} = 4,78$ кг – маса готової деталі;

$Q_{\text{відх.}} = 2000$ грн. – вартість 1 т відходів.

$$C_{\text{пр}} = (6,21/1000) \cdot 13700 - ((6,21 - 4,78)/1000) \cdot 2000 = 82,22 \text{ (грн.)}$$

Технологічна собівартість заготівельних операцій

$$C_{\text{оз.}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт}} (\text{шт.к.})}{60 \cdot 1000} [\text{грн.}], \quad (2.12)$$

де $C_{\text{п.з.}} = 46,29$ грн/год – приведені витрати на заготівельні операції;

$T_{\text{шт(шт-к)}} = 0,20$ хв. – штучний чи штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції (правки, калібрування, відрізання та інше)

$$C_{\text{оз.}} = \frac{46,29 \cdot 0,2}{60} = 0,15 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{заг.пр}} = C_{\text{м}} + \sum C_{\text{о.з.}} = 82,22 + 0,15 = 82,37 \text{ (грн.)}$$

Вартість штампованих заготовок

При гарячій штамповці на молотах, пресах, горизонтально–кувальних машинах вартість заготовок може бути визначено за формулою [11]:

$$C_{\text{заг.шт.}} = (Q_{\text{заг}}/1000 \cdot C_{\text{шт}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_H) - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})/1000 \cdot C_{\text{відх}} \text{ [грн.]}, \quad (2.13)$$

де $C_{\text{шт}}$ – базова вартість 1 тони штамповок, грн.

K_T ; K_M ; K_C ; K_B ; K_H – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності штамповки, марки матеріалу, групи складності штамповки, маси і об'єму виробництва.

За базову вартість приймається вартість 1 тони штамповки.

$C_{\text{шт}} = 28730$ грн. – штамповки із конструкційної вуглецевої сталі масою 2,5... 4 кг, нормальної точності за ГОСТ 7505–74, 3-ої групи (ступені) складності, 2-ої групи серійності.

Коефіцієнти $K_T = 1$, $K_M = 1,13$, $K_C = 0,77$, $K_B = 0,89$, $K_H = 1$ приведені в [11]:

$$C_{\text{заг.шт.}} = (5,34/1000 \cdot 28730 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1) - (5,34 - 4,78)/1000 \cdot 2000 = 117,7 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект розраховуємо за формулою:

$$E_3 = (C_{31} - C_{32}) \cdot N, \text{ [грн.]} \quad (2.14)$$

де C_{31} , C_{32} – вартість заготовок, що зрівнюються, грн.;

N – річна програма, шт.

$$E_3 = (117,7 - 82,37) \cdot 3000 = 105990 \text{ (грн.)}$$

Як видно з порівняння, заготовка з прокату є дешевшою. Виходячи з цього приймаємо рішення, що найдоцільніше виготовляти деталі типу «Вал КЕС01.08.601А» на виробництві з прокату.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [1-3]:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2.15)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d , T_3 , T_i – допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

Визначаємо загальне уточнення $\phi 25k6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$.

Допуск деталі $T_{дет}=0,013$ мм, допуск заготовки $T_{заг}=1,15$ мм.

$$\varepsilon = 1,15/0,013 = 88,5.$$

Приймаємо 4 ступені механічної обробки.

Призначаємо окремі уточнення

$$\varepsilon_1=5\dots 6, \quad \varepsilon_2=3\dots 4, \quad \varepsilon_3=2\dots 3, \quad \varepsilon_4=1,1\dots 2;$$

$$\varepsilon = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,475 = 88,5.$$

Допуск розміру деталі складає:

$$\text{- для першого переходу } T_1 = \frac{1150}{5} = 230 \text{ мкм (IT 12);}$$

- для другого переходу $T_2 = \frac{230}{4} = 57,5 \text{ мкм (IT 9)}$;

- для третього переходу $T_3 = \frac{57,5}{3} = 19,2 \text{ мкм (IT 7)}$;

- для четвертого переходу $T_4 = \frac{19,2}{1,475} = 13 \text{ мкм (IT 6)}$.

Приймаємо 4 переходи: точіння попереднє, точіння остаточне, шліфування попереднє, шліфування остаточне. Для підвищення продуктивності доцільно прийняти замість шліфування тонке точіння на точних токарних верстатах. Тоді остаточно приймаємо такі переходи: точіння попереднє, точіння остаточне, тонке точіння попереднє, тонке точіння остаточне.

Таблиця 2.8 – Призначення послідовності переходів

Поверхня і параметр шорсткості	Перехід механічної обробки поверхні	Квалітет точності (за ГОСТ 25374–82)	Параметр шорсткості Ra (за ГОСТ 2789–73)
M16x1,5 Rz20	1. Точіння однократне. 2. Нарізання різьби.	12 10	12,5 6,3
ø25k6 Ra 1,25	1. Точіння попереднє. 2. Точіння остаточне. 3. Тонке точіння попереднє. 4. Тонке точіння остаточне.	12 9 7 6	12,5 6,3 2,5 1,25
ø25h8 Ra 2,5	1. Точіння попереднє. 2. Точіння остаточне. 3. Тонке точіння однократне.	12 9 8	12,5 6,3 2,5
ø30k6 Ra 1,25	1. Точіння попереднє. 2. Точіння остаточне. 3. Тонке точіння попереднє. 4. Тонке точіння остаточне.	12 9 7 6	12,5 6,3 2,5 1,25
ø30h11 Ra 2,5	1. Точіння попереднє. 2. Точіння остаточне. 3. Тонке точіння однократне.	12 11 8	12,5 6,3 2,5
ø22f9 Ra 1,25	1. Точіння попереднє. 2. Точіння остаточне. 3. Тонке точіння однократне.	12 10 9	12,5 6,3 2,5

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз необхідно керуватись принципом постійності баз та принципом співпадання баз [1, 3]. Це дозволяє зменшити або усунути похибку базування при обробці деталі. Чистові бази вибираємо таким чином, щоб вони відповідали вимогам.

Вибираємо базування по центровим отворах (рис. 2.6).

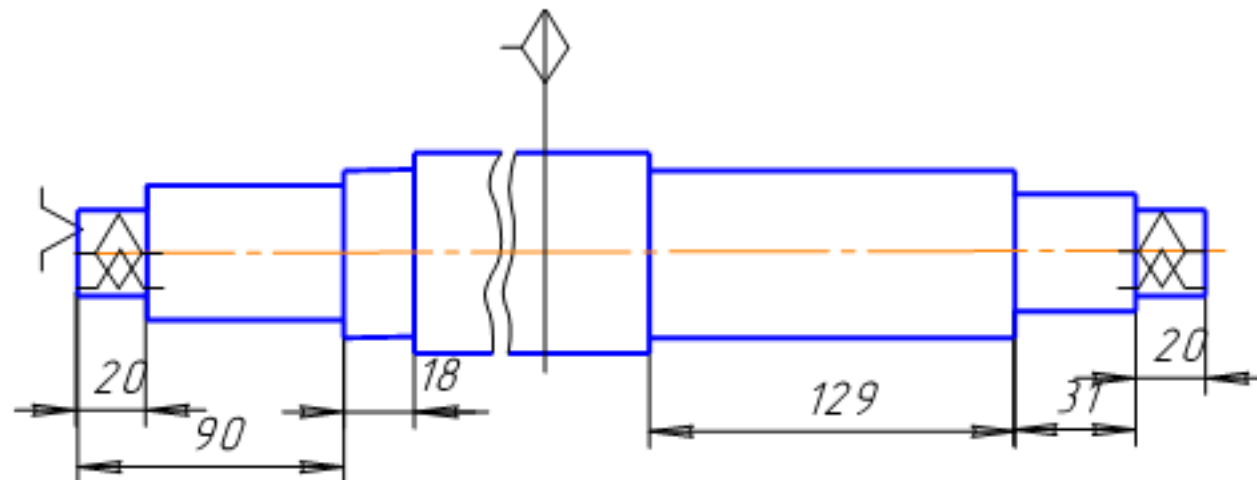


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази

Похибка базування по всіх розмірах дорівнює нулю: для діаметральних розмірів, так як це діаметральні розміри; для лінійних розмірів – обробка з одного установа.

При виборі чорнових технологічних баз вирішуються задачі:

- забезпечення розмірної прив'язки поверхонь, що обробляються, до необроблених поверхонь;
- зняття рівномірного припуску.

За чорнову технологічну базу приймаємо вісь зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 40$ та торцеву поверхню (рис. 2.7).

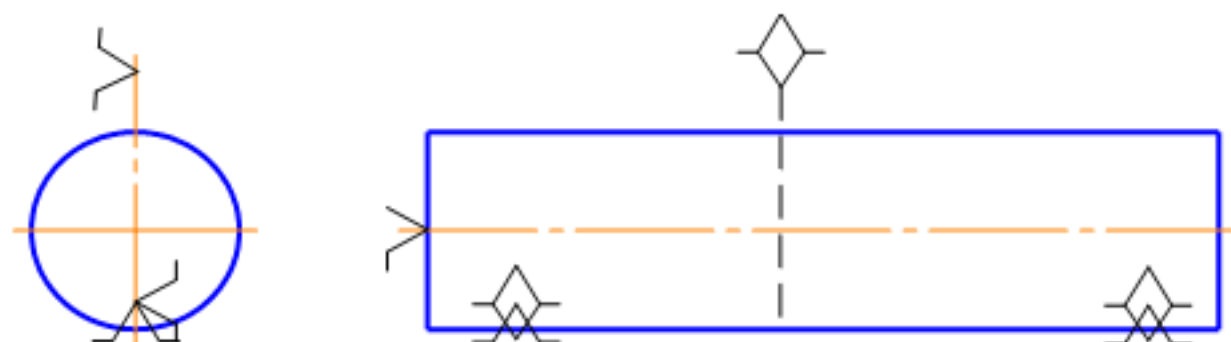


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази

Отже, при виконанні механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на кресленні вимогам.

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.9 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції, технологічних переходів	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання та оснащення
005	Заготівельна 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Відрізати заготовку $\varnothing 34$ L=524 мм.		Фрезерно-відрізний верстат моделі ВЛ641
010	Фрезерно-центрувальна 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Фрезерувати торці в розмір 520 мм і центрувати з двох сторін одночасно.		Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР73М
015	Токарна з ЧПК 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 попередньо. 3. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 остаточно. 4. Точити 3-ю фаску 1x45° і фаску 16x45°. 5. Нарізати різьбу М16х15-8g. 6. Точити поверхні 6, 7, 8, 9 попередньо. 7. Точити поверхні 6, 7, 8, 9 остаточно. 8. Точити 3-ю фаску 1x45° і фаску 16x45°. 9. Нарізати різьбу М16х15-8g.		Токарний верстат з ЧПК моделі 16К20Т1
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Фрезерувати шпонковий паз 2.		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6Р13РФ3
025	Термічна обробка – загартовування.		Чистилька СВЧ Індуктор
030	Токарна з ЧПК 1. Встановити і зняти деталь. 2. Точити поверхню 1 однократно, 2 попередньо, 3, 4, 5, 6 однократно, 7 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 7 остаточно.		Токарний верстат з ЧПК моделі МК5601Ф3

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів

При розташуванні усіх розмірів, враховувалося те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, це у свою чергу мінімізує похибку базування [1, 3, 15]. Розміщення технологічних розмірів показана на рис. 2.8.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів призначаємо з урахуванням величини розміру та точності обробки на кожному переході.

При чорновій обробці ми отримуємо 14 квалітет точності, при напівчистовій 12, та при чистовій 11 квалітет точності.

При точінні поверхонь ми послідовно отримуємо 14–11–9–7 квалітети точності. В подальшому допуски необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки.

Вибрані значення допусків зводимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Значення допусків та квалітетів

Розміри	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₀₁	B ₀₂	З ₁
Допуск	0,043	0,074	0,1	0,043	0,062	0,1	0,043	0,087	0,087	0,043	0,074	0,043	2,3	2,3	2,3
Квалітет точності	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

- Розмірна схема технологічного процесу

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу (рис. 2.8).

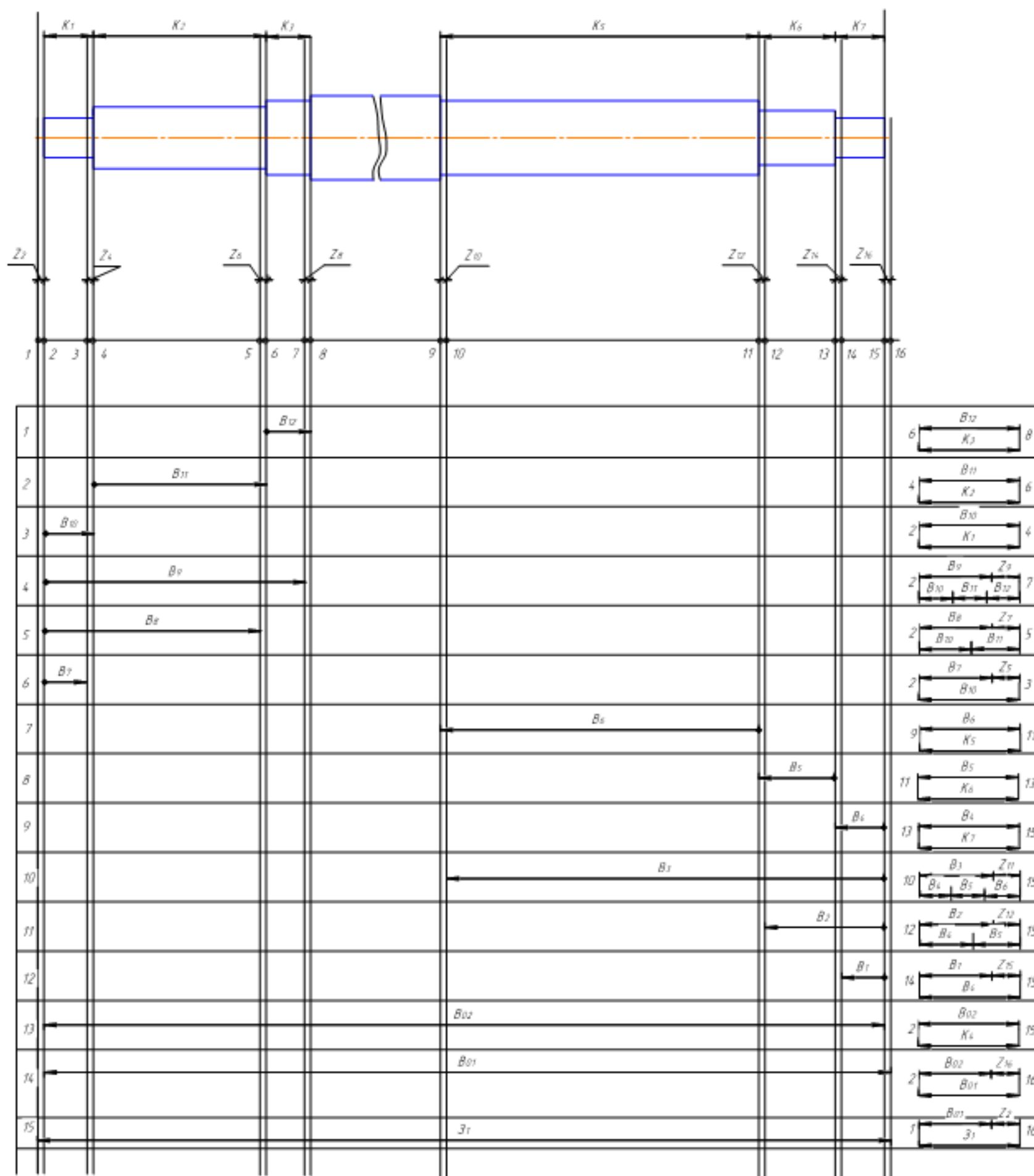


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф

Побудовані графі-дерева показано на рис. 2.9-2.11.

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Назначаємо мінімальні припуски табличним способом (рис. 2.11) [16].

Таблиця 2.11 – Значення припусків

Припуски	Z_2	Z_4	Z_6	Z_8	Z_{10}	Z_{12}	Z_{14}	Z_{16}
$Z_{\min}$	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Замикаючою ланкою розмірного ланцюга повинні бути конструкторські розміри $Z_1, Z_2, \dots$.

Використовуючи граф-дерева записано розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесені до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахункові рівняння

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Ланка, що визначається
1	$-K_3 + B_{12} = 0$	$K_3 = B_{12}$	B_{12}
2	$-K_2 + B_{11} = 0$	$K_2 = B_{11}$	B_{11}
3	$-K_1 + B_{10} = 0$	$K_1 = B_{10}$	B_{10}
4	$-B_9 + B_{10} + B_{11} + B_{12} - Z_8 = 0$	$Z_8 = B_{10} + B_{11} + B_{12} - B_9$	B_9
5	$-B_8 + B_{10} + B_{11} - Z_6 = 0$	$Z_6 = B_{10} + B_{11} - B_8$	B_8
6	$-B_7 + B_{10} - Z_4 = 0$	$Z_4 = B_{10} - B_7$	B_7
7	$-K_5 + B_6 = 0$	$K_5 = B_6$	B_6
8	$-K_6 + B_5 = 0$	$K_6 = B_5$	B_5
9	$-K_7 + B_4 = 0$	$K_7 = B_4$	B_4
10	$-B_3 + K_5 + K_6 + K_7 - Z_{10} = 0$	$Z_{10} = B_6 + B_5 + B_4 - B_3$	B_3
11	$-B_2 + K_7 + K_6 - Z_{12} = 0$	$Z_{12} = B_5 + B_5 - B_2$	B_2
12	$-B_1 + K_7 - Z_{14} = 0$	$Z_{14} = B_4 - B_1$	B_1
13	$-K_4 + B_{02} = 0$	$K_4 = B_{02}$	B_{02}
14	$-Z_{16} + B_{01} - B_{02} = 0$	$Z_{16} = B_{01} - B_{02}$	B_{01}
15	$-Z_2 + 3 - B_{01} = 0$	$Z_2 = 3 - B_{01}$	3_1

- Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Визначаємо технологічні розміри, розміри вихідної заготовки, коректуємо допуски.

$$\Sigma K_3 = B_{12} = 18 \pm 0,215 \text{ мм, допуск } 0,43 \text{ мм;}$$

$$B_{12\min} = 18 - 0,215 = 17,785 \text{ (мм);}$$

$$B_{12\max} = 18,125 \text{ мм;}$$

$$B_{12\text{nom}} = 18 \pm 0,125 \text{ мм.}$$

$$\Sigma K_2 = B_{11} = 70 \pm 0,37 \text{ мм, допуск } 0,74 \text{ мм;}$$

$$B_{11\min} = 70 - 0,37 = 69,63 \text{ (мм);}$$

$$B_{11\max} = 70 + 0,37 = 70,37 \text{ (мм);}$$

$$B_{11\text{nom}} = 70 \pm 0,37 \text{ мм.}$$

$$\Sigma K_1 = B_{10} = 20 \pm 0,215 \text{ допуск } 0,43 \text{ мм;}$$

$$B_{10\min} = 20 - 0,215 = 19,785 \text{ (мм);}$$

$$B_{10\max} = 20 + 0,25 = 20,215 \text{ (мм);}$$

$$B_{10\text{nom}} = 20 \pm 0,215 \text{ мм.}$$

$$Z_8 = B_{10} + B_{11} + B_{12} - B_9; Z_8^{\min} = B_{10}^{\min} + B_{11}^{\min} + B_{12}^{\min} - B_9^{\max}$$

$$B_9^{\max} = B_{10}^{\min} + B_{11}^{\min} + B_{12}^{\min} - Z_8^{\min} = 19,785 + 69,63 + 17,785 - 0,2 = 107 \text{ (мм);}$$

$$B_9^{\min} = B_9^{\max} - T(B_9) = 107 - 0,87 = 107,87 \text{ (мм);}$$

$$Z_8^{\max} = B_{10}^{\max} + B_{11}^{\max} + B_{12}^{\max} - B_9^{\min} = 18 + 70 + 20 - 107 = 1,0 \text{ (мм);}$$

$$B_9 = 107 \pm 0,435 \text{ мм.}$$

$$Z_6 = B_{10} + B_{11} - B_8; Z_6^{\min} = B_{10}^{\min} + B_{11}^{\min} - B_8^{\max}$$

$$B_8^{\max} = B_{10}^{\min} + B_{11}^{\min} - Z_6^{\min} = 19,96 + 69,93 - 0,2 = 89,69 \text{ (мм);}$$

$$B_8^{\min} = B_8^{\max} - T(B_8) = 89,69 - 0,087 = 89,603 \text{ (мм);}$$

$$B_{8\text{nom}} = (89,69 + 89,603) / 2 = 89,65 \text{ (мм);}$$

$$B_8 = 89,65 \pm 0,0435 \text{ мм};$$

$$Z_6^{\max} = B_{10}^{\max} + B_{11}^{\max} - B_8^{\min} = 20 + 70 - 89,603 = 0,39 \text{ (мм)}.$$

$$Z_4 = B_{10} - B_7; Z_4^{\min} = B_{10}^{\min} - B_7^{\max}$$

$$B_7^{\max} = B_{10}^{\min} - Z_4^{\min} = 19,96 - 0,2 = 19,76 \text{ (мм)};$$

$$B_7^{\min} = B_7^{\max} - T(B_7) = 19,76 - 0,043 = 19,72 \text{ (мм)};$$

$$Z_4^{\max} = B_{10}^{\max} - B_7^{\min} = 20 - 19,72 = 0,28 \text{ (мм)};$$

$$B_{7\text{ном}} = (19,76 + 19,72) / 2 = 19,74 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = 19,74 \pm 0,021 \text{ мм}.$$

$$\Sigma K_5 = B_6; B_6 = \Sigma K_5 = 129_{-1} \text{ (мм)}; \text{, допуск } 1,0 \text{ (мм)};$$

$$B_{6\text{min}} = 129 - 0,1 = 128,9 \text{ (мм)};$$

$$B_{6\text{max}} = 129 \text{ мм};$$

$$B_{6\text{ном}} = 128,95 \pm 0,5 \text{ мм}.$$

$$\Sigma K_6 = B_5; B_5 = \Sigma K_6 = 31_{-0,62} \text{ допуск } 0,062 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\text{max}} = 31 \text{ мм};$$

$$B_{5\text{min}} = 31 - 0,062 = 30,94 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\text{ном}} = 30,97 \pm 0,031 \text{ мм}.$$

$$\Sigma K_7 = B_4; B_4 = \Sigma K_7 = 20_{-0,043} \text{ допуск } 0,043 \text{ мм};$$

$$B_{4\text{max}} = 20 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\text{min}} = 20 - 0,052 = 19,957 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\text{ном}} = 19,98 \pm 0,021 \text{ мм}.$$

$$Z_{10} = B_6 + B_5 + B_4 - B_3; Z_{10}^{\min} = B_6^{\min} + B_5^{\min} + B_4^{\min} - B_3^{\max}$$

$$B_3^{\max} = B_6^{\min} + B_5^{\min} + B_4^{\min} - Z_{10}^{\min} = 128,9 + 30,94 + 19,957 - 0,2 = 179,6 \text{ (мм)};$$

$$B_3^{\min} = B_3^{\max} - T(B_3) = 179,6 - 0,1 = 179,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{10}^{\max} = B_6^{\max} + B_5^{\max} + B_4^{\max} - B_3^{\min} = 129 + 31 + 20 - 179,5 = 0,5 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\text{ном}} = (179,6 + 179,5) / 2 = 179,55 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 176,76 \pm 0,5 \text{ мм.}$$

$$Z_{12} = B_4 + B_5 - B_2 ; Z_{12}^{\min} = B_4^{\min} + B_5^{\min} - B_2^{\max}$$

$$B_2^{\max} = B_4^{\min} + B_5^{\min} - Z_{12}^{\min} = 30,94 + 19,96 - 0,2 = 50,7 \text{ (мм);}$$

$$B_2^{\min} = B_2^{\max} - T(B_2) = 50,7 - 0,074 = 50,63 \text{ (мм);}$$

$$Z_{12}^{\max} = B_4^{\max} + B_5^{\max} - B_2^{\min} = 20 + 31 - 50,63 = 0,37 \text{ (мм);}$$

$$B_{2\text{nom}} = (50,7 + 50,63) / 2 = 50,66 \text{ (мм);}$$

$$B_2 = 50,66 \pm 0,037 \text{ мм.}$$

$$Z_{14} = B_4 - B_1 ; Z_{14}^{\min} = B_4^{\min} - B_1^{\max}$$

$$B_1^{\max} = B_4^{\min} - Z_{14}^{\min} = 19,96 - 0,2 = 19,76 \text{ (мм);}$$

$$B_1^{\min} = B_1^{\max} - T(B_1) = 19,76 - 0,043 = 19,72 \text{ (мм);}$$

$$Z_{14}^{\max} = B_4^{\max} - B_1^{\min} = 20 - 19,72 = 0,28 \text{ (мм);}$$

$$B_{1\text{nom}} = (19,76 + 19,72) / 2 = 19,74 \text{ (мм);}$$

$$B_1 = 19,74 \pm 0,026 \text{ мм.}$$

$$\Sigma K_4 = B_{02} = 871_{-2,3} \text{ (мм); допуск } 2,3 \text{ (мм);}$$

$$B_{02\text{min}} = 871 - 2,3 = 868,7 \text{ (мм);}$$

$$B_{02\text{max}} = 871 \text{ (мм);}$$

$$B_{02\text{nom}} = (871 + 869,7) / 2 = 869,85 \text{ (мм);}$$

$$B_{02} = 869,85 \pm 0,65 \text{ мм.}$$

$$Z_{16} = B_{01} - B_{02}; Z_{16}^{\min} = B_{01}^{\min} - B_{02}^{\max}$$

$$B_{01}^{\min} = B_{02}^{\max} + Z_{16}^{\min} = 871 + 1 = 872 \text{ (мм);}$$

$$B_{01}^{\max} = B_{01}^{\min} + T(B_{01}) = 872 + 2,3 = 874,3 \text{ (мм);}$$

$$Z_{16}^{\max} = B_{01}^{\max} - B_{02\text{min}} = 874,3 - 868,7 = 5,6 \text{ (мм);}$$

$$B_{01\text{nom}} = (872 + 874,3) / 2 = 872,35 \text{ (мм);}$$

$$B_{01} = 873,15 \pm 1,15 \text{ мм.}$$

$$Z_2 = 3_1 - B_{01}; Z_2^{\min} = 3_1^{\min} - B_{01}^{\max}$$

$$Z_1^{\min} = B_{01}^{\max} + Z_2^{\min} = 874,3 + 1 = 875,3 (\text{мм});$$

$$Z_1^{\max} = Z_1^{\min} + T(Z_1) = 875,3 + 2,3 = 877,6 (\text{мм});$$

$$Z_2^{\max} = Z_1^{\max} - B_{01\min} = 877,6 - 872 = 4,6 (\text{мм});$$

$$Z_{1\text{ном}} = (875,3 + 877,6) / 2 = 875,65 (\text{мм});$$

$$Z_1 = 876,45 \pm 1,15 \text{ мм.}$$

Дані розрахунків зведемо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Чисельні значення технологічних розмірів, допусків, припусків, мм

Розміри заготовки, технологічні розміри	Чисельні значення			
	Допуск	Мінімальне значення	Максимальне значення	Номінальне значення
Z_1	2,3	875,3	877,6	$876,45 \pm 1,15$
B_{01}	2,3	872	874,3	$873,15 \pm 1,15$
B_{02}	2,3	868,7	871	$869,85 \pm 0,65$
B_1	0,043	19,72	19,76	$19,74 \pm 0,026$
B_2	0,074	50,63	50,7	$50,66 \pm 0,037$
B_3	0,1	179,5	179,6	$176,76 \pm 0,5$
B_4	0,043	19,957	20	$19,98 \pm 0,021$
B_5	0,62	30,94	31	$30,97 \pm 0,031$
B_6	0,1	128,9	129	$128,95 \pm 0,5$
B_7	0,043	19,72	19,76	$19,74 \pm 0,021$
B_8	0,087	89,603	89,69	$89,65 \pm 0,0435$
B_9	0,087	107,56	107,65	$107,605 \pm 0,435$
B_{10}	0,043	19,96	20	$19,98 \pm 0,021$
B_{11}	0,074	69,93	70	$69,96 \pm 0,37$
B_{12}	0,043	17,957	18	$17,98 \pm 0,0215$

Розрахунок припусків зводимо в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Значення припусків

Припуски		Z_2	Z_4	Z_6	Z_8	Z_{10}	Z_{12}	Z_{14}	Z_{16}
Граничні значення	$Z_{\min}$	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1
	$Z_{\max}$	4,6	0,28	0,39	0,44	0,5	0,37	0,28	5,6

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 25k6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$.

Обробка здійснюється на токарному верстаті в повідковому патроні. Заготовка – прокат, Круг В34 ГОСТ 2590–71.

Тонке точіння поверхні – на високоточному верстаті з ЧПК.

Технологічний маршрут обробки поверхні складається з точіння попереднього та остаточного та шліфування попереднє та остаточне.

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь мінімальний припуск визначаємо за формулою [1, 3]:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.16)$$

де R_z – висота мікронерівностей, мкм;

T – глибина дефектного шару, мкм;

ρ – сума просторових відхилень, мкм;

E – похибка установки, мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки [1, 3]:

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

де ρ_{cm} – відхилення при закріпленні в центрах, $\rho_{cm} = \Delta_K l = 1 \cdot 220 = 0,22$ (мм);

$\rho_{екс}$ – похибка на ексцентричність, $\rho_{екс} = 0,3$ мм.

$$\rho_s = \sqrt{0,22^2 + 0,25^2} = 0,333 \text{ (мм)}.$$

Остаточна величина просторового відхилення:

- після попереднього обточування: $\rho_1 = 0,06 \cdot 333 = 19,98$ (мкм);

- після остаточного обточування: $\rho_1 = 0,04 \cdot 333 = 13,32$ (мкм);
- після попереднього тонкого точіння: $\rho_1 = 0,02 \cdot 333 = 6,65$ (мкм).

Для заготовки виготовленої з прокату $R_z = 150$ мкм, $T = 250$ мкм.

Для попереднього обточування $R_z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм.

Після попереднього обточування $R_z = 30$ мкм, $T = 30$ мкм.

Після попереднього тонкого точіння $R_z = 10$ мкм, $T = 20$ мкм.

Після остаточного тонкого точіння $R_z = 5$ мкм, $T = 15$ мкм.

Мінімальний припуск:

- на попереднє точіння $2Z_{\min} = 2 \cdot (150 + 250 + 333) = 2 \times 733$ (мкм);
- на остаточне точіння $2Z_{\min} = 2 \cdot (50 + 50 + 20) = 2 \times 120$ (мкм);
- на попереднє тонке точіння $2Z_{\min} = 2 \cdot (30 + 30 + 13,3) = 2 \times 73,3$ (мкм);
- на остаточне тонке точіння $2Z_{\min} = 2 \cdot (10 + 20 + 6,7) = 2 \times 36,7$ (мкм).

Розрахунковий розмір:

$$d_{p3} = 25,002 + 0,07 = 25,076 \approx 25,08 \text{ (мм)};$$

$$d_{p2} = 25,072 + 0,15 = 25,222 \approx 25,22 \text{ (мм)};$$

$$d_{p1} = 25,222 + 0,24 = 25,462 \approx 25,46 \text{ (мм)};$$

$$d_{p3} = 25,462 + 1,47 = 26,928 \approx 26,93 \text{ (мм)}.$$

Допуски на переходах:

$$\delta_4 = 20 \text{ мм}; \delta_3 = 30 \text{ мм}; \delta_2 = 120 \text{ мкм}; \delta_1 = 400 \text{ мкм}; \delta_3 = 2400 \text{ мкм}.$$

Граничні розміри:

$$d_{\min 4} = 25,01 \text{ мм}; d_{\max 4} = 25,01 + 0,02 = 25,02 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 3} = 25,1 \text{ мм}; d_{\max 3} = 25,1 + 0,03 = 25,13 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 2}=25,3 \text{ мм}; d_{\max 2}=25,3+0,12=25,42 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 1}=25,5 \text{ мм}; d_{\max 1}=25,5+0,4=25,9 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 3}=27 \text{ мм}; d_{\max 3}=27+2,4=29,4 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.15 – Значення розрахункових розмірів на обробку $\varnothing 25k6^{+0,015}_{+0,002}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 25k6$	Елементи припуски			Роз. припуск $2Z_{\min}$, мм	Роз. розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{rp}$	$2Z_{\max}^{rp}$
Заготовка	150	250	333	–	26,93	2400	27	29,4	–	–
Точіння:										
попереднє	50	50	19,98	2×733	25,47	400	25,5	25,9	1500	3500
остаточне	30	30	13,32	2×120	25,22	120	25,3	25,42	200	480
Тонке										
точіння:										
попереднє	10	20	6,65	2×73	25,08	30	25,1	25,13	200	290
остаточне	5	15	–	2×37	25,002	20	25,01	25,02	90	110
Загалом:									1990	4380

Граничні припуски:

$$2Z_{\max 4}^{rp}=25,13-25,02=0,11 \text{ мм}=110 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 4}^{rp}=25,1-25,01=0,09 \text{ мм}=90 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3}^{rp}=25,42-25,13=0,290 \text{ мм}=290 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 3}^{rp}=25,3-25,1=0,2 \text{ мм}=200 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{rp}=25,9-25,42=0,480 \text{ мм}=480 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 2}^{rp}=25,5-25,3=0,200 \text{ мм}=200 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1}^{rp}=29,4-25,9=3,5 \text{ мм}=3500 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 1}^{rp}=27-25,5=1,5 \text{ мм}=1500 \text{ (мкм)}.$$

Загальний припуск:

$$Z_{\min}^{заг}=90+200+200+1500=1990 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max}^{заг}=110+290+480+3500=4380 \text{ (мкм)}.$$

Перевірка:

$$2Z_{1\max} - 2Z_{1\min} = 3500 - 1500 = 2000 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2\max} - 2Z_{2\min} = 480 - 200 = 280 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{3\max} - 2Z_{3\min} = 290 - 200 = 90 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{4\max} - 2Z_{4\min} = 110 - 90 = 20 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 2400 - 400 = 2000 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 400 - 120 = 280 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 120 - 30 = 90 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 30 - 20 = 10 \text{ (мкм)}.$$

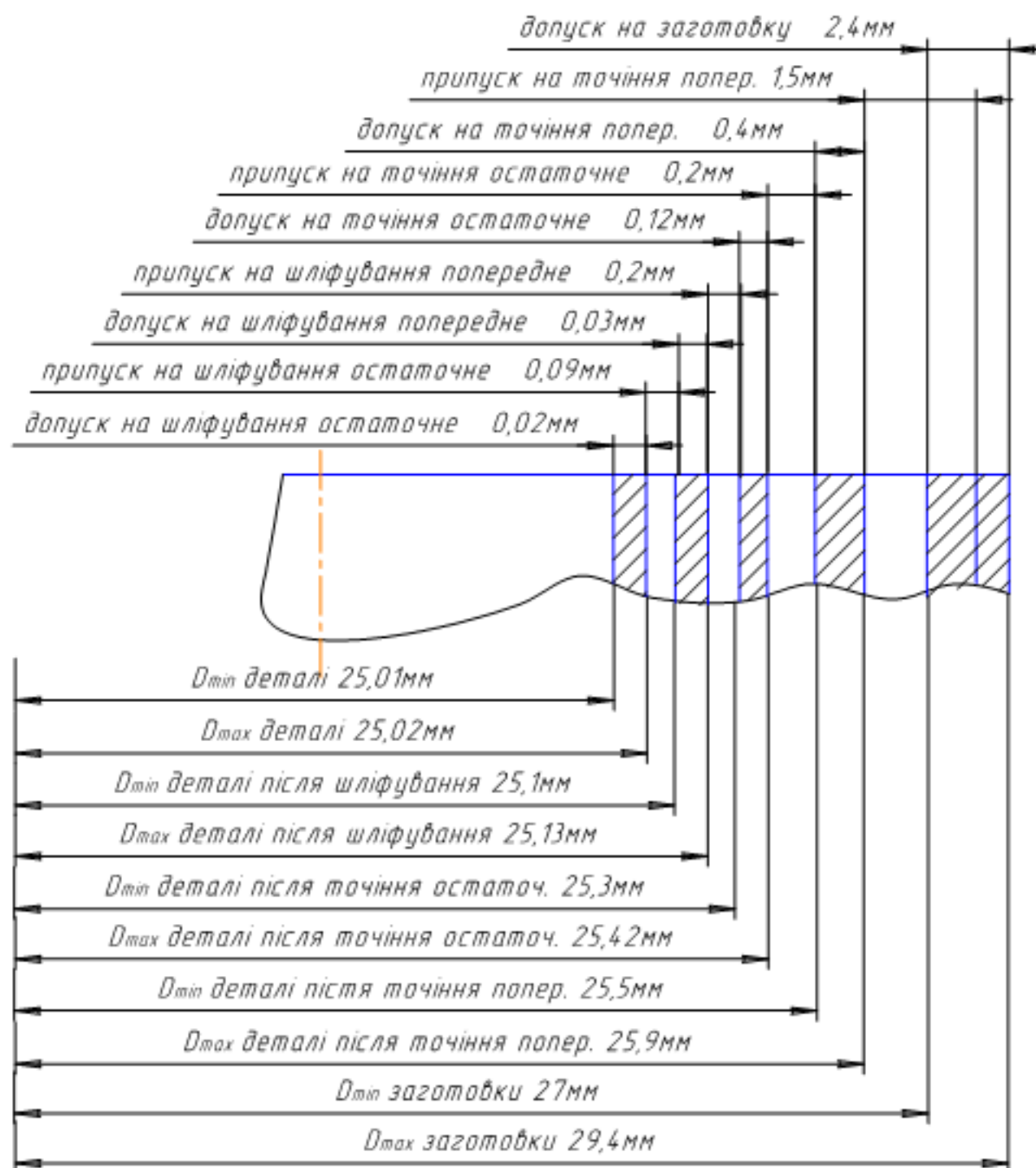


Рисунок 2.12 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку поверхні $\varnothing 25k6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$

На решту поверхонь призначаємо припуски за таблицями [1, 16] і записуємо до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Табличні значення припусків

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		табличний	розрахунковий	
1,6	M16×1,5	2×1,8	1,9902...4,38	2,5
7	8g(Rz20)	2×1,8		2,5
8	Ø25h8(Ra 2,5)	2×2		2,4
3,5,9	Ø25k6(Ra 1,25)	2×2		2,5
4	Ø30h11(Ra 1,25)	2×2		2,5
2	Ø30k6(Ra 1,25)	2×1,8		2,5
	Ø22f9(Ra 2,5)			

2.3.6 Визначення режимів різання

Наведемо приклади розрахунку режимів різання для трьох різних видів обробки: точіння та фрезерування. Розрахунки ведемо по довіднику режимів різання [1, 17-19]. Решту режимів різання зведемо до таблиці 2.17.

Операція 010 Токарна.

Точити попередньо поверхню 1 в розмір діаметр 18,15 мм.

Матеріал заготовки сталь 40Х НВ 230...300.

Різець токарний прохідний упорний з пластиною Т15К6.

$$h \times b = 16 \times 10; L = 110 \text{ мм } \varphi = 90^\circ; r = 0,4 \text{ мм.}$$

1) Визначаємо глибину різання

$$t = (D - d) / 2, \quad (2.18)$$

$$t = (34 - 18,15) / 2 = 7,925 \text{ (мм).}$$

Припуск знімається за 2 проходи.

2) Назначаємо подачу, для шорсткості поверхні $Ra = 6,3 \text{ мкм}$

$$S_0 = 0,25 \dots 0,3 \text{ мм/об.}$$

Коректуючи по паспортним даним верстата приймаємо $S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$

3) Назначаємо період стійкості різців. При поломці більше 10 інструментів. $T_m = 150 \text{ хв.}$

$$T = T_m \cdot \lambda = 150 \cdot 1,02 = 153 \text{ (хв.)}, \quad (2.19)$$

де λ – коефіцієнт часу різання.

$$\lambda = 184/180 = 1,02.$$

4) Визначаємо швидкість різання головного руху, що допускається ріжучими властивостями різця.

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.20)$$

де $V_{\text{табл}} = 120 \text{ м/хв.}$

$K_1 = 0,7$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, який обробляється;

$K_2 = 0,9$ – коефіцієнт, що залежить від стійкості та марки твердого сплаву;

$K_3 = 1,25$ – коефіцієнт, що залежить від виду обробки.

$$V = 120 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,25 = 94,5 \text{ (м/хв.)}$$

5) Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D), \quad (2.21)$$

$$n = (1000 \cdot 94,5) / (3,14 \cdot 34) = 1061,79 \text{ (об/хв.)}$$

Коректуємо за паспортом верстата $n = 1000 \text{ об/хв.}$

Дійсні швидкості різання складають

$$V = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000, \quad (2.22)$$

$$V = (3,14 \cdot 34 \cdot 1000) / 1000 = 107,67 \text{ (м/хв.)}$$

6) Потужність різання при заданих режимах різання складає

$$N_{\text{різ}} = (P_z \cdot V) / (102 \cdot 60), \quad (2.23)$$

$$N_{\text{різ}} = (P_z \cdot V) / (102 \cdot 60) = (0,75 \cdot 1000) / 6120 = 0,135 \text{ (кВт)}.$$

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

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

Умови обробки по потужності виконуються.

7) Основний (машинний) час

$$T = L_{\text{р.х.}} / (S \cdot n), \quad (2.24)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – розрахункова довжина різання, $L_{\text{р.х.}} = (l_{\text{різ}} + y) \cdot i = (20 + 4) \cdot 2 = 48 \text{ (мм)}$.

S – подача;

n – частота обертання шпинделя.

$$T = 48 / (0,03 \cdot 1000) = 1,6 \text{ (хв.)}$$

Отримані дані зводимо до таблиці 2.17.

Аналогічно визначаємо режими різання для інших операцій.

Дані розрахунків заносимо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Значення режимів різання

Операції, переходи		Розрахункові дані			t, мм	i	Режими різання			T ₀ , хв	N _{різ} кВт
		D/B, мм	T	L _{р.х}			S мм/об	V м/хв	n, об/хв		
005	2	34	120	40	4	1	1,2	60	14,4	0,12	0,8
010	2	34	80	48	2	1	0,3	26,3	630	0,23	1,2
	3	4	120	12	–	1	0,15	15	695		0,5
015	2	34	153	24	2	4	0,3	78,38	1000		2
		34		34	2	2		82,31	800		2,6
		34		85	0,6	1		85,45	800		1,3
		34		32	0,8	1		85,45	800		1,3
		34		24	0,6	1		85,45	800		1,3
		18,15		24	0,3	1	0,25	91,25	1600		0,4
	3	24,75	150	34	0,5	1	0,25	98,76	1270		0,5
		32,75	150	85	0,5	1	0,25	103,71	1000		0,5
		32,4	150	32	0,34	1	0,25	102,6	1000		0,5
		32,75	150	24	0,5	1	0,25	103,71	1000		0,5
	4	16,5	70	1,6	1,6	1	0,25	104,53	2017		0,03
		22	70	1	1	1	0,25	125,69	1600		0,02
		30	70	1	1	1	0,25	119,71	1270		0,02
		34	70	1	1	1	0,25	107,67	1000		0,03
	5	16	70	20	0,25	3	0,6	6,53	126		0,03
		34	150	24	2	4	0,3	78,38	1000		2
	7	34	150	54	2	2	0,3	87,88	1000		1,3
		34	150	24	2	2	0,3	87,88	1000		1,3
		34	150	22	0,6	1	0,3	107,67	1000		2
		18,15	150	24	0,3	1	0,25	91,25	1600		0,4
	8	27,75	150	54	0,5	1	0,25	87,88	1000		0,4
		25,47	150	24	0,24	1	0,25	101,63	1270		0,5
		32,75	150	22	0,5	1	0,25	103,71	1000		0,5
		16,5	70	1,6	1	1	0,25	104,53	2017		0,03
	9	22	70	1	1	1	0,25	125,69	1600		0,02
		30	70	1	1	1	0,25	119,71	1270		0,02
		34	70	1	1	1	0,25	107,67	1000		0,03
		16	70	20	0,25	3	0,6	6,53	126	8,1	0,03
020	2	8	80	40	2	2	0,017	15,8	630	2,26	0,2
030	2	22,25		31	0,12	1	2,6	24,46	350		3,3
		30,25		31	0,12	1	2,6	24,71	260		3,5
		30,25		20	0,12	1	2,6	24,77	260		3,5
		30,11		28	0,07	1	2,6	24,59	260		3,5
		25,25		50	0,12	1	2,6	24,59	310		3,5
		30,25		18	0,12	1	2,6	24,71	260		3,5
		25,08		20	0,07	1	2,6		310		3,4
		30,002		28	0,03	1	0,8	39,59	420		2,2
	3	25,002		18	0,03	1	0,8	39,27	500	1,16	2,1

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Норма штучного часу визначається за формулою [1, 17-19]:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп}, \text{ [хв.]}, \quad (2.25)$$

де T_o – основний час; T_d – допоміжний час; $T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця; $T_{відп}$ – час на відпочинок та особисті потреби.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{п-з}/n, \text{ [хв.]}, \quad (2.26)$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу; $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час; n – кількість деталей в партії.

Допоміжний час визначається за формулою

$$T_d = T_{в.з} + T_{уп} + T_{вим}, \text{ [хв.]}, \quad (2.27)$$

де $T_{в.з}$ – час на встановлення і зняття деталі; $T_{уп}$ – час на прийоми управління; $T_{вим}$ – час на вимірювання деталі.

Опперативний час визначається за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \text{ [хв.]}, \quad (2.28)$$

де T_o – час на встановлення і зняття деталі; T_d – час на прийоми управління.

Операція 005 Фрезерно-відрізна.

Модель верстата 8А641.

Пристосування: Призматичні лещата.

Маса заготовки (круг) $l = 3000$ м, $m_{заг} = 6,21$ кг.

Основний час складає $T_0 = 0,12$ хв.

Допоміжний час

$$T_d = 0,17 + 0,015 + 0,13 = 0,315 \text{ (хв.)},$$

де $T_{в.з} = 0,17$ хв.; $T_{уп} = 0,015$ хв.; $T_{вим} = 0,13$ хв..

Оперативний час складає

$$T_{оп} = 0,12 + 0,315 = 0,44 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 3,5% від оперативного.

$$T_{обс.} = (0,44 \cdot 3,5) / 100 = 0,02 \text{ (хв.)}$$

Час на перерви і індивідуальні потреби 6% від $T_{оп}$.

$$T_{відп} = (0,44 \cdot 6) / 100 = 0,03 \text{ (хв.)}$$

Штучний час складає

$$T_{шт} = 0,12 + 0,315 + 0,02 + 0,03 = 0,49 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заключний час на партію складає:

а) час на наладку верстата, інструмента та пристосування – 4 хв.;

б) час на допоміжні прийоми:

встановити і зняти лещата – 5 хв.;

встановити і зняти призму в лещатах – 2 хв.;

змінити пилу – 4 хв.;

в) час на отримання інструменту та пристосувань до початку та здача після обробки партії деталей – 5 хв.

$$T_{п-з} = 4+5+2+4+5 = 20 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{п-з}/n = 0,49 + 20/71 = 0,77 \text{ (хв.)}$$

де n – кількість деталей в партії, $n=71$ шт.

Дані розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Операція 010 Фрезерно-центрувальна.

Модель верстата МР-73.

Пристосування: Призматичні лещата.

Маса заготовки (круг) $l = 524 \pm 0,5$ мм, $m_{заг} = 6,21$ кг.

Основний час складає $T_0 = 0,23$ хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_d = 0,17 + 0,015 + 0,4 = 0,59 \text{ (хв.)},$$

де $T_{в.з} = 0,17$ хв.; $T_{уп} = 0,015$ хв.; $T_{вим} = 0,4$ хв.

Оперативний час складає

$$T_{оп} = 0,23 + 0,59 = 0,82 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 3,5% від оперативного

$$T_{обс.} = (0,82 \cdot 3,5) / 100 = 0,03 \text{ (хв.)}$$

Час на перерви і індивідуальні потреби 6% від $T_{оп}$.

$$T_{\text{відш}} = (0,82 \cdot 6) / 100 = 0,05 \text{ (хв.)}$$

Штучний час складає

$$T_{\text{шт}} = 0,23 + 0,59 + 0,03 + 0,05 = 0,89 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заключний час на партію складає:

а) час на наладку верстата, інструмента та пристосування – 10 хв.;

б) час на допоміжні прийоми: встановити стійку, що підтримує на розмір оброблюваної деталі – 1,5 хв.;

в) час на отримання інструменту та пристосувань до початку та здача після обробки партії деталей – 5 хв.

$$T_{\text{п-з}} = 10 + 1,5 + 5 = 16,5 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}}/n = 0,89 + 16,5/71 = 1,12 \text{ (хв.)}$$

де n – кількість деталей в партії, $n=71$ шт.

Дані розрахунків зводимо в таблицю 2.24.

Операція 015 Токарна з ЧПК.

Модель верстата 16K20T1.

Пристосування: Поводковий патрон, нерухомий люнет.

Маса заготовки (круг) $l = 520$ мм, $m_{\text{заг}} = 6,21$ кг.

Основний час складає $T_0 = 8,1$ хв.

Допоміжний час визначається за формулою

$$T_{\text{д}} = 0,6 + 0,035 + 0,8 = 1,44 \text{ (хв.)},$$

де $T_{в.з} = 0,6$ хв.; $T_{уп} = 0,035$ хв.; $T_{вим} = 0,8$ хв.

Оперативний час складає

$$T_{оп} = 8,1 + 1,44 = 9,54 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 3,5% від оперативного

$$T_{обс.} = (9,54 \cdot 3,5) / 100 = 0,33 \text{ (хв.)}$$

Час на перерви і індивідуальні потреби 5% від $T_{оп}$.

$$T_{відп} = (9,54 \cdot 5) / 100 = 0,45 \text{ (хв.)}$$

Штучний час складає

$$T_{шт} = 8,1 + 1,44 + 0,33 + 0,45 = 10,35 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заключний час на партію складає:

- а) час на наладку верстата, інструмента та пристосування – 19 хв.;
- б) час на допоміжні прийоми: встановити і зніти деталь в нерухомий люнет – 3 хв.;
- в) час на отримання інструменту та пристосувань до початку та здача після обробки партії деталей – 8 хв.

$$T_{п-з} = 19 + 3 + 8 = 30 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{п-з} / n = 10,35 + 30 / 71 = 10,77 \text{ (хв.)}$$

де n – кількість деталей в партії, $n=71$ шт.

На інші операції нормування проводиться аналогічно.

Дані розрахунків зводимо в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Розрахунок технічних норм часу

№ операції	T_o , хв.	T_d , хв.			$T_{оп}$, хв.	$T_{об}$, хв.	$T_{відп}$, хв.	$T_{шт}$, хв.	$T_{п-з}$, хв.	$T_{шт-к}$, хв.
		$T_{вз}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$						
005	0,12	0,17	0,015	0,13	0,44	0,02	0,03	0,49	20	0,77
010	0,23	0,17	0,015	0,4	0,82	0,03	0,05	0,89	16,5	1,12
015	8,1	0,60	0,035	0,8	9,54	0,33	0,48	10,35	30	10,77
020	2,26	0,17	0,015	0,1	2,55	0,08	0,13	2,75	17	2,99
030	1,16	0,29	0,035	0,24	1,73	0,16	0,09	1,97	34	2,44

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КЕС01.08.601А»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена річна програма [2, 20]:

$$N_{\text{прив}} = N_{\text{предс}} + K_{\text{пр12}} \cdot N_2 + K_{\text{пр13}} \cdot N_3 \text{ [шт.]}, \quad (3.1)$$

де $N_{\text{предс}}$ – річна програма випуску деталі представника, $N_{\text{предс}} = 3000$ шт.;

N_2 – річна програма випуску другої деталі;

N_3 – річна програма випуску третьої деталі;

$K_{\text{пр12}}$ – загальний коефіцієнт приведення другої деталі;

$K_{\text{пр13}}$ – загальний коефіцієнт приведення третьої деталі.

Трудомісткість деталей, що входять в групу визначають за допомогою загального коефіцієнта приведення K_o , котрий враховує зміни по масі K_m , серійності $K_{\text{сер}}$ та складності $K_{\text{ск}}$ механічної обробки кожної з них [2, 20]:

$$K_o = K_m \cdot K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{ск}}, \quad (3.2)$$

де K_m – коефіцієнт приведення по масі;

$K_{\text{сер}}$ – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_{\text{ск}}$ – коефіцієнт приведення по складності механічної обробки.

Таким чином, коефіцієнт приведення K_o характеризує зміну трудомісткості кожного виробу, що приводиться до трудомісткості розрахункового типового представника. Зміни по масі деталі враховуються за формулою:

$$K_m = \sqrt[3]{(Q_x/Q)^2} \quad (3.3)$$

де Q_x – маса деталі, що приводиться;

Q – маса деталі типового представника.

Коефіцієнт приведення по серійності $K_{сер}$ визначається в залежності від співвідношення річних програм в штуках деталі, що приводиться і деталі типового представника. Розрахунок ведеться за емпіричною формулою:

$$K_{сер} = (B/B_x)^n, \quad (3.4)$$

де B – річний випуск деталі представника, шт.;

B_x – річний випуск виробу, що приводиться, шт.;

n – показник ступеня дорівнює 0,15 для середнього машинобудування.

Коефіцієнт приведення по складності механічної обробки $K_{ск}$ враховує відмінності складності деталей, головним чином характеристик точності та шорсткості поверхонь. При проектуванні бажано підбирати групи деталей приблизно однакової складності, при цьому $K_{ск} = 1$.

В залежності від співвідношення кількості оригінальних деталей коефіцієнт складності

$$K_{ск} = (H_x/H)^{0,5}, \quad (3.5)$$

де H_x – кількість оригінальних деталей в виробі, що приводиться;

H – кількість оригінальних деталей в виробі представнику.

Розрахувавши загальний коефіцієнт приведення для кожної деталі, визначають їх приведені програми шляхом множення заданої програми на K_o .

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_{м12} = \sqrt[3]{(4,78/7,6)^2} = 0,734;$$

$$K_{м13} = \sqrt[3]{(4,78/2,46)^2} = 1,557.$$

Коефіцієнт приведення по серійності

$$K_{\text{сер}12}=(1000/1000)^{0,15}=1;$$

$$K_{\text{сер}13}=(1000/1000)^{0,15}=1.$$

Коефіцієнт приведення по складності механічної обробки

$$K_{\text{ск}12}=(1/1)^{0,5};$$

$$K_{\text{ск}12}=(1/1)^{0,5}.$$

Загальний коефіцієнт приведення відповідно другої та третьої деталі

$$K_{o12}=0,734 \cdot 1 \cdot 1=0,734;$$

$$K_{o13}=1,557 \cdot 1 \cdot 1=1,557.$$

Приведена річна програма:

$$N_{\text{прив}}=N_{\text{предс}}+K_{\text{пр}12} \cdot N_2+ K_{\text{пр}13} \cdot N_3 \text{ [шт.]},$$

де $N_{\text{предс}}$ – річна програма випуску деталі представника, $N_{\text{предс}}=3000$ шт.;

N_2 – річна програма випуску другої деталі, $N_2=2000$ шт.;

N_3 – річна програма випуску третьої деталі, $N_3=2000$ шт.;

$K_{\text{пр}12}$ – загальний коефіцієнт приведення другої деталі;

$K_{\text{пр}13}$ – загальний коефіцієнт приведення третьої деталі.

$$N_{\text{прив}} = 3000+0,734 \cdot 2000+1,557 \cdot 2000 = 7290 \text{ (шт.)}$$

Результати розрахунку приведеної програми наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок приведеної програми

Деталь	Задана програма			Приведена програма				Приведена кількість виробів на річну програму, шт.
	Річна програма, шт.	Маса, т		Коефіцієнти приведення				
		Одна деталь	Річна програма	По масі	По серійності	По складності	Загальний	
Вал КЕС01.08.601А	3000	0,00478	4,78	1	1	1	1	3000
Вал КЕС 02.01.648	2000	0,0076	7,6	0,734	1	1	0,734	1734
Вал КЕС 02.01.634	2000	0,00246	2,46	1,552	1	1	1,557	2556
Загалом	7000		14,84					7290

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Для серійного виробництва кількість верстатів на операціях визначаємо за формулою [2, 20]:

$$C_p = \frac{\sum T_{шт-к} \cdot N_{пр}}{\Phi_{\phi} \cdot 60} \text{ [шт.]}, \quad (3.6)$$

де $\sum T_{шт-к}$ – сумарний штучно-калькуляційний час на обробку трьох деталей на даному верстаті, хв.;

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

Φ_{ϕ} – дійсний річний фонд часу роботи обладнання при роботі в одну зміну, $\Phi_{\phi} = 2030$ год. (для універсальних верстатів), $\Phi_{\phi} = 1945$ год. (для верстатів з ЧПК).

Відношення розрахункової кількості верстатів до прийнятої кількості є коефіцієнтом завантаження:

$$\eta_p = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (3.7)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів;

$C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів.

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом

$$\eta_o = \frac{\sum T_o}{\sum T_{\text{шт.-к}}}, \quad (3.8)$$

де $\sum T_{\text{шт.-к}}$ – сумарний штучно-калькуляційний час на обробку трьох деталей на даному верстаті, хв.;

$\sum T_o$ – сумарний основний час на обробку трьох деталей на даному верстаті, хв.

Для операції 005 фрезерно-відрізної, модель верстата 8А641:

$$C = (0,77 \cdot 7290) / (60 \cdot 4060) = 0,03 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо 1 верстат.

Коефіцієнт завантаження розрахуємо за формулою:

$$\eta_z = 0,03 / 1 = 0,03.$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом розрахуємо за формулою:

$$\eta_o = 0,12 / 0,77 = 0,16.$$

На інші операції розрахунки проводимо аналогічно, дані розрахунків зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків кількості верстатів

Назви верстатів	$\sum T_{\text{шт-к}},$ хв.	C_p	$C_{\text{шт}},$ шт.	η_z	η_o
005 Відрізний кругло-пильний напівавтомат 8A641	5613,3	0,03	1	0,03	0,16
010 Фрезерно-центрувальний напівавтомат MP73M	8164,5	0,04	1	0,04	0,21
015 Токарний верстат з ЧПК 16K20T1	78513,3	0,42	1	0,42	0,75
020 Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	21797,1	0,12	1	0,12	0,48
030 Токарний верстат з ЧПК МК6801Ф3	9914,4	0,05	1	0,05	0,18
Σ			5	0,66	1,78

Середній коефіцієнт завантаження верстатів складає:

$$\eta_{z, \text{cp}} = \Sigma \eta_z / \Sigma C_p = (0,66/5) \cdot 100\% = 13,2\%.$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів по основному часу складає:

$$\eta_{o, \text{cp}} = \Sigma \eta_o / \Sigma C_o = (1,78/5) \cdot 100\% = 36\%.$$

Всі верстати з переналадкою необхідно використовувати для обробки інших типів деталей, так як коефіцієнт завантаження низький. Відрізний кругло-пильний напівавтомат 8A641 знаходиться в заготівельному цеху.

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графіки завантаження показані на рис. 3.1-3.2.

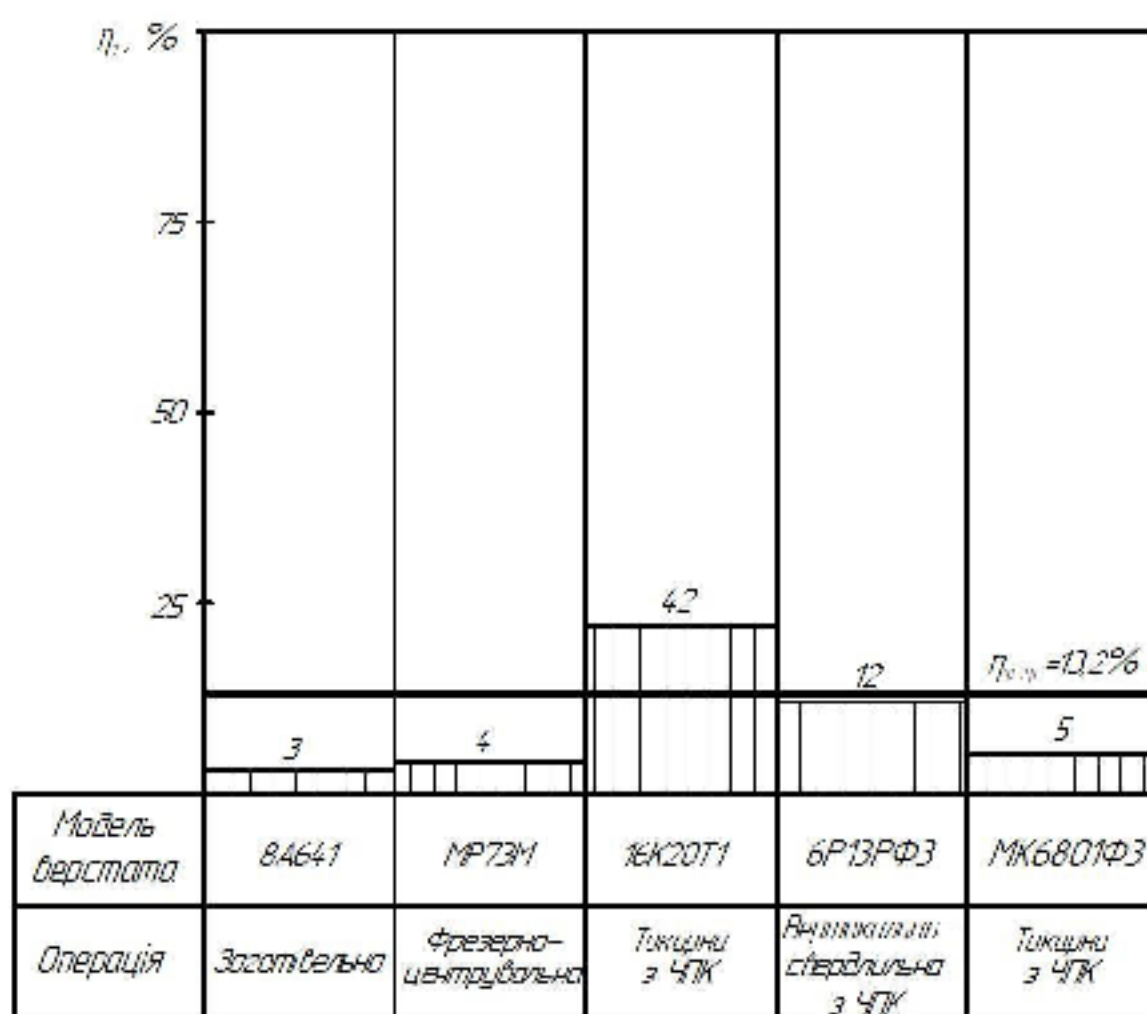


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

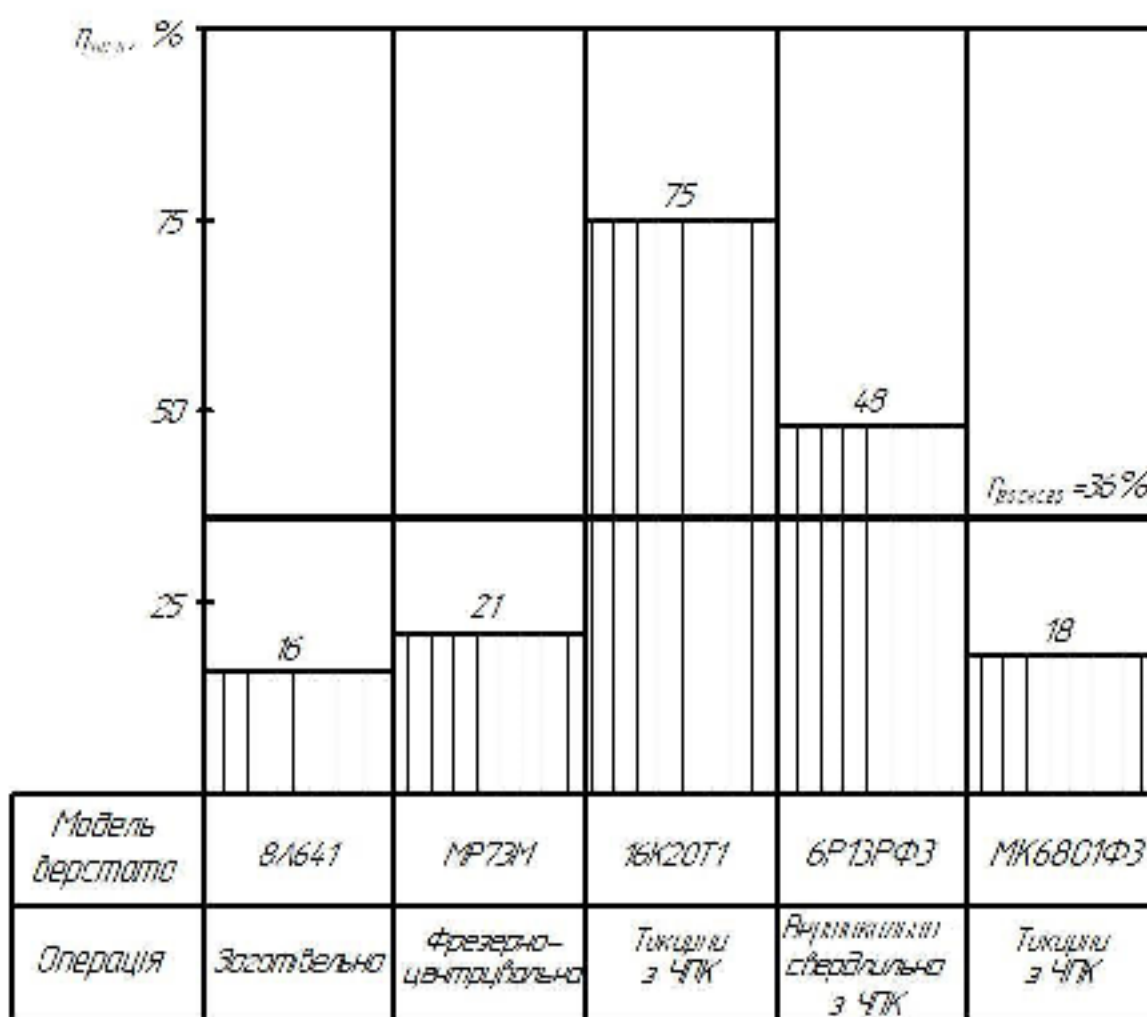


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Всі верстати з переналадкою необхідно використовувати для обробки інших типів деталей, так як коефіцієнт завантаження низький. Відрізний кругло-

пильний напівавтомат 8А641 знаходиться в заготівельному цеху.

Коефіцієнт використання за основним часом необхідно підвищити за рахунок скорочення допоміжного часу, тобто автоматизації процесу.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Розрахунок кількості робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути виконаним згідно з кількістю верстатів [2, 20]:

$$P_o = \frac{C_{np} \cdot \Phi_d \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_v \cdot K_m}, \quad (3.9)$$

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

Φ_d – дійсний річний фонд роботи верстатника, год.;

η_z та η_o – коефіцієнти завантаження та використання обладнання;

Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, год.;

K_m – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Результати розрахунків занесемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількість робітників по операціям

Назва операції	Кількість робітників верстатників в зміну
005 Заготівельна	0,01; прийнято 1
010 Фрезерно-центрувальна	0,02; прийнято 1
015 Токарна з ЧПК	0,67; прийнято 1
020 Фрезерна з ЧПК	0,12; прийнято 1
030 Токарна з ЧПК	0,02; прийнято 1
Σ в 2 зміни	5

Практично на всіх верстатах завантаження основних робітників є дуже низьким, тому вони повинні бути довантажені обробкою інших деталей, які не враховані в приведеній програмі.

Приймаємо для механічної дільниці з середньо серійним виробництвом, яка виготовляє вироби масою до 10 т, кількість допоміжних робітників займає 20-25% від кількості верстатників

$$P_{\text{доп.}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1,0 \dots 1,25 \text{ (чол.)}$$

Прийнято 1 робітника.

Кількість ІТР для механічної дільниці з середньо серійним виробництвом приймаємо 16...22% кількість ІТР від кількості верстатів

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 5 = 0,8 \dots 1,1 \text{ (чол.)}$$

Прийнято 1 ІТР.

Кількість службовців (СКП) механічної дільниці.

Згідно норми для середньосерійного виробництва приймаємо службовців 0,9...1,9% від кількості верстатників

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

Прийнято 0,05 ставки.

До категорії молодшого обслуговуючого персоналу відносяться прибиральники конторських та побутових приміщень. Їх кількість визначають за нормою один чоловік на 500-600 м² приміщень.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працівників дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення, %	Прийнята кількість, чол.
Основні робітники	розрахунок	5
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	16...22%	1
СКП	0,9...1,9%	0,05 ставк.
МОП	1 чол. на 500-600 м ²	1 чол.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Завданням розділу є здійснення атестації робочого місця за умовами праці, яке знаходиться в приміщенні, що пов'язане з напрямком майбутнього фахівця після закінчення ВУЗу.

4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих чинників, які регламентуються [21].

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [21, 22], які розподіляються таким чином:

1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; високий рівень електромагнітних випромінювань; понижена або підвищена температура, вологість і рухливість повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; відсутність або недостатність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

2) Хімічні небезпечні і шкідливі фактори – шкідливі хімічні речовини.

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – немає.

б) нервово-психічні перевантаження: перенапруження аналізаторів; монотонність праці.

Вкажемо імовірні підстави появи вказаних факторів та коротко опишемо їхню дію на організм працівника, оформивши їх в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Причини виникнення НШВФ та їхня дія на організм людини

НШВФ	Причини виникнення	Дія на організм людини
1	2	3
Підвищений рівень шуму і вібрації	наявність рухомих частин технологічного обладнання	психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму
Підвищений рівень інфразвуку	вентилятори та інші рухомі елементи обладнання з частотою рухів менше 20 Гц або 1200 об/хв	може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому
Підвищений рівень ультразвуку	супутній фактор при експлуатації технологічного і вентиляційного устаткування	функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність
Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону	лабораторні та вимірювальні прилади різного призначення, персональні комп'ютери тощо	може спровокувати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – підвищену стомлюваність, дратівливість, головний біль та інше
Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти	будь-які електроустановки та струмоведучі частини промислової частоти	може спровокувати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на відстані до 30 см від екрана. Не меншої інтенсивності досягають ці поля із задньої сторони дисплея (джерело рядковий трансформатор) – їхній шкідливий вплив поширюється на відстань до 0,7-1 м
Понижена або підвищена температура повітря робочої зони	спричиняється тим, що при роботі ЕОМ утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори. Це приводить до підвищення температури в приміщенні	перегрів або переохолодження організму працівника
Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони	різна кількість води, що випаровується у приміщенні, метеорологічні умови поза приміщенням	зменшення або збільшення тепловіддачі організмом працівника, що сприяє його перегріванню або переохолодженню

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Понижена або підвищена рухливість повітря робочої зони	нераціональні параметри системи вентиляції або її відсутність	порушення реакції терморегуляції організму працівника
Підвищена інтенсивність теплового випромінювання	тепло, яке надходить до приміщення від системи опалювання, в результаті сонячної радіації та від інших джерел	підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж
Відсутність або недостатність природного освітлення	відсутність або недостатні розміри віконних проїм	приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості
Недостатня освітленість робочої зони	відсутність або недостатність природного освітлення, мала потужність світильників та ламп штучного освітлення тощо	важкі травми і смертельні випадки на виробництві
Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони	основними джерелами озону на комп'ютеризованих місцях є електронно-променеві трубки відеотерміналів і лазерні принтери.	особливу небезпеку щодо впливу на здоров'я представляє підвищена концентрація озону – високотоксичного подразнюючого газу. Надзвичайна небезпека озону для здоров'я людини пов'язана з тим, що він належить до хімічних сполук, що викликають в живих організмах зміни, схожі з тими, які виникають після дії іонізуючого випромінювання. Тому озон вважається не лише подразнюючою, а й канцерогенною речовиною.
Перенапруження аналізаторів	постійною переадаптацією ока в умовах наявності в полі зору об'єкта і фону різної яскравості, недостатньою чіткістю і контрастністю зображення на екрані, рядковою структурою зображення, мерехтінням	різка втома органів зору працюючого, а часом погіршення зору
Монотонність праці	одноманітність роботи працюючого	викликає у працюючого переоцінку тривалості робочого часу (зміна здається значно довшою), а також підвищує аварійність і травматизм, призводить до плинності кадрів

Обґрунтуємо вибір нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих чинників.

Відповідно до [23] для такої шкідливої речовини, як озон, встановлюємо, що вона відноситься до 4-го класу безпеки, а її ГДК = 0,1 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – загальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [24].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – непостійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 75 дБА [25].

Відповідно до рекомендацій [29] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 71,682 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня становить 10 В/м відповідно до [26].

Допустима напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня складає 5 кВ/м [26].

За величиною енерговитрат 231 Вт відповідно до [27] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Па, для якої в теплий період року для постійних робочих місць допустима температура повітря складає 18...27 °С, допустима швидкість руху повітря 0,2...0,4 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 65 %. Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 140 Вт/м².

Враховуючи найменший розмір об'єкта розрізнення 0,28 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 2, для якого нормоване КПО для бокового освітлення складає 1,5% [28].

Оскільки приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 197°, то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [28]:

$$e_N = e_H m_N [\%]; \quad (4.1)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%),$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За співвідношенням контрасту (середній) та фону (темний), вибираємо підрозряд зорових робіт – б, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 750 лк.

4.2 Карта умов праці

4.2.1 Оцінка чинників трудового та виробничого процесів

В таблиці 4.2 наведено оцінку чинників виробничого і трудового процесів [29].

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 4-го класу небезпеки – 3 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в теплий період року – 1 ст.

Підвищена відносна вологість повітря в теплий період року – 1 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

Підвищена напруженість зору – 2 ст.

Недостатня освітленість робочої зони штучним освітленням – 1 ст.

4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

Таблиця 4.2 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступені 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижче	вище		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпек		—	—			
	2-й клас небезпек		—	—			
	3-й, 4-й класи небезпек		0,1	15,16			1
2	Вібрація		33	12			
3	Шум		75	70			
4	Інфразвук		110	24			
5	Ультразвук		110	69			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон		10	67			
	- діапазон промислової частоти		5	3,19			
	- оптичний діапазон		0,0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря, °C	18	27	27			
	- швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,4	1,1	—		
	- відносна вологість повітря, %		65	78	—		
	- інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	1748		+	
8	Виробниче освітлення:						
	- розряд зорових робіт	4		2		1	
	- КІО для природного освітлення, %	1,28		1,7			
	- освітленість для штучного освітлення, лк	750		486			
	Кількість факторів	—	—	—	4	2	1

4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

Для забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно використовувати систему витяжної вентиляції.

Для забезпечення допустимих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні потрібно екранувати джерела

Таблиця 4.4 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [31]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	B	5	50	30	20	55	12	15	18	1	1200	–	–

4.4 Висновки

Під час виконання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці, як аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні (описання і класифікація потенційно шкідливих та небезпечних факторів, визначення можливих причини виникнення цих чинників і короткий опис їхньої дії на організм працівника); карта умов праці; заходи щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал КЕС01.08.601А». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 3\,000$ шт.) розрахункового представника визначено тип виробництва – дрібносерійний, форма організації роботи – групова, виконано огляду технології виготовлення деталі типу «Вал», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний (круглий прокат) на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 25k6^{+0,015}_{-0,002}$, визначено режими різання та норми часу по операціях.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму, яка складає $N_{пр} = 7290$ шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 5 верстатів, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., допоміжних працівників на дільниці – 4 чол.

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі «Вал КЕС01.08.601А».

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі, схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу, карта налагоджень на 015 операцію та графіки завантаження верстатів на дільниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
5. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
6. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування: підручник. Житомир : ЖДТУ, 2005. 882 с.
7. Якимов О. В., Гусарев В. С., Якимов О. О., Лінчевський П. А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с
8. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
9. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
10. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для

виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

11.Дусанюк Ж. П., Сивак І. О., Дусанюк С. В., Репінський С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 105 с.

12.Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.

13.Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.

14.Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.

15.Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : <https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184>.

16.Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.

17.Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.

18.Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

19.Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

20.Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.

21.ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.

22. Віштак І. В., Березюк О. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 195 с.

23. МОЗ України. Наказ № 1596 від 14 липня 2020 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони». 81 с.

24. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

25. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

26. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

27. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

28. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

29. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Затверджено постановою КМУ від 1 серпня 1992 року № 442).

30. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

31. СНиП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки
деталі типу «Вал КЕС01.08.601А»

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

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 23,93 %

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)

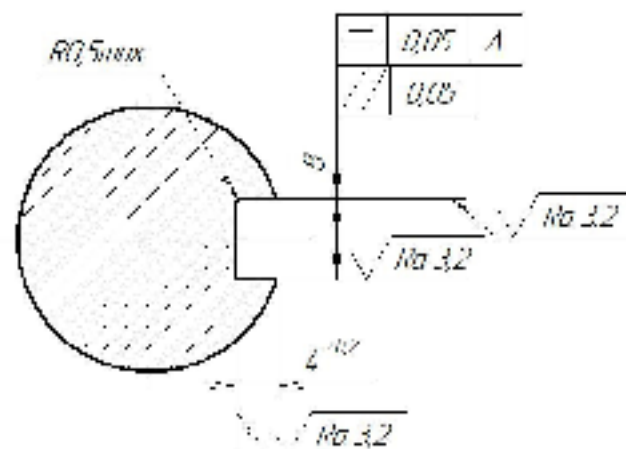
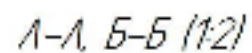
Керівник (підпис) Юрій БУРЄННИКОВ, професор кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач (підпис) Станіслав ПЕРЕВЕРТАНИЙ
(ім'я, прізвище)

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «ВАЛ КЕС01.08.601А»



1. На 230-300.
2. * Розмір для дітей.
3. Інформаційні зразки: підготовлені (зразки) шовкату і ш. 1/4, вшиті ш. 1/4, ш. 1/4 $\pm \frac{1}{2}$.
4. Обчисліть ширину підберіть 1 ш. 2 не більше 0,000 mm.

[illegible]

Graded App	Graded: 1500000

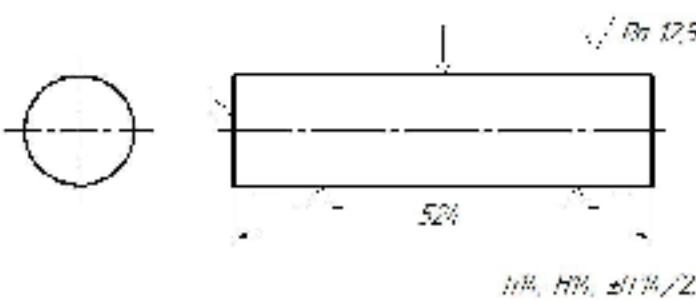
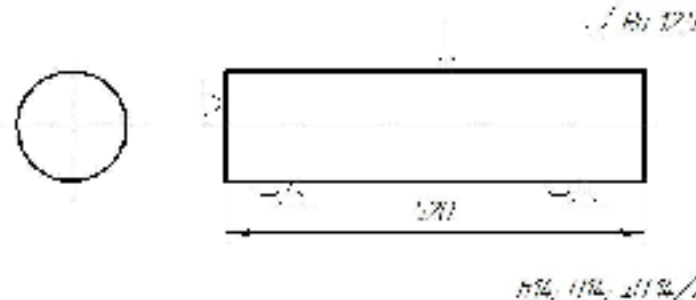
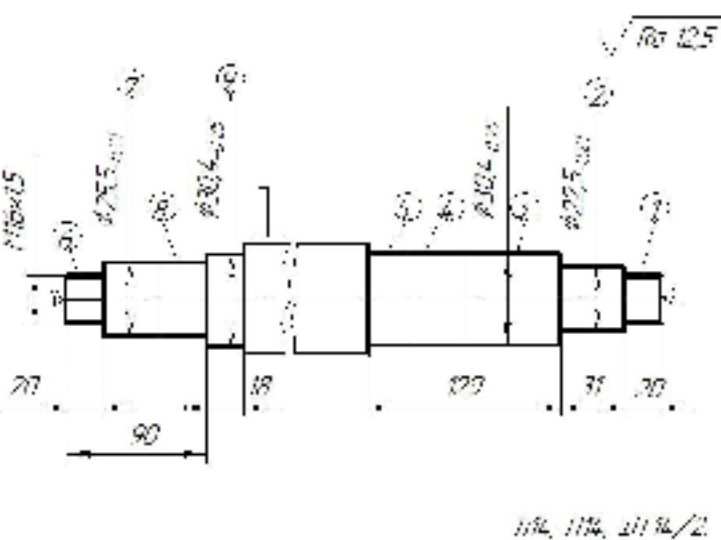
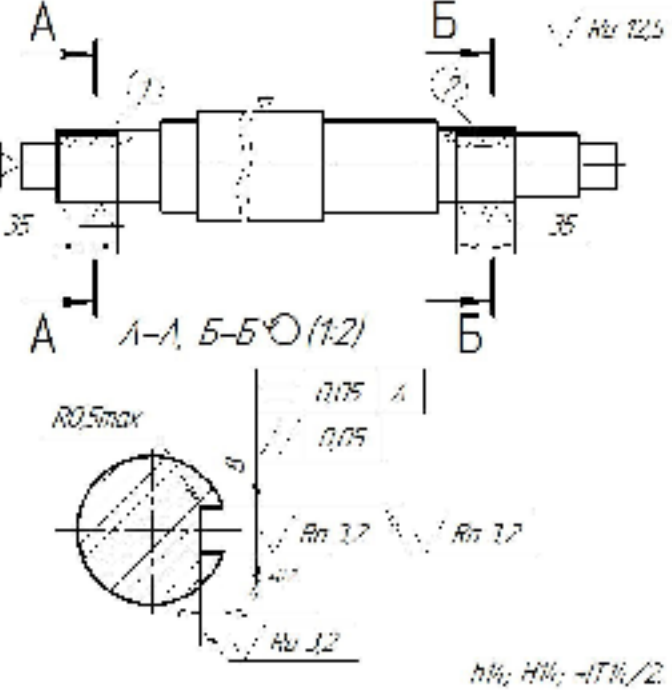
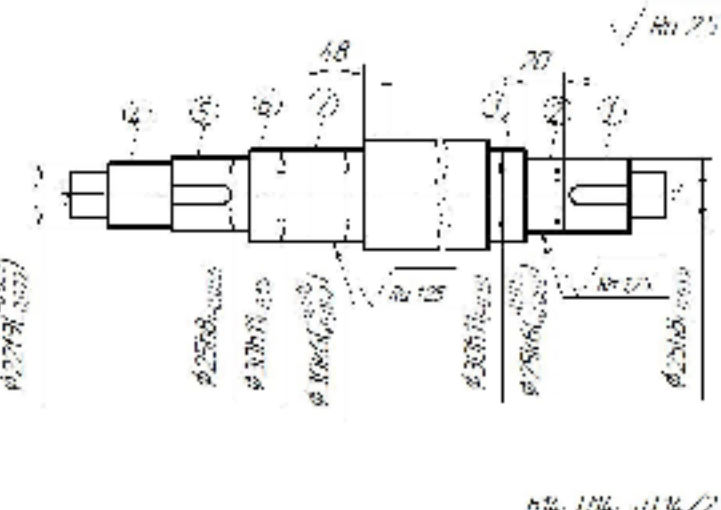
β_{eff}/N^2	β_{eff}/N^2	β_{eff}/N^2	β_{eff}/N^2	β_{eff}/N^2	β_{eff}/N^2

513-475
0470

					08-64.БКР.020.00.002		
Изм./Визм.	№ докум.	Подп.	Визм.		Вал	Лист	Масса
Разработ.	Григорьевский С.Г.				(заготовка)		6,21
Проб.	Нуртеев И.А.						11
Технотр.						Лист 1	Листов 1
Нормотр.	Акимов И.В.				34 ГОСТ 2590-88	ВНТУ	
Унб.	Климов А.Г.				Круг 40X ГОСТ 4543-71	ст. зр. 17М-215	

Определить $A?$

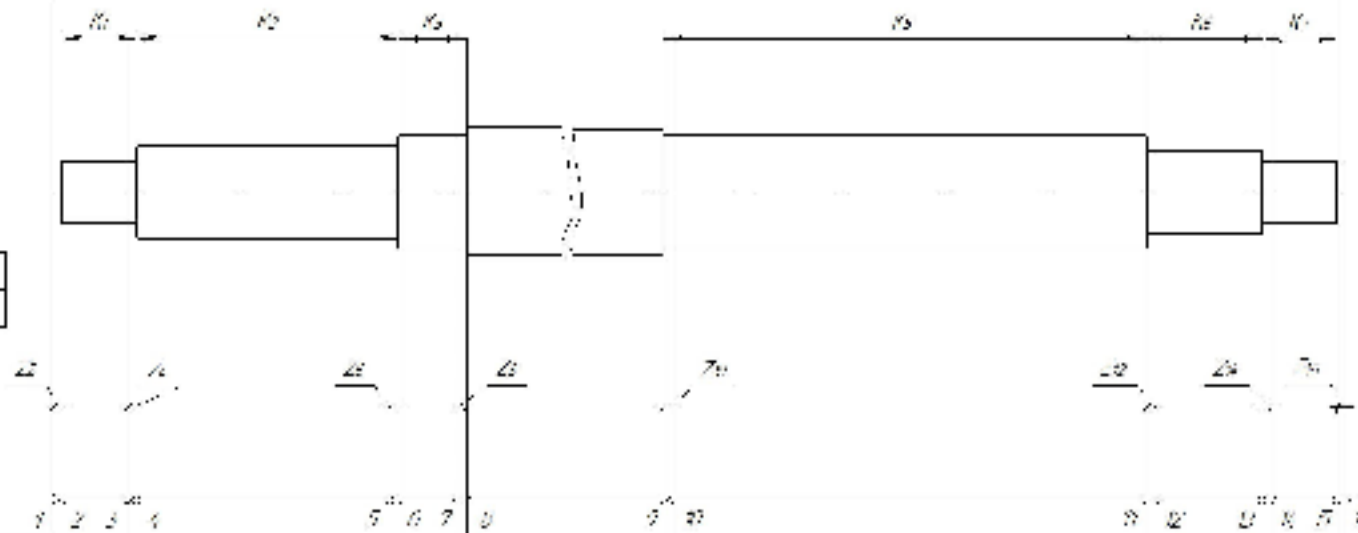
Технологічний процес механічної обробки деталі "Вал"

№ операції	Найменування операції, технологічних переходів	Ескіз обробки, схема установки	Обладнання та оснащення
005	Загинувельня 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Відрізати загинувельку $\phi 34$ $L=524$ мм.		Фрезерно-відрізний верстат моделі 8A641
010	Фрезерно-центрувальна 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Фрезерувати торці в розмір 520 мм і центрувати з двох сторін одночасно.		Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР73М
015	Токарна з ЧПК 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 попередньо. 3. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 остаточно. 4. Точити 3-ю фаску $1 \times 45^\circ$ і фаску $16 \times 45^\circ$. 5. Нарізати різьбу $M16 \times 1.5$ 8g. 6. Точити поверхні 6, 7, 8, 9 попередньо. 7. Точити поверхні 6, 7, 8, 9 остаточно. 8. Точити 3-ю фаску $1 \times 45^\circ$ і фаску $16 \times 45^\circ$. 9. Нарізати різьбу $M16 \times 1.5$ 8g.		Токарний верстат з ЧПК моделі 16K20T1
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Фрезерувати шпонковий паз 2.		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13PФ3
025	Термічна обробка - загартовування.		Чистильник ГВЧ. Індуктор.
030	Токарна з ЧПК 1. Встановити і зняти деталь. 2. Точити поверхню 1 однократно, 2 попередньо, 3, 4, 5, 6 однократно, 7 попередньо. 3. Точити поверхні 2, 7 остаточно.		Токарний верстат з ЧПК моделі МК6801Ф3

Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірні схеми технологічного процесу

N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7
20	10	15	375	120	31	20



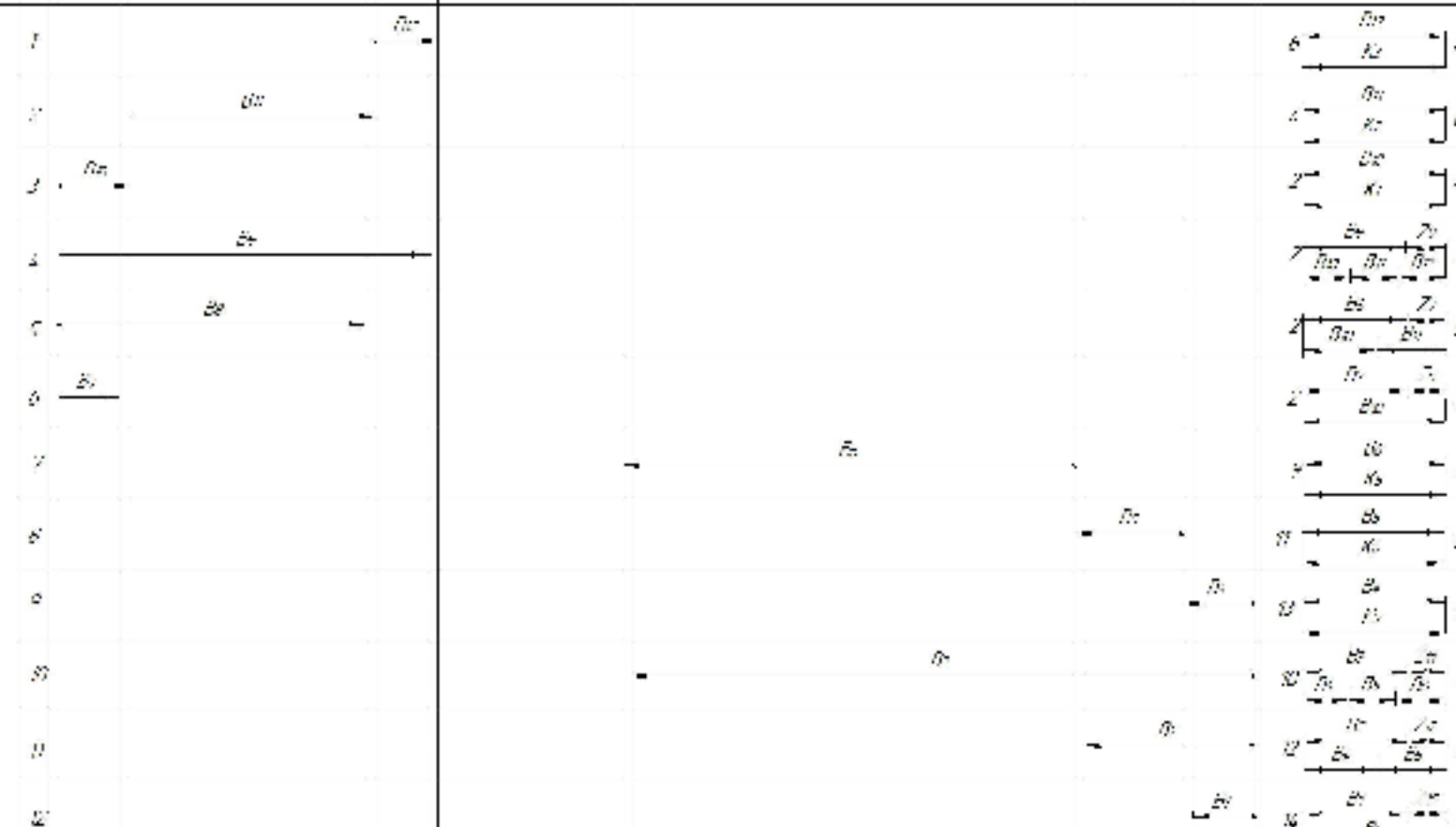
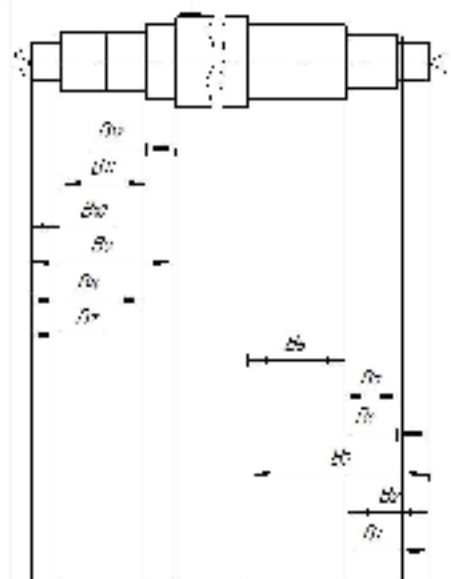
Параметр	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	N_{10}	N_{11}	N_{12}	N_{13}
Відсоток	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Відсоток, включено в загальну	0.72	0.65	0.55	0.55	0.74	0.89	0.77	0.82	0.91	0.82	0.62	0.76	0.65.7
Відсоток, включено в загальну	0.76	0.17	0.56	0.73	0.7	0.73	0.75	0.92	0.46	0.7	0.7	0.7	0.71
Відсоток, включено в загальну	0.74	0.56	0.56	0.56	0.77	0.71	0.74	0.82	0.92	0.82	0.62	0.76	0.65.7

Параметр	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	N_{10}	N_{11}	N_{12}	N_{13}
Відсоток, включено в загальну	0.72	0.65	0.55	0.55	0.74	0.89	0.77	0.82	0.91	0.82	0.62	0.76	0.65.7
Відсоток, включено в загальну	0.76	0.17	0.56	0.73	0.7	0.73	0.75	0.92	0.46	0.7	0.7	0.7	0.71
Відсоток, включено в загальну	0.74	0.56	0.56	0.56	0.77	0.71	0.74	0.82	0.92	0.82	0.62	0.76	0.65.7

Варіанти

Схеми улітундки

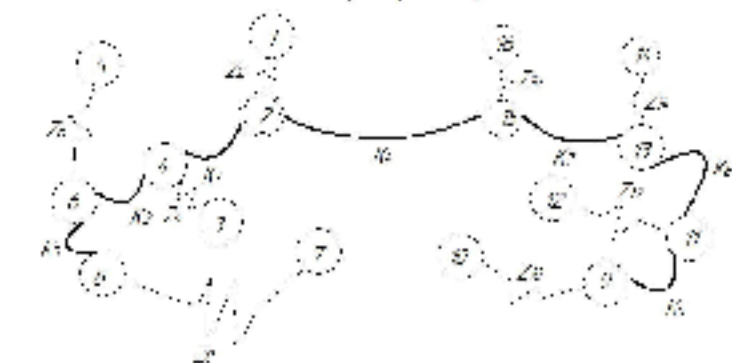
015



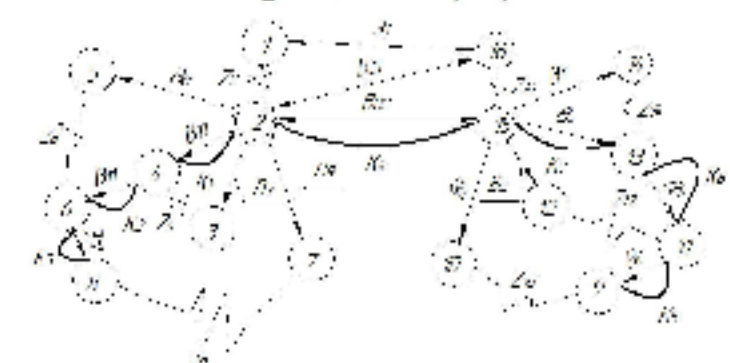
Похідний граф-дерево



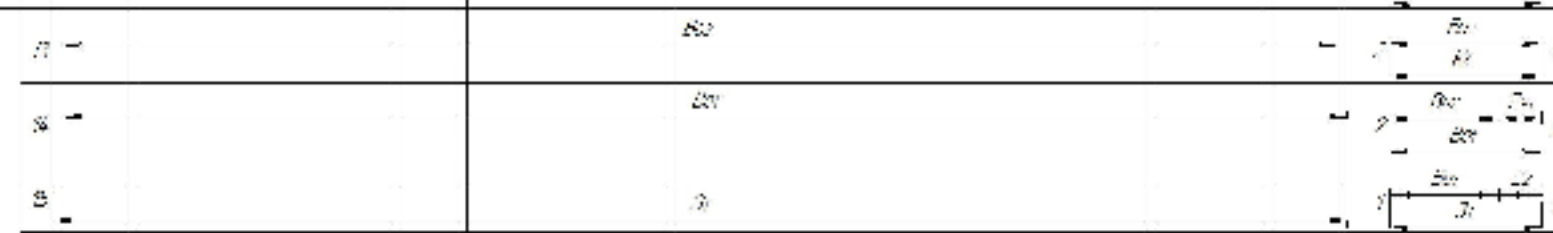
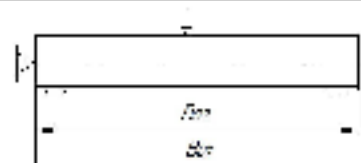
Вихідний граф-дерево



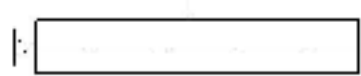
Суміщений граф



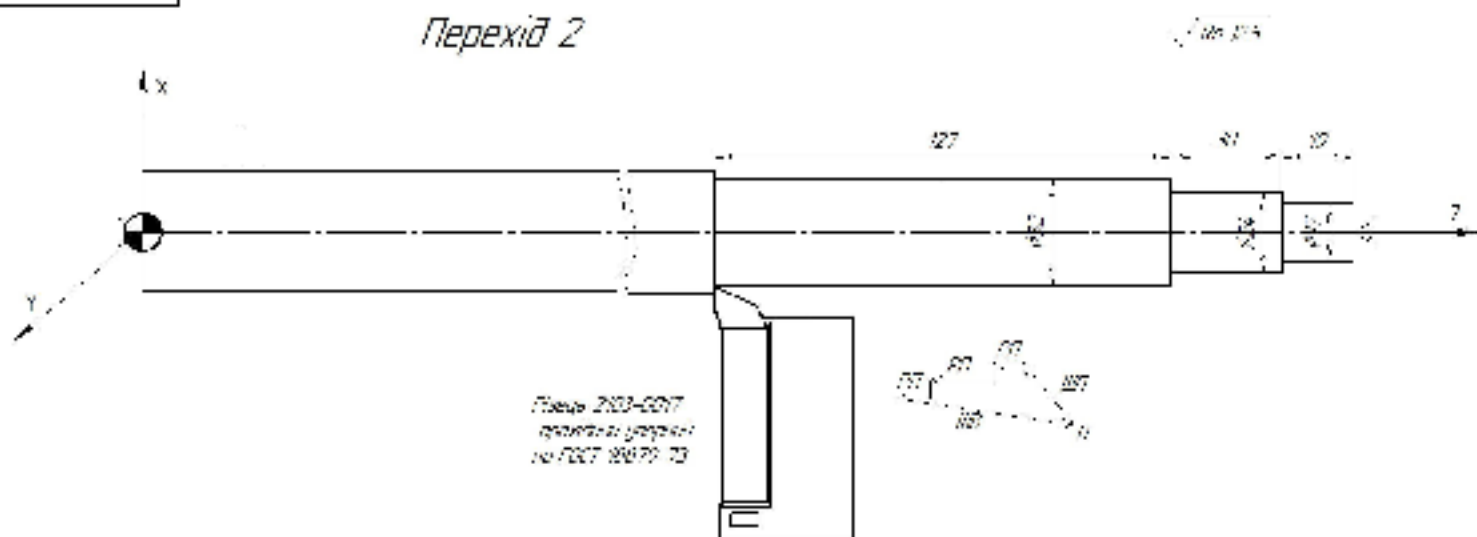
010



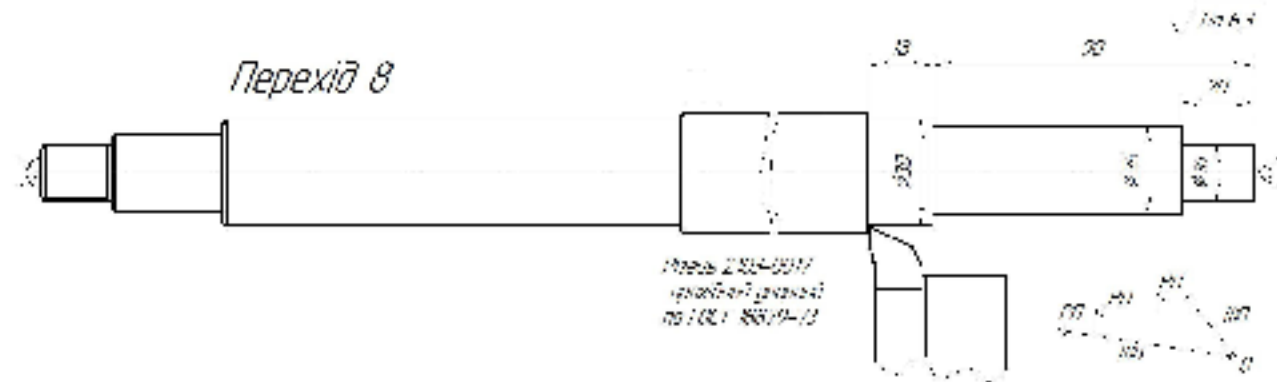
005



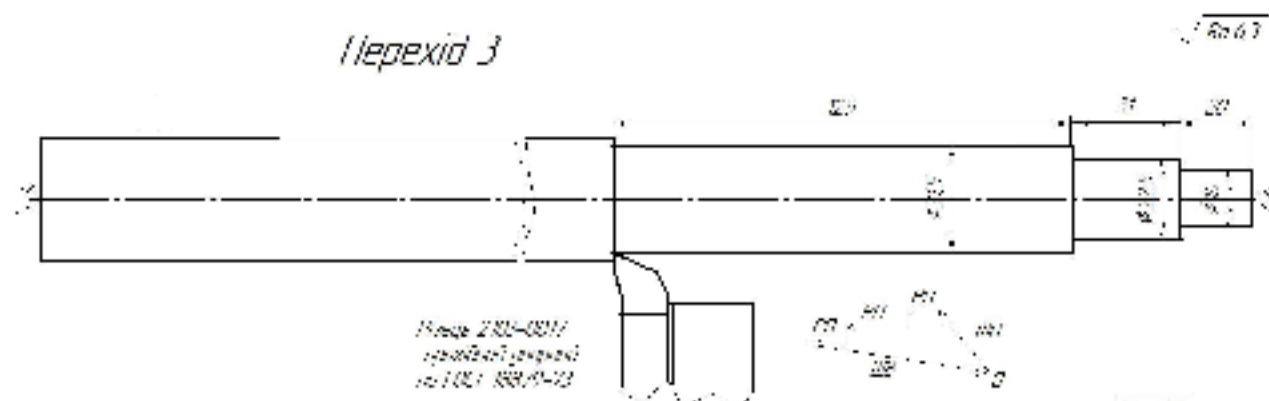
Перехід 2



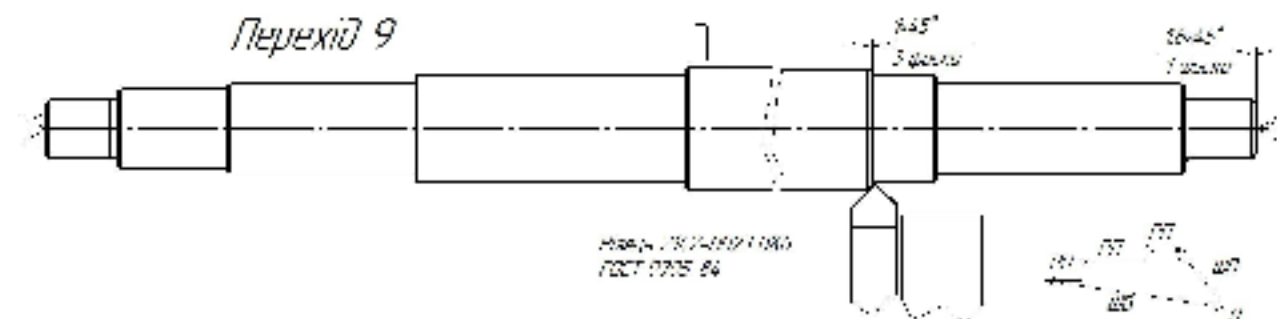
Перехід 8



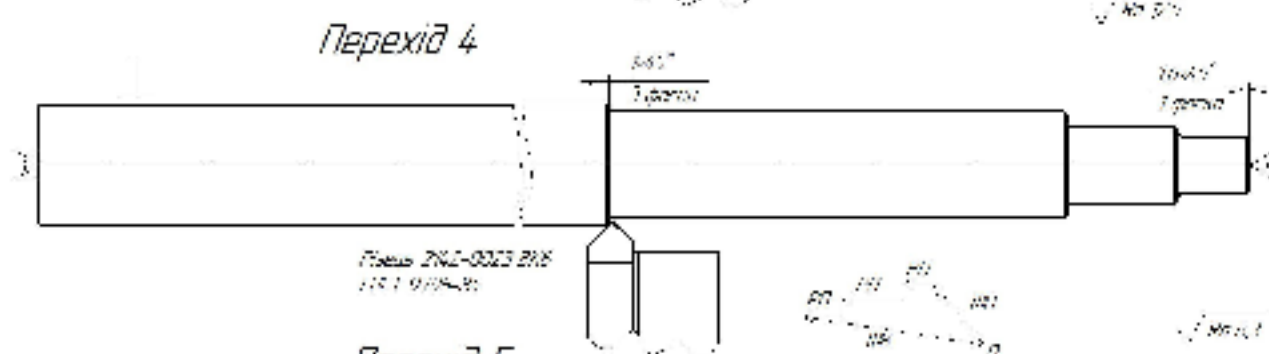
Перехід 3



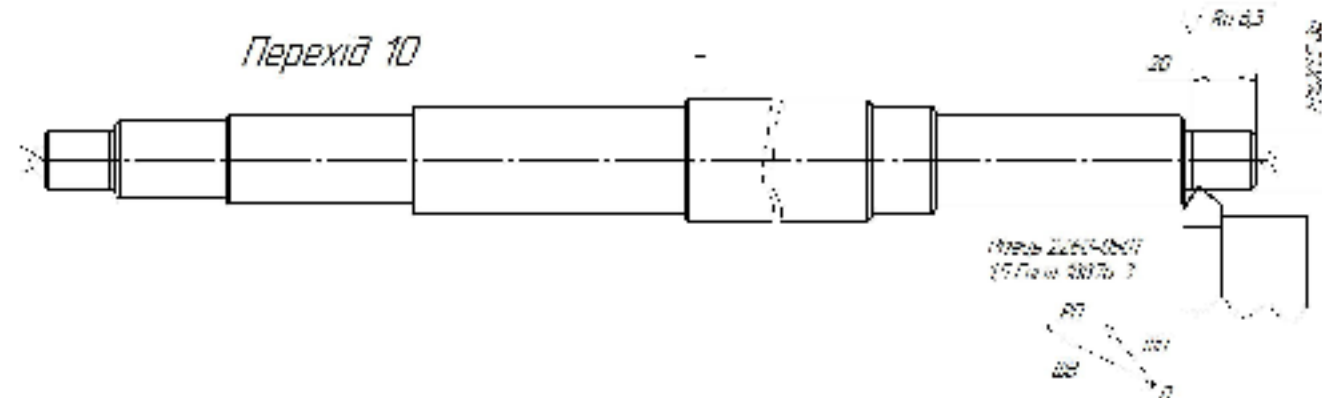
Перехід 9



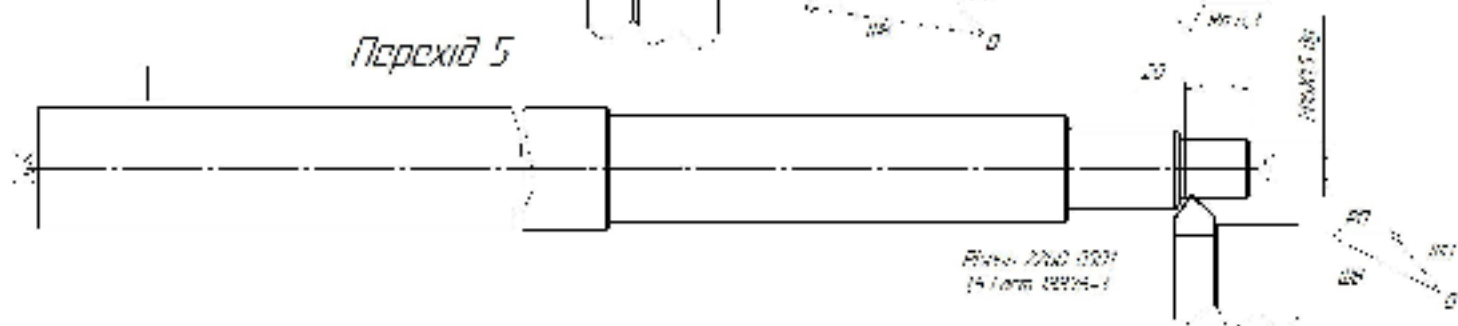
Перехід 4



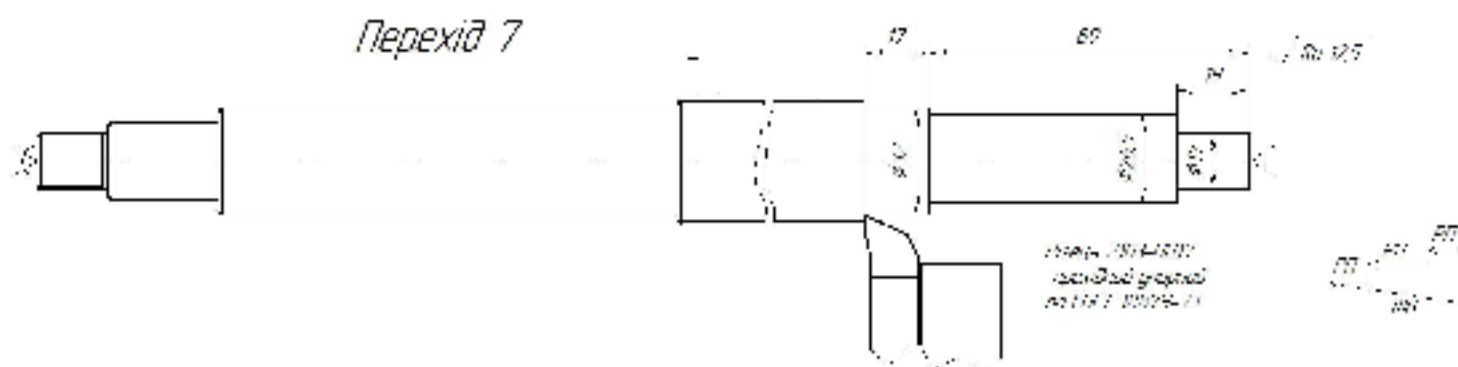
Перехід 10



Перехід 5



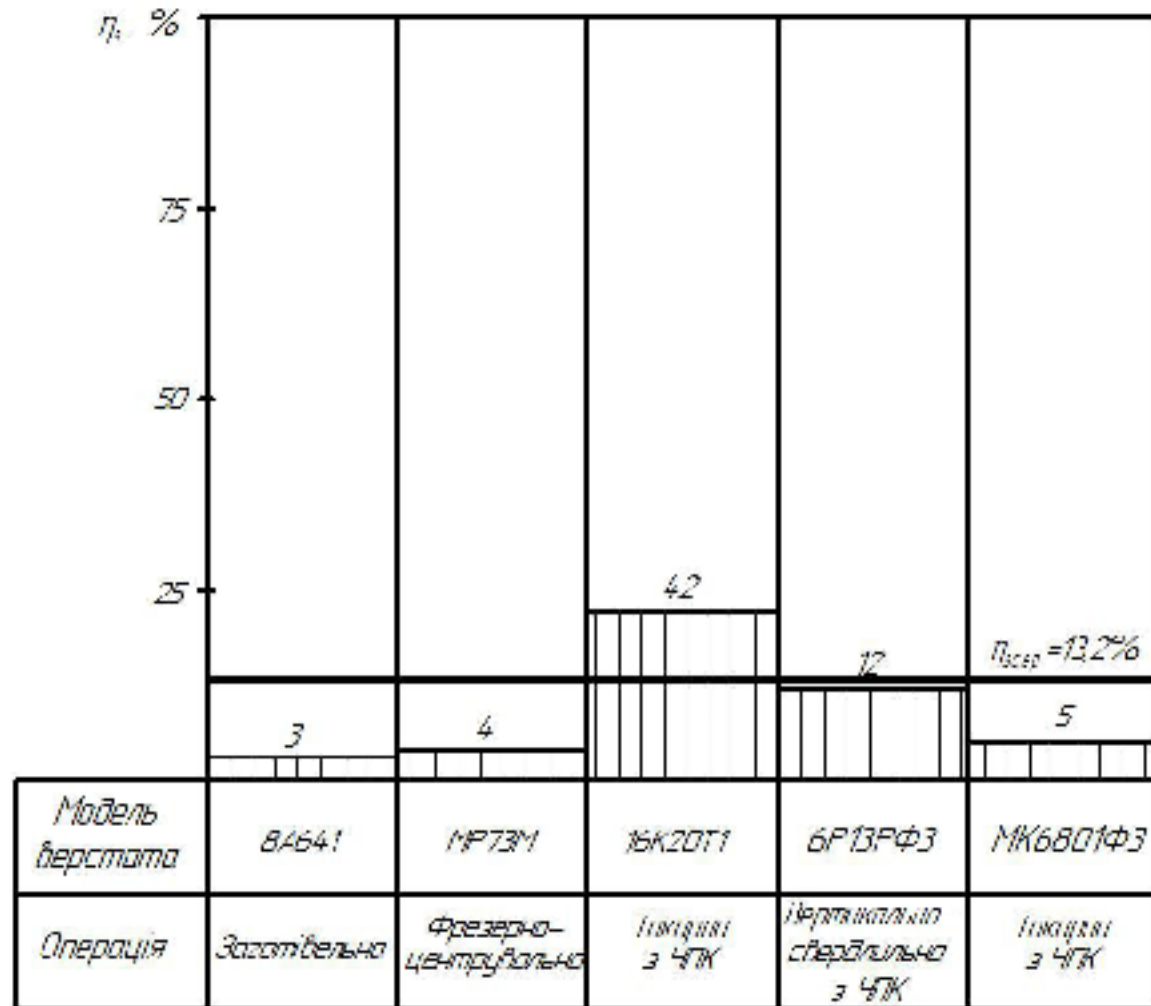
Перехід 7



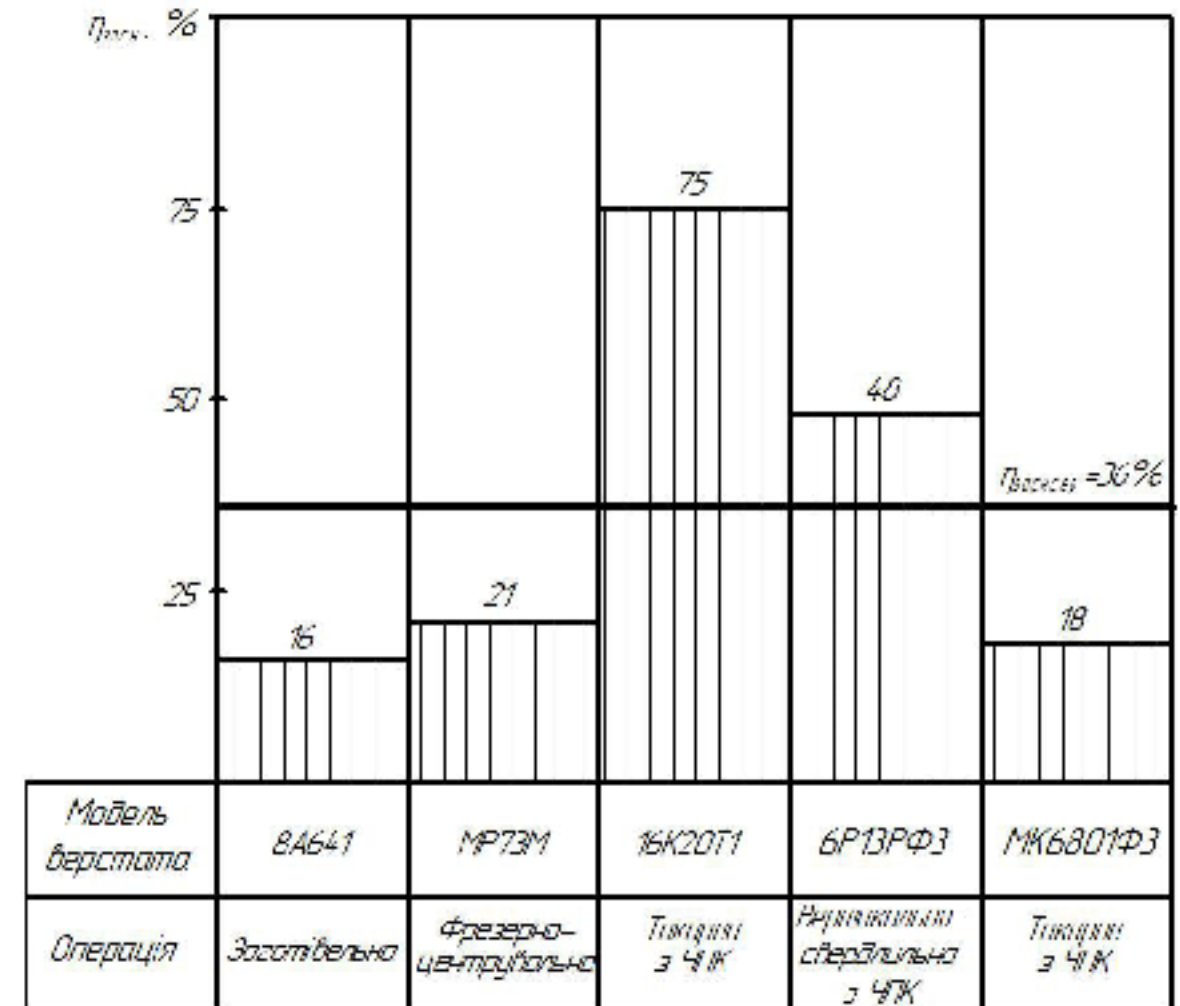
№	Наименование	Материал	Диаметр	Длина	Вес
1	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
2	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
3	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
4	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
5	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
6	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
7	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
8	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
9	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
10	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1

№	Наименование	Материал	Диаметр	Длина	Вес
1	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
2	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
3	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
4	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
5	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
6	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
7	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
8	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
9	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1
10	Переходный элемент	Сталь 12Х1Н	127	100	0,1

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом