

О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Курсове проектування

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик

**ТЕХНОЛОГІЯ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

Курсове проектування

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2013

УДК 621.01(075)
ББК 34.5я73
Д36

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 11 від 21 червня 2012 р.)

Рецензенти:

І. П. Паламарчук, доктор технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Р. Р. Обертюх, кандидат технічних наук, доцент

Дерібо, О. В.

Д36 Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

Посібник містить рекомендації до виконання та оформлення всіх розділів пояснювальної записки і графічної частини курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування». Докладно описано вимоги і методику виконання тих розділів проекту, які, на погляд авторів, недостатньо повно висвітлено у наявній літературі з проектування технологічних процесів механічної обробки. Повною мірою посібник може бути використаний також під час виконання бакалаврських дипломних робіт, а також технологічної частини дипломних проєктів та магістерських кваліфікаційних робіт.

Посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання на пряму підготовки 6.050502 — Інженерна механіка.

УДК 621.01(075)

ББК 34.5я73

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Вибір теми курсового проекту.....	6
2 Склад та обсяг курсового проекту.....	7
3 Рекомендації до виконання пояснювальної записки.....	9
3.1 Титульний аркуш.....	9
3.2 Відомість курсового проекту.....	9
3.3 Індивідуальне завдання на курсовий проект.....	9
3.4 Анотація.....	10
3.5 Зміст.....	10
3.6 Вступ.....	10
3.7 Аналіз конструкції і технологічності деталі.....	11
3.8. Проектування вихідної заготовки.....	12
3.9 Розробка маршруту механічної обробки.....	13
3.9.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва.....	13
3.9.2 Визначення кількості ступенів механічної обробки заданої циліндричної поверхні та вибір способів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності	14
3.9.3 Вибір технологічних баз.....	17
3.9.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки.....	22
3.9.5 Порівняння маршрутів механічної обробки та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат.....	22
3.10 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	25
3.10.1 Вибір розташування технологічних розмірів.....	25
3.10.2 Визначення допусків вихідної заготовки і допусків технологічних розмірів.....	25
3.10.3 Побудова розмірної схеми технологічного процесу.....	29
3.10.4 Побудова похідного і вихідного графів-дерев та суміщеного графа.....	29
3.10.5 Складання рівнянь технологічних розмірних ланцюгів....	32
3.10.6 Визначення проміжних мінімальних припусків для обробки плоских поверхонь.....	33
3.10.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів.....	33
3.11 Визначення припусків і технологічних розмірів для механічної обробки циліндричних поверхонь.....	49
3.11.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом проміж- них припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.....	49
3.11.2 Визначення проміжних припусків з використанням дослідно-статистичного (нормативного) методу.....	64

3.12	Визначення режимів різання.....	64
3.12.1	Визначення глибини різання.....	65
3.12.2	Визначення подачі.....	66
3.12.3	Визначення швидкості різання та частоти обертання шпинделя.....	67
3.12.4	Визначення потужності різання.....	68
3.12.5	Визначення розрахункової довжини робочого ходу інструмента.....	69
3.12.6	Визначення основного машинного часу (часу виконання робочих ходів).....	69
3.12.7	Оформлення результатів визначення режимів різання.....	69
3.12.8	Оптимізація режимів різання на ЕОМ.....	72
3.13	Визначення технічних норм часу.....	72
3.14	Визначення необхідної кількості верстатів та їх завантаження	73
3.15	Оформлення і написання висновків.....	75
3.16	Правила написання списку використаної літератури.....	75
4	Вимоги до оформлення пояснювальної записки.....	76
4.1	Загальні правила.....	76
4.2	Правила написання тексту.....	76
4.3	Написання формул.....	77
4.4	Оформлення рисунків.....	78
4.5	Оформлення таблиць.....	78
5	Рекомендації до виконання й оформлення графічної частини.....	79
5.1	Креслення деталі.....	79
5.2	Креслення заготовки.....	79
5.3	Маршрут механічної обробки.....	79
5.4	Карта налагоджень.....	80
6	Позначення документів курсового проекту.....	83
7	Порядок виконання та захисту курсового проекту.....	84
	Література.....	86
	Додатки.....	89

ВСТУП

В системі підготовки інженерів-машинобудівників виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування» (далі – курсового проекту) займає особливе місце. Це важливий етап підготовки студентів-старшокурсників до дипломного проектування, який значною мірою визначає рівень знань і практичних навичок майбутніх фахівців в галузі сучасних машинобудівних технологій.

Таким чином, метою курсового проектування є закріплення, поглиблення і узагальнення знань, отриманих на попередніх етапах навчання, а також набуття практичних навичок розв'язання різноманітних задач технологічної підготовки виробництва машин.

Навчальний посібник є узагальненням багаторічного досвіду керування курсовим проектуванням викладачами кафедри «Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету. В основу змісту курсового проекту покладені підходи, запропоновані професорами І. А. Немировським, М. І. Івановим, В. І. Савуляком та доцентом Ю. М. Дівеєвим, які у різні роки на високому рівні керували курсовим проектуванням і зробили значний внесок у формування змісту проекту і методик його виконання.

Задачею авторів посібника було висвітлення змісту і рекомендацій до виконання та оформлення всіх розділів пояснювальної записки і графічної частини курсового проекту з урахуванням сучасних наукових та інженерних досягнень у галузі машинобудування.

Автори посібника з вдячністю сприймуть всі слушні зауваження і побажання студентів та викладачів і обов'язково врахують їх у подальших виданнях.

Посібник призначений перш за все для студентів напряму підготовки 6.050502 — Інженерна механіка і може бути корисним студентам напряму підготовки 6.050503 — Машинобудування.

Повною мірою посібник може бути використаний студентами під час виконання бакалаврських дипломних робіт, а також технологічної частини дипломних проектів та магістерських кваліфікаційних робіт.

1 ВИБІР ТЕМИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Теми курсових проектів з дисципліни «Технологія машинобудування» підбирає і формулює керівник проекту. Затверджує тему завідувач кафедри.

Індивідуальне завдання на курсовий проект видається студенту протягом перших двох тижнів теоретичного навчання.

Зазвичай під час курсового проектування студенти розробляють одиничні технологічні процеси механічної обробки заготовок деталей.

За узгодженням з керівником проекту за основу для курсового проектування може вибиратися деталь, що виготовляється підприємством, на якому студент проходив практику. У цьому випадку тема курсового проекту пов'язана із потребами виробництва і має реальний характер, тобто використовуваний на підприємстві технологічний процес може розглядатись як базовий і, відповідно, буде модернізуватись під час виконання проекту.

Студент може також розробляти технологічний процес механічної обробки заготовки деталі, креслення якої пропонується керівником проекту. У цьому випадку проектування має навчальний характер.

Керівник проекту за погодженням із завідувачем кафедри може запропонувати студенту й інше завдання, наприклад, проектування групового чи типового технологічного процесу механічної обробки або технологічного процесу складання машини. Курсовий проект може включати елементи наукових досліджень в галузі технології машинобудування, виконаних студентом самостійно. Темою такого дослідження може бути, наприклад, аналіз точності механічної обробки на одній з технологічних операцій запропонованого маршруту. Якщо в основу курсового проекту покладено реальний технологічний процес підприємства крупносерійного або масового виробництва, то темою наукового дослідження може бути як складова курсового проекту статистичний аналіз точності механічної обробки або складання.

У будь-якому випадку результати курсового проектування можуть використовуватись в бакалаврській дипломній роботі, дипломному проєкті або в магістерській кваліфікаційній роботі.

2 СКЛАД ТА ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Рекомендовані зміст та обсяг типової *пояснювальної записки* такі.

Титульний аркуш.

Реферат.

Відомість проекту.

Індивідуальне завдання на курсовий проект.

Вступ — 1 с.

1 Аналіз конструкції і технологічності деталі — 1...2 с.

2 Проектування заготовки — 2...3 с.

3 Розробка маршруту механічної обробки.

3.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва — 2...3 с.

3.2 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки заданої циліндричної поверхні — 3...4 с.

3.3 Вибір чистових і чорнових технологічних баз — 3...4 с.

3.4 Розробка двох варіантів маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування — 3...5 с.

3.5 Порівняння маршрутів механічної обробки і вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат — 2...3 с.

4 Розмірний аналіз технологічного процесу.

4.1 Вибір розташування технологічних розмірів — 1...2 с.

4.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів — 1...2 с.

4.3 Розмірна схема технологічного процесу — 1 с.

4.4 Побудова похідного, вихідного графів-дерев і суміщеного графа — 1...2 с.

4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами) — 1...2 с.

4.6 Рівняння технологічних розмірних ланцюгів — 1 с.

4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів і маршруту механічної обробки — 3...4 с.

5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь — 5...5 с..

5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом проміжних припусків на механічну обробку заданої циліндричної поверхні і технологічних розмірів на обробку цієї поверхні — 2...3 с.

5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і розрахунок технологічних розмірів і максимальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь — 1...2 с.

6 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів — 2..3 с.

7 Оптимізація на ЕОМ режимів різання на заданому технологічному переході — 2..3 с.

8 Визначення технічних норм часу на всі операції механічної обробки — 3...4 с.

9 Визначення завантаження обладнання — 2...3 с.

Висновки — 1 с.

Література — 1 с..

Рекомендовані зміст та обсяг *графічної частини* типового проекту:

1. Креслення деталі – аркуш формату А2 чи А3;
2. Креслення заготовки – аркуш формату А2 чи А3;
3. Графічне зображення маршруту механічної обробки по операціях – аркуш формату А1 чи А2;
4. Карта налагоджень на операцію чи операції – аркуш формату А1.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Проектування технологічного процесу механічної обробки є складною багатоваріантною сукупністю дій. Досить часто ці дії мають ітеративний характер, тобто виконавши частково певний етап проектування переходять до наступних етапів і результати їх виконання використовують для завершення попередніх етапів. Разом з тим, у пояснювальній записці мають бути відображені остаточно прийняті рішення і отримані кількісні дані.

В тексті пояснювальної записки не повинно бути переписаних з навчальної літератури загальних означень і формулювань. Всі частини записки мають містити тільки конкретні і стислі обґрунтування прийнятих рішень і результати виконаної під час проектування роботи.

У цьому розділі посібника детально описані методика і вимоги до виконання тих пунктів ПЗ, які, на погляд авторів, не досить повно описані в наявних посібниках з курсового проектування. Рекомендації до виконання решти пунктів описані більш стисло з посиланням на відповідну навчальну та довідникову літературу.

3.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш є першою сторінкою (обкладинкою) пояснювальної записки (ПЗ). Ця сторінка не нумерується. Згідно з Наказом МОН України за № 384 від 28.09 2012 р. титульний аркуш виконується за встановленим зразком (форма № Н-6.01). Приклад оформлення титульного аркушу показано у додатку А.

3.2 Відомість курсового проекту

Відомість курсового проекту — документ, який визначає склад і комплектність курсового проекту. У відомості проекту вказується обсяг ПЗ, наводиться перелік графічних документів. Відомість курсового проекту розміщується зразу за титульним аркушем, починаючи з нової сторінки, яка не нумерується. Приклад оформлення відомості курсового проекту показаний у додатку Б.

3.3 Індивідуальне завдання на курсовий проект

Індивідуальне завдання на курсовий проект розміщується зразу за відомістю проекту.

Зразок бланка індивідуального завдання на виконання типового курсового проекту показаний у додатку В.

3.4 Анотація

Анотація призначена для ознайомлення зі змістом та обсягом курсового проекту. Анотація розміщується зразу за індивідуальним завданням, починаючи з нової сторінки, яка не нумерується. Слово «Анотація» як заголовок не пишеться. Приклад оформлення анотації показаний у додатку Г.

3.5 Зміст

Зміст пишуть з нової пронумерованої сторінки із заголовком «**ЗМІСТ**» з абзацу великими літерами з більш високою насиченістю (жирністю) шрифту.

Зміст розташовують зразу за рефератом, починаючи з нової пронумерованої сторінки.

До змісту включають: вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів та підпунктів (якщо вони мають заголовки) курсового проекту; висновки; список літератури; назви додатків і номери сторінок, які відповідають початку матеріалу.

Зміст за нумерацією ПЗ є третьою сторінкою, на якій виконують основний надпис за формою 2 (40×185 мм) у такому вигляді.

					<i>08-26.КП.ТМ.21.ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб</i>	<i>Иваненко</i>				<i>Курсовий проект з технології машинобудування</i>	<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров</i>	<i>Петренко</i>						<i>3</i>	<i>54</i>
<i>Н. контр</i>	<i>Петренко</i>				<i>Пояснювальна записка</i>	<i>ВНТУ, 11М-098</i>		
<i>Утв</i>	<i>Сивак</i>							

На наступних сторінках ПЗ основний надпис виконують за формою 2а (15×185 мм).

Назви заголовків змісту повинні однозначно відповідати назвам заголовків у пояснювальній записці і узгоджуватись з індивідуальним завданням. Форма подачі розділів, підрозділів і пунктів у змісті має відповідати вимогам [15].

Нумерація сторінок повинна бути наскрізною (включаючи додатки).

Обсяг пояснювальної записки враховується до додатків.

3.6 Вступ

Вступ пишуть з нової пронумерованої сторінки із заголовком «**ВСТУП**» з абзацу великими літерами з більш високою насиченістю (жирністю) шрифту.

У вступі наводиться стисла характеристика сучасного рівня технології механічної обробки стосовно того класу деталей, до якого відноситься за-

дана в індивідуальному завданні деталь, з урахуванням заданого типу виробництва і висвітлюються основні завдання даного проекту.

3.7 Аналіз конструкції і технологічності деталі

На основі складального креслення виробу чи складальної одиниці слід проаналізувати службове призначення деталі, встановити функціональне призначення поверхонь, тобто виявити конструкторські бази (основні і допоміжні), кріпильні і вільні поверхні та згідно з цим перевірити параметри точності та шорсткості поверхонь деталі. Якщо складальне креслення відсутнє, то призначення деталі і функціональне призначення її поверхонь студент встановлює під час консультацій з допомогою керівника проекту.

Далі слід проаналізувати наявність всіх необхідних розмірів та інших вимог точності. Якщо розмірів недостатньо, то студент, за узгодженням з керівником проекту, має їх проставити.

Під час виконання курсового проекту слід виконати тільки якісний аналіз технологічності деталі.

Якісний аналіз технологічності конструкції характеризується показниками «добре — погано», «припустимо — неприпустимо».

Цей аналіз здійснюється у такій послідовності.

1. На основі вивчення умов роботи виробу, а також враховуючи річну програму, проаналізувати можливості спрощення конструкції деталі, а також можливість і доцільність заміни матеріалу.

2. Встановити можливість застосування високопродуктивних методів обробки.

3. Проаналізувати конструктивні елементи деталі в технологічному відношенні, використовуючи при цьому рекомендації щодо технологічності конструкцій, які є, наприклад, в [2, 20]. Виявити важкодоступні для обробки місця.

4. Визначити можливість суміщення технологічних і конструкторських баз при виконанні розмірів, що мають жорсткі допуски.

5. Визначити можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні деталі розмірів.

6. Визначити поверхні, які можуть бути використані для базування, проаналізувати необхідність введення штучних технологічних баз.

7. Проаналізувати можливість вибору раціональнішого способу виготовлення заготовки, враховуючи економічні фактори.

8. Проаналізувати наявність в конструкції деталі, що підлягає термічній обробці, конструктивних елементів, які зменшують жолоблення деталі в процесі нагрівання та охолодження, і визначити, чи правильно вибраний матеріал з урахуванням термічної обробки.

Рекомендації з аналізу технологічності стосовно окремих груп деталей (корпусів, валів, зубчастих коліс) є в [4, С.12, 13].

3.8 Проектування вихідної заготовки

Спосіб виготовлення вихідної заготовки входить до початкових даних індивідуального завдання на виконання курсового проекту, тобто вважається заданим.

Для спрощення курсового проектування можливий вибір способів виготовлення вихідних заготовок зазвичай обмежується: поширеними способами лиття; поширеними способами гарячого пластичного деформування (штампуванням на КГШП або на молотах, куванням на ГKM); штучними заготовками, виготовленими розрізанням сортового або трубного прокату.

В обґрунтованих випадках можуть задаватись інші способи виготовлення заготовок.

Загальна послідовність проектування литих заготовок і заготовок, виготовлених гарячим пластичним деформуванням, по суті не відрізняється. Тому спочатку розглянемо послідовність проектування саме цих їх різновидів.

Кінцевим результатом проектування будь-якої заготовки є її креслення. Креслення заготовки відрізняється від креслення деталі наявністю напусків і припусків на оброблюваних поверхнях. Кількісні значення напусків не визначаються. Тому основною задачею проектування заготовки є визначення загального припуску на механічну обробку кожної з поверхонь, яка піддається такій обробці. Значення припусків потрібні для визначення розмірів вихідної заготовки, які змінюються в ході механічної обробки. Незмінювані розміри переносяться на креслення заготовки з креслення деталі. Ці розміри визначаються під час конструювання як машини в цілому, так і деталі, і залежать від їх службового призначення.

Таким чином, під час виконання курсового проекту послідовність проектування вилівка або штампованої поковки зазвичай є такою.

1. Формують вихідні дані для проектування згідно з рекомендаціями [8, 9, 23, 25].

2. Виходячи з креслення деталі, креслять ескіз з контурами заготовки. На ескізі з використанням рекомендацій [9, 23, 25, 26] показують конструктивні елементи (отвори, уступи, канавки, пази, скоси, радіусні поверхні тощо), наявність яких у заготовці гарантовано забезпечується заданим способом її виготовлення.

3. Виходячи з креслення деталі, на ескізі заготовки показують всі розміри, значення яких не змінюються під час механічної обробки.

4. Аналізуючи креслення деталі, на ескізі заготовки показують розташування тих її розмірів, які змінюються в процесі механічної обробки. Далі, приймаючи за номінальні значення цих розмірів відповідні значення розмірів готової деталі, з використанням рекомендацій і даних [9, 23, 25, 26], призначають допуски розмірів вихідної заготовки.

5. З використанням рекомендацій [9, 14, 23, 25, 26, 36] визначають кількісні значення розмірів конструктивних елементів (мінімально допустимі товщини стінок, радіусів заокруглень, формувальних ухилів тощо).

6. Визначають і проставляють на ескізі ті розміри заготовки, які змінюються під час механічної обробки. Ці розміри заготовки визначаються за рекомендаціями [8, 9, 14, 35] для виливків і за рекомендаціями [14, 23, 36] для поковок і штампованих заготовок.

Виконуючи цей пункт, не розглядають ті розміри заготовки, значення яких будуть отримані в результаті виконання п.п. 4.7, 5.1 та 5.2 індивідуального завдання. Після виконання цих пунктів отримані розміри заготовки також мають бути проставлені на її ескізі.

Ескіз заготовки розміщують у пояснювальній записці.

На основі ескізу заготовки розробляють її креслення, яке згідно з індивідуальним завданням входить до графічної частини проекту.

Таким чином, під час курсового проектування креслення виливків, штампованих заготовок і поковок розробляються після виконання цього пункту, а також пунктів 4.7, 5.1, 5.2 індивідуального завдання.

3.9 Розробка маршруту механічної обробки

3.9.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва

У цьому пункті слід навести результати якісного аналізу відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах типу виробництва, який відповідає індивідуальному завданню. Приклади таких маршрутів є, наприклад, в [16].

Вибраний для аналізу типовий маршрут механічної обробки слід оформити у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 — Типовий маршрут механічної обробки деталі типу (вказати тип деталі)

№ операції	Найменування операції, і зміст технологічних переходів	Тип і модель верстата

Аналіз вибраного типового технологічного процесу механічної обробки деталі слід проводити, встановлюючи:

- відповідність прийнятого обладнання заданому типу виробництва;
- доцільність вибраного способу виготовлення заготовки та його відповідність типу виробництва;
- раціональність послідовності та змісту операцій і переходів механічної обробки;
- доцільність вибраних схем базування;

- можливість забезпечення необхідних показників точності виготовлюваної деталі;
- можливість зменшення кількості операцій та переходів механічної обробки, а також зменшення трудомісткості їх виконання;
- можливість зменшення кількості переустановлень заготовки;
- можливість використання меншої кількості верстатів;
- можливість механізації, автоматизації операцій технологічного процесу механічної обробки;
- можливі шляхи зниження собівартості механічної обробки.

3.9.2 Визначення кількості ступенів механічної обробки заданої циліндричної поверхні та вибір способів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

На цьому етапі виконання курсового проекту здійснюється пошук раціональних рішень щодо необхідної і достатньої кількості ступенів обробки окремих поверхонь, а також вибір способів механічної обробки, за допомогою яких забезпечуватимуться всі вимоги точності до механічно оброблюваних поверхонь деталі.

Спочатку з використанням методики [12, С. 52, 53] (ця методика описана також в [27, С. 82 – 84]) слід розрахувати кількість ступенів механічної обробки найточнішої циліндричної поверхні (поверхня має бути задана в індивідуальному завданні).

Розподіляючи загальне уточнення ε_{Σ} на проміжні уточнення ε , які відповідають ступеням обробки (переходам), слід враховувати такі типові рекомендації:

- для першого переходу чорнової обробки $\varepsilon \leq 6$;
- для переходів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$;
- для чистої обробки з допусками $IT8$ — $IT10$ $\varepsilon = 2 \dots 2,5$;
- для фінішної обробки з допусками $IT5$ — $IT7$ $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Після цього потрібно визначити допуски і відповідні їм квалітети точності, що мають бути забезпечені під час виконання проміжних переходів обробки циліндричної поверхні. Приклад такого розрахунку розглянуто нижче.

Далі, з урахуванням знайденої кількості ступенів обробки найточнішої циліндричної поверхні, вибирають (якісно) кількості ступенів і квалітети точності проміжної обробки інших циліндричних поверхонь підвищеної точності.

Після цього з використанням таблиць економічної точності обробки на металорізальних верстатах [4, С. 150 – 153 та ін.] слід вибрати кількість ступенів і способи попередньої та остаточної механічної обробки всіх інших поверхонь. Виконуючи цю роботу, спочатку потрібно уважно проана-

лізувати вимоги точності до кожної з поверхонь деталі. При цьому слід враховувати такі фактори:

- показники шорсткості поверхонь;
- показники відхилень від правильної форми (допустимі відхилення від прямолінійності, площинності, круглості, циліндричності тощо);
- показники точності відносного розташування поверхонь або їх осей (допустимі відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, перетину осей, допустиме радіальне і торцеве биття тощо);
- показники точності розмірів циліндричних поверхонь і розмірів між поверхнями або їх осями.

Вибір способу обробки суттєво залежить також від:

- типу виробництва;
- габаритних розмірів і форми деталі;
- розмірів і форми оброблюваної поверхні;
- матеріалу заготовки;
- твердості матеріалу заготовки в зоні обробки безпосередньо перед її початком та інших факторів.

Розробляючи маршрут обробки кожної з поверхонь, виходять з того, що кожний із наступних ступенів обробки має бути точнішим за попередній.

Вибираючи способи як остаточної, так і попередньої обробки певної поверхні, необхідно в комплексі враховувати всі вимоги точності до цієї поверхні. Досить часто буває, що частина показників точності забезпечується на передостанньому ступені обробки, а решта – на останньому. Наприклад, точність відносного розташування головного отвору в корпусній деталі може забезпечуватись на передостанній обробці – тонкому розточуванні, а точність діаметрального розміру, вимоги циліндричності і шорсткості на останній — хонінгуванні чи тонкому (алмазному) розвірчуванні.

У цьому пункті пояснювальної записки слід обґрунтувати вибір способів обробки тільки для найвідповідальніших поверхонь деталі (конструкторських баз, зубчастих вінців, шліцьових поверхонь, точних різей тощо).

Результати виконання цього пункту потрібно показати у вигляді таблиці. Для наочності таблицю слід доповнити ескізом деталі з позначеннями поверхонь. Приклад такої таблиці з ескізом деталі показаний у додатку Д.

Вибрані способи обробки інших поверхонь відображаються у таблицях маршрутів механічної обробки без пояснень.

Приклад

Потрібно визначити кількість ступенів (переходів) обробки отвору в деталі типу «корпус», а також вибрати способи обробки. Вихідні дані такі.

1. Обробка отвору Ø52H8 виконується на одній операції з одного установа. Ескіз із технічними вимогами показаний на рис. 1.

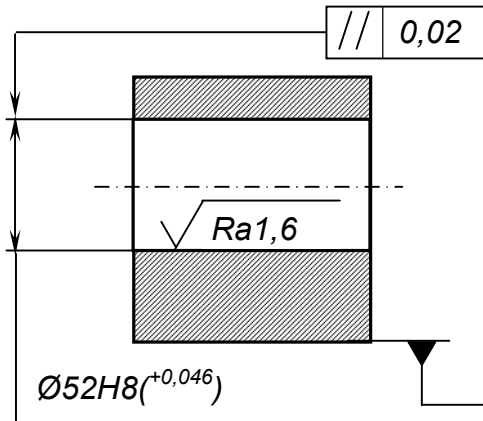


Рисунок 1 — Ескіз до прикладу визначення кількості ступенів обробки

2. Вихідна заготовка – виліток в оболонковій формі (9 клас точності згідно з ГОСТ 26645 – 85 [35]). Допуск діаметрального розміру отвору у вихідній заготовці складає 2,0 мм [35, табл. 1].

Визначимо загальне уточнення

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{2000}{46} \approx 44 .$$

Припустимо, що таке уточнення може бути досягнуто за три переходи механічної обробки. Прийmemo: $\varepsilon_1 = 5$; $\varepsilon_2 = 4$.

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому (останньому) переході

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{44}{5 \cdot 4} = 2,2 .$$

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{2000}{5} = 400 \text{ мкм};$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{400}{4} = 100 \text{ мкм};$$

$$T_3 = T_{\text{дет}} = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{100}{2,2} = 46 \text{ мкм (IT8)}.$$

Отримані розрахункові значення допусків технологічних розмірів, що мають забезпечуватись на першому і другому переходах, змінимо до най-

ближчих нормативних значень [6]. Таким чином, приймемо остаточно: $T_1 = 460$ мкм (IT13); $T_2 = 120$ мкм (IT10).

Виберемо способи механічної обробки отвору. З урахуванням необхідності забезпечення жорсткої вимоги паралельності осі отвору відносно площини (0,02 мм) вибираємо як спосіб механічної обробки для усіх трьох переходів розточування (чорнове, чистове і тонке). Відповідно до [22, табл. П.6.2] тонке розточування забезпечує як необхідну точність діаметрального розміру (IT8), так і вимоги до шорсткості поверхні ($Ra = 1,6$ мкм).

3.9.3 Вибір технологічних баз

Усі питання, що вирішуються під час проектування технологічного процесу механічної обробки, тісно пов'язані між собою. Особливо це стосується вибору технологічних баз і розробки маршруту механічної обробки. Ці два етапи проектування технологічного процесу зазвичай виконуються практично одночасно.

Правильний вибір технологічних баз дозволяє суттєво скоротити часові й матеріальні витрати на забезпечення необхідної точності деталі.

Проектуючи технологічний процес механічної обробки, спочатку вибирають чистові технологічні бази, а потім чорнові.

Вибір чистових технологічних баз

Основною задачею вибору чистових технологічних баз є мінімізації похибки базування.

Під час вибору технологічних баз слід враховувати, що за будь-якої схеми базування похибка базування не впливає: на показники точності форми поверхонь (вимоги площинності, циліндричності, круглості тощо); на показники шорсткості поверхні, на точність діаметральних розмірів, а також на точність розмірів (як лінійних, так і кутових) між поверхнями, за умови, що ці поверхні обробляються з одного установа.

Вибираючи комплект баз для операцій механічної обробки, слід намагатися забезпечувати принцип суміщення технологічних і вимірювальних баз з урахуванням таких рекомендацій. Якщо вимірювальною базою є:

- площина, довжина і ширина якої зіставні із габаритними розмірами заготовки, то ця площина може використовуватись як технологічна установна база;
- довга і вузька площина, то ця площина може використовуватись як технологічна напрямна база;
- вісь довгої циліндричної поверхні ($l \geq d$), то ця поверхня або її вісь може використовуватись як технологічна подвійна напрямна база;
- вісь короткої циліндричної поверхні ($l < d$), то ця поверхня або її вісь може використовуватись як технологічна подвійна опорна база.

У будь-якому випадку за технологічні бази з найбільшою можливою кількістю опорних точок повинні вибиратися ті вимірювальні бази деталі, відносно яких задані найжорсткіші вимоги точності.

Якщо дозволяє форма заготовки, то на всіх основних операціях слід використовувати один і той же комплект чистових технологічних баз, тобто дотримуватись принципу постійності баз. Наприклад, під час обробки заготовок корпусних деталей за комплект чистових технологічних баз найчастіше використовують оброблені на першій операції площину і два отвори; заготовки деталей типу «ступінчастий вал» найчастіше обробляють з установленням на більшості операцій на центрові отвори тощо.

Таким чином, цей пункт має містити стисле пояснення вибору комплекту баз на всіх операціях технологічного процесу механічної обробки (окрім першої операції).

Для аналізу наявності чи відсутності похибки базування у пояснювальній записці потрібно показати операційні ескізи з вибраними схемами базування для **двох** операцій (за вказівкою викладача-керівника проекту). На кожному з ескізів потрібно показати технологічні розміри (з граничними відхиленнями), які повинні бути забезпечені на аналізованій операції. На цих ескізах показують тільки ті розміри (лінійні, кутові вимоги співвісності тощо), на точність яких може впливати похибка базування. Тобто показники точності форми поверхонь, показники шорсткості, діаметральні розміри на ескізах можна не показувати. Далі послідовно розглядають показані на ескізі розміри і відзначають факт відсутності чи наявності похибки базування на той чи інший розмір і, якщо ця похибка відсутня, то пояснюють, що саме забезпечує її відсутність. Результати аналізу слід навести у формі таблиці (табл. 2).

Приклад аналізу розглянутий нижче.

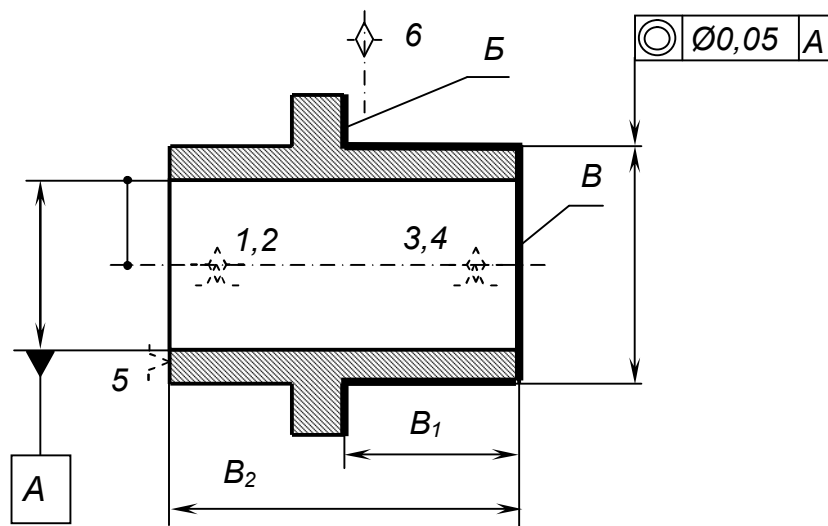


Рисунок 2 — Ескіз механічної обробки зі схемою базування (операція 015)

Таблиця 2 — Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьверна з ЧПК	Розмір B_1	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	Розмір B_2	відсутня	Обробка поверхонь B і B з одного установа
	Вимога співвісності	відсутня	Виконання принципу суміщення баз

Якщо ж за вибраної схеми базування похибка базування на певний розмір все ж таки виникає, то потрібно знайти кількісне значення цієї похибки і, порівнявши його з допуском на відповідний розмір, зробити висновок щодо можливості використання запропонованої схеми базування.

Складаючи і розраховуючи розмірний ланцюг для визначення похибки базування, слід скористатись результатами виконання розмірного аналізу технологічного процесу щодо розташування технологічних розмірів та значень їх допусків.

Вибір чорнових технологічних баз

Чорновими технологічними базами називають поверхні вихідної заготовки, які використовуються для базування на першій операції (інколи – на першій і другій операціях) для обробки чистових баз. Варто зауважити, що на першій операції, окрім обробки чистових баз, може виконуватись обробка й інших поверхонь, якщо до них є вільний доступ різального інструмента.

Під час вибору чорнових технологічних баз може розв'язуватися одна з двох задач:

- забезпечення розмірного зв'язку між обробленими поверхнями деталі і необробленими її поверхнями (перша задача);
- забезпечення зрізання мінімального рівномірного припуску з певної поверхні на першому переході її механічної обробки (друга задача).

Вибрати таку схему базування, яка б повною мірою розв'язувала зразу обидві задачі, неможливо. Тому перед студентом неминуче постає досить складне питання — яку ж з означених вище задач йому слід розв'язувати, розробляючи маршрут механічної обробки? Відповідь на це питання можна знайти тільки після ретельного аналізу службового призначення деталі і за консультації керівника курсового проекту. Детальний розгляд цього питання є у підручнику [1, С. 187-192].

Стисло можна зазначити, що розв'язувати першу задачу доводиться, наприклад, у випадках, коли за умовами роботи у складальній одиниці, необроблені поверхні деталі повинні досить точно розташовуватись відносно її конструкторських баз.

Необхідність у розв'язанні другої задачі виникає, якщо під час механічної обробки потрібно зберегти щільний однорідний шар металу на найвідповідальніших поверхнях деталі. Такими поверхнями є, наприклад, відповідні площини напрямних металорізальних верстатів.

Для розв'язання першої задачі за технологічні бази на першій операції вибирають ті необроблювані поверхні деталі, до яких лінійними розмірами або іншими вимогами відносного розташування "прив'язані" оброблювані поверхні. Якщо деталь правильно сконструйована, то таких розмірів має бути не більше трьох.

Розглянемо *приклад*. Припустимо, що за комплект чистових баз для маршруту механічної обробки заготовки корпуса (рис. 3) вибрані площина 1 і два отвори (2 і 3). Саме ці поверхні мають бути отримані на першій операції.

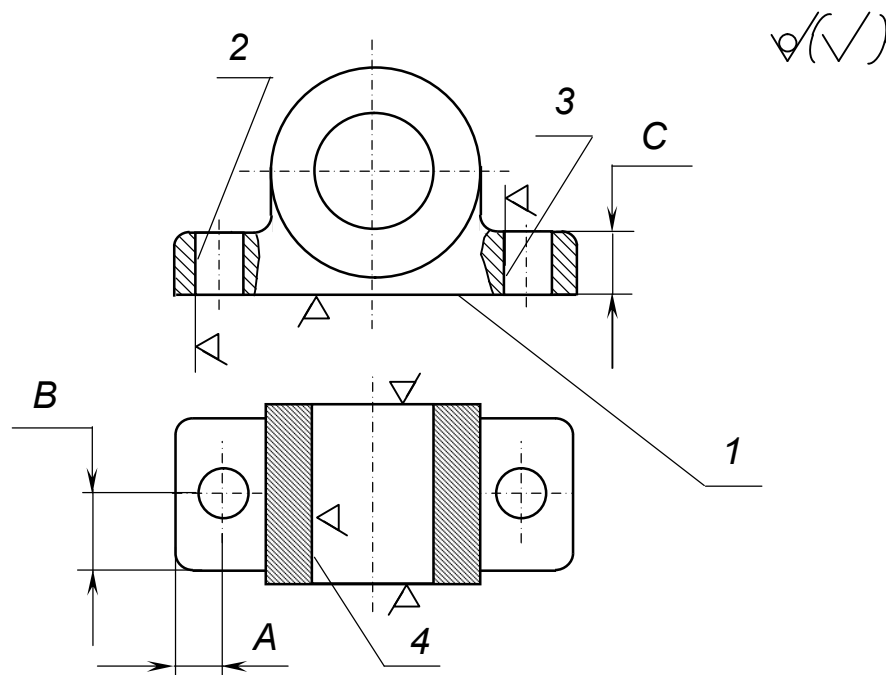


Рисунок 3 — Ескіз до прикладу вибору чорнових технологічних баз

Припустимо також, що на кресленні деталі є три розміри (A , B і C), які визначають розташування оброблених поверхонь деталі відносно необроблених. Наявність таких розмірів означає, що під час вибору чорнових баз необхідно розв'язати першу задачу. Схема базування, що забезпечує розв'язання цієї задачі, показана на рис. 4.

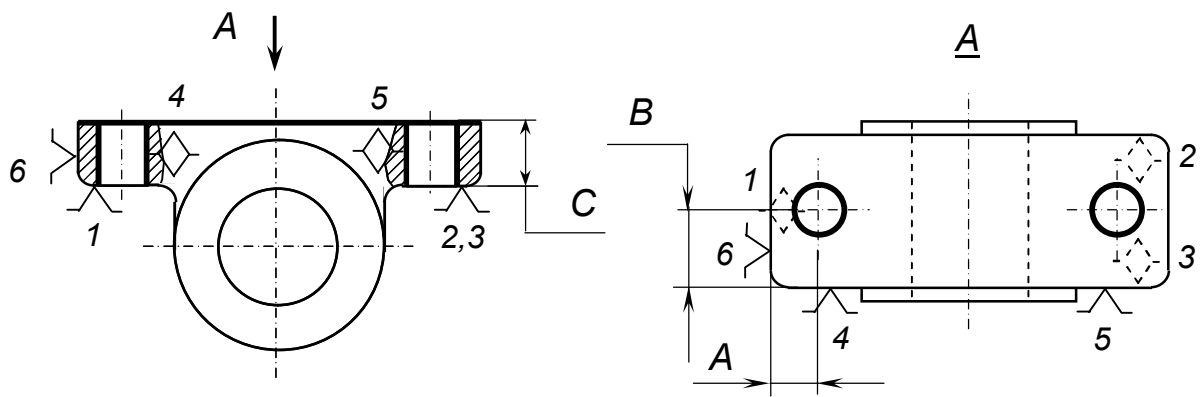


Рисунок 4 — Ескіз зі схемою базування, яка розв’язує задачу забезпечення розмірного зв’язку між оброблюваними та необроблюваними поверхнями

Для розв’язання другої задачі за одну з технологічних баз на першій операції вибирають ту поверхню вихідної заготовки, з якої на одній з наступних операцій має бути знятий мінімальний рівномірний припуск. Важливо зауважити, що якщо ця поверхня є:

- площиною, довжина і ширина якої зіставні із габаритними розмірами деталі, то ця площина обов’язково має бути вибрана за установну базу;
- довгою вузькою площиною — за напрямну базу;
- довгою циліндричною поверхнею — за подвійну напрямну базу;
- короткою циліндричною поверхнею — за подвійну опорну базу.

Розглянемо приклад розв’язання другої задачі.

Припустимо, що згідно зі службовим призначенням корпусної деталі (див. рис. 3) найвідповідальнішою її поверхнею є отвір 4 і саме з нього потрібно зняти мінімальний рівномірний припуск. Припустимо також, що за комплект чистових баз, як і у попередньому випадку, вибрані площина 1 і два отвори 2 і 3, які мають бути оброблені на першій операції.

Для забезпечення знімання мінімального рівномірного припуску з поверхні отвору 4 вибираємо за технологічну подвійну напрямну базу на першій операції вісь цього отвору (рис. 5). Розташування інших баз частково розв’язує й першу задачу.

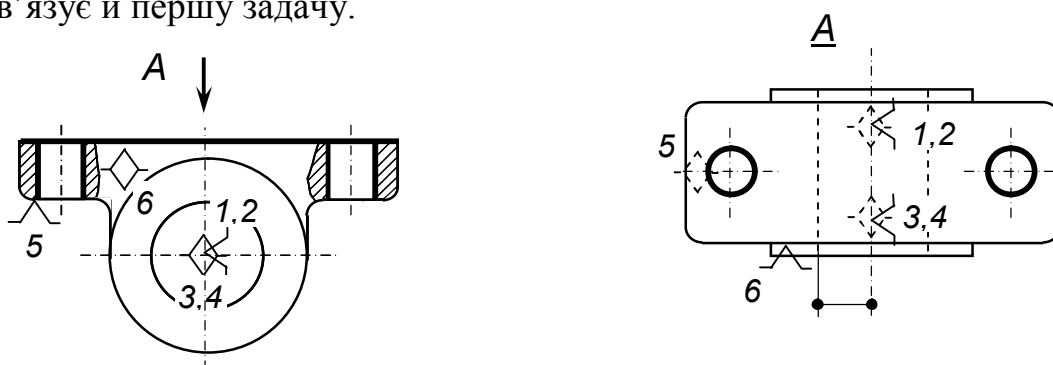


Рисунок 5 — Ескіз зі схемою базування, яка забезпечує розв’язання задачі зрізання мінімального рівномірного припуску під час чорнової обробки отвору 4 на одній з подальших операцій

Якщо всі поверхні деталі механічно обробляються, то розв'язання першої задачі взагалі не може розглядатись, бо деталь не має необроблених поверхонь; що ж стосується другої задачі, то вона може розв'язуватись у випадках, якщо форма вихідної заготовки наближена до форми готової деталі, тобто, якщо основні поверхні деталі утворюються за рахунок знімання припусків, а не напусків. Якщо ж заготовка виготовляється із сортового прокату або вільним куванням і має значні напуски, які мають бути зняті на попередній обробці, то технологічні бази на першій операції вибираються лише з міркувань забезпечення надійності встановлення у верстатному пристрої.

У пояснювальній записці слід показати ескіз заготовки зі схемою базування (так, наприклад, як на рис. 4 чи рис. 5) із поясненням, яка саме задача розв'язується під час вибору чорнових баз. Якщо розв'язується задача забезпечення розмірного зв'язку оброблюваних поверхонь деталі з необроблюваними, то потрібно вказати, які це розміри і показати їх на ескізі. Якщо ж розв'язується задача зняття мінімального рівномірного припуску з певної поверхні, то слід вказати, що це за поверхня (показати її на ескізі) і пояснити, на якій саме операції з цієї поверхні буде знятий мінімальний рівномірний припуск.

3.9.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки

Під час виконання курсового проекту пропонується розробити два альтернативних варіанти маршруту механічної обробки. Ці маршрути мають обов'язково відповідати заданому типу виробництва і забезпечувати необхідну якість деталі. Оскільки для курсового проектування має вибиратися деталь середньої складності, то маршрути обробки можуть відрізнитися лише однією або двома операціями.

Наприклад, в одному з маршрутів може бути використаний принцип диференціації операцій, а в іншому – концентрації.

Якщо деталь — ступінчастий вал, то в одному з маршрутів на викінчувальній обробці точних шийок можна застосувати шліфування, а в іншому — тонке точіння різцями, оснащеними надтвердими матеріалами.

В пояснювальній записці достатньо показати лише запропоновані два варіанти маршруту механічної обробки, оформлені у вигляді таблиць, без будь-якого їх додаткового опису і коментарів.

Маршрут механічної обробки має бути поділений на операції, операції — на переходи. Формулювання змісту переходів мають відповідати ГОСТ 3.1702—79 [34].

Кожна з операцій має супроводжуватись ескізом заготовки, показаної у такому положенні, яке вона має займати у робочій зоні верстата.

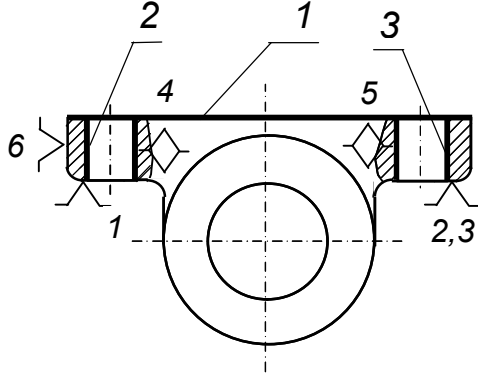
На кожному з ескізів показують схему базування і потовщеними лініями (у два рази грубшими за основні) – оброблені на цій операції поверхні. Всі конструктивні елементи, утворені на попередніх операціях, показують на ескізі даної операції основними лініями.

Кількісні значення розмірів, шорсткості поверхонь та інших вимог точності на ескізах схем базування і обробки показувати не потрібно. За необхідності, оброблені поверхні можуть бути пронумеровані.

Вибір типу і моделі верстата для виконання кожної з операцій є досить важливою задачею і тому його слід узгоджувати з керівником проекту. Для попереднього вибору верстатів можна скористатися додатком Е, у якому наведені адреси Інтернет-сайтів відомих підприємств — виробників сучасних металорізальних верстатів.

Приклад оформлення таблиці маршруту механічної обробки (розглянута лише перша операція) показаний у таблиці 3.

Таблиця 3 — Приклад оформлення маршруту механічної обробки

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
<p>005 Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1. Фрезерувати площину 1 попередньо. 2. Центрувати отвори 2 і 3. 3. Свердлити отвори 2 і 3. 4. Фрезерувати площину 1 остаточно. 5. Розвернути отвори 2 і 3 попередньо. 6. Розвернути отвори 2 і 3 остаточно.</p>		<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3</p>

3.9.5 Порівняння маршрутів механічної обробки та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат

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

Для зменшення обсягу роботи з порівняння маршрутів слід зрівнювати тільки сумарні цехові собівартості тих операцій обох маршрутів, які відрізняються між собою.

Цехова собівартість (грн) операції механічної обробки складає

$$C_o = \frac{C_{п-в} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot k_B}, \quad (1)$$

де $C_{п-в}$ — цехові годинні приведені витрати, грн/год; $T_{ш-к}$ — штучно-калькуляційний час виконання операції, хв, k_B — коефіцієнт виконання норм (в машинобудуванні $k_B = 1,3$).

Значення $C_{п-в}$ для поширених моделей металорізальних верстатів наведені у додатку Ж (таблиця Ж.1). Дані цієї таблиці є наближеними і тому можуть використовуватися тільки у навчальному процесі.

Величину $T_{ш-к}$ наближено можна визначити так. Спочатку потрібно для кожної з операцій, що відрізняються, обох маршрутів скласти перелік технологічних переходів, на яких здійснюється механічна обробка основних поверхонь. Обробку неглибоких отворів і канавок, точіння фасок тощо можна не розглядати.

Далі, з використанням наближених формул (додаток И, стовпець 5) знаходять основний машинний час кожного з врахованих технологічних переходів.

Після визначення основного машинного часу переходів, знаходять загальний основний машинний час кожної з операцій, що відрізняються, за формулою

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + \dots + T_{ok},$$

де k – кількість технологічних переходів операції.

Після цього слід визначити штучно-калькуляційний час виконання кожної з операцій, що розглядаються, за формулою

$$T_{ш-к} = \varphi_k T_o,$$

де φ_k – коефіцієнт, значення якого залежить від типу верстата і типу виробництва, і визначається за додатком К.

Далі за формулою (1) знаходять цехову собівартість операцій і визначають річний економічний ефект (грн) від використання того варіанта маршруту, який забезпечує меншу собівартість за формулою

$$E = \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} - \sum_{j=1}^m C_{oj} \right) \cdot N,$$

де n і m – відповідно кількості операцій, що відрізняються, у першому і другому варіантах маршрутів; $\sum_{i=1}^n C_{oi}$ і $\sum_{j=1}^m C_{oj}$ – загальні цехові собівартості операцій, що відрізняються, відповідно до першого і другого варіантів маршрутів; N – річна програма випуску деталей.

Виконання цього пункту має завершитись висновком, у якому вказується, який з двох варіантів маршруту забезпечує меншу собівартість виготовлення деталі. Саме цей варіант береться за основу для подальшого проектування технологічного процесу механічної обробки.

3.10 Розмірний аналіз технологічного процесу

Метою розмірного аналізу технологічного процесу є:

- визначення тих технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, які з'єднують між собою плоскі поверхні, плоскі поверхні з осями отворів і осі отворів між собою;
- перевірка правильності побудови маршруту механічної обробки і правильності призначення допусків технологічних розмірів;
- визначення максимальних припусків на обробку плоских поверхонь;

У ході реального проектування технологічного процесу механічної обробки залежно від форми деталі, розмірний аналіз може виконуватись у напрямі однієї, двох або трьох координатних осей. Під час виконання ж курсового проекту з технології машинобудування для зменшення обсягу роботи студентам пропонується виконати розмірний аналіз лише у напрямі однієї координатної осі незалежно від форми деталі. Напрямок цієї осі студент вибирає за узгодженням з керівником проекту.

3.10.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Цей пункт передбачає вибір технологічних розмірів, які з'єднують між собою плоскі поверхні, плоскі поверхні з осями отворів і осі отворів між собою.

Розташування технологічних розмірів призначається таким чином, щоб забезпечувалась відсутність або мінімальність похибки базування, тобто щоб виконувався принцип суміщення баз або здійснювалась обробка з одного установа тих поверхонь, які координуються відповідним технологічним розміром.

Вибране розташування технологічних розмірів потрібно показати на ескізах маршруту механічної обробки, який вибраний як оптимальний (див. п. 3.9.5). У записах змісту переходів мають бути відображені ті технологічні розміри, які забезпечуються на цих переходах.

3.10.2 Визначення допусків вихідної заготовки і допусків технологічних розмірів

Допуски розмірів вихідної заготовки визначають за відповідними стандартами на заготовки під час її проектування.

Допуски технологічних розмірів призначаються, виходячи з очікуваної точності обробки на відповідних операціях попередньо розробленого маршруту механічної обробки. Якщо похибка базування відсутня або мінімальна і нею можна знехтувати, то допуски технологічних розмірів можна визначати за формулою

$$T(B_i) = \varepsilon_{\Sigma}(B_i) = \omega(B_i),$$

де $\varepsilon_{\Sigma}(B_i)$ – сумарна похибка механічної обробки на технологічний розмір B_i ; $\omega(B_i)$ – середньостатистична точність способу механічної обробки.

Величину $\omega(B_i)$ можна знайти в навчальній і довідниковій літературі, наприклад в [4, С. 150 – 153], [22, С. 222–224] або [27, С. 86–88] та ін.

Обґрунтування вибору допусків технологічних розмірів в пояснювальній записці наводити не потрібно. Слід дати лише посилання на довідник, з якого вибрані ці допуски.

Форма таблиці для запису допусків технологічних розмірів є у прикладі виконання розмірного аналізу (таблиця 5).

Зміст і послідовність виконання подальших етапів розмірного аналізу для більшої наочності розглянемо на прикладі виготовлення деталі типу «фланець» (рис. 6). Розмірний аналіз виконується у напрямі осі обертання деталі.

Початкові дані

1. Тип виробництва — середньосерійний.
2. Вихідна заготовка із сірого чавуну виготовлена литтям в оболонковій формі (рис. 7). Клас розмірної заготовки – 9 згідно із [35].

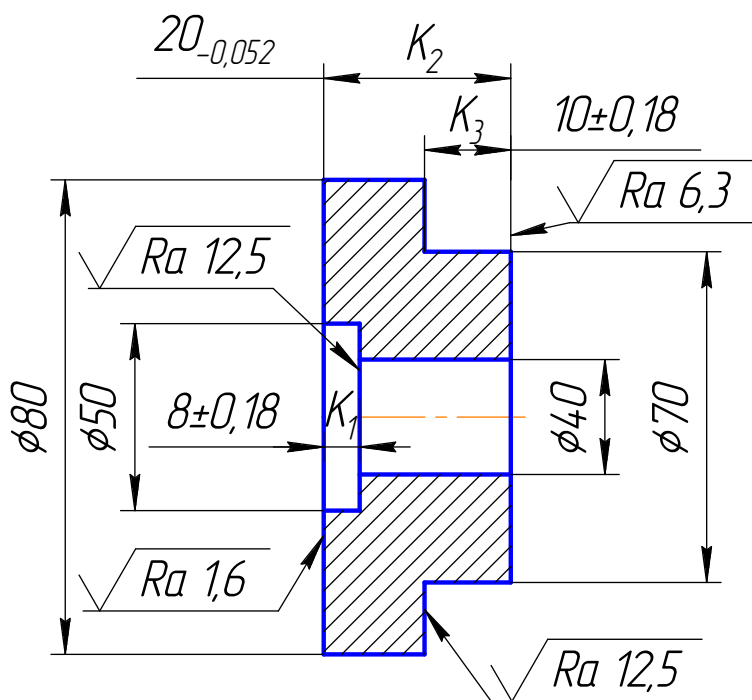


Рисунок 6 — Ескіз деталі

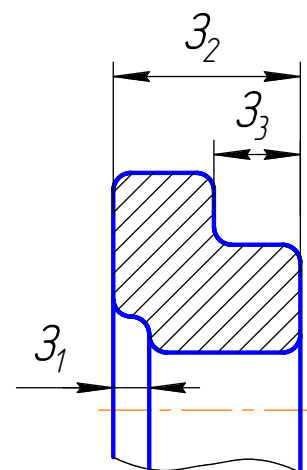


Рисунок 7 — Ескіз заготовки

Маршрут механічної обробки заготовки показаний у таблиці 4. У зміст переходів операцій маршруту умовно не включена обробка циліндричних поверхонь, оскільки їх розміри не впливають на результати розмірного аналізу.

Таблиця 4 — Маршрут механічної обробки (до прикладу виконання розмірного аналізу технологічного процесу)

Номер назва та зміст операції	Схема базування і обробки	Обладнання
<p>005 Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1. Точити поверхню 1 попередньо в розмір B_1.</p> <p>2. Точити поверхню 1 остаточно в розмір B_2.</p> <p>3. Точити поверхню 2 одноразово в розмір B_3.</p>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30</p>
<p>010 Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1. Точити поверхню 1 попередньо в розмір B_4, поверхню 2 одноразово в розмір B_5.</p> <p>2. Точити поверхню 1 остаточно в розмір B_6.</p>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30</p>

Продовження таблиці 4

Номер назва та зміст операції	Схема базування і обробки	Обладнання
015 Плоскошліфувальна 1. Шліфувати площину в розмір B_7 .		Плоскошліфувальний 3701

Визначені згідно з рекомендаціями п. 3.10.2 значення допусків розмірів вихідної заготовки і допуски технологічних розмірів показані у таблиці 5.

Таблиця 5 — Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
Z_1	Лиття в оболонковій формі	9	1,2
Z_2			1,8
Z_3			1,2
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Попереднє точіння	12	0,15
B_2	Чистове точіння	11	0,09
B_3	Одноразове точіння	11	0,09
B_4	Попереднє точіння	12	0,21
B_5	Одноразове точіння	11	0,09
B_6	Чистове точіння	10	0,084
B_7	Плоске шліфування	9	0,052

Допуски деяких технологічних розмірів можуть бути в подальшому уточнені. Остаточні значення допусків всіх технологічних розмірів слід показати у підсумковій таблиці (див. табл. 8).

3.10.3 Побудова розмірної схеми технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу будується так. У верхній частині схеми (рис. 8) показують ескіз деталі таким чином, щоб вісь, у напрямі якої здійснюється розмірний аналіз, розташовувалась горизонтально. Біля ескізу деталі показують розташування тих конструкторських розмірів, які визначають відстані між площинами та осями інших конструктивних елементів уздовж вибраної для аналізу осі. Конструкторські розміри позначають як K_i , де i – порядковий номер розміру. Порядок нумерації конструкторських розмірів – довільний. На ескізі деталі умовно показують також припуски z_j , де j – номер поверхні, яка з'являється після знімання відповідного припуску. Всі поверхні нумерують зліва направо.

Через нумеровані поверхні проводять вертикальні прямі. Між вертикальними прямими знизу вгору вказують розміри вихідної заготовки Z_m , де m – порядковий номер розміру вихідної заготовки (порядок нумерації розмірів вихідної заготовки – довільний), а також усі технологічні розміри B_k , де k – порядковий номер переходу. Для наочності переходи нумеруються у черговості їх виконання.

3.10.4 Побудова похідного і вихідного графів-дерев та суміщеного графа

Похідний і вихідний графи-дерева потрібні для побудови суміщеного графа, а на основі розгляду суміщеного графа знаходять рівняння технологічних розмірних ланцюгів.

Елементи теорії графів та правила побудови похідного і вихідного графів-дерев розглянуті в посібнику [27, С. 117 — 120]. Зауважимо лише, що вершинами усіх трьох графів є геометричні елементи (площини або осі циліндричних поверхонь) вихідної заготовки, елементи, які з'являються після виконання кожного з переходів механічної обробки, та елементи готової деталі.

Ребрами похідного графа-дерева (рис. 9) є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме всі технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Ребрами вихідного графа-дерева (рис. 10) є конструкторські розміри і припуски.

Під час геометричної побудови обох графів-дерев слід розміщувати їх вершини в одних і тих же місцях.

Якщо обидва графи-дерева сумістити так, щоб співпало розташування їх вершин, то отримаємо суміщений граф або граф технологічних розмірних ланцюгів (рис. 11).

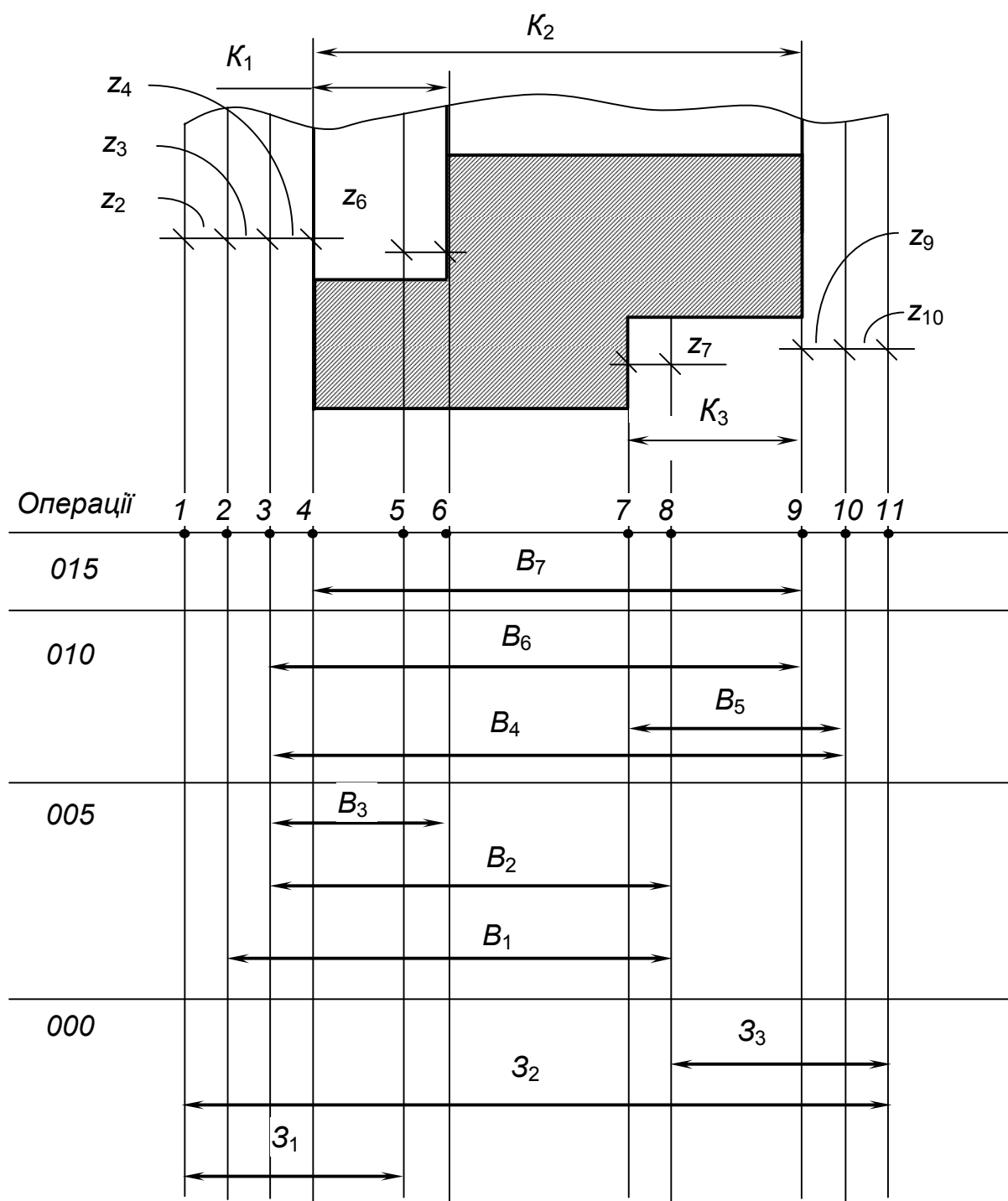


Рисунок 8 — Розмірна схема технологічного процесу

3.10.5 Складання рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Правила складання рівнянь технологічних розмірних ланцюгів за суміщеним графом описані в [27, С. 121 — 123]. За цими правилами складаємо і записуємо в таблицю 6 тільки ті рівняння, за допомогою яких у подальших розрахунках мають визначатися кількісні значення всіх технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Таблиця 6 — Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ рівняння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
2	$-z_4 + B_6 - B_7 = 0$	$z_4 = B_6 - B_7$	B_6
3	$-z_9 - B_6 + B_4 = 0$	$z_9 = B_4 - B_6$	B_4
4	$-K_3 + B_5 - B_4 + B_6 = 0$	$K_3 = B_5 - B_4 + B_6$	B_5
5	$-K_1 + B_7 - B_6 + B_3 = 0$	$K_1 = B_7 - B_6 + B_3$	B_3
6	$-z_7 + B_5 - B_4 + B_2 = 0$	$z_7 = B_5 - B_4 + B_2$	B_2
7	$-z_{10} - B_4 + B_2 + z_3 = 0$	$z_{10} = z_3 - B_4 + B_2$	z_3
8	$-z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$z_3 = B_1 - B_2$	B_1
9	$-z_2 + z_2 - z_3 - B_1 = 0$	$z_2 = z_2 - z_3 - B_1$	z_2
10	$-z_6 - z_1 + z_2 - z_3 - B_2 + B_3 = 0$	$z_6 = B_3 - z_1 + z_2 - z_3 - B_2$	z_1

Складаючи рівняння технологічних розмірних ланцюгів, слід враховувати, що у кожному з цих рівнянь має бути лише *одна* ланка замикання (вихідна ланка). Такими ланками можуть бути, наприклад, конструкторські розміри і припуски, тобто розміри, кількісні значення яких є відомими ще перед початком розв'язання рівнянь технологічних розмірних ланцюгів. Першими мають бути записані рівняння дволанкових розмірних ланцюгів. Такі рівняння відповідають переходам, на яких технологічний розмір дорівнює конструкторському.

Далі за допомогою суміщеного графа складають рівняння технологічних розмірних ланцюгів у такій послідовності, щоб у кожному з ланцюгів була лише одна невідома за величиною ланка, а величини інших ланок були б визначені розв'язанням попередніх рівнянь. Кількість рівнянь має дорівнювати кількості розмірів, що мають бути визначені в результаті розмірного аналізу.

3.10.6 Визначення проміжних мінімальних припусків для обробки плоских поверхонь

Для розв'язання рівнянь розмірних ланцюгів (див. табл. 6) необхідно знати величини проміжних припусків на механічну обробку плоских поверхонь. Під час виконання розмірного аналізу технологічного процесу припуски можуть визначатися як розрахунково-аналітичним методом, так і за допомогою нормативних таблиць. Для скорочення часу рекомендується визначати припуски за таблицями, які є, наприклад, в [29, С. 187, 189]. Таким чином, знайдемо значення мінімальних припусків і запишемо їх в таблицю 7.

Таблиця 7 — Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
z_2	Попереднє точіння	1,1
z_3	Чистове точіння	0,6
z_6	Одноразове точіння	1,1
z_{10}	Попереднє точіння	1,1
z_7	Одноразове точіння	1,1
z_9	Чистове точіння	0,6
z_4	Плоске шліфування	0,2

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

Послідовно, починаючи з рівняння 1 (див. табл. 6), з використанням методу максимуму-мінімуму розв'язуємо пряму задачу розрахунку розмірних ланцюгів, а саме, виходячи із відомих значень вихідних ланок, мінімальних припусків і конструкторських розмірів, знаходимо значення складових ланок — технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Рівняння 1

$$B_7 = K_2 = 20_{-0,052} \text{ мм.}$$

Рівняння 2

Мінімальне значення ланки замикання можна знайти з вихідного рівняння розмірного ланцюга, підставивши в це рівняння мінімальні значення збільшувальних ланок (у вихідному рівнянні зі знаком “ – ”) і максимальні значення зменшувальних ланок (у вихідному рівнянні зі знаком “ + ”). З урахуванням цього запишемо рівняння 2 (див. табл. 6) у вигляді

$$z_{4_{\min}} = B_{6_{\min}} - B_{7_{\max}} .$$

Оскільки невідомою у цьому рівнянні є ланка B_6 , то запишемо його відносно цієї ланки

$$B_{6_{\min}} = z_{4_{\min}} + B_{7_{\max}}$$

Підставивши кількісні значення відомих ланок, отримаємо

$$B_{6_{\min}} = 0,2 + 20 = 20,2 \text{ мм.}$$

Очевидно, що

$$B_{6_{\max}} = B_{6_{\min}} + T(B_6) = 20,2 + 0,084 = 20,284 \text{ мм.}$$

Призначаючи номінальні значення технологічних розмірів, слід дотримуватись такого правила: якщо розмір є охоплюючим (відповідна поверхня є «отвором»), то за номінальний береться найменший допустимий розмір; якщо розмір є охоплюваним (відповідна поверхня є «валом»), то за номінальний береться найбільший допустимий розмір; в інших випадках (уступи, розмір між отвором і площиною тощо) за номінальний береться середній розмір.

Номінальні значення розмірів вихідної заготовки призначаються за рекомендаціями відповідних стандартів: для виливків [35], для штампованих поковок [36].

Оскільки розмір B_6 є розміром охоплюваної поверхні, то за номінальний приймемо розмір $B_{6_{\max}}$. Таким чином, в технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{6_{\max}} - T(B_6)$, тобто $20,284_{-0,084}$ мм.

Рівняння 3

$$z_{9_{\min}} = B_{4_{\min}} - B_{6_{\max}} .$$

$$B_{4_{\min}} = z_{9_{\min}} + B_{6_{\max}} = 0,6 + 20,284 = 20,884 \text{ мм.}$$

$$B_{4_{\max}} = B_{4_{\min}} + T(B_4) = 20,884 + 0,21 = 21,094 \text{ мм.}$$

Розмір B_4 є розміром охопленої поверхні, тому за номінальний приймемо розмір $B_{4_{\max}}$. В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{4_{\max} - T(B_4)}$, тобто $21,094_{-0,186}$ мм.

Рівняння 4

$$K_{3_{\min}} = B_{5_{\min}} - B_{4_{\max}} + B_{6_{\min}} \quad (2)$$

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

$$B_{5_{\min}} = 9,82 + 21,094 - 20,2 = 10,714 \text{ мм.}$$

$$B_{5_{\max}} = B_{5_{\min}} + T(B_5) = 10,714 + 0,09 = 10,804 \text{ мм.}$$

Розмір B_5 є розміром уступу, тому за номінальний приймемо середній розмір, тобто вважатимемо, що $B_{5_{\text{ном}}} = B_{5_{\text{сер}}} = \frac{B_{5_{\max}} + B_{5_{\min}}}{2} = \frac{10,814 + 10,714}{2} = 10,759$ мм. В технологічному документі слід вказати розмір $B_{5_{\text{сер}}} \pm \frac{1}{2}T(B_5)$, тобто $10,759 \pm 0,045$ мм.

Оскільки конструкторський розмір K_3 отримується не безпосередньо як технологічний розмір, а є результатом виконання технологічних розмірів B_4 , B_5 і B_6 , то для перевірки можливості забезпечення необхідної точності розміру K_3 визначимо його фактичне максимальне значення.

$$(K_{3_{\max}})_{\text{факт}} = B_{5_{\max}} - B_{4_{\min}} + B_{6_{\max}} = 10,804 - 20,884 + 20,284 = 10,204 \text{ мм.}$$

Поле розсіювання розміру K_3 складатиме

$$\delta(K_3) = (K_{3_{\max}})_{\text{факт}} - K_{3_{\min}} = 10,204 - 9,820 = 0,384 \text{ мм.}$$

Оскільки $\delta(K_3) > T(K_3) = 0,36$ мм, то можна зробити висновок, що точність розміру K_3 не забезпечуватиметься.

Спробуємо зменшити допуск розміру B_4 , тобто знайдемо $T(B_4)$, значення якого задовольнить вимоги точності до розміру K_3 .

З рівняння (2) випливає, що

$$K_{3_{\max}} = B_{5_{\max}} - B_{4_{\min}} + B_{6_{\max}} \quad (3)$$

Запишемо рівняння (3) відносно $B_{4\min}$ у вигляді

$$B_{4\min} = B_{5\max} - [K_{3\max}] + B_{6\max}, \quad (4)$$

де $[K_{3\max}] = 10,180$ мм — бажане значення розміру K_3 , яке визначається за кресленням деталі.

Підставивши значення відомих розмірів у формулу (4), отримаємо

$$B_{4\min} = 10,804 - 10,180 + 20,284 = 20,908 \text{ мм.}$$

Таким чином, уточнене значення допуску на розмір B_4 складе

$$T(B_4) = B_{4\max} - B_{4\min} = 21,094 - 20,908 = 0,186 \text{ мм.}$$

Рівняння 5

$$K_{1\min} = B_{7\min} - B_{6\max} + B_{3\min}.$$

$$B_{3\min} = K_{1\min} + B_{6\max} - B_{7\min}.$$

$$B_{3\min} = 7,82 + 20,282 - 19,948 = 8,154 \text{ мм.}$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 8,154 + 0,09 = 8,244 \text{ мм.}$$

Перевіримо можливість забезпечення необхідної точності розміру K_1 .

$$(K_{1\max})_{\text{факт}} = B_{7\max} - B_{6\min} + B_{3\max} = 20 - 20,2 + 8,244 = 8,044 \text{ мм.}$$

Поле розсіювання розміру K_1 складає

$$\delta(K_1) = (K_{1\max})_{\text{факт}} - K_{1\min} = 8,044 - 7,820 = 0,224 \text{ мм.}$$

Оскільки $\delta(K_1) < T(K_1) = 0,36$ мм, то точність розміру K_1 забезпечується.

Розмір B_3 є розміром уступу, тому за номінальний приймемо середній розмір, тобто вважатимемо, що $B_{3\text{ном}} = B_{3\text{сеп}} = \frac{B_{3\max} + B_{3\min}}{2} = \frac{8,244 + 8,154}{2} = 8,199$ мм. В технологічному документі слід вказати розмір $B_{3\text{сеп}} \pm \frac{1}{2}T(B_3)$, тобто $8,199 \pm 0,045$ мм.

Рівняння 6

$$z_{7\min} = B_{5\min} - B_{4\max} + B_{2\min} \cdot$$

$$B_{2\min} = z_{7\min} - B_{5\min} + B_{4\max} = 1,1 - 10,714 + 21,884 = 12,270 \text{ мм.}$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 12,270 + 0,090 = 12,360 \text{ мм.}$$

Розмір B_2 є розміром охоплюваної поверхні, тому за номінальний приймемо розмір $B_{2\max}$. В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{2\max} - T(B_2)$, тобто $12,36_{-0,09}$ мм.

Рівняння 7

$$z_{10\min} = Z_{3\min} - B_{4\max} + B_{2\min} \cdot$$

$$Z_{3\min} = z_{10\min} + B_{4\max} - B_{2\min} = 1,1 + 21,094 - 12,270 = 9,924 \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + T(Z_3) = 9,924 + 1,2 = 11,124 \text{ мм.}$$

Згідно з [35] за номінальне значення розміру Z_3 беремо середнє його значення

$$Z_{3\text{ном}} = Z_{3\text{сеп}} = \frac{Z_{3\max} + Z_{3\min}}{2} = \frac{11,124 + 9,924}{2} = 10,524 \text{ мм.}$$

Отримане значення Z_3 округлимо в сторону збільшення до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню $T(Z_3)$. Приймемо $Z_{3\text{сеп}} = 10,6$ мм. На кресленні заготовки має бути вказаний розмір

$$Z_3 = Z_{3\text{сеп}} \pm \frac{T(Z_3)}{2} = 10,6 \pm 0,6 \text{ мм.}$$

Рівняння 8

$$z_{3\min} = B_{1\min} - B_{2\max} \cdot$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + z_{3\min} = 12,36 + 0,6 = 13,5 \text{ мм.}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 12,96 + 0,15 = 13,05 \text{ мм.}$$

Розмір B_1 є розміром охоплюваної поверхні, тому за номінальний приймемо розмір $B_{1\max}$. В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{1\max - T(B_1)}$, тобто $13,05_{-0,15}$ мм.

Рівняння 9

$$z_{2\min} = 3_{2\min} - 3_{3\max} - B_{1\max}.$$

$$3_{2\min} = z_{2\min} + 3_{3\max} + B_{1\max} = 1,1 + 11,124 + 13,05 = 25,274 \text{ мм.}$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2).$$

$$3_{2\text{ном}} = 3_{2\text{сер}} = \frac{3_{2\max} + 3_{2\min}}{2} = \frac{27,074 + 25,274}{2} = 26,176 \text{ мм}$$

Округлене значення номінального розміру 3_2 складе 26,2 мм і, відповідно, на кресленні заготовки має бути вказаний розмір $26,2 \pm 0,9$ мм.

Рівняння 10

$$z_{6\min} = B_{3\min} - 3_{1\max} + 3_{2\min} - 3_{3\max} - B_{2\max}.$$

$$3_{1\max} = B_{3\min} + 3_{2\min} - z_{6\min} - 3_{3\max} - B_{2\max} = 8,154 + 25,274 - 11,124 - 12,36 = 8,844 \text{ мм.}$$

$$3_{1\min} = 3_{1\max} - T(3_1) = 8,844 - 1,2 = 7,644 \text{ мм.}$$

$$3_{1\text{ном}} = 3_{1\text{сер}} = \frac{3_{1\max} + 3_{1\min}}{2} = \frac{8,844 + 7,644}{2} = 8,244 \text{ мм.}$$

Округлене значення номінального розміру 3_1 складе 8,3 мм і, відповідно, на кресленні заготовки має бути вказаний розмір $8,3 \pm 0,6$ мм.

З використанням отриманих вище граничних значень технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, виходячи з рівнянь 2, 3, 6, 7, 8, 9 і 10 таблиці 6, визначимо максимальні припуски.

$$z_{4\max} = B_{6\max} - B_{7\min} = 20,284 - 19,948 = 0,336 \text{ мм.}$$

$$z_{9\max} = B_{4\max} - B_{6\min} = 21,094 - 20,2 = 0,894 \text{ мм.}$$

$$z_{7\max} = B_{5\max} - B_{4\min} + B_{2\max} = 10,804 - 20,908 + 12,360 = 2,256 \text{ мм.}$$

$$z_{10\max} = z_{3\max} - B_{4\min} + B_{2\max} = 10,824 - 20,908 + 12,360 = 2,276 \text{ мм}$$

$$z_{3\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 13,050 - 12,270 = 0,78 \text{ мм.}$$

$$z_{2\max} = z_{2\max} - z_{3\min} - B_{1\min} = 26,174 - 9,924 - 12,960 = 3,29 \text{ мм.}$$

$$z_{6\max} = B_{3\max} - z_{1\min} + z_{2\max} - z_{3\min} - B_{2\min} = 8,244 - 7,944 + \\ + 26,174 - 9,944 - 12,240 = 6,586 \text{ мм.}$$

Отримані значення максимальних припусків зведемо в таблицю 8.

Таблиця 8 — Максимальні припуски, мм

$z_{2\max}$	$z_{3\max}$	$z_{4\max}$	$z_{6\max}$	$z_{7\max}$	$z_{9\max}$	$z_{10\max}$
3,29	0,780	0,336	6,586	2,256	0,894	2,276

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів показані у таблиці 9.

Таблиця 9 — Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B_1	12,960	13,050	0,15	13,050	$13,05_{-0,15}$	—
B_2	12,270	12,360	0,09	12,360	$12,36_{-0,09}$	—
B_3	8,154	8,244	0,09	8,199	$8,199 \pm 0,045$	—
B_4	20,908	21,094	0,186	21,094	$21,094_{-0,186}$	—
B_5	10,714	10,804	0,09	10,759	$10,759 \pm 0,045$	—
B_6	20,200	20,284	0,084	20,284	$20,284_{-0,084}$	—
B_7	19,948	20,000	0,052	20,000	$20_{-0,052}$	—
3_1	7,944	8,844	1,2	8,3	—	$8,3 \pm 0,6$
3_2	24,974	26,174	1,8	26,2	—	$26,2 \pm 0,9$
3_3	9,924	10,824	1,2	10,6	—	$10,6 \pm 0,6$

Розглянемо *приклад* виконання розмірного аналізу технологічного процесу виготовлення *корпусної деталі*.

Початкові дані

1. Заготовка із сірого чавуну виготовлена литтям в у піщано-глинисті форми.
2. Тип виробництва — середньосерійний.
3. Напря́м розташування технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки — вісь *z* (рисунки 12 і 13).

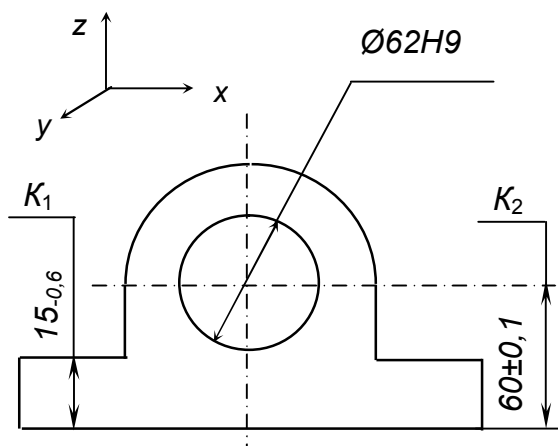


Рисунок 12 — Ескіз деталі

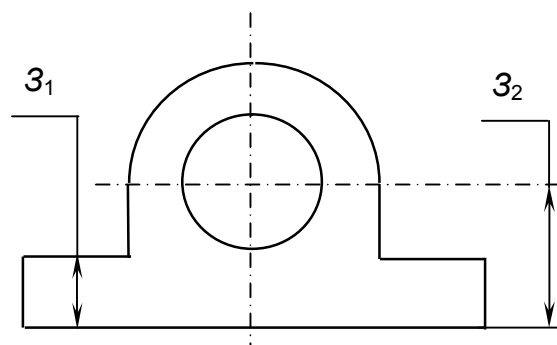


Рисунок 13 — Ескіз заготовки

Маршрут механічної обробки заготовки деталі показаний у таблиці 10.

Таблиця 10 — Маршрут механічної обробки

№ опер.	Назва і зміст операції	Схема базування і обробки	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Фрезерувати площину попередньо в розмір B_1 . 2. Фрезерувати площину остаточно в розмір B_2 .		Вертикально-фрезерний з ЧПК ГФ2171МФ3
010	Комбінована 1. Розточити отвір попередньо в розмір B_3 . 2. Розточити отвір остаточно в розмір B_4 .		Багатоцільовий ЛТ260МФ3

Визначені відповідно до рекомендацій п. 3.10.2 значення допусків розмірів вихідної заготовки і допуски технологічних розмірів показані у таблиці 11.

Таблиця 11 — Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
Z_1	Лиття в піщано-глинисті форми	10	1,8
Z_2			2,4
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Попереднє фрезерування	16	1,1
B_2	Чистове фрезерування	15	0,6
B_3	Попереднє розточування	13	0,46
B_4	Чистове розточування	11	0,2

Примітка. Клас розмірної точності і кількісні значення допусків вихідної заготовки вибиралися за ГОСТ 26645-85 [35].

Згідно з рекомендаціями п. 3.9.3 будуємо розмірну схему технологічного процесу (рис. 14). Якщо в деталі є отвір, який для досягнення необхідної точності обробляється на декількох переходах, то в розмірну схему потрібно включити осі отворів у вихідній заготовці, і осі отворів, що утворюються в результаті виконання всіх переходів механічної обробки. В даному прикладі це осі:

- отвору у вихідній заготовці (точка 5);
- отвору, утвореного в результаті попереднього (чорнового) розточування (точка 6);
- отвору, утвореного в результаті остаточного (чистового) розточування, тобто отвору в деталі (точка 7).

Позначатимемо розміри між цими осями як Δ_r , де r – номер осі (на розмірній схемі), що з'являється після виконання відповідного технологічного переходу. На рис. 14 це розміри Δ_6 і Δ_7 .

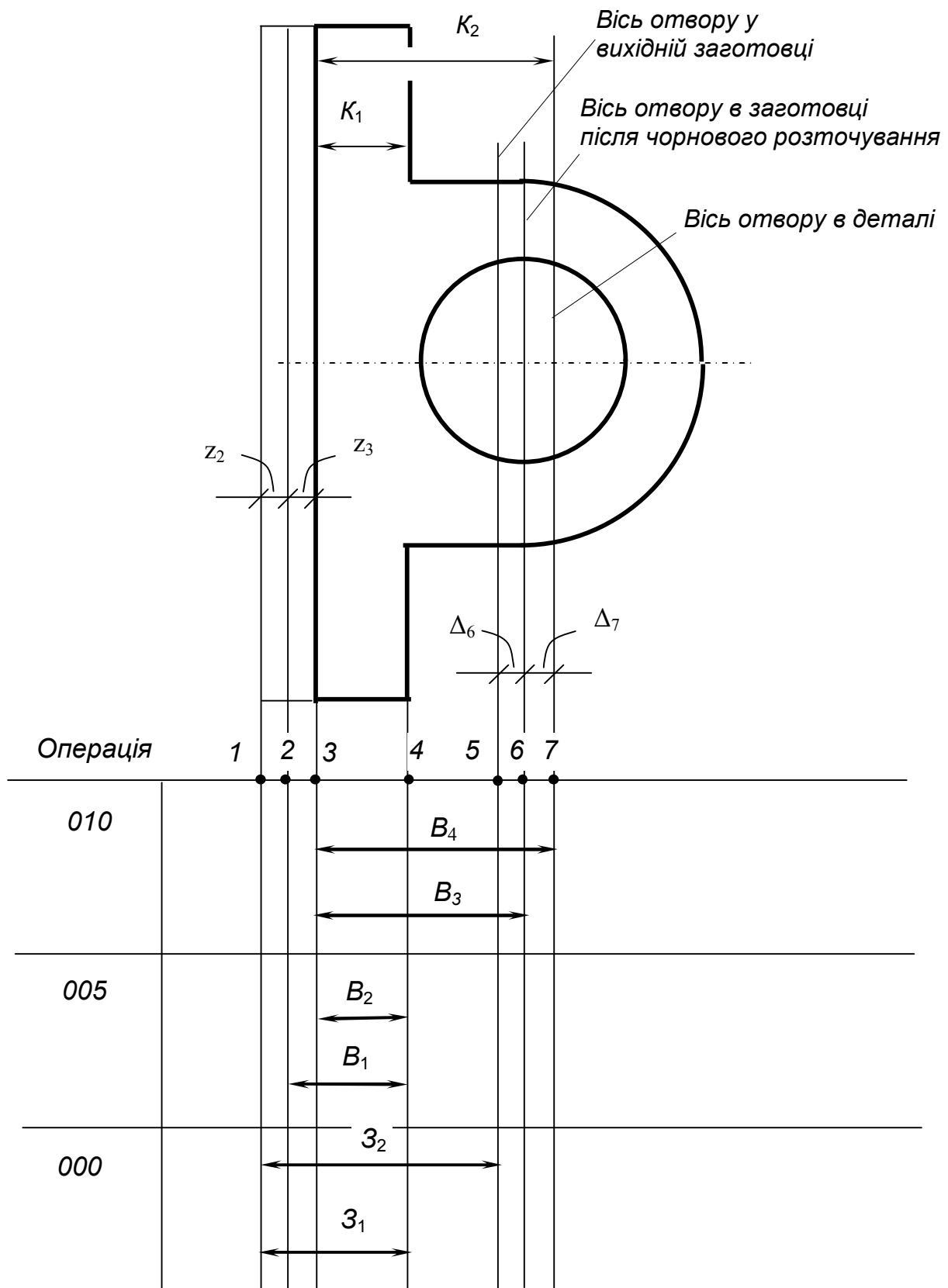


Рисунок 14 — Розмірна схема технологічного процесу

На основі розмірної схеми технологічного процесу будуємо похідний граф-дерево (рис. 15), вихідний граф-дерево (рис. 16) і суміщений граф (рис. 17).

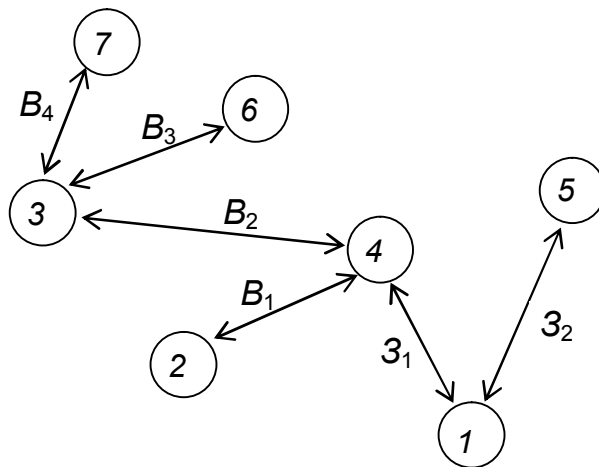


Рисунок 15 — Похідний граф-дерево

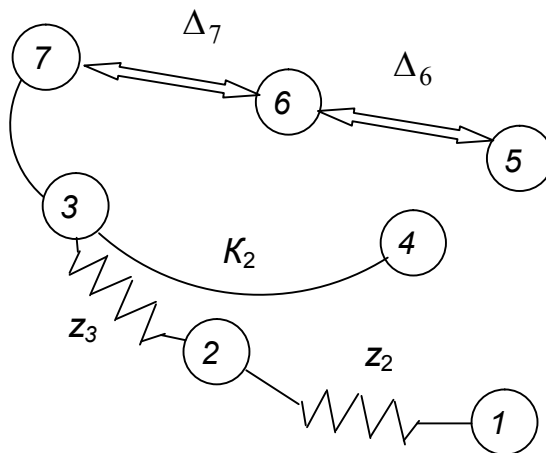


Рисунок 16 — Вихідний граф-дерево

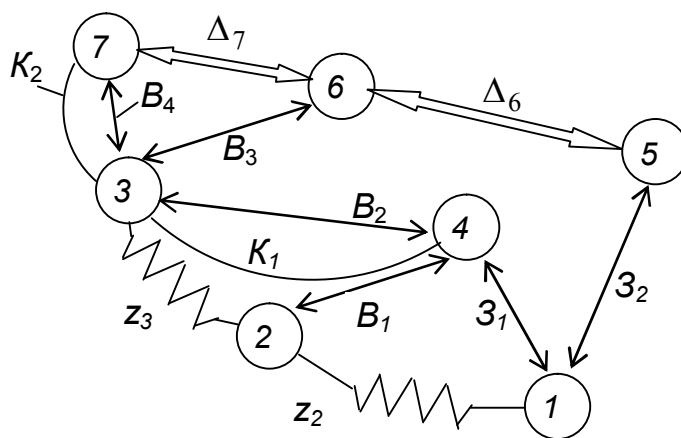


Рисунок 17 — Суміщений граф (граф технологічних розмірних ланцюгів)

З використанням суміщеного графа (див. рис. 17) складаємо рівняння технологічних розмірних ланцюгів (таблиця 12). Правила складання і розв’язання рівнянь 1 — 4 такі ж, як і у попередньому прикладі. У рівняннях 5 і 6 ланками замикання (вихідними ланками) є розміри відповідно Δ_7 і Δ_6 , оскільки відомими є номінальні значення цих розмірів ($\Delta_{7\text{ном}} = \Delta_{6\text{ном}} = 0$).

Таблиця 12 — Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ рівн.	Розрахункове	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-K_2 + B_4 = 0$	$K_2 = B_4$	B_4
3	$-z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$z_3 = B_1 - B_2$	B_1
4	$-z_2 + z_3 - B_1 = 0$	$z_2 = z_3 - B_1$	z_1
5	$-\Delta_7 - B_3 + B_4 = 0$	$\Delta_7 = B_4 - B_3$	B_3
6	$-\Delta_6 - z_2 + z_3 - B_2 + B_3 = 0$	$\Delta_6 = z_3 - z_2 - B_2 + B_3$	z_2

За допомогою нормативних таблиць [29, С. 187, 189] визначимо значення мінімальних проміжних припусків на обробку плоских поверхонь (таблиця 13).

Таблиця 13 — Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь, мм

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
z_2	Чорнове фрезерування	1,2
z_3	Чистове фрезерування	0,25

Розв’яжемо рівняння технологічних розмірних ланцюгів.

Рівняння 1

$$K_1 = B_2.$$

Звідки знаходимо $B_2 = K_1 = 15_{-0,6}$ мм.

Рівняння 2

$$K_2 = B_4.$$

Звідки знаходимо $B_4 = K_2 = 60 \pm 0,1$ мм.

Рівняння 3

$$z_{3 \min} = B_{1 \min} - B_{2 \max}.$$

$$B_{1 \min} = B_{2 \max} + z_{3 \min} = 15 + 0,25 = 15,25 \text{ мм.}$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 15,25 + 1,1 = 16,35 \text{ мм.}$$

Розмір B_1 є розміром охоплюваної поверхні, тому за номінальний приймемо розмір $B_{1 \max}$. В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{1 \max} - T(B_1)$, тобто $16,35_{-1,1}$ мм.

Рівняння 4

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

$$Z_{1 \min} = B_{1 \max} + z_{2 \min} = 16,35 + 1,2 = 17,55 \text{ мм.}$$

$$Z_{1 \max} = Z_{1 \min} + T(Z_1) = 17,55 + 1,8 = 19,35 \text{ мм.}$$

Згідно із [35] за номінальне значення розміру Z_3 беремо середнє його значення. На кресленні заготовки має бути вказаний розмір

$$Z_1 = Z_{1 \text{сер}} \pm \frac{1}{2} T(Z_1) = \frac{Z_{1 \max} + Z_{1 \min}}{2} + \frac{1}{2} T(Z_1) = \frac{19,35 + 17,55}{2} \pm 0,9 = 18,5 \pm 0,9 \text{ мм.}$$

Рівняння 5

$$\Delta_7 = B_4 - B_3;$$

Ланкою замикання цього рівняння є розмір Δ_7 . Вважатимемо, що

$$(\Delta_7)_{\text{ном}} = (\Delta_7)_{\text{сер}} = 0,$$

де $(\Delta_7)_{\text{сер}}$ – середнє значення розміру Δ_7 .

Таким чином,

$$B_{4 \text{ном}} = B_{4 \text{сер}} = B_{3 \text{ном}} = B_{3 \text{сер}} = 60 \text{ мм.}$$

З урахуванням того, що поле допуску розміру B_3 має бути розташоване симетрично відносно $B_{3 \text{сер}}$, в технологічному документі слід вказати розмір

мір $B_{3 \text{сер}} \pm \frac{1}{2} T(B_3)$, тобто $60 \pm 0,23$ мм.

Рівняння 6

$$\Delta_6 = Z_1 - Z_2 - B_2 + B_3.$$

Вважатимемо, що в номіналі вісь отвору у вихідній заготовці і вісь отвору після попереднього розточування також збігаються. З урахуванням цього запишемо

$$\Delta_{6\text{ном}} = \Delta_{6\text{сер}} = 0.$$

Таким чином,

$$Z_{1\text{сер}} - Z_{2\text{сер}} - B_{2\text{сер}} + B_{3\text{сер}} = 0$$

і

$$Z_{2\text{сер}} = Z_{1\text{сер}} - B_{2\text{сер}} + B_{3\text{сер}}, \quad (5)$$

$$B_{2\text{сер}} = \frac{B_{2\text{max}} + B_{2\text{min}}}{2} = \frac{15 + 14,4}{2} = 14,7 \text{ мм}.$$

Підставивши знайдені вище кількісні значення $B_{3\text{сер}}$, $Z_{1\text{сер}}$ і $B_{2\text{сер}}$ в (5), отримаємо

$$Z_{2\text{сер}} = 18,45 - 14,7 + 60 = 63,75 \text{ мм}.$$

Отримане значення Z_2 округлимо в сторону збільшення до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню $T(Z_2)$. Прийmemo $Z_{2\text{сер}} = 63,8$ мм. На кресленні заготовки має бути вказаний розмір

$$Z_2 = Z_{2\text{сер}} \pm \frac{T(32)}{2} = 63,8 \pm 1,2 \text{ мм}.$$

З використанням отриманих вище граничних значень технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, виходячи з рівнянь 3 і 4 таблиці 12, визначимо максимальні припуски.

$$z_{3\text{max}} = B_{1\text{max}} - B_{2\text{min}} = 16,35 - 14,4 = 1,95 \text{ мм}.$$

$$z_{2\text{max}} = Z_{1\text{max}} - B_{1\text{min}} = 19,35 - 15,25 = 4,1 \text{ мм}.$$

Отримані значення максимальних припусків зведемо в таблицю 13.

Визначені в результаті виконання розмірного аналізу величини технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски показані в таблиці 14.

Таблиця 13 — Максимальні припуски, мм

$z_{2\max}$	$z_{3\max}$
4,1	1,95

Таблиця 14 — Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B_1	15,25	16,35	1,1	16,35	$16,35_{-1,1}$	—
B_2	14,4	15,0	0,6	15,0	$15_{-0,6}$	—
B_3	59,77	62,30	0,46	60,0	$60 \pm 0,23$	—
B_4	59,90	60,10	0,20	60,0	$60 \pm 0,1$	—
3_1	17,55	19,35	1,8	18,5	—	$18,5 \pm 0,9$
3_2	62,6	65	2,4	63,8	—	$63,8 \pm 1,2$

3.11 Визначення припусків і технологічних розмірів для механічної обробки циліндричних поверхонь

Під час виконання курсового проекту проміжні припуски для механічної обробки циліндричних поверхонь партії заготовок визначаються:

- розрахунково-аналітичним методом — для однієї з найточніших поверхонь (задана в індивідуальному завданні);
- дослідно-статистичним (нормативним) методом — на інші циліндричні поверхні, які утворюються за рахунок зрізання припусків (не напусків) під час механічної обробки.

3.11.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом проміжних припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки

Вихідними даними для визначення розрахунково-аналітичним методом проміжних припусків для механічної обробки циліндричної поверхні і технологічних розмірів є:

- маршрут механічної обробки деталі;
- спосіб виготовлення вихідної заготовки і показники її точності;
- кількість ступенів (переходів) та способи механічної обробки циліндричної поверхні, а також допуски діаметральних розмірів, які забезпечуються на кожному з переходів.

Весь обсяг вихідних даних знаходять в результаті виконання попередніх пунктів індивідуального завдання.

Мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричної поверхні із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [26 та ін.].

$$2z_{\min i} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{B i}^2} \right), \quad (7)$$

де i – порядковий номер виконуваного технологічного переходу; Rz_{i-1} , h_{i-1} , ρ_{i-1} – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення оброблюваної поверхні (відносно технологічних баз), які утворились на технологічному переході, що передує виконуваному; $\varepsilon_{B i}$ – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Величини Rz і h визначаються за таблицями [22, С. 98-99].

На поверхні вихідної заготовки завжди є дефектний шар незалежно від її матеріалу і способу виготовлення. Якщо заготовка виготовлена з чавуну, то вважається, що механічна обробка не утворює дефектного шару і тому після першого переходу обробки різанням величина h виключається з розрахунків.

Величина ρ залежить від способу виготовлення вихідної заготовки та її форми, виду поверхні (отвір чи зовнішня циліндрична поверхня), схем базування, як на першій, так і на подальших операціях. Кількісні значення ρ знаходять з використання формул і числових даних, які є, наприклад, в [22, С. 98, 99].

Додаткового роз'яснення потребує досить поширений випадок обробки отворів в литих чи штампованих заготовках, форма яких не передбачає встановлення їх в самоцентрувальні патрони (заготовки корпусних деталей, вилок, важелів тощо). У цьому випадку величину ρ для отвору у вихідній заготовці можна знайти за формулою [22, С. 100]

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, \quad (8)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – відхилення поверхні вихідної заготовки від правильної геометричної форми (циліндричності), спричинені жолобленням; $\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору поверхні вихідної заготовки відносно технологічних баз.

Величина $\rho_{\text{жол}}$ знаходиться за рекомендаціями і формулою [22, С. 102, 115]. Під час визначення величини $\rho_{\text{зм}}$ мають бути враховані неточності виготовлення вихідної заготовки, схема базування на першій операції, а також ті похибки механічної обробки, які впливають на величину $\rho_{\text{зм}}$.

Детальніше методика визначення $\rho_{\text{зм}}$ розглянута у наведеному нижче прикладі визначення мінімальних проміжних припусків на переходи механічної обробки отвору у деталі типу «корпус підшипника».

Якщо зовнішня циліндрична поверхня заготовки (наприклад, шийка ступінчастого вала, остаточний діаметр якої значно менший за діаметр вихідної заготовки, виготовленої із сортового круглого прокату) утворюється в процесі точіння за рахунок знімання *напуску*, то вважається, що під час визначення *припусків* на всі переходи механічної обробки цієї поверхні $\rho = 0$.

Залишкові просторові відхилення на механічно оброблених поверхнях є наслідком копіювання під час обробки похибок вихідної заготовки. Значення цих похибок залежать від режимів різання, жорсткості технологічної системи і фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Під час виконання курсового проекту можна із забезпеченням достатньої точності скористатися емпіричною формулою

$$\rho_i = 0,05 \cdot \rho_{i-1}. \quad (9)$$

Вплив *похибки встановлення* ε_B на величину мінімального припуску зумовлений тим, що поверхня, з якої в процесі механічної обробки зрізатиметься припуск (далі – оброблювана поверхня), може займати різне положення після встановлення кожної із заготовок партії у верстатний пристрій. Ця нестабільність положення оброблюваної поверхні повинна бути скомпенсована додатковою складовою проміжного припуску. Слід особливо зауважити, що ε_B виникає саме на тому переході, для якого визначається проміжний припуск, а $\rho_{зм}$ утворюється під час виготовлення вихідної заготовки або на одному з попередніх переходів механічної обробки.

Таким чином, під час розрахунку мінімального проміжного припуску *похибка встановлення визначається як поле розсіювання розміру між оброблюваною поверхнею заготовки і настроєним на розмір інструментом.*

Для визначення ε_B потрібно побудувати відповідний технологічний розмірний ланцюг і розв'язати обернену задачу його розрахунку. Ланкою замикання в цьому ланцюзі є розмір між оброблюваною поверхнею заготовки і настроєним на розмір інструментом. Це показано в прикладі, що розглядається нижче.

Під час визначення проміжних припусків на обробку зовнішніх циліндричних поверхонь за умови встановлення заготовок на центрові отвори, вважається, що ε_B незначна і нею можна знехтувати.

Похибка встановлення не виникає також, коли циліндрична поверхня утворюється за рахунок видалення напуску.

Величина ε_B визначається для кожного з установів незалежно від того, здійснюються вони на одній операції, чи на різних.

Ефект копіювання похибок поширюється і на похибку встановлення. Тому, якщо циліндрична поверхня обробляється на певній операції декілька раз з одного установа, то залишкове зміщення її осі після виконання певного технологічного переходу можна знайти за емпіричною формулою

$$\varepsilon_{B_i} = 0,05 \cdot \varepsilon_{B_{i-1}} \quad (10)$$

Важливим є те, що в будь-якому випадку призначений мінімальний припуск не повинен бути меншим за мінімальну товщину стружки, яку може зрізати лезо інструмента. Згідно з [13, С. 258] для точіння ця товщина складає 20...50 мкм, а для інших видів обробки вона може бути більшою (фрезерування) або меншою (абразивна обробка). Через це, якщо розрахований за формулою (7) мінімальний припуск на фінішну (викінчувальну) обробку виявився меншим або приблизно рівним значенню мінімально допустимої товщини стружки, то цей припуск слід визначати (з урахуванням вибраного способу обробки) за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу, тобто за таблицями, які є, наприклад, в [29, С. 183 — 195].

Приклад 1

Потрібно визначити мінімальні проміжні припуски на механічну обробку отвору в деталі типу «Корпус», а також технологічні розміри і розміри отвору у вихідній заготовці.

Вихідні дані

1. Отвір $\varnothing 52H8^{(+0,046)}$ мм обробляється на одній операції з одного установа. Ескіз зі схемою базування показаний на рис. 18. Встановлення заготовки – на опорні пластини і два пальці (круглий та зрізаний). Діаметр виконавчих (установних) поверхонь пальців – $\varnothing 11e8(-0,032/-0,059)$. Закріплення заготовки – за допомогою гвинтових затискачів.

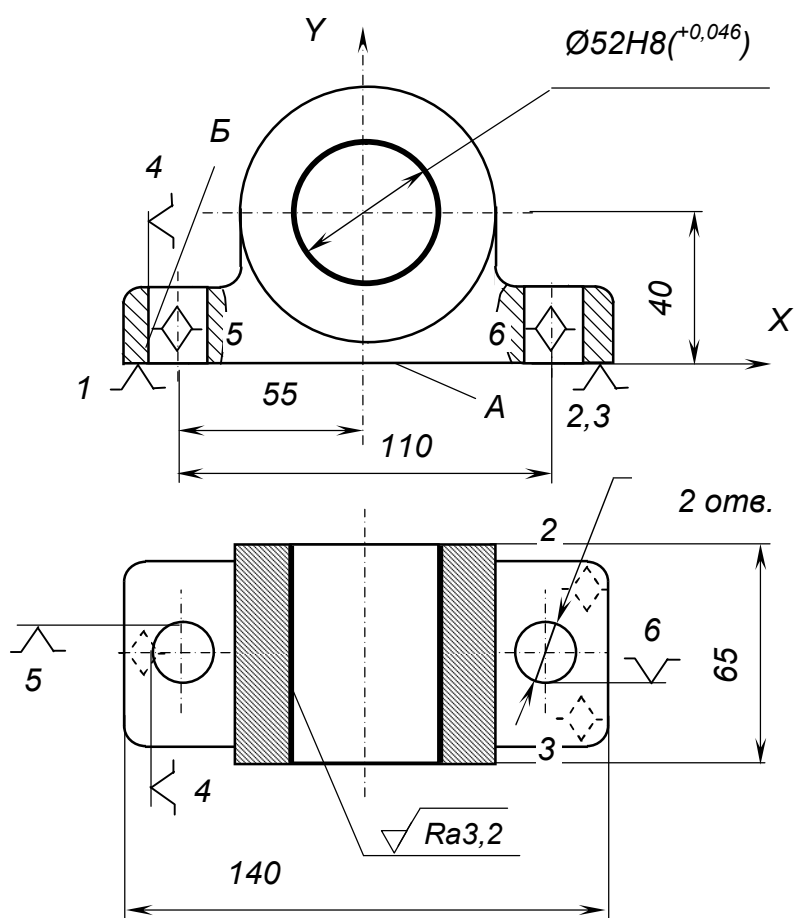


Рисунок 18 — Ескіз зі схемою базування на операції обробки отвору в заготовці деталі типу «корпус»

2. Вихідна заготовка виготовлена литтям в оболонковій формі (9 клас точності згідно із ГОСТ 26645 – 85 [35]). Допуск діаметрального розміру отвору у вихідній заготовці складає 2,0 мм.

3. Технологічний маршрут обробки отвору $\varnothing 52H8$ складається з трьох переходів – чорнового, чистового і тонкого розточування на свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті ІР320ПМФ4. Всі переходи здійснюються на одному установі заготовки.

4. Чистові технологічні бази (площина і два отвори $\varnothing 11H8$) утворюються на першій операції механічної обробки.

Визначимо елементи мінімального припуску для всіх переходів обробки отвору.

Значення Rz і h для поверхні отвору у вихідній заготовці складають відповідно 40 мкм і 260 мкм [22, табл. 4.25].

Значення Rz і h після чорнового розточування складають відповідно 50 мкм [22, табл. 4.27] і 0 мкм (оскільки матеріал заготовки — чавун).

Значення Rz після чистового розточування складає 25 мкм [22, табл. 4.27].

Величину просторових відхилень отвору оброблюваної поверхні визначимо за формулою (8).

Жолоблення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому напрямі, тому

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\text{ж}} d)^2 + (\Delta_{\text{ж}} l)^2} \quad , \quad (11)$$

де $\Delta_{\text{ж}}$ — питоме жолоблення; d і l — відповідно діаметр і довжина отвору в готовій деталі.

Величина $\Delta_{\text{ж}}$ для прикладу, що розглядається, складає 0,7 мкм/мм [22, табл. 4.29].

Таким чином,

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 52)^2 + (0,7 \cdot 65)^2} = 47 \text{ мкм.}$$

Для визначення величини $\rho_{\text{зм}}$ розглянемо операційний ескіз механічної обробки заготовки на першій операції. Припустимо, що схема базування на першій операції відповідає розв'язанню задачі забезпечення розмірного зв'язку оброблених поверхонь із необробленими (рис. 19).

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами (площиною A і отвором B) розмірами відповідно A_{55} і A_{40} . Тому знайдемо $\rho_{\text{зм}}$ як середньоквадратичне значення сумарних похибок механічної обробки цих розмірів, тобто

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 55})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 40})^2} \quad . \quad (12)$$

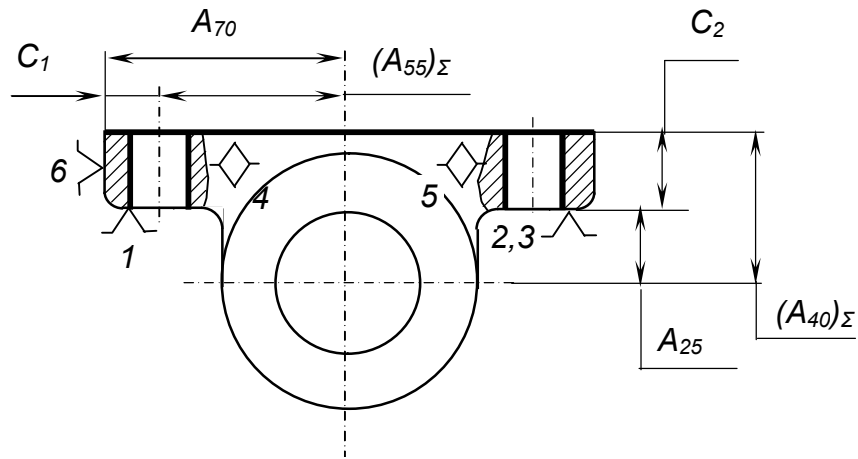


Рисунок 19 — Ескіз зі схемою базування на операції обробки чистових баз (перша операція)

Визначимо величини $\varepsilon_{\Sigma 55}$ та $\varepsilon_{\Sigma 40}$ за спрощеною формулою визначення сумарної похибки механічної обробки

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{6}}^2 + \omega^2}, \quad (13)$$

де $\varepsilon_{\bar{6}}$ — похибка базування; ω — середньостатистична точність способу механічної обробки.

Знайдемо похибки базування на розміри A_{55} і A_{40} , побудувавши відповідні розмірні ланцюги (рис. 19). Похибка базування на розмір A_{55} складе

$$\varepsilon_{\bar{6}55} = T(A_{70}) + T(C_1).$$

Оскільки величина $T(C_1)$ є фактично похибкою настроєння і враховується в ω , то можна прийняти $T(C_1) = 0$. Розмір A_{70} з'єднує необроблені поверхні і тому величину допуску цього розміру визначаємо за ГОСТ 26645 – 85 [35]. Для заготовки 9 ступеня точності $T(A_{70}) = 2200$ мкм. Таким чином, $\varepsilon_{\bar{6}55} = T(A_{70}) = 2200$ мкм.

Аналогічно знаходимо $\varepsilon_{\bar{6}40}$

$$\varepsilon_{\bar{6}40} = T(A_{25}) + T(C_2),$$

і, відповідно, $\varepsilon_{\bar{6}40} = T(A_{25}) = 1600$ мкм.

Значення ω_{55} (зміщення осі отвору після свердління відносно технологічних баз) згідно з [30, табл. 7, С. 16] складає 180 мкм.

Вважаючи, що дворазове фрезерування площини (рис. 19) забезпечує 12 квалітет точності, приймемо $\omega_{40} = 250$ мкм.

Підставивши відповідні кількісні значення $\varepsilon_{\bar{6}}$ і ω в (13), отримаємо

$$\varepsilon_{\Sigma 55} = \sqrt{(2200)^2 + (180)^2} = 2208 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\Sigma 40} = \sqrt{(1600)^2 + (250)^2} = 1620 \text{ мкм}.$$

За формулами (10) і (6) знайдемо кількісні значення ρ_{3M} і ρ_{3AG}

$$\rho_{3M} = \sqrt{(2208)^2 + (1620)^2} = 2738 \text{ мкм};$$

$$\rho_{3AG} = \sqrt{(47)^2 + (2738)^2} = 2740 \text{ мкм}.$$

Залишкове значення просторового відхилення після чорнового розточування складе $\rho_1 = 0,05 \cdot 2740 = 136$ мкм, а після чистового – $\rho_2 = 0,05 \cdot 136 = 7$ мкм.

Похибку встановлення на попередньому розточуванні визначимо як середньоквадратичне значення цих похибок у напрямках осей X і Y (див. рис. 18).

$$\varepsilon_B = \sqrt{\varepsilon_{B_x}^2 + \varepsilon_{B_y}^2} . \quad (14)$$

Похибка встановлення у напрямі кожної з осей може бути визначена за формулою

$$\varepsilon_B = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} , \quad (15)$$

де ε_6 , ε_3 і $\varepsilon_{пр}$ — відповідно похибка базування, похибка закріплення і похибка пристрою.

Похибки ε_3 та $\varepsilon_{пр}$ на етапі визначення припусків зазвичай не розраховують, а користуються таблицями [4, С. 75 — 82], у яких наведені середньостатистичні кількісні значення суми цих похибок (в таблицях ця сума означена як похибка закріплення). Аналогічні таблиці є і в [22, С. 109 — 113]. З урахуванням цього формулу (15) можна записати у вигляді

$$\varepsilon_B = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} . \quad (16)$$

Визначимо похибку базування ε_{6_x} у напрямі осі X як поле розсіювання розміру A_{Δ_x} (рис. 20), який з'єднує в горизонтальній площині вісь отвору вихідної заготовки з віссю обертання розточувальної оправки.

Розв'язуючи обернену задачу розрахунку розмірних ланцюгів, отримаємо

$$\varepsilon_{6_x} = \delta(A_{\Delta_x}) = T(A_{55}) + T(A_{\delta}) + T(C_x) .$$

Величина $T(A_{55})$ фактично є сумарною похибкою обробки розміру 55 мм і повністю врахована у ρ_{3M} .

Величина $T(C_x)$ є похибкою настроєння інструмента. Кількісне значення цієї похибки, порівняно з іншими складовими припуску, є незначним і ним можна знехтувати.

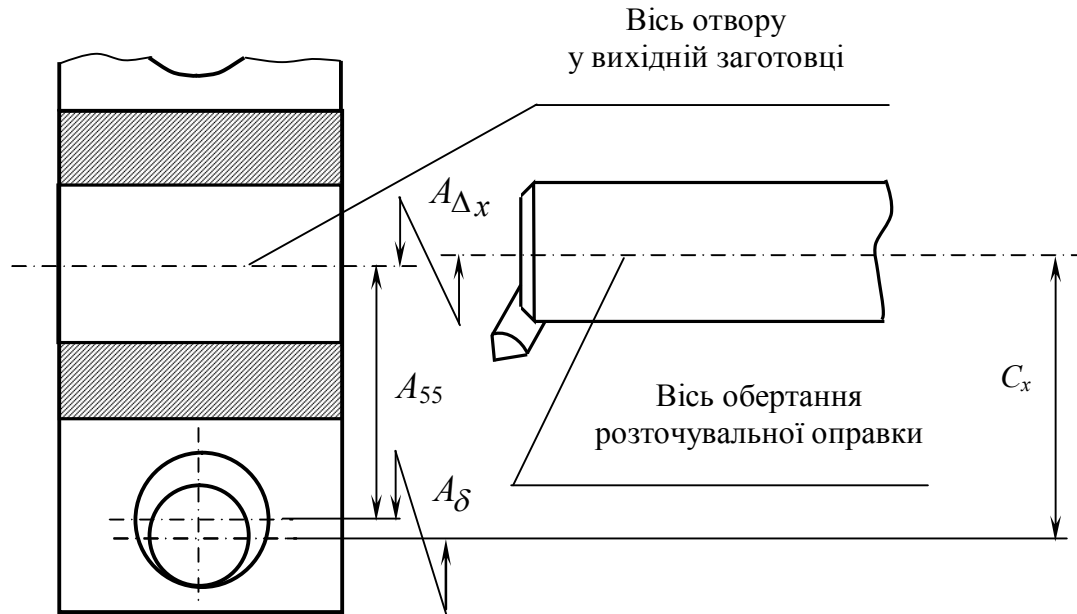


Рисунок 20 — Схема розмірного ланцюга для визначення похибки базування у напрямі осі X

Величина $T(A_{\delta})$ дорівнює величині максимально можливого зміщення осі отвору у вихідній заготовці через зазор між отвором $\varnothing 11H7$ і круглим пальцем $\varnothing 11g6$, тобто дорівнює максимальному зазору. Таким чином,

$$\varepsilon_{\delta_x} = T(A_{\delta}) = D_{\max} - d_{\min}, \quad (15)$$

де D_{\max} і d_{\min} — відповідно максимальний діаметр отвору і мінімальний діаметр пальця.

Підставивши відповідні значення в (15), отримаємо

$$\varepsilon_{\delta_x} = 11,027 - 10,941 = 0,086 \text{ мм} = 86 \text{ мкм.}$$

Оскільки за прийнятої схеми встановлення сили затискання спрямовані у напрямі осі Y , то похибка закріплення у напрямі осі X відсутня і, таким чином, $\varepsilon_{B_x} = \varepsilon_{\delta_x} = 86 \text{ мкм.}$

Знайдемо похибку встановлення у напрямі осі Y (ε_{B_y}). Похибку базування ε_{δ_y} , визначимо як поле розсіювання розміру $A_{\Delta y}$ (рис. 21). Цей

розмір з'єднує у напрямі осі Y вісь отвору вихідної заготовки з віссю обертання розточувальної оправки. Складемо відповідний технологічний розмірний ланцюг. Розмір $A_{\Delta y}$ у цьому ланцюзі буде ланкою замикання.

$$\text{Таким чином, } \varepsilon_{\delta_y} = \delta(A_{\Delta y}) = T(A_{40}) + T(C_y).$$

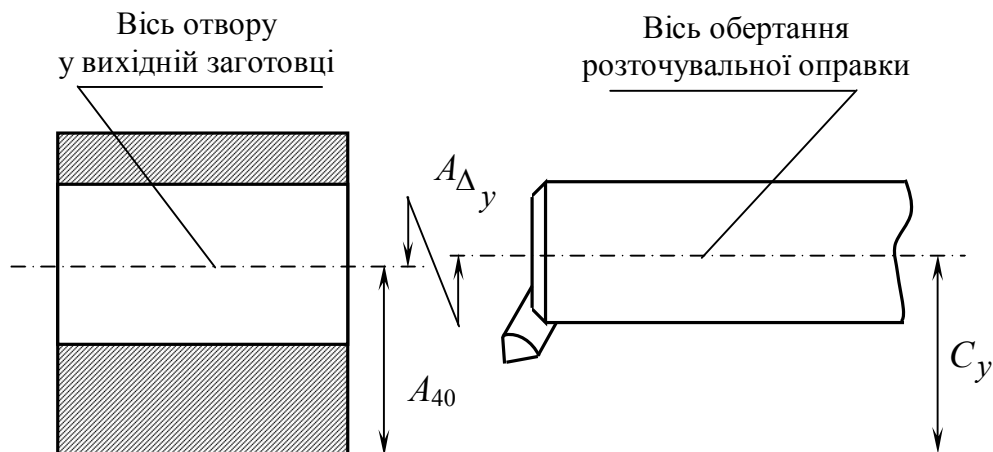


Рисунок 21 — Схема розмірного ланцюга для визначення похибки базування у напрямі осі Y

Величина $T(A_{40})$ визначена раніше як сумарна похибка механічної обробки розміру 40 мм і повністю врахована в ρ_{3M} . Великою $T(C_y)$ нехтуємо як і у випадку розрахунку ε_{δ_x} . Таким чином, $\varepsilon_{\delta_y} = 0$.

Оскільки сили закріплення направлені паралельно осі Y , то відповідно до [22, табл. 4.37] похибка закріплення у напрямі цієї осі складе 90 мкм. Таким чином, $\varepsilon_{B_y} = \varepsilon_{3_y} = 90$ мкм.

За формулою (16) визначимо похибку встановлення на попередньому розточуванні

$$\varepsilon_{B_1} = \sqrt{86^2 + 90^2} = 127 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка встановлення на чистовому розточуванні згідно із (10) складе

$$\varepsilon_{B_2} = 0,05 \cdot 127 = 6 \text{ мкм,}$$

а на тонкому розточуванні

$$\varepsilon_{B_3} = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ мкм} \approx 0.$$

За формулою (7) визначимо розрахункові мінімальні проміжні припуски для розточування:

чорнового

$$2z_{\min_1} = 2 \left(40 + 260 + \sqrt{2740^2 + 127^2} \right) = 2 \cdot 3042 \text{ мкм};$$

чистового

$$2z_{\min_2} = 2 \left(50 + \sqrt{136^2 + 6^2} \right) = 2 \cdot 186 \text{ мкм}.$$

тонкого

$$2z_{\min_3} = 2 \left(25 + \sqrt{7^2} \right) = 2 \cdot 32 \text{ мкм}.$$

Оскільки отриманий мінімальний припуск для тонкого розточування може бути меншим за мінімальну товщину стружки, яку здатен зняти різець, виберемо мінімальний припуск за [29, табл. 37]. Таким чином, остаточно $2z_{\min_3} = 2 \cdot 75 \text{ мкм}$.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 14. Заповнюючи стовпець 8 таблиці 14, слід скористатись результатами виконання пунктів 2 і 3.2 індивідуального завдання.

Послідовність виконання решти розрахунків для визначення розмірів, що входять до таблиці 14, перевірка їх правильності, а також приклад схеми графічного розташування припусків і допусків детально розглянуті в посібниках з курсового проектування, наприклад, в [4] та в [22].

Приклад 2

Потрібно визначити за допомогою розрахунково-аналітичного методу мінімальні проміжні припуски для механічної обробки отвору в заготовці деталі типу «Фланець», а також технологічні розміри і розміри отвору у вихідній заготовці. Форма деталі, її розміри та показники точності обробленого отвору показані на рис. 22.

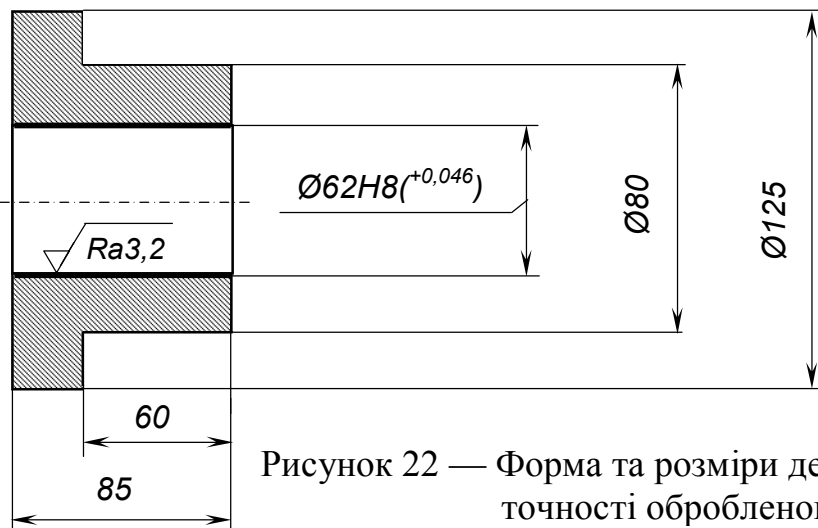


Рисунок 22 — Форма та розміри деталі, показники точності обробленого отвору

Таблиця 14 — Розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку отвору $\varnothing 52H8^{+0,046}$ мм

Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 52H8^{+0,046}$	Елементи припуску, мкм				Розрахований мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахований розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничні значення технологічних роз- мірів і розмірів ви- хідної заготовки, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	ρ	ε_B				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (вилівок)	40	260	2740	—	—	45,440	2000	43,4	45,4	—	—
Розточування чорнове	50	—	136	127	2·3042	51,524	460	51,06	51,52	2·3060	2·3830
Розточування чистове	25	—	7	6	2·186	51,896	120	51,77	51,89	2·185	2·355
Розточування тонке				—	(2·75)*	52,046	46	52,000	52,046	2·78	2·115
Загальний припуск										2·3323	2·4300

*Мінімальний припуск вибраний за [29, табл. 37].

Вихідні дані

1. Виробництво — середньосерійне.

2. Вихідна заготовка — штампована поковка, виготовлена на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП). Матеріал заготовки — сталь 45. Маса деталі — 2,9 кг. Маса заготовки — 4,7 кг. Згідно із ГОСТ 7505-89 заготовка характеризується такими показниками:

- група сталі — М2;
- ступінь складності — С3;
- клас точності — Т3;
- вихідний індекс — 11;

Допуск діаметрального розміру отвору у вихідній заготовці складає 2 мм.

Маршрут механічної обробки показаний у таблиці 15.

Таблиця 15 — Маршрут механічної обробки

Номер операції	Назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1. Точити торець 1, поверхні 2 та 3 попередньо. 2. Розточити отвір 4 попередньо. 3. Точити торець 1, поверхні 2 та 3 остаточно. 4. Розточити отвір 4 остаточно.</p>		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1. Точити торець 1 і поверхню 2 попередньо. 2. Точити торець 1 і поверхню 2 остаточно. 3. Розточити отвір 3 остаточно.</p>		Токарно-револьверний з ЧПК високої точності НТ160

Визначимо елементи мінімального припуску для всіх переходів обробки отвору.

Значення Rz і h для поверхні отвору у вихідній заготовці складають відповідно 150 мкм і 250 мкм [22, табл. 4.25].

Значення Rz і h після чорнового розточування складають відповідно 50 мкм [22, табл. 4.27] і 50 мкм.

Значення Rz і h після чистового розточування складає відповідно 20 мкм і 25 мкм [22, табл. 4.27].

Величину просторових відхилень отвору у вихідній заготовці визначимо за формулою [22, табл. 4.28]

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{ексц}}^2},$$

де $\rho_{\text{зм}}$ — похибка, спричинена зміщенням по поверхні рознімання штампів; $\rho_{\text{ексц}}$ — похибка, спричинена неспіввісністю (ексцентриситетом) пробитого отвору відносно зовнішньої (базової) циліндричної поверхні.

Згідно з [36, табл. 9 і табл. 12] для вихідної заготовки $\rho_{\text{зм}} = 600$ мкм, $\rho_{\text{ексц}} = 800$ мкм.

Таким чином,

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{600^2 + 800^2} = 1000 \text{ мкм.}$$

Залишкове значення просторового відхилення після чорнового розточування складе $\rho_1 = 0,05 \cdot 1000 = 50$ мкм, а після чистового — $\rho_2 = 0,05 \cdot 50 = 3$ мкм.

Під час розрахунку припусків похибку встановлення $\varepsilon_{\text{в}}$ згідно з [22] визначається за формулою

$$\varepsilon_{\text{в}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2},$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ — похибка базування; $\varepsilon_{\text{з}}$ — похибка закріплення.

Визначимо $\varepsilon_{\text{в}}$ для операції 005. Оскільки заготовка встановлюється у трикулачковий самоцентрувальний патрон, то згідно з [22, табл. 4.33] $\varepsilon_{\text{б}} = 0$.

Згідно з [22, табл. 4.34] для випадку встановлення заготовки в трикулачковий самоцентрувальний патрон на необроблені поверхні $\varepsilon_{\text{з}} = 600$ мкм.

Таким чином, для чорнового розточування $\varepsilon_{\text{в}1} = \varepsilon_{\text{з}} = 600$ мкм.

Оскільки чорнове і чистове розточування виконуються за один установ, то залишкова похибка встановлення на чистовому розточуванні складе

$$\varepsilon_{\text{в}2} = 0,05 \cdot 600 = 30 \text{ мкм,}$$

Тонке розточування отвору виконується на операції 010 з установленим в трикулачковий самоцентрувальний патрон на чисто оброблені поверхні. Згідно з [22, табл. 4.34] для цього випадку $\varepsilon_{B_2} = 70$ мкм.

За формулою (7) визначимо розрахункові мінімальні проміжні припуски для розточування:

чорнового

$$2z_{\min_1} = 2 \left(150 + 250 + \sqrt{1000^2 + 600^2} \right) = 2 \cdot 1570 \text{ мкм};$$

чистового

$$2z_{\min_2} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{50^2 + 30^2} \right) = 2 \cdot 158 \text{ мкм};$$

тонкого

$$2z_{\min_3} = 2 \left(20 + 25 + \sqrt{3^2 + 70^2} \right) = 2 \cdot 115 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 16.

Як і в попередньому прикладі, заповнюючи стовпець 8 таблиці 16, слід скористатись результатами виконання пунктів 2 і 3.2 індивідуального завдання.

Приклад визначення проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні деталі типу «Вал» розглянутий в [4, С. 88 — 92] та в [22, С. 117 — 120]

Таблиця 16 — Розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку отвору $\varnothing 62H8^{+0,046}$ мм

Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 62H8^{+0,046}$	Елементи припуску, мкм				Розрахований мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p мм	Допуск T , мкм	Граничні значення технологічних роз- мірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
	Rz	h	ρ	ε_B				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (штампована поковка)	150	250	1000			58,378	2000	56,3	58,3		
Операція 005											
Розточування чорнове	50	50	50	600	2·1570	61,518	460	61,05	61,51	2·1375	2·2375
Розточування чистове	20	25	3	30	2·158	61,834	120	61,67	61,83	2·160	2·310
Операція 010											
Розточування тонке				70	2·115	62,046	46	62,000	62,046	2·108	2·165
Загальний припуск										2·1643	2·2850

3.11.2 Визначення проміжних припусків з використанням дослідно-статистичного (нормативного) методу

Мінімальні проміжні припуски для обробки решти циліндричних поверхонь вибираються за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу. Рекомендованою літературою для вибору мінімальних припусків під час виконання курсового проекту є [29, С. 181 — 195] та [16, глава 16]. Вибрані значення мінімальних припусків записують у таблицю 17.

Таблиця 17 — Припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь

Технологічні переходи	Вибраний мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Отвір $\text{Ø}70H9$							
Зовнішня циліндрична поверхня $\text{Ø}60k6$							

Визначені в результаті розрахунку значення граничних технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки і граничні значення припусків також записують у таблицю 17.

3.12 Визначення режимів різання

Виконуючи цей пункт індивідуального завдання, студент має визначити режими різання для механічної обробки всіх поверхонь, які піддаються такій обробці.

Режими різання визначаються послідовно для всіх переходів механічної обробки кожної з технологічних операцій. Якщо перехід складається з декількох робочих ходів, то режими різання визначаються для кожного робочого ходу.

Спочатку слід вибрати матеріал різальної частини інструмента, а також ті її геометричні параметри, які впливають на режими різання.

Перед початком визначення режимів різання потрібно також вибрати типи і моделі верстатів для всіх технологічних операцій.

Під час виконання цього пункту зазвичай визначають:

- глибину різання;
- подачу;
- швидкість різання;
- частоту обертання шпинделя;
- потужність різання;
- розрахункову довжину робочого ходу інструмента;
- основний час виконання кожного з робочих ходів.

За необхідності, залежно від способу обробки та вибраного обладнання, можуть визначатися й інші показники режимів різання, що необхідні для проектування певної технологічної операції.

Під час курсового проектування режими різання зазвичай визначаються за нормативними таблицями. Але за узгодженням з керівником проекту студент може визначити швидкість різання і потужність різання розрахунково-аналітичним методом [31].

Для визначення режимів різання за нормативами рекомендується користуватися такою довідниковою літературою:

- [3] — всі види обробки;
- [11] — обробка на токарних верстатах з ЧПК;
- [19] — обробка на верстатах з ЧПК;
- [10] — шліфування;
- [24] — обробка різальними інструментами з надтвердих матеріалів.

Нижче даються роз'яснення щодо визначення режимів різання у тих питаннях, які найчастіше виникають у студентів під час виконання курсового проекту.

3.12.1 Визначення глибини різання

Якщо під час виконання робочого ходу знімається припуск, то глибина різання t під час визначення подачі та швидкості різання дорівнює середньому припуску, тобто

$$t = \frac{z_{\min} + z_{\max}}{2}.$$

Визначаючи потужність різання, слід брати максимальну глибину різання $t_{\max} = z_{\max}$.

Зазвичай припуск зрізається за один робочий хід різального інструмента. Якщо ж перед зніманням припуску спочатку має бути зрізаний напуск, то для забезпечення високої продуктивності глибину різання вибирають максимально можливою. Це зменшує кількість робочих ходів. Конкретне значення глибини різання під час знімання напуску вибирається з урахуванням виду обробки, матеріалу різальної частини, типу і розмірів інструмента, матеріалу і розмірів заготовки та інших факторів. У складних для студента випадках глибина різання для робочих ходів зрізання напуску вибирається під час консультацій з викладачем — керівником проекту.

3.12.2 Визначення подачі

Для чорнової обробки подачу вибирають максимально допустимою. Для чистової та фінішної обробки подача залежить від бажаної шорсткості обробленої поверхні.

Вид і розмірність подачі залежать від способу механічної обробки. Найчастіше використовувані види подач, їх позначення та розмірність для поширених способів механічної обробки наведені у таблиці 18.

Таблиця 18 — Види подач

Способи обробки	Вид подачі	Позначення подачі	Розмірність подачі
Точіння, розточування, свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвірчування	Подача на один оберт	s	мм/об
Фрезерування	Подача на один зуб	s_z	мм/зуб
	Хвилинна подача	$s_{\text{ХВ}}$	мм/хв
	Подача на один оберт	s	мм/об
Кругле зовнішнє шліфування з поздовжньою подачею	Поздовжня подача	$s_{\text{ПЗ}}$	мм/хв
	Поперечна подача (переміщення шліфувального круга в радіальному напрямі на один подвійний хід заготовки)	$s_{\text{ПОП}}$	мм/подв. хід
Кругле зовнішнє шліфування з радіальною подачею (врізне шліфування)	Радіальна подача (переміщення шліфувального круга в радіальному напрямі на один оберт заготовки)	s_p	мм/об
Безцентрове зовнішнє шліфування з поздовжньою подачею	Поздовжня подача	$s_{\text{ПЗ}}$	мм/хв
Безцентрове зовнішнє шліфування з радіальною подачею	Радіальна подача	s_p	мм/об

Продовження таблиці 18

Способи обробки	Вид подачі	Позначення подачі	Розмірність подачі
Внутрішнє шліфування	Поздовжня подача	$s_{пз}$	мм/хв
	Поперечна подача (переміщення шліфувальної бабки на один подвійний хід шпинделя)	$s_{поп}$	мм/подв. хід
Плоске шліфування периферією круга на верстатах з прямокутним столом	Швидкість переміщення стола	$v_{ст}$	м/хв
	Подача на глибину шліфування	s_t	мм/хід стола
	Поперечна подача	$s_{поп}$	мм/хід стола

Для чорнового фрезерування за нормативами вибирається подача на один зуб фрези s_z , а для чистового – на один оберт фрези s . У пояснювальній записці для чорнового фрезерування слід навести значення s_z і $s_{хв}$, а для чистового — s та $s_{хв}$. В картах налагодження для фрезерної обробки слід вказувати лише хвилину подачу $s_{хв}$, оскільки саме у такому вигляді вона задається під час встановлення режимів роботи як верстатів з ручним керування, так і верстатів з ЧПК.

Зв'язок між хвилиною подачею, подачею на один оберт s та подачею на один зуб фрези s_z такий

$$s_{хв} = sn = s_z zn,$$

де z – кількість зубів фрези.

3.12.3 Визначення швидкості різання та частоти обертання шпинделя

Під час виконання курсового проекту швидкість різання для всіх видів обробки лезовим інструментом можна визначати за нормативами. Нормативні таблиці, відповідні формули і поправкові коефіцієнти, які враховують конкретні умови обробки, є в наведеній вище (див. С. 65) довідниковій літературі.

Частота обертання шпинделя верстатів для лезової обробки зазвичай регулюється в широких межах. В універсальних верстатах з ручним керуванням частота обертання шпинделя змінюється ступінчасто і тому, визначивши швидкість різання v за нормативами, потрібно за формулою

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (18)$$

де d – діаметр (в мм) оброблюваної поверхні або різального інструмента, знайти розрахункову частоту обертання шпинделя і потім, згідно з паспортними даними верстата, вибрати її найближче менше значення.

У більшості верстатів з ЧПК частота обертання шпинделя регулюється безступінчасто в заданих паспортними даними верстата межах. Тому визначивши значення n за формулою (18), його слід округлити в меншу сторону до цілого числа і перевірити, чи входить воно в можливий діапазон. Якщо розрахункове значення n перевищує верхню межу діапазону, то воно зменшується до цієї межі.

В токарних верстатах з ЧПК можна задавати або частоту обертання шпинделя, або швидкість різання. Задання швидкості різання є особливо зручним для точіння ступінчастих поверхонь валів, торцевих поверхонь фланців тощо.

Швидкість різання для всіх видів шліфування можна брати в межах 30 ... 35 м/с. Для круглошліфувальних, безцентровошліфувальних та плоскошліфувальних верстатів частоту обертання шліфувального шпинделя можна не визначати, оскільки у цих типів верстатів вона зазвичай не регулюється. Для таких верстатів за нормативами визначається колова швидкість заготовки (в м/хв) і потім, за формулою (18) — частота обертання шпинделя бабки заготовки.

3.12.4 Визначення потужності різання

Потужність різання N_p визначається за нормативами або розрахунково-аналітичним методом після остаточного визначення глибини різання, подачі, швидкості різання (частоти обертання шпинделя), ширини фрезерування та інших показників.

Для зменшення обсягу роботи слід визначати потужність різання тільки для робочих ходів чорнової обробки найширших площин і головних отворів найбільшого діаметра, оскільки верстат для певної операції вибирається за робочим ходом, що характеризується найбільшою потужністю різання.

3.12.5 Визначення розрахункової довжини робочого ходу інструмента

Розрахункова довжина L робочого ходу інструмента потрібна для визначення основного часу операції як загального часу виконання всіх робочих ходів. Величина L залежить від довжини оброблюваної поверхні, величин врізання і перебігу та інших параметрів заготовки та інструмента. Формули для визначення L для поширених способів обробки, а також кількісні значення параметрів, що входять до цих формул, наведені в [16, глава 17].

3.12.6 Визначення основного машинного часу (часу виконання робочих ходів)

Розрахунок основного машинного часу (часу виконання робочих ходів) T_0 рекомендується виконувати за допомогою точних формул (додаток И, таблиця И.1, стовпець 3).

3.12.7 Оформлення результатів визначення режимів різання

Вибрані режими різання для всіх операцій зводять у таблиці. Для кожної операції слід оформити окрему таблицю, оскільки склад показників режимів різання, що входять до таблиці, залежно від способів обробки, може відрізнятися. Приклади оформлення таких таблиць показані нижче (таблиці 19 і 20).

Таблиця 19 — Режими різання

Операція 005 — вертикально-фрезерна з ЧПК (верстат ЛТ260МФ3)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	B , мм	t , мм	t_{\max} , мм	s , мм/об	s_z , мм/зуб	z	$s_{\text{ХВ}}$, мм/ХВ	v , м/ХВ	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/ХВ	L , мм	T_0 , хв
1 перехід Фрезерувати площину 1 попередньо	100	70	1,5	2,0	2	0,26	8	956	150	5,3	478	320	0,33
2 перехід Центрувати: отвір 2, отвір 3.	5 5		2,5 2,5	— —	0,18 0,18	— —	— —	— —	27 27	— —	1720 1720	4,5 4,5	0,015 0,015
3 перехід Свердлити: отвір 2, отвір 3.	10,4 10,4		5,3 5,3	— —	0,2 0,2	— —	— —	— —	27 27	— —	860 860	18 18	0,1 0,1
4 перехід Фрезерувати площину 1 остаточно	100	70	0,2	—	0,8	0,08	10	458	180	—	573	320	0,7
5 перехід Розвернути попередньо: отвір 2, отвір 3.	10,8 10,8		0,2 0,2	— —	1,6 1,6	— —	— —	— —	6,5 6,5	— —	190 190	22 22	0,07 0,07
6 перехід Розвернути остаточно: отвір 2, отвір 3.	11 11		0,1 0,1	— —	0,7 0,7	— —	— —	— —	8,7 8,7	— —	256 256	22 22	0,12 0,12
Основний час виконання операції, хв													1,91

Примітка. B — ширина фрезерування

Таблиця 20 — Режими різання

Операція 010 — токарно-револьверна з ЧПК (верстат 1В340Ф30)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{\max} , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_0 , хв
1 перехід Точити торець 1 попередньо ($v = \text{const}$)	90 (max); 50 (min)	2,3	—	0,6	140	—	890 (max); 495 (min)	26	0,07
2 перехід Точити: отвір 2 попередньо; торець 3 одноразово ($v = \text{const}$); отвір 4 одноразово	50 50 (max); 42 (min) 42	3,0 2,3 3,5	3,8 — —	0,6 0,25 0,25	140 140 140	8,2 — —	590 590 (max); 495 (min) 495	69 7 10	0,20 0,03 0,08
3 перехід Точити торець 1 остаточно ($v = \text{const}$)	90 (max); 50 (min)	0,25	—	0,12	180	—	1017 (max); 636 (min)	26	0,25
4 перехід Розточити отвір 2 остаточно	50	0,25	—	0,12	180	—	636	69	0,85
Основний час виконання операції, хв									1,40

3.12.8 Оптимізація режимів різання на ЕОМ

Під час курсового проектування вибір оптимальних режимів різання виконується за допомогою спеціальних комп'ютерних програм оптимізації режимів різання для поздовжнього точіння (розточування) і торцевого фрезерування, які встановлені на ПЕОМ обчислювального центру Інституту машинобудування та транспорту.

Результат оптимізації мають бути показані в пояснювальній записці у вигляді роздрукованої копії екрана монітора (проклади показані у додатку Л).

Отримані в результаті оптимізації значення частоти обертання шпинделя і подачі слід порівняти з аналогічними показниками, вибраними за нормативами, і зробити висновки щодо їх відповідності.

3.13 Визначення технічних норм часу

Під час курсового проектування технічна норма часу у вигляді штучно-калькуляційного часу $T_{\text{шт-к}}$ поелементно визначається лише на одну операцію, номер якої вказаний керівником проекту в індивідуальному завданні. Рекомендованою методично-довідниковою літературою для визначення складових $T_{\text{шт-к}}$ є:

- [17] — обробка на верстатах з ручним керуванням;
- [11] — обробка на токарних верстатах з ЧПК;
- [18] — обробка на верстатах з ЧПК;
- [30, С. 603 — 622] — обробка на верстатах з ЧПК;

На інші операції спочатку визначається основний час виконання кожної з операцій за формулою

$$T_0 = \sum_{i=1}^{i=n} T_{0_i},$$

де n — кількість робочих ходів, що виконуються на даній операції, T_{0_i} — час виконання i -го робочого ходу. Далі визначається штучно-калькуляційний час виконання операції за формулою

$$T_{\text{шт-к}} = \varphi_{\text{к}} T_0,$$

де $\varphi_{\text{к}}$ — коефіцієнт, який залежить від типу виробництва і виду верстата.

Значення коефіцієнта $\varphi_{\text{к}}$ наведені в додатку Ж.

Отримані значення технічних норм часу потрібно звести у таблицю, приклад якої показаний нижче (таблиця 21).

Таблиця 21 — Технічні норми часу по операціях

Номер і назва операції	T_0 , хв	φ_K	$T_{шт-к}$, хв
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,91	1,51 (фактичний) 1,4 (табличний)	2,88
010 Токарно-револьверна з ЧПК	1,43	1,3	1,85

Для тієї операції, для якої згідно з індивідуальним завданням виконувалось поелементне визначення технічної норми часу, слід знайти фактичне значення коефіцієнта φ_K за формулою

$$\varphi_K = \frac{T_{шт-к}}{T_0}.$$

Для цієї операції у таблиці 21 слід навести як табличне значення φ_K , так і фактичне.

3.14 Визначення необхідної кількості верстатів та їх завантаження

Виконуючи цей пункт, для кожної з операцій слід визначити:

- необхідну кількість верстатів;
- коефіцієнт завантаження верстата;
- коефіцієнт використання верстата за основним часом;
- коефіцієнт використання верстата за потужністю.

Для наочності оцінки техніко-економічної ефективності розробленого технологічного процесу слід побудувати такі діаграми:

- завантаження верстатів;
- використання верстата за основним часом;
- використання верстата за потужністю.

Розрахункову кількість верстатів, необхідних для виконання певної операції, можна визначити за формулою [22, С. 187].

$$m_p = \frac{T_{шт-к} N_p}{60 F_e}, \quad (19)$$

де N_p – річна програма виготовлення деталей; F_e – ефективний річний фонд роботи обладнання (згідно з [22, С. 218] можна прийняти $F_e = 3935$ год.).

Якщо отримане за формулою (19) значення кількості верстатів вийде дробовим, то воно округляється до цілого в сторону збільшення.

Коефіцієнт завантаження верстата визначається для кожної з операцій за формулою

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_{\text{пр}}},$$

де $m_{\text{пр}}$ — прийнята кількість верстатів.

Оскільки курсовий проект розробляється на одну деталь, то задача повного завантаження верстата може ставитися лише для масового виробництва, для якого коефіцієнт завантаження кожного з верстатів не повинен бути меншим за 0,65.

В умовах серійного виробництва значення η_3 для однієї деталі може бути досить малим. Це означає, що на робочих місцях мають виконуватись декілька операцій для забезпечення фактичного коефіцієнта завантаження близьким до 0,8 ... 0,9 для дрібносерійного виробництва, — 0,75 ... 0,85 для середньосерійного, — 0,65 ... 0,75 для крупносерійного. Така задача розв'язуватиметься вже під час дипломного проектування.

Коефіцієнт використання верстата за основним часом визначають за формулою

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{\text{шт-к}}}.$$

Коефіцієнт використання верстата за потужністю знаходять за формулою

$$\eta_{\text{п}} = \frac{N_{\text{рmax}}}{\eta N_{\text{в}}},$$

де $N_{\text{рmax}}$ — потужність різання на найнавантаженішому переході операції; $N_{\text{в}}$ — потужність електродвигуна привода головного руху верстата; η — коефіцієнт, що враховує втрати потужності через тертя в механізмах привода головного руху (в середньому $\eta = 0,8 \dots 0,85$).

Отримані значення коефіцієнтів завантаження (використання) верстатів та показників, які їх визначають, зводять у таблицю (таблиця 22).

Таблиця 22 — Показники завантаження (використання) верстатів

Номер операції	T_0 , хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв	m_p	$m_{\text{пр}}$	η_3	η_0	$N_{\text{рmax}}$, кВт	$N_{\text{в}}$, кВт	$\eta_{\text{п}}$
005									
і т. д.									

На основі даних таблиці 22 будують діаграми завантаження (використання) верстатів. Приклади побудованих діаграм є, наприклад, в [22, С. 189].

3.15 Оформлення і написання висновків

Висновки розміщують в кінці основного тексту перед списком використаної літератури з нової пронумерованої сторінки.

Заголовок — слово «**ВИСНОВКИ**» пишуть з абзацу великими буквами більш високої насиченості (жирності).

Номер у заголовку не ставиться.

Висновки є заключною частиною проекту, підсумком прийнятих технологічних рішень із зазначенням досягнутих показників та переваг розробленого технологічного процесу порівняно з базовим та альтернативним.

У висновках мають бути відзначені: всі вжиті заходи щодо забезпечення необхідної точності деталі, використання нових прогресивних технологій, сучасного обладнання та різальних інструментів, прийняті рішення щодо структури операцій, яка забезпечує необхідну продуктивність праці, тобто перераховані всі позитивні сторони запропонованої технології обробки деталі.

Висновки мають бути стислими, конкретними і стосуватись тільки розробленого технологічного процесу.

3.16 Правила написання списку використаної літератури

Ця частина курсового проекту повинна мати заголовок «**ЛІТЕРАТУРА**», записаний з абзацу нової пронумерованої сторінки великими літерами більш високої насиченості. Номер у заголовку не ставиться.

Список літератури містить перелік лише тих джерел, на які є посилання у тексті пояснювальної записки.

Літературні джерела (підручники, посібники, довідники, нормативні документи тощо) в загальний список записують у порядку посилання на них.

Форма запису літературних джерел має відповідати ДСТУ 7.1.2006 [37].

В тексті записки посилання на літературу наводять в квадратних дужках [...], вказуючи порядковий номер за списком.

У списку літератури назви джерел записують мовою оригіналу.

Приклади запису назв літературних можна подивитись у списку літератури до цього посібника.

4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

4.1 Загальні правила

Оформлюючи пояснювальну записку, необхідно дотримуватись вимог, які викладені в [15].

Пояснювальна записка курсового проекту з урахуванням вимог до нормативно-технічних документів має оформлятися на аркушах паперу формату А4 з рамками основного надпису форм 2 (ГОСТ 2.104-68). Форма 2 використовується для аркушів відомості проекту і змісту, а форма 2а — для решти сторінок записки. На всіх сторінках в основному надписі слід вказувати позначення документа (пояснювальної записки) і номер сторінки.

Рекомендації щодо позначень документів курсового проекту з технології машинобудування викладені у розділі 6.

4.2 Правила написання тексту

Написання тексту пояснювальної записки рекомендується виконувати за допомогою комп'ютерної техніки. Шрифт повинен бути близьким до машинописного, простим, прямим, одного типу (без виділення по тексту і підкреслення) і розміром не менше 2,5 мм (рекомендований тип шрифту – Times New Roman Cyr, 14 пт). Міжрядковий інтервал — 1,0.

Відступи тексту від рамки: зверху і знизу не менше 10 мм; зліва і справа не менше 3 мм. Абзац – 5 знаків.

Заголовки всіх структурних складових пояснювальної записки (розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів) мають відповідати індивідуальному завданню.

Кожний розділ рекомендується починати з нової сторінки.

Заголовки розділів записують з абзацу великими літерами більш високої насиченості.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів записують з абзацу малими літерами, починаючи з великої з використанням шрифту звичайної насиченості.

Переноси частин слів у заголовках не дозволяються. Крапку в кінці заголовка не ставлять.

Відстань між заголовком і текстом 1 інтервал, між текстом і заголовком 2 – 3 інтервали, між заголовками – 2 інтервали.

Не дозволяється розміщувати заголовок на попередній сторінці, а текст — на наступній.

Використання скорочень слів при написання записки не дозволяється, крім встановлених ГОСТ 2.316-68.

Дозволяється виправляти помилки зафарбовуванням білим коректором і нанесенням на тому ж місці виправленого тексту.

Рисунки слід виконувати за допомогою комп'ютерних графічних редакторів, тушшю або чорним олівцем. Використовувати ксерокопії або скановані рисунки не дозволяється.

Під час написання тексту пояснювальної записки необхідно дотримуватись таких правил:

- викладати текст лаконічно, у технічному стилі;
- умовні позначення фізичних величин повинні відповідати встановленим стандартам;
- числа з розмірністю слід записувати цифрами, а без розмірності — словами;
- не допускається перенесення на наступний рядок розмірності величини без її числового значення;
- обов'язковим є наявність проміжку між числом і позначенням одиниці (100 Вт, 2 А);
- літерні позначення одиниць, які входять у добуток, розділяють крапкою по середній лінії (·); знак ділення замінюють косою рисою (/).

Не дозволяється:

- використовувати знаки \leq , \geq , $^\circ$, №, %, sin, cos, tg, log та інші без цифрових або буквених позначень. В тексті слід писати словами «нуль», «номер», «логарифм» і т. д.;
- використовувати індекси стандартів (ДСТУ, СТП) без реєстраційного номера.

4.3 Написання формул

Кожну формулу записують з нового рядка, симетрично до тексту. Між формулою і текстом пропускають один рядок (зверху і знизу формули).

Пояснення умовних літерних позначень (символів) у формулі наводять у тексті або зразу під формулою. Для цього після формули ставлять кому і записують пояснення до кожного символу в тій послідовності, у якій вони наведені у формулі, розділяючи крапкою з комою. Перший рядок повинен починатися зі слова «де» без абзацу і без будь-якого знака після нього.

Всі формули нумерують в межах записки арабськими числами. Номер вказують в круглих дужках з правої сторони, в кінці рядка. Нумерувати потрібно тільки ті формули, на які є посилання в тексті пояснювальної записки.

Розмірність в кінці формули показують в квадратних дужках. Наприклад,

$$T_{\text{шт-к}} = \varphi_{\text{к}} T_{\text{о}} [\text{хв}].$$

Підстановку кількісних значень і розрахунок виконують з нового рядка. Розмірність показують в круглих дужках. Наприклад,

$$T_{\text{шт-к}} = 1,3 \cdot 4,85 = 6,31 (\text{хв}).$$

Посилання на формули в тексті записують за формою: «...у формулі (5)», «...у формулах (7 — 10)».

4.4 Оформлення рисунків

В тексті рисунки розміщують симетрично до тексту після першого посилання на нього або на наступній сторінці, якщо на даній він не вміщується.

На всі рисунки в тексті записки мають бути посилання. Посилання виконують за формою: «...показано на рис. 3» або в дужках «....(рис. 3)». Посилання на раніше наведені рисунки дають зі скороченим словом «дивіться», наприклад: (див. рис. 3).

Між рисунком і текстом пропускають один рядок (зверху і знизу).

Назву рисунка розміщують під ним і симетрично до нього за такою формою: „Рисунок 3 — Найменування рисунка”. Крапку в кінці не ставлять, знак переносу не використовують. Якщо назва довга, то її продовжують у наступному рядку. Початок наступного рядка має збігатися з початком назви рисунка.

Пояснювальні дані розміщують під рисунком над його назвою.

Нумерують рисунки в межах пояснювальної записки.

У випадку, коли рисунок складається з частин, їх позначають малими буквами українського алфавіту з дужкою. Це позначення розміщують під відповідною частиною. Після назви рисунка ставлять двокрапку і дають найменування кожної частини за формою:

а – найменування першої частини; б – найменування другої частини.

4.4 Оформлення таблиць

Таблиці пояснювальної записки слід оформляти у повній відповідності з вимогами, викладеними в [15].

5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

5.1 Креслення деталі

Креслення деталі — це документ, який містить зображення деталі та інші необхідні дані для її виготовлення та контролю.

Під час курсового проектування креслення деталі остаточно розробляється студентом після її аналізу на технологічність і внесення в конструкцію необхідних змін (за узгодженням з керівником проекту).

Креслення деталі виконується відповідно до вимогам ЄСКД.

Приклад креслення деталі наведено у додатку М [40].

5.2 Креслення заготовки

Креслення заготовки має містити всі дані, необхідні для виготовлення і контролю заготовки.

Креслення вилівка розробляють згідно з рекомендаціями [8, 9, 14, 26].

Креслення поковок і штампованих заготовок розробляють згідно з рекомендаціями [14, 23, 25, 27, 36].

Як і креслення деталі, креслення заготовки має відповідати вимогам ЄСКД.

Приклад креслення заготовки показано у додатку Н [40].

5.3 Маршрут механічної обробки

Цей аркуш відображає сутність запропонованого технологічного процесу механічної обробки.

Аркуш розробляється після вибору кращого варіанта маршруту механічної обробки за мінімумом приведених витрат, виконання розмірного аналізу технологічного процесу, визначення технологічних розмірів на обробку циліндричних поверхонь і вибору для всіх операцій схем установа-лення заготовки у верстатний пристрій.

Аркуш оформляється у вигляді таблиці 21, до якої записується зміст всіх операцій механічної обробки у послідовності їх виконання.

Таблиця 21 — Форма головки таблиці аркушу маршруту механічної обробки

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель верстата
1	2	3	4

Кожна з операцій розбивається на переходи. Формулювання змісту переходів мають відповідати ГОСТ 3.1702—79 [34].

Якщо на певному переході виконується попередня обробка і забезпечуваний технологічний розмір є відомим, то цей розмір має бути вказаним у змісті переходу, наприклад:

«Розточити поверхню 2 попередньо в розмір $\varnothing 49,06^{+0,46}$ мм».

Якщо на переході виконується остаточна обробка певної поверхні із забезпеченням вимог точності, які вказані на операційному ескізі, то запис змісту переходу може бути, наприклад, таким:

«Розточити поверхню 2 остаточнo згідно з ескізом».

Якщо технологічний розмір на обробку певної поверхні під час виконання проекту не визначався, то в змісті відповідного переходу він не вказується. У цьому випадку запис змісту переходу може бути, наприклад, таким:

«Фрезерувати поверхню 1 попередньо».

Заготовку на операційному ескізі показують у тому положенні, яке вона займатиме у робочій зоні верстата.

На операційному ескізі мають бути показані:

- схема устанoвлення заготовки у верстатний пристрій відповідно до ГОСТ 3.1107 – 81 [33];

- оброблювані на даній операції поверхні (показують потовщеними лініями);

- розміри та інші вимоги точності, які мають бути забезпечені в результаті виконання даної операції.

Ескізи виконують у довільному масштабі, але цей масштаб має бути однаковим для всіх операцій. Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів) для кожного з ескізів вибирається з умови забезпечення однозначності розуміння суті відповідної операції.

Якщо операція складається з декількох установів, то для кожного установка розробляють свій операційний ескіз.

У стовпці 4 (див. табл. 21) для кожної операції записують остаточнo вибрані тип і модель верстата.

Обсяг графічного матеріалу маршруту механічної обробки визначається складністю розробленого технологічного процесу і зазвичай має відповідати аркушу формату А1 або А2. Приклад аркуша маршруту механічної обробки показаний у додатку П [40].

5.4 Карта налагоджень

Відповідно до ГОСТ 3.1102-81 карта налагоджень – це технологічний документ, який містить додаткову інформацію про вимоги щодо налагодження засобів технологічного оснащення на операції механічної обробки.

Таким чином, карта налагоджень може розроблятися для певної операції механічної обробки після визначення технологічних розмірів, які мають забезпечуватись на переходах цієї операції, режимів різання, вибору верс-

тата, верстатного пристрою, різальних і допоміжних інструментів для всіх переходів операції.

В курсовому проекті з технології машинобудування карти налагоджень розробляються на одну складну або на декілька простих технологічних операцій. Номери операцій, на які розробляються карти налагодження, мають бути відображені в індивідуальному завданні. Рекомендований обсяг графічного матеріалу карти (карт) налагоджень зазвичай має відповідати аркушу формату А1.

Відповідно до вимог кафедри ТАМ на карті налагоджень мають бути показані:

- ескізи механічної обробки заготовки на кожному з технологічних переходів;

- різальні і допоміжні інструменти разом з конструктивними фрагментами базувальних деталей верстата (шпинделів, револьверних головок, різцетримачів тощо);

- схеми встановлення заготовки у верстатний пристрій на першому переході кожного з установів (згідно із ГОСТ 3.1107 – 81 [33]).

Ескізи виконують в довільному масштабі, але цей масштаб має бути однаковим для всіх переходів даної операції. Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів) для кожного з переходів вибирається з умови забезпечення однозначності розуміння суті даного переходу.

Оброблювану заготовку на всіх переходах показують у положенні, яке вона займатиме в робочій зоні верстата. Поверхні заготовки, що утворюються на даному переході, показують потовщеними лініями (2S за ГОСТ 2.303 – 68).

На кожному з ескізів механічної обробки мають бути показані всі технологічні розміри, а також інші вимоги точності (відносного розташування, макрогеометрії, шорсткості), які забезпечуються в результаті виконання саме цього переходу.

Кількісні значення технологічних розмірів (номінальні значення та граничні відхилення): між площинами; між площинами і осями отворів; між осями отворів слід брати з результатів виконання розмірного аналізу технологічного процесу (див. п. 3.10).

Кількісні значення технологічних діаметральних розмірів слід брати з результатів визначення технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь (див. п. 3.11).

Інструментальні наладки, які складаються з різального і допоміжного інструментів, разом із фрагментом базувальної деталі верстата показують на кожному з переходів у положенні, яке відповідає розташуванню вершини різального інструмента у вихідній точці, тобто точці, у якій опиняється вершина різального інструмента після встановлення його в робочу позицію. У цю ж точку інструмент має повернутися в кінці переходу.

Зображення всіх різальних і допоміжних інструментів на карті налагоджень мають супроводжуватися умовними позначеннями зі ступенем де-

талізації, який дозволяє однозначно ідентифікувати всі використані різальні і допоміжні інструменти. Наприклад:

Різець 2100-0809 BK8 ГОСТ 18878 – 73;

Фреза торцева 2214-0157 T15K6 ГОСТ 9473 – 804;

Свердло 2301-3195 P6M5 ГОСТ 12121 – 77;

Патрон цанговий 191113050 ТУ 2-035 – 986.

Вибрати різальні і допоміжні інструменти для виконання операцій та відповідно для карт налагоджень можна за допомогою довідників [16, 24, 31, 38, 39]. Приклади умовних позначень інструментів є, наприклад, в [16, глава 7].

На картах налагодження для операцій, що виконуються на токарних чи токарно-револьверних верстатах з ЧПК, на токарних переходах поряд із ескізом механічної обробки заготовки показують траєкторію руху вершини різця. На цій траєкторії робочі ходи (РХ) показують суцільними тонкими лініями, а допоміжні ходи (ДХ) – штриховими тонкими лініями. Кожна з ліній має закінчуватись стрілкою, яка вказує напрям руху вершини різця. Початком і кінцем траєкторії є вихідна точка (ВТ).

В правій нижній частині карти налагодження показують таблицю, у якій відображають номер і назву операції, тип і модель верстата, номери і зміст технологічних переходів, режими різання (швидкість різання, глибину різання, подачу, частоту обертання шпинделя).

Якщо операція складається з одного установа, то схему встановлення показують лише на першому технологічному переході; якщо ж операція складається з декількох установів, то схеми встановлення показують на перших технологічних переходах кожного з установів.

Приклади аркушів карт налагоджень показано у додатках Р та С [40].

6 ПОЗНАЧЕННЯ ДОКУМЕНТІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Кожен документ курсового проекту повинен мати своє унікальне позначення.

Для курсового проекту з технології машинобудування прийнята предметна система умовних позначень, яка має суто навчальний характер і рекомендується до використання саме в цьому проекті.

Структура позначення така:

08-26.КП.ТМ.ХХ.ХХ

1 2 3 4 5

де 1 — (08-26) – числовий шифр кафедри ТАМ, прийнятий у ВНТУ;
2 — (КП) – курсовий проект;
3 — (ТМ) – назва навчальної дисципліни (технологія машинобудування);
4 — (ХХ) – останні дві цифри залікової книжки студента;
5 — (ХХ) – числове позначення основного конструкторського документа або буквенний код неосновного конструкторського документа (пояснювальної записки, відомості проекту, аркуша маршруту механічної обробки, карти налагоджень).

Під час виконання курсового проекту для позначень основних конструкторських документів — креслення деталі і креслення заготовки рекомендується використовувати позначення 01 та 02, відповідно.

Для позначень неосновних конструкторських документів рекомендується використовувати такі коди:

ПЗ – пояснювальна записка;

ВП – відомість курсового проекту;

МО – маршрут механічної обробки;

КН – карта налагоджень.

Позначення вказують: на титульному аркуші пояснювальної записки, в основних написах її сторінок, на всіх документах графічної частини, у відомості проекту та відповідних їй графах. Позначення використовують також при посилянні на той чи інший документ.

7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ І ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Виконання курсового проекту та його захист регламентується «Положенням про виконання та захист курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування» (далі – положення).

Положення розробляється керівником проекту на кожний навчальний рік і доводиться до відома студентів протягом першого тижня теоретичного навчання того триместру (семестру), у якому виконується курсовий проект.

Підготовка виконаного проекту до захисту проводиться у такій послідовності:

- керівник попередньо перевіряє проект і здійснює нормоконтроль;
- студент виправляє всі помилки і недоопрацювання;
- керівник перевіряє доопрацьований проект і приймає рішення щодо можливості його захисту.

До захисту допускаються проекти, виконані у повному обсязі згідно із індивідуальним завданням, перевірені керівником і підписані ним на титульному аркуші таким чином: «До захисту ... Підпис керівника ... Дата». Проекти, не підписані керівником, до захисту не подаються.

Для захисту курсових проектів розпорядженням завідувача кафедри призначається комісія у складі двох викладачів. Одним із членів комісії зазвичай є керівник проекту.

Захист проекту проводиться публічно за встановленим заздалегідь графіком у такій послідовності:

- студент робить доповідь протягом 7...10 хвилин;
- члени комісії ставлять запитання;
- з урахуванням результатів рубіжного контролю, рівня виконання проекту і рівня захисту комісія на закритому засіданні визначає оцінку, яка оголошується студенту.

У доповіді студент має висвітлити такі питання:

- службове призначення деталі і найжорсткіші вимоги точності до неї згідно з кресленням;
- тип виробництва;
- спосіб виготовлення вихідної заготовки;
- обґрунтування вибору чорнових і чистових технологічних баз;
- суть вжитих під час проектування заходів щодо забезпечення показників якості (у т. ч. показників точності) деталі;

Для з'ясування ступеня самостійності прийнятих рішень і рівня знань студента члени комісії мають право ставити будь-які запитання за темою проекту.

У ході захисту, у т. ч. під час відповідей на запитання, студент може користуватись пояснювальною запискою і аркушами графічної частини. Використовувати будь-які інші матеріали не дозволяється.

Проект оцінюється на підставі методики, яка викладена в положенні.

Якщо під час захисту студент не може пояснити суть основних технологічних рішень, на основі яких побудований проект, то комісія зобов'язана зробити висновок про несамотійність виконання проекту. У цьому випадку студенту виставляється оцінка «незадовільно». Повторний захист такого проекту не проводиться.

Після захисту проекту і встановлення оцінки на титульному аркуші пояснювальної записки робиться запис: «оцінка ... підписи членів комісії ...дата».

ЛІТЕРАТУРА

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов. / Балакшин Б. С. — М. : Машиностроение, 1969. — 558 с.
2. Балабанов А. Н. Технологичность конструкций машин / Балабанов А. Н. — М. : Машиностроение, 1987. — 336 с.
3. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов : справочник. [сост. Барановський Ю. В., Брахман Л. А., Бродский Ц. З. и др.] ; под ред. Ю. В. Барановського. — М. : Машиностроение, 1972. — 407 с.
4. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. — Минск : Вышэйшая школа, 1983. — 256 с.
5. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник для машиностроительных специальностей вузов. / [Гусев А. А., Ковальчук Е. Р., Колесов Н. М. и др.]. — М. : Машиностроение, 1986. — 480 с.
6. Допуски и посадки : справочник : в 2-х ч. / [сост. Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б., Брагинский В. А.]; под ред. В. Д. Мягкова. — Л. : Машиностроение, 1983. — Ч. 1. — 1983. — 543 с.
7. Допуски и посадки : справочник : в 2-х ч. / [сост. Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б., Брагинский В. А.]. — Л. : Машиностроение, 1983. — Ч. 2. — 1983. — 448 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин / Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 90 с.
9. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
10. Кащук В. А. Справочник шлифовщика / Кащук В. А., Верещагин А. Б. — М. : Машиностроение, 1988. — 480 с.
11. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.
12. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / Комиссаров В. И., Леонтьев В. И. — М. : Машиностроение, 1985. — 224 с.
13. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов. / Маталин А. А. — Л. : Машиностроение, 1985. — 496 с.
14. Методичні вказівки до контрольних робіт з дисципліни «Основи виробництва машин» / уклад. Дусанюк Ж. П. — Вінниця : ВДТУ, 2000. — 199 с.
15. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей / уклад. Лисенко Г. Л., Буда А. Г., Обертюх Р. Р. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 58 с.

16. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / [сост. Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г. и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. — М. : Машиностроение, 1988. — 736 с.
17. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Серийное производство. — М. : Машиностроение, 1974. — 421 с.
18. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. — М. : Экономика, 1990. — 206 с.
19. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. — М. : Экономика, 1990. — 473 с.
20. Орлов П. И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. — М. : Машиностроение, 1977. — Кн. 2. — 1977. — 574 с.
21. Пурдик В. П. Конструкторська та технологічна документація в курсовому та дипломному проектуванні / Пурдик В. П. — Вінниця : 2006. — 125 с. Електронний ресурс: http://www.vstu.vinnica.ua/ua/inst/inmt/site_tam/.
22. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.]; под ред. В. В. Бабука. — Минск : Вышэйшая школа, 1987. — 255 с.
23. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування / [Дусанюк Ж. П., Сивак І. О., Дусанюк С. В., Репінський С. В.]. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 105 с.
24. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение : справочник / [сост. Жедь В. П., Боровский Г. В., Музыкант Я. А. и др.]. — М. : Машиностроение, 1987. — 320 с.
25. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. — К. : Вища школа, 1991. — 247 с.
26. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
27. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / Руденко П. О. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
28. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. / Рудь В. Д. — К. : ІСДО, 1996. — 300 с.
29. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / [сост. Антипов К. Ф., Горбунов Б. И., Калашников С. Н. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова — М. : Машиностроение, 1972. — Т. 1. — 1972. — 694 с.

30. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / [сост. Борисов В. Б., Борисов Е. И., Васильев В. Н. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — Т. 1. — 1985. — 656 с.
31. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / [сост. Абрамов Ю. А., Андреев В. Н., Горбунов Б. И. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — Т. 2. — 1985. — 496 с.
32. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения : ГОСТ 21495-76. — [Чинний від 1977-01-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 35 с.
33. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения : ГОСТ 3.1107-81. — [Чинний від 1982-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 2003. — 10 с.
34. Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием : ГОСТ 3.1702-79— [Чинний від 1981-01-01]. — М. : Изд-во стандартов, — 2003. — 21 с.
35. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. — [Чинний від 1987-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 53 с.
36. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и размерные напуски : ГОСТ 7505-89. — [Чинний від 1990-07-06]. — М. : Изд-во стандартов, 1990. — 86 с.
37. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання. : ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. — [Чинний від 2007-07-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — 47 с.
38. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник. / сост. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. — М. : Машиностроение, 1990. — 512 с.
39. Справочник инструментальщика / [Ординарцев И. А., Филиппов Г. В., Шевченко А. Н. и др.]; под общ. ред. И. А. Ординарцева. — Л : Машиностроение, 1987. — 846 с.
40. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с. Електронний ресурс : http://www.vstu.vinnica.ua/ua/inst/inmt/site_tam/.

Вінницький національний технічний університет
Кафедра технології та автоматизації машинобудування

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з технології машинобудування

на тему: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі
«КОРПУС Ц-02-005»

08-26.КП.ТМ.21.ПЗ

Студент 4 курсу групи ІМ-09Б
напряму підготовки
6.050502 – «Інженерна механіка»
Іваненко І. І.

Керівник: к. т. н., доцент
Петренко П. П.

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Оцінка: ECTS _____

Члени комісії: _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)
_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

м. Вінниця – 2013 рік

Додаток Б

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A4				Індивідуальне завдання		
		A4			08-26.КП.ТМ.21.ПЗ	Пояснювальна записка	54	
		A3			08-26.КП.ТМ.21.КД	Корпус	1	
		A3			08-26.КП.ТМ.21.КЗ	Корпус (вильвок)	1	
Взам. инв. №		A1			08-26.КП.ТМ.21.МО	Маршрут механічної обробки	1	
		A1			08-26.КП.ТМ.21.КН	Карта налагоджень	1	
Подп. и дата								
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.		Іваненко				Лит.
Подп. и дата		Проб.		Петренко				1
		Н.контр.		Петренко			ВНТУ, 11М-09Б	
Утв.		Сивак						
08-26.КП.ТМ.21.ВП						Відомість проекту		
Копировал						Формат А4		

Додаток В

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Кафедра технології та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ТАМ

_____ (ініціали, прізвище)

(підпис)

” ___ ” _____ 20__ р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

на курсовий проект з дисципліни «Технологія машинобудування»

студенту _____ групи _____

Розробити технологічний процес механічної обробки заготовки деталі

_____ за таких вихідних даних:

Тип виробництва _____

Річна програма _____ тис. шт.

Спосіб виготовлення заготовки _____

Зміст пояснювальної записки

Відомість проекту – 1 с.

Індивідуальне завдання на курсовий проект – 2 с.

Реферат – 1 с.

Зміст – 1...2 с.

Вступ – 1 с.

1 Аналіз конструкції і технологічності деталі – 1...2 с.

2 Проектування вихідної заготовки – 2...3 с.

3 Розробка маршруту механічної обробки.

3.1 Аналіз відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва – 2...3 с.

3.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні _____. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності. Вибір (з поясненням) способів обробки поверхонь – 3...4 с.

3.3 Вибір технологічних баз – 3...4 с.

3.3.1 Вибір чистових технологічних баз – 2...3 с.

3.3.2 Вибір чорнових технологічних баз – 1 с.

3.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки – 3...5 с.

3.5 Порівняння маршрутів механічної обробки і вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат – 2...3 с.

4 Розмірний аналіз технологічного процесу.

4.1 Вибір (з поясненням) розташування технологічних розмірів (крім діаметральних) – 1...2 с.

4.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів – 1...2 с.

4.3 Розмірна схема технологічного процесу – 1 с.

4.4 Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф – 1...2 с.

4.5 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів – 1 с.

4.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами) – 1...2 с.

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

5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь.

5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків на механічну обробку циліндричної поверхні _____, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки – 2...3 с.

5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь, розрахунок технологічних розмірів, максимальних припусків і розмірів вихідної заготовки.

6 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів. Оптимізація на ЕОМ режимів різання на обробку _____ – 2...3 с.

7 Визначення технічних норм часу на операції. Для операції _____ детально показати визначення норми часу. Для решти операцій норми часу і їх складові показати лише у підсумковій таблиці – 3...4 с.

8 Визначення завантаження обладнання – 2...3 с.

Висновки.

Література.

Графічна частина

Креслення деталі (доопрацьоване з урахуванням результатів виконання розділу 1) – аркуш № 1 формату А2...А3.

Креслення заготовки – аркуш № 2 формату А2...А3.

Маршрут механічної обробки – аркуш № 3 формату А1...А2.

Карта налагодження на операцію № _____ – аркуш № 4 формату А1.

Завдання видане _____ Керівник проекту _____
(дата) (підпис)

Студент _____
(підпис)

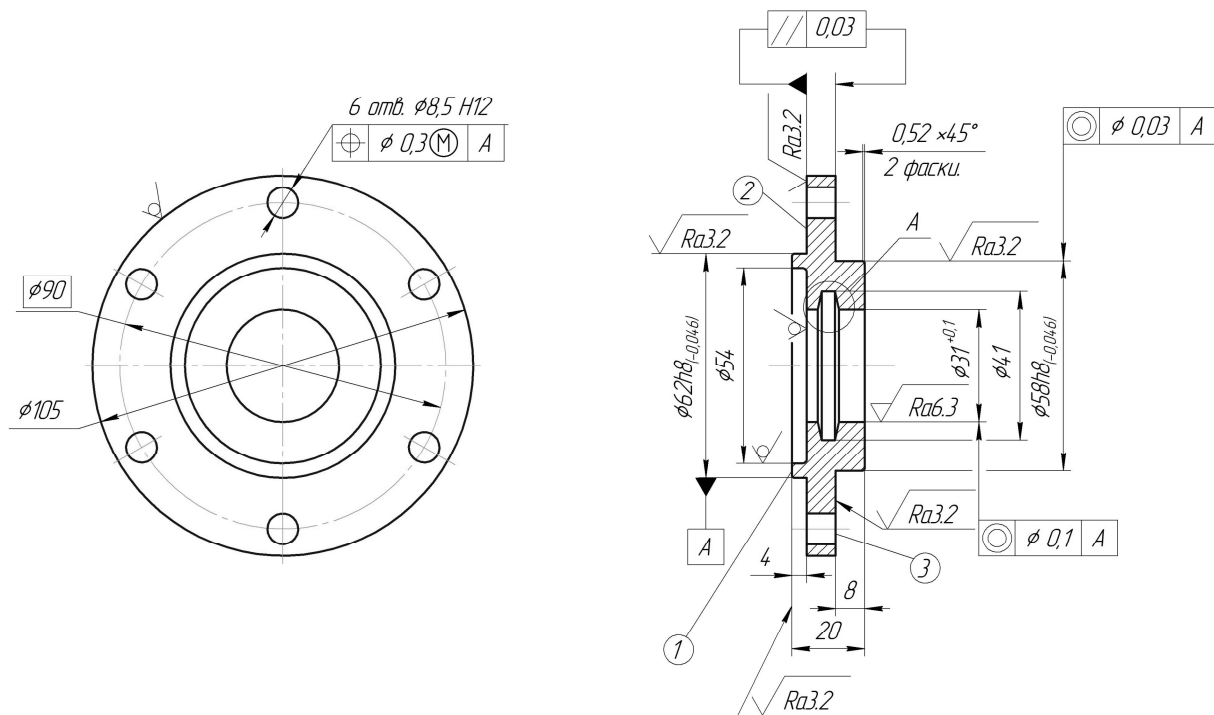
Додаток Г

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ КОРПУСА 08-26.КП.ТМ.19.КД. Курсовий проект з дисципліни «Технологія машинобудування» (студент гр. 1 ІМт-08 І. І. Іваненко, кер. доц. П. П. Петренко).

Розроблено технологічний процес механічної обробки заготовки корпусу 08-26.КП.ТМ.19.КД в умовах середньосерійного виробництва. Спроектвана заготовка корпусу (виплинок в оболонковій формі), розроблені маршрут механічної обробки і карта налагоджень для 015 (вертикально-фрезерної з ЧПК) операції.

В розрахунково-пояснювальній записці міститься інженерне обґрунтування всіх прийнятих рішень, 41 с. Ілюстр. 12. Табл. 18. Бібліогр. 12. Додат. 1. Графічна частина складає 4 аркуші креслень формату А1.

Додаток Д



Таблиця Д.1 — Обґрунтування вибору кількості ступенів і способів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Розмір циліндричної поверхні або номер плоскої поверхні (на ескізі)	Вимоги точності, що враховувались під час вибору кількості ступенів і способів обробки	Спосіб обробки
Циліндричні поверхні		
Ø62h8	8-й квалітет; Ra 3,2	Чорнове точіння, чистове точіння, тонке точіння
Ø68h8	8-й квалітет; вимога співвісності; Ra 3,2;	Чорнове точіння, чистове точіння, тонке точіння
Ø31 ^{+0,1}	Ra 6,3; вимога співвісності	Чорнове точіння, Чистове точіння
Плоскі поверхні		
1	Ra 3,2	Чорнове точіння, чистове точіння, тонке точіння
2	Ra 3,2	Чорнове точіння, чистове точіння, тонке точіння
3	Ra 3,2; вимога паралельності	Чорнове точіння, чистове точіння, тонке точіння

Додаток Е

Таблиця Е.1 — Адреси інтернет-сайтів деяких підприємств — провідних виробників сучасних металорізальних верстатів

Підприємство, фірма	Країна	Інтернет-адреса	Основна продукція (верстати)
1	2	3	4
ВАТ ВЕРКОН (Київський верстатобудівний завод)	Україна	www.vercon.com.ua	Токарні з ЧПК одно- і двошпиндельні, вертикальні і горизонтальні
ВАТ фірма «Беверс»	Україна м. Бердичів	www.bevers.ru	Токарно-револьверні з ЧПК у т. ч. багатоцільові
Львівський завод фрезерних верстатів	Україна	www.stanok.lviv.ua	Багатоцільові вертикальні свердлильно-фрезерно-розточувальні (у т. ч. з поворотним столом)
ВАТ «Харківський верстатобудівний завод» (ВАТ «Харверст»)	Україна	www.harverst.com.ua	Круглошліфувальні, у т. ч. з ЧПК, спеціальні шліфувальні
ОАО «Красный пролетарий»	Росія, м. Москва	www.aokp.ru	Токарні з ЧПК (у т. ч. високої точності), токарно-гвинторізні, токарні з ЧПК для нанотехнологій
ЗАО «Завод фрезерных станков»	Росія, м. Нижній Новгород	www.zfs.ru	Вертикально-фрезерні багатоінструментальні з ЧПК
Ивановский завод тяжелого станкостроения	Росія	www.izts.ru	Багатоцільові горизонтальні свердлильно-фрезерно-розточувальні (у т. ч. п'ятикоординатні)
ОАО «Стерлитамакский станкостроительный завод»	Росія	www.stanok-mte.ru	Багатоцільові свердлильно-фрезерно-розточувальні, токарно-револьверні з ЧПК у т. ч. високої точності

Продовження таблиці Е.1

1	2	3	4
РУПП «Станкозавод «Красный борец»	Республіка Беларусь, м. Орша	www.krasnyborets.com	Плоскошліфувальні (у т. ч. з ЧПК).
Корпорація «Mazak»	Японія	http://mazak.ru	Багатоцільові вертикальні і горизонтальні свердлильно-фрезерно-розточувальні (у т. ч. п'ятикоординатні). Токарно-револьверні з ЧПК у т. ч. багатоцільові
Компанія «Haas Automation»	США	www.haascnc.com	Багатоцільові вертикальні і горизонтальні свердлильно-фрезерно-розточувальні (у т. ч. п'ятикоординатні). Токарно-револьверні з ЧПК у т. ч. багатоцільові
Фірма «Hermle AG»	ФРН	www.hermle.de	Багатоцільові вертикальні п'ятикоординатні свердлильно-фрезерно-розточувальні

Додаток Ж

Таблиця Ж.1 — Цехові витрати за 1 годину роботи металорізальних верстатів (робота в дві зміни), грн

Дані, наведені в таблиці, є наближеними і тому можуть використовуватись тільки для навчального процесу.

Тип і основна технологічна характеристика верстата	Модель верстата	Тип виробництва (О – одиничне, Сс – середньосерійне, Дс – дрібносерійне, Кс – крупносерійне М – масове)	Цехові витрати за 1 годину роботи металорізальних верстатів, грн
1	2	3	4

Верстати токарні

Напівавтомати токарні багатопшпіндельні горизонтальні з діаметром патрона, мм:

130	1Б265П-8К	Кс і М	47,5
150	1265ПМ- 8К	Кс і М	47,2
160	1Б290П-8К	Кс і М	55,1
200	1Б290-6К	Кс і М	51,9

Токарно-гвинторізні верстати нормальної точності, найбільший діаметр × найбільша довжина виробу, мм

400×710	16К20	О і Дс	54,6
500×1000	16К25	О і Дс	55,8
500×2000	1А625	О і Дс	55,8

Токарно-гвинторізні верстати підвищеної точності, найбільший діаметр × найбільша довжина виробу, мм

250×500	16Б05А	О і Дс	56,0
320×750	16Б16А	О і Дс	59,6

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
---	---	---	---

Верстати свердлильні та розточувальні

Вертикально-свердлильні,
найбільший діаметр свердління, мм

18	2Н118	О і Дс Сс Кс і М	47,8 40,8 33,3
35	2Н135Б	О і Дс Сс Кс і М	49,2 42,3 35,3
50	2Н150	О і Дс Сс Кс і М	53,6 47,0 40,0

Радіально-свердлильні,
найбільший діаметр свердління (мм) × найбільша відстань від осі шпинделя до колони, мм

25×800	2К52	О і Дс	62,7
35×1200	2А53	О і Дс	62,6
50×3150	2Р53	О і Дс	68,8

Центрувальні і фрезерно-центрувальні напівавтомати для виробів діаметром, мм, до:

125	2А931	Кс і М	49,8
250	2А912	Кс і М	49,5

Координатно-розточувальні одностоякові особливо високої точності
найбільший діаметр свердління /розточування × розміри стола, мм

18/12×(320×560)	2431	О і Дс	70,9
25/250×(400×710)	2Е440А	О і Дс	72,2
30/250×(630×1120)	2Д450	О і Дс	78,5

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
---	---	---	---

Алмазно-розточувальні горизонтальні одно-тришпиндельні двосторонні діапазон діаметрів оболюваного отвору × розміри робочої поверхні стола, мм:

(8-200)×(320×500)	2706	Кс і М	43,9
(8-200)×(500×710)	2712	Кс і М	48,0

Верстати шліфувальні та хонінгувальні

Круглошліфувальні, універсальні підвищеної і особливо високої точності з: найбільшим діаметром виробів × найбільшою довжиною виробу, мм

100×180	3У10А	О і Дс	58,7
		Сс	50,2
		Кс	32,6
140×200	3А110В	О і Дс	59,0
		Сс	50,4
		Кс	33,2
200×700	3М151	О і Дс	57,7
		Сс	50,6
		Кс	32,5
200×1000	3М152	О і Дс	58,5
		Сс	51,0,3
		Кс	33,4
280×710	3М132	О і Дс	64,0
		Сс	53,7
		Кс	39,4

Безцентрово-шліфувальні підвищеної і високої точності з найбільшим діаметром шліфування, мм:

25	3М182А	Кс і М	34,6
80	3М184И	Кс і М	42,8
160	3М185	Кс і М	42,9

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
---	---	---	---

Внутрішньошліфувальні універсальні підвищеної точності, найбільший діаметр шліфування × довжина шліфування, мм:

25×100	3225	О і Дс Сс Кс і М	52,2 34,3 24,2
100×125	3А240	О і Дс Сс Кс і М	52,9 34,6 25,2
200×200	3А228Б	О і Дс Сс Кс і М	57,1 35,7 29,4

Плоскошліфувальні з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем підвищеної і особливо високої точності з розмірами стола, мм:

200×630	3Б71М	О і Дс Сс і Кс	34,3 27,3
320×1000	3Б721	О і Дс Сс і	40,0 34,7
400×2000	3Б724	О і Дс Сс і Кс	42,5 40,0

Плоскошліфувальний з вертикальним шпинделем і круглим столом діаметром 800 мм	3Е756	Кс і М	40,3
---	-------	--------	------

Напівавтомат плоскошліфувальний безперервної дії двошпиндельні підвищеної точності з круглим столом діаметром 1000 мм	3П7722	Кс і М	43,1
---	--------	--------	------

Координатно-шліфувальний особливо високої точності з розмірами стола 250×450 мм	3Б282	О і Дс	34,6
---	-------	--------	------

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
---	---	---	---

Напівавтомати вертикальні
хонінгувальні, діапазон діаметрів отвору (мм) × довжина отвору (мм):

(12-50) × 320	3821	Кс і М	48,8
(20-80) × 320	3822	Кс і М	49,1

Верстати зубообробні та шліцефрезерні

Зубофрезерні напівавтомати
для обробки циліндричних
прямозубих і косозубих коліс,
найбільший діаметр колеса ×
найбільша ширина колеса, мм:

125×100	5K301	Дс і Сс Кс і М	47,6 38,1
200×160	5306K	Дс і Сс Кс і М	48,8 46,4
320×140	5B512	Дс і Сс Кс і М	50,6 48,5
500×350	53A50M	Дс і Сс Кс і М	54,5 52,6

Зубодовбальні напівавтомати
з найбільшим діаметром об-
роблюваного колеса, мм:

220	5B12	Дс і Сс Кс і М	31,2 23,0
500	5140	Дс і Сс Кс і М	34,0 33,0
800	5M150	Дс і Сс Кс і	38,2 36,7

Зубофрезерні верстати для
конічних коліс з найбільшим
діаметром, мм:

125	5C237	Дс і Сс Кс і М	53,5 49,8
-----	-------	-------------------	--------------

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
320	5C267П	Де і Сс Кс і М	60,3 54,6
800	528	Де і Сс Кс і М	55,9 53,7

Зубофрезерні напівавтомати для конічних коліс з круговими зубцями і діаметром, мм:

125	5C23П	Де і Сс Кс і М	50,2 46,5
800	50280	Де і Сс Кс і М	37,9 32,6

Зубошліфувальні з конічним кругом для циліндричних коліс з найбільшим діаметром початкового кола колеса, мм:

125	5B830	Де і Сс Кс і М	39,1 35,8
200	58324	Де і Сс Кс і М	39,1 36,2
320	5B833	Де і Сс Кс і М	39,6 36,2

Зубошліфувальні напівавтомати для конічних коліс з прямими і спіральними зубцями, найбільший діаметр колеса, мм:

320	5A870В	Кс і М	41,8
800	5A872	Кс і М	43,4

Зубошліфувальні напівавтомати для циліндричних коліс діаметром від — до, мм:

10-125	5891С	Кс і М	36,0
35-320	5851	Кс і М	42,9
150-800	5A868	Кс і М	55,5

Зубошевінгувальний напівавтомат високої точності для коліс діаметром до 320 мм	5702	Кс і М	26,2
--	------	--------	------

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
Шліцефрезерний горизонтальний напівавтомат, найбільший діаметр шліцевої поверхні × довжина шліців 150×925 мм	5350А	Дс і Сс	54,0
		Кс і М	51,1

Верстати фрезерні

Вертикально-фрезерні консольні з розмірами робочої поверхні стола, мм:

200×800	6P10	О і Дс	46,1
		Сс	41,3
		Кс і М	36,7
320×1250	6С12	О і Дс	47,4
		Сс	44,6
		Кс і М	39,5
400×1600	6P13Б	О і Дс	49,6
		Сс	43,5
		Кс і М	41,2

Вертикально-фрезерні з хрестовим столом безконсольні з розмірами робочої поверхні стола, мм:

400×1000	6540	О і Дс	55,1
500×1250	6550	О і Дс	55,7
1000×2500	6А59	О і Дс	73,4

Барабанно-фрезерний для корпусних деталей і торців валів з діаметром барабана 1000 мм	6023	Кс і М	102,4
--	------	--------	-------

Карусельно-фрезерні з найбільшим діаметром стола, мм:

1000	621М	Кс і М	116,1
1500	6М23	Кс і М	100,9

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
Горизонтально-фрезерні консольні з розмірами робочої поверхні стола, мм:			
250×1000	6P81Ш	О і Дс	46,0
320×1250	6P82Г	Дс і Сс Кс	47,0 42,3
400×1600	6P83Ш	О і Дс	48,8
Шпонково-фрезерний верстат для шпонкових пазів з найбільшою шириною 24 мм	692Р	Сс і Кс	45,3
Різефрезерний напівавтомат для обробки зовнішніх і внутрішніх різевих поверхонь діаметром до 80 мм:	5Б63Г	Сс Кс і М	60,8 65,2

Верстати протягувальні

Горизонтально-протягувальні для внутрішнього протягування одинарні, номінальне тягове зусилля (кН) × найбільша довжина робочого ходу ползків або каретки, мм:

50×1000	7505	Кс і М	29,7
100×1250	7Б55	Кс і М	34,2

Вертикально-протягувальні для внутрішнього протягування одинарні, номінальне тягове зусилля (кН) × найбільша довжина ходу робочих ползків, мм:

50×1000	7Б64	Кс і М	32,1
100×1250	7Б65	Кс і М	35,6

Вертикально-протягувальні для зовнішнього протягування одинарні, найбільша довжина ходу робочих ползків 320 мм

320	7Д430	Кс і М	32,6
-----	-------	--------	------

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
500	7Д450	Кс і М	32,7

Верстати з числовим програмним керуванням

Токарні патронно-центрові підвищеної точності для виробів з діаметром (до), мм

320	16Б16Ф3	Дс і Сс	39,0
400	16К20ТІ	Дс і Сс	38,0
630	16М30Ф3	Дс і Сс	41,2

Токарні патронно-центрові високої точності для виробів з діаметром (до), мм

500	200НТ	Дс і Сс	47,5
620	МК6801Ф3	Дс і Сс	48,6

Токарно-револьверні підвищеної точності патронно-пруткові для виробів з діаметром (до), мм

400	1П420ПФ30	Дс і Сс	42,5
450	1В340Ф30	Дс і Сс	39,0

Токарний багатоцільовий патронно-прутковий підвищеної точності для виробів з діаметром до 400 мм	1П420ПФ40	Дс і Сс	48,1
--	-----------	---------	------

Вертикально-свердлильний з найбільшим діаметром свердління 35 мм	2Р135Ф2	Дс і Сс	36,5
--	---------	---------	------

Багатоцільові горизонтальні свердлильно-фрезерно-розточувальні верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм

320×320	ІР320ПМФ4	Дс і Сс	65,0
---------	-----------	---------	------

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
500×500	ИСБ500ПМФ4 (сучасна модифікація верстата ИР500 ПМФ4)		70,4
800×800	ИСБ800 ПМФ4 (сучасна модифікація верстата ИР800ПМФ4)	Дс і Сс	80,0

Високошвидкісний багатоці- льовий горизонтальний пяти- координатний свердлильно- фрезерно-розточувальний ве- рстат з розмірами робочої по- верхні стола 800×800 мм	ИС800- ГЛОБУС	Дс і Сс	85,0
---	------------------	---------	------

Координатно-розточувальні з
розмірами робочої поверхні
стола, мм:

630×900	2455АФ2	О і Дс	87,1
630×1120	2Д450АМФ2	О і Дс	81,8

Круглошліфувальний з най- більшим розміром шліфува- льного круга 600 мм	3М151Ф2	Дс і Сс	42,0
		Кс	43,1

Плоскошліфувальний напів- автомат з хрестовим столом і горизонтальним шпинделем високої точності з розмірами робочої поверхні стола 320×630 мм:	3Е721ВФ3-1	О	47,8
		Дс і Сс	47,4

Координатно-шліфувальний з розмірами робочої поверхні стола 630×900 мм	3289АФ1	О і Дс	47,2
--	---------	--------	------

Контурно-шліфувальний з розмірами стола 500×1000 мм	МА396Ф3	О і Дс	59,6
--	---------	--------	------

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3	4
Профілешліфувальний напів-автомат з розмірами робочої поверхні стола 60×190 мм	3Г95Ф3	О і Дс	40,7

Вертикально-фрезерні консольні з розмірами робочої поверхні стола, мм:

250×1000	6Р11Ф31	Дс і Сс	78,8
400×1600	6Р13РФ3	Дс і Сс	83,1

Вертикально-фрезерний консольний трикоординатний з розмірами робочої поверхні стола 400×1600 мм	ГФ2171М	Дс і Сс	85,1
---	---------	---------	------

Вертикально-фрезерний консольний чотирикоординатний з розмірами робочої поверхні стола 400×1600 мм	ГФ2171М4	Дс і Сс	87,2
--	----------	---------	------

Вертикально-фрезерні з хрестовим столом з розмірами робочої поверхні, мм:

250×630	6520Ф3-36	Дс і Сс	75,0
500×1000	6550Ф3	Дс і Сс	87,5
630×1600	654Ф3	Дс і Сс	89,9

Багатоцільовий вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з розмірами робочої поверхні стола 250×630 мм	ЛТ260МФ3	Дс і Сс	80,7
---	----------	---------	------

Багатоцільовий вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з поворотним столом, що керується від системи ЧПК, з розмірами робочої поверхні стола 250×630 мм	ЛТ260МФ3 з поворотним столом	Дс і Сс	86,3
--	------------------------------	---------	------

Додаток И

Таблиця И.1 – Точні та наближені формули для визначення основного машинного часу (T_o) обробки окремих поверхонь

Вид обробки	Квалітет Шорсткість (Ra), мкм	Точна формула основного машинного часу	Найімовірніші значення режимів різання	Наближена формула основного машинного часу
1	2	3	4	5
1. Заготівельні роботи				
<i>Розрізання сортового прокату</i>				
Розрізання диско- вою пилою	– 25...12,5	$T_o = \frac{l}{s_{XB}} + \frac{l}{s_{3.X}}$	$s_{XB} = 90$ мм/хв; $s_{3.X} = 5000$ мм/хв	$T_o = 0,011l$
Розрізання механіч- ною ножівкою	– 25...12,5	$T_o = \frac{l}{s_{XB}}$	$s_{XB} = 12$ мм/хв	$T_o = 0,088l$
<i>Відрізання на токарному верстаті з постійною частотою обертання шпинделя(за один робочий хід)</i>				
Відрізання різцем (трубчаста заготовка)	– 12,5...6,3	$T_o = \frac{\pi D(D-d)}{2000v_{max}s}$	$s = 0,1$ мм/об; $v_{max} = 40$ м/хв	$T_o = 0,00039 D(D-d)$
Відрізання різцем (суцільний круг)	– 12,5...6,3	$T_o = \frac{\pi D^2}{2000v_{max}s}$	$s = 0,1$ мм/об; $v_{max} = 40$ м/хв	$T_o = 0,00039 D^2$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
2. Токарні роботи				
<i>Підрізання торця з постійною частотою обертання шпинделя (за один робочий хід)</i>				
Чорнове підрізання торця (кільця)	– 12,5...6,3	$T_o = \frac{\pi D(D-d)}{2000v_{\max}s}$	$v_{\max} = 70 \text{ м/хв}$ $s = 0,5 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000045 D(D-d)$
Чистове підрізання торця (кільця)	– 6,3...3,2	$T_o = \frac{\pi D(D-d)}{2000v_{\max}s}$	$v_{\max} = 100 \text{ м/хв}$ $s = 0,15 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00011 D(D-d)$
Чорнове підрізання торця (суцільного круга)	– 12,5...6,3	$T_o = \frac{\pi D^2}{2000v_{\max}s}$	$v_{\max} = 70 \text{ м/хв}$ $s = 0,5 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000045 D^2$
Чистове підрізання торця (суцільного круга)	– 6,3...3,2	$T_o = \frac{\pi D^2}{2000v_{\max}s}$	$v_{\max} = 100 \text{ м/хв}$ $s = 0,15 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00011 D^2$
<i>Підрізання торця (за один робочий хід) з постійною швидкістю різання</i>				
Чорнове підрізання торця (кільця)	– 12,5...6,3	$T_o = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4000vs}$	$v = 70 \text{ м/хв}$ $s = 0,5 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000022(D^2 - d^2)$
Чистове підрізання торця (кільця)	– 6,3...3,2	$T_o = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4000vs}$	$v = 100 \text{ м/хв}$ $s = 0,15 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000052(D^2 - d^2)$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
<i>Точіння (за один робочий хід) зовнішніх циліндричних поверхонь</i>				
Точіння чорнове	$\frac{14}{25 \dots 12,5}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 105 \text{ м/хв}$ $s = 0,4 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000075 D l$
Точіння чистове	$\frac{10 \dots 11}{6,3 \dots 3,2}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 120 \text{ м/хв}$ $s = 0,15 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000175 D l$
Тонке точіння різцями з мінералокераміки заготовок з чавунів, а також із незагартованих сталей	$\frac{6}{0,63 \dots 0,32}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 600 \text{ м/хв}$ $s = 0,1 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000052 D l$
Тонке точіння різцями з композиту заготовок із загартованих вуглецевих і легуваних сталей (HRC, 40—58)	$\frac{6}{0,63 \dots 0,32}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 140 \text{ м/хв}$ $s = 0,08 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00028 D l$
<i>Обробка (за один робочий хід) зовнішніх циліндричних поверхонь поверхневим пластичним деформуванням</i>				
Обкочування роликом після тонкого точіння	$\frac{-}{0,63 \dots 0,32}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 100 \text{ м/хв};$ $s = 0,3 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,0001 D l$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
3. Лезова обробка отворів				
Свердління отворів діаметром до 20 мм	$\frac{14}{12,5...6,3}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 22 \text{ м/хв};$ $s = 0,25 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00056 D l$
Розсвердлювання отворів діаметром від 20 до 70 мм	$\frac{14}{12,5...6,3}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 30 \text{ м/хв};$ $s = 0,25 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00042 D l$
Зенкерування	$\frac{11}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 15 \text{ м/хв};$ $s = 1 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00021 D l$
Розвертування попереднє	$\frac{11}{3,2}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 12 \text{ м/хв};$ $s = 0,6 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00044 D l$
Розвертування чистове	$\frac{6}{1,6...0,63}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 6 \text{ м/хв};$ $s = 0,6 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00088 D l$
Розточування чорнове	$\frac{14}{25...12,5}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 95 \text{ м/хв}$ $s = 0,4 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000068 D l$
Розточування чистове	$\frac{10...11}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 108 \text{ м/хв}$ $s = 0,15 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00019 D l$
Розточування різцями з мінералокераміки заготовок з чавунів і незагартованих сталей	$\frac{6}{0,63...0,32}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 540 \text{ м/хв}$ $s = 0,1 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,000047 D l$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
Розточування різцями з композиту на основі кубічного нітриду бора заготовок із загартованих вуглецевих і легованих сталей (HRC ₃ 40—58)	$\frac{6}{0,63...0,32}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v s}$	$v = 126 \text{ м/хв}$ $s = 0,08 \text{ мм/об}$	$T_o = 0,00025 D l$
Протягування отворів рядове	$\frac{9}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{l_{\text{пр}} a}{1000 v}$	$v = 7 \text{ м/хв}$ $a = 2$	$T_o = 0,00029 l_{\text{пр}}$
Протягування отворів чистове	$\frac{7}{1,6...0,63}$	$T_o = \frac{l_{\text{пр}} a}{1000 v}$	$v = 4 \text{ м/хв}$ $a = 2$	$T_o = 0,0005 l_{\text{пр}}$

4. Лезова обробка площин*Фрезерування торцевою фрезою*

Фрезерування чорнове	$\frac{12}{25...12,5}$	$T_o = \frac{l}{s_{\text{ХВ}}}$	$s_{\text{ХВ}} = 170 \text{ мм/хв}$	$T_o = 0,0059 l$
Фрезерування чистове	$\frac{10}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{l}{s_{\text{ХВ}}}$	$s_{\text{ХВ}} = 210 \text{ мм/хв}$	$T_o = 0,0048 l$
Фрезерування тонке	$\frac{8}{3,2...1,6}$	$T_o = \frac{l}{s_{\text{ХВ}}}$	$s_{\text{ХВ}} = 350 \text{ мм/хв}$	$T_o = 0,0029 l$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
<i>Фрезерування циліндричною фрезою</i>				
Фрезерування чорнове	$\frac{12}{12,5 \dots 6,3}$	$T_o = \frac{l}{s_{XB}}$	$s_{XB} = 150 \text{ мм/хв}$	$T_o = 0,0067l$
Фрезерування чистове	$\frac{10}{6,3 \dots 3,2}$	$T_o = \frac{l}{s_{XB}}$	$s_{XB} = 280 \text{ мм/хв}$	$T_o = 0,0035l$
Фрезерування тонке	$\frac{8}{3,2 \dots 1,6}$	$T_o = \frac{l}{s_{XB}}$	$s_{XB} = 600 \text{ мм/хв}$	$T_o = 0,0017l$
<i>Протягування зовнішніх плоских поверхонь</i>				
Протягування попереднє	$\frac{9}{6,3 \dots 3,2}$	$T_o = \frac{l_{\text{пр}} a}{1000v}$	$v = 7 \text{ м/хв}$ $a = 2$	$T_o = 0,00029l_{\text{пр}}$
Протягування чистове	$\frac{7}{1,6 \dots 0,63}$	$T_o = \frac{l_{\text{пр}} a}{1000v}$	$v = 4 \text{ м/хв}$ $a = 2$	$T_o = 0,0005l_{\text{пр}}$
<i>Стругання зовнішніх плоских поверхонь</i>				
Стругання чорнове	$\frac{14}{20 \dots 12,5}$	$T_o = \frac{Bla}{1000vs_{\text{поп}}}$	$a = 1,43$; $s_{\text{поп}} = 1,5 \text{ мм/подв. хід}$; $v = 22 \text{ м/хв}$	$T_o = 0,000043Bl$
Стругання чистове	$\frac{7}{3,2 \dots 1,6}$	$T_o = \frac{Bla}{1000vs_{\text{поп}}}$	$a = 1,43$; $s_{\text{поп}} = 16 \text{ мм/подв. хід}$; $v = 26 \text{ м/хв}$.	$T_o = 0,0000034Bl$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
5. Шліфувальні роботи				
<i>Шліфування зовнішнє кругле з поздовжньою подачею (робота з поперечною подачею на подвійний хід стола)</i>				
Шліфування попереднє	$\frac{11...9}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{2\pi Dlz}{1000v_3 s_{\text{поп}}} f$	$z = 0,25 \text{ мм}; v_3 = 24 \text{ м/хв};$ $s_{\text{поп}} = 0,024 \text{ мм/подв. хід}$ $s = 14 \text{ мм/об}; f = 1,2$	$T_o = 0,00023Dl$
Шліфування чистове	$\frac{7...6}{1,25...0,63}$	$T_o = \frac{2\pi Dlz}{1000v_3 s_{\text{поп}}} f$	$z = 0,1 \text{ мм}; v_3 = 30 \text{ м/хв};$ $s_{\text{поп}} = 0,008 \text{ мм/подв. хід}$ $s = 10 \text{ мм/об}; f = 1,4$	$T_o = 0,00036Dl$
Шліфування тонке	$\frac{6}{0,32...0,16}$	$T_o = \frac{2\pi Dlz}{1000v_3 s_{\text{поп}}} f$	$z = 0,025 \text{ мм}; v_3 = 20 \text{ м/хв};$ $s_{\text{поп}} = 0,003 \text{ мм/подв. хід};$ $s = 8 \text{ мм/об}; f = 2$	$T_o = 0,00066Dl$
<i>Шліфування зовнішнє кругле врізанням</i>				
Шліфування попереднє	$\frac{9...11}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{\pi Dz}{1000v_3 s_p} f$	$z = 0,35 \text{ мм}; v_3 = 19 \text{ м/хв};$ $s_p = 0,02 \text{ мм/об}; f = 1,25$	$T_o = 0,0036D$
Шліфування чистове	$\frac{7...6}{1,25...0,63}$	$T_o = \frac{\pi Dz}{1000v_3 s_p} f$	$z = 0,15 \text{ мм}; v_3 = 35 \text{ м/хв};$ $s_p = 0,0025 \text{ мм/об}; f = 1,25$	$T_o = 0,0068D$
Шліфування тонке	$\frac{6}{0,32...0,16}$	$T_o = \frac{\pi Dz}{1000v_3 s_p} f$	$z = 0,1 \text{ мм}; v_3 = 35 \text{ м/хв};$ $s_p = 0,0017 \text{ мм/об}; f = 1,5$	$T_o = 0,0079D$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
<i>Шліфування зовнішнє безцентрове з поздовжньою подачею</i>				
Шліфування попереднє	$\frac{6}{3,2...1,25}$	$T_o = \frac{l}{s_{XB}} ai$	$s_{XB} = 1070 \text{ мм/хв}; a = 1,5;$ $i = 3$	$T_o = 0,00422l$
Шліфування чистове	$\frac{6}{0,63...0,32}$	$T_o = \frac{l}{s_{XB}} ai$	$s_{XB} = 866 \text{ мм/хв}; a = 1,5;$ $i = 4$	$T_o = 0,00693l$
<i>Шліфування внутрішнє (робота з поперечною подачею на подвійний хід стола)</i>				
Шліфування попереднє	$\frac{11...9}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{2\pi Dlz}{1000v_3 s s_{\text{поп}}} f$	$z = 0,2 \text{ мм}; v_3 = 27 \text{ м/хв};$ $s_{\text{поп}} = 0,008 \text{ мм/подв. хід}$ $s = 12 \text{ мм/об}; f = 1,4$	$T_o = 0,00068Dl$
Шліфування чистове	$\frac{7...6}{1,25...0,63}$	$T_o = \frac{2\pi Dlz}{1000v_3 s s_{\text{поп}}} f$	$z = 0,1 \text{ мм}; v_3 = 36 \text{ м/хв};$ $s_{\text{поп}} = 0,004 \text{ мм/подв. хід}$ $s = 10 \text{ мм/об}; f = 1,4$	$T_o = 0,00061Dl$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
<i>Шліфування плоске периферією круга (стіл зі зворотно-поступальним рухом; робота з поперечною подачею на хід стола)</i>				
Шліфування попереднє	$\frac{9...11}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{l+12}{1000v_{ст}} \cdot \frac{B+B_{кр}+5}{s_{поп}} \cdot \frac{z}{s_B N} \cdot f$	$B_{кр} = 40 \text{ мм}; z = 0,25 \text{ мм};$ $v_{ст} = 10 \text{ м/мин};$ $s_{поп} = 30 \text{ мм/хід};$ $s_B = 0,04 \text{ мм/хід}; f = 1,3$	$T_o = \frac{0,000027}{N} \cdot (l+12) \times$ $\times (B+45)$
Шліфування чистове	$\frac{7}{1,6...0,63}$	$T_o = \frac{l+12}{1000v_{ст}} \cdot \frac{B+B_{кр}+5}{s_{поп}} \cdot \frac{z}{s_B N} \cdot f$	$B_{кр} = 40 \text{ мм}; z = 0,06 \text{ мм};$ $v_{ст} = 10 \text{ м/мин};$ $s_{поп} = 15 \text{ мм/хід};$ $s_B = 0,02 \text{ мм/хід}; f = 1,3$	$T_o = \frac{0,000026}{N} \cdot (l+12) \times$ $\times (B+45)$
Шліфування тонке	$\frac{6}{0,32...0,16}$	$T_o = \frac{l+12}{1000v_{ст}} \cdot \frac{B+B_{кр}+5}{s_{поп}} \cdot \frac{z}{s_B N} \cdot f$	$B_{кр} = 40 \text{ мм}; z = 0,04 \text{ мм};$ $v_{ст} = 10 \text{ м/мин};$ $s_{поп} = 8 \text{ мм/хід};$ $s_B = 0,01 \text{ мм/хід}; f = 1,3$	$T_o = \frac{0,000065}{N} \cdot (l+12) \times$ $\times (B+45)$
<i>Шліфування плоске торцем круга (стіл зі зворотно-поступальним рухом)</i>				
Шліфування попереднє	$\frac{9...11}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{lzf}{1000v_{ст}s_B N}$	$v_{ст} = 12 \text{ м/хв}; z = 0,3 \text{ мм}$ $s_B = 0,02 \text{ мм/подв. хід}; f = 1,2$	$T_o = \frac{1}{N} 0,0015l$
Шліфування чистове	$\frac{7}{1,25...0,63}$	$T_o = \frac{lzf}{1000v_{ст}s_B N}$	$v_{ст} = 12 \text{ м/хв}; z = 0,1 \text{ мм}$ $s_B = 0,009 \text{ мм/подв. хід}; f = 1,4;$	$T_o = \frac{1}{N} 0,0013l$
Шліфування тонке	$\frac{6}{0,32...0,16}$	$T_o = \frac{lzf}{1000v_{ст}s_B N}$	$v_{ст} = 8 \text{ м/хв}; z = 0,04 \text{ мм}$ $s_B = 0,005 \text{ мм/подв. хід}; f = 1,5;$	$T_o = \frac{1}{N} 0,0015l$

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
6. Обробка гвинтових поверхонь				
Нарізання різи міт- чиком, плашкою або гвинторізною не- розкривною голо- вкою на верстаті	$\frac{7*}{6,3}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v t_p} a$	$v = 9 \text{ м/хв}; a = 1,85$	$T_o = \frac{1}{t_p} 0,00063 D l$
Нарізання різи само- розкривною різена- різною головкою	$\frac{7*}{6,3}$	$T_o = \frac{\pi D l}{1000 v t_p} a$	$v = 14 \text{ м/хв}$	$T_o = \frac{1}{t_p} 0,00022 D l$
Нарізання різи різ- цем чорнове (різь однозахідна)	$\frac{8*}{12,5}$	$T_o = \frac{\pi D l i}{1000 v t_p} a$	$v = 40 \text{ м/хв}; a = 1,85$ $i = 3$	$T_o = \frac{1}{t_p} 0,00044 D l$
Нарізання різи різ- цем чистове (різь однозахідна)	$\frac{6*}{6,3 \dots 3,2}$	$T_o = \frac{\pi D l i}{1000 v t_p} a$	$v = 76,8 \text{ м/хв}; a = 1,85$ $i = 2$	$T_o = \frac{1}{t_p} 0,00015 D l$
Шліфування різи чи- стове (різь однозахі- дна)	$\frac{5*}{0,63 \dots 0,32}$	$T_o = \frac{\pi D l a}{1000 v t_p} \left(\frac{z}{s_{\text{поп}}} + p \right)$ p – кількість робочих хо- дів без поперечної подачі	$v = 7,5 \text{ м/хв}; p = 3;$ $s_{\text{поп}} = 0,05 \text{ мм/подв. хід};$ $z = 0,15 \text{ мм}; a = 1,1$	$T_o = \frac{1}{t_p} 0,0028 D l$
* — ступінь точності різи				

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
7. Обробка евольвентних поверхонь				
<i>Обробка зубців циліндричних зубчастих коліс</i>				
Довбання зубців чорнове (за один обкат)	$\frac{9^*}{6,3...3,2}$	$T_o = B_K m \left(\frac{4,4}{1000 v s_p} + z \frac{2\pi}{1000 v s_K} \right)$	$v = 21$ м/хв $s_p = 0,06$ мм/подв. хід $s_K = 0,42$ мм/подв. хід	$T_o = B_K m (0,0035 + z \cdot 0,00071)$
Довбання зубців чистове (за один обкат)	$\frac{(8...7)^*}{3,2...1,6}$	$T_o = B_K m \left(\frac{4,4}{1000 v s_p} + z \frac{2\pi}{1000 v s_K} \right)$	$v = 34$ м/хв $s_p = 0,04$ мм/подв. хід $s_K = 0,22$ мм/подв. хід	$T_o = B_K m (0,0032 + z \cdot 0,00084)$
Зубофрезерування чорнове (вертикальна подача, інструмент — черв'ячна фреза)	$\frac{9^*}{6,3...3,2}$	$T_o = \frac{\pi B_K z_K D_\phi}{1000 v s_p g}$	$D_\phi = 70$ мм; $s_p = 1,8$ мм/об. заг.; $v = 25$ м/хв; $g = 1$	$T_o = 0,0049 B_K z_K$
Зубофрезерування чистове (вертикальна подача, інструмент — черв'ячна фреза)	$\frac{8^*}{3,2...1,6}$	$T_o = \frac{\pi B_K z_K D_\phi}{1000 v s_p g}$	$D_\phi = 90$ мм; $s_p = 1$ мм/об. заг.; $v = 30$ м/хв; $g = 1$	$T_o = 0,0094 B_K z_K$
Шевінгування	$\frac{7^*}{1,6...0,63}$	$T_o = \frac{B_K z_K z f}{n_{ш} z_{ш} s_p s_B}$ $n_{ш}$ — частота обертання шевера	$z = 0,17$ мм; $n_{ш} = 280$ об/хв $f = 1,35$; $z_{ш} = 73$; $s_B = 0,0045$ мм/хід стола; $s_p = 0,25$ мм/об. заг.	$T_o = 0,001 B_K z_K$
* — ступінь точності зубчастого вінця				

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5
Зубошліфування конічним кругом (методом обкатки)	$\frac{6}{0,63\dots 0,32}$	$T_o = z_k \left[\frac{2B_k}{n} \left(\frac{i_1}{s_1} + \frac{i_2}{s_2} + \frac{i_3}{s_3} \right) + 2\tau_1(i_1 + i_2 + i_3) \right]$	$N = 150$ подв. ходів/хв; $\tau_1 = 0,05$ хв; $s_1 = 2,7$ мм/подв. хід; $s_2 = 2,7$ мм/подв. хід; $s_3 = 1,1$ мм/подв. хід $i_1 = 2; i_2 = 1; i_3 = 1;$	$T_o = z_k (0,027B_k + 0,4)$
7. Обробка шліцевих поверхонь (вали $d = 25\dots 60$ мм)				
Шліцефрезерування чорнове (інструмент — черв'ячна фреза)	$\frac{-}{6,3\dots 3,2}$	$T_o = \frac{\pi D_\phi l z_{ш}}{1000 v s}$, $z_{ш}$ — число шліців	$D_\phi = 100$ мм; $s = 2,1$ мм/об; $v = 32$ м/хв	$T_o = 0,0047 l z_{ш}$
Шліцефрезерування чистове (інструмент — черв'ячна фреза)	$\frac{-}{3,2\dots 1,6}$	$T_o = \frac{\pi D_\phi l z_{ш}}{1000 v s}$	$D_\phi = 100$ мм; $s = 1,2$ мм/об; $v = 30$ м/хв	$T_o = 0,0087 l z_{ш}$
Шліфування дна впадин шліців	$\frac{8}{0,63\dots 0,32}$	$T_o = z_{ш} \frac{l z}{1000 v_3 s_B} a$	$z = 0,15$ мм; $v_3 = 6,5$ м/хв; $s_B = 0,03$ мм/подв. хід; $a = 1,35$	$T_o = 0,001 l z_{ш}$

**Позначення величин у формулах для визначення
основного машинного часу обробки окремих поверхонь**

- a – коефіцієнт, що враховує час зворотного (допоміжного) ходу
 B – ширина заготовки або ширина декількох одночасно оброблюваних заготовок, мм
 B_k – ширина вінця зубчастого колеса
 $B_{кр}$ – ширина шліфувального круга
 D, d – відповідно максимальний та мінімальний діаметри оброблюваних поверхонь, мм
 D_f – діаметр фрези, мм
 f – коефіцієнт, який враховує кількість ходів без поперечної подачі
 z – припуск на обробку, мм
 i – кількість робочих ходів
 i_1, i_2, i_3 – кількість робочих ходів, відповідно чорнових, напівчистових, чистових
 l – довжина оброблюваної частини заготовки, довжина ходу, мм
 $l_{пр}$ – довжина протяжки, мм
 m – модуль зубчастого колеса
 n – число подвійних ходів за хвилину
 s – поздовжня подача, мм/об
 s_1, s_2, s_3 – подачі відповідно чорнового, напівчистового і чистового шліфування, мм/подв. хід
 $s_{хв}$ – хвилинна подача, мм/хв
 s_p – радіальна подача, мм/подв. хід
 s_k – колова подача, мм/подв. хід
 s_v – вертикальна подача, мм/подв. хід або мм/хід
 T_0 – найімовірніший машинний час обробки, хв
 t_p – крок різі
 τ_1 – час на перемикання і поділ, хв
 v – швидкість різання, м/хв
 v_3 – колова швидкість обертання заготовки, м/хв
 $v_{ст}$ – швидкість стола у зворотно-поступальному русі
 N – кількість одночасно оброблюваних заготовок
 z_k – число зубців зубчастого колеса або шліців вала
 $z_{ш}$ – число зубців шевера

Додаток К

Значення коефіцієнта φ_k для верстатів з ЧПК

Таблиця К.1 — Значення коефіцієнта φ_k для верстатів з ручним керуванням

Види верстатів	Виробництво		
	дрібносерійне	середньосерійне	крупносерійне
Токарні	2,14	1,36	—
Токарно-револьверні	1,98	1,66	1,35
Токарні багаторізцеві	—	—	1,50
Токарні багатопшпindelні напівавтомати	—	—	1,30
Вертикально-свердлильні	1,72	1,50	1,30
Радіально-свердлильні	1,75	1,41	—
Розточувальні	3,25	—	—
Круглошліфувальні	2,10	1,80	1,55
Внутрішньошліфувальні	2,30	2,00	1,65
Безцентровошліфувальні	—	1,30	1,20
Стругальні	1,73	—	—
Фрезерні	1,84	1,67	1,51
Зуборізні	1,66	1,46	1,27

Таблиця К.2 — Значення коефіцієнта φ_k для верстатів з ЧПК

Види верстатів	Виробництво		
	дрібносерійне	середньосерійне	крупносерійне
Токарні, токарно-револьверні і токарні багатоцільові	1,50	1,30	1,17
Фрезерні і багатоцільові свердлильно-фрезерно-розточувальні	1,65	1,40	1,35
Вертикально-свердлильні	1,45	1,35	1,25
Круглошліфувальні	1,6	1,52	1,35
Внутрішньошліфувальні	1,7	1,55	1,4

Додаток Л

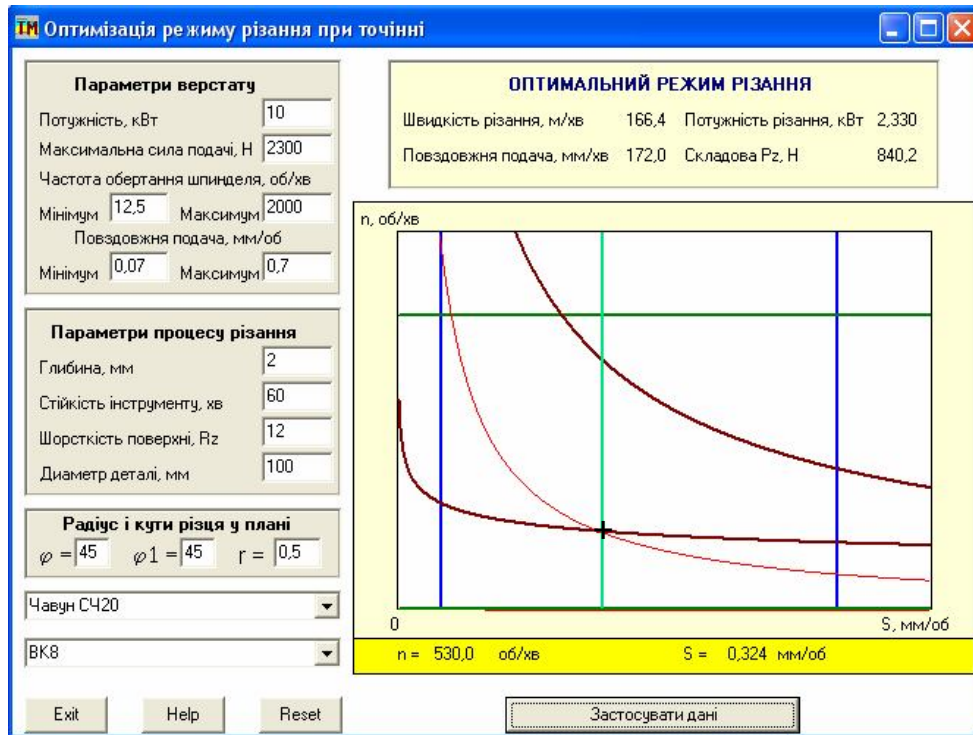


Рисунок Л.1 — Результати оптимізації режимів різання для поздовжнього точіння

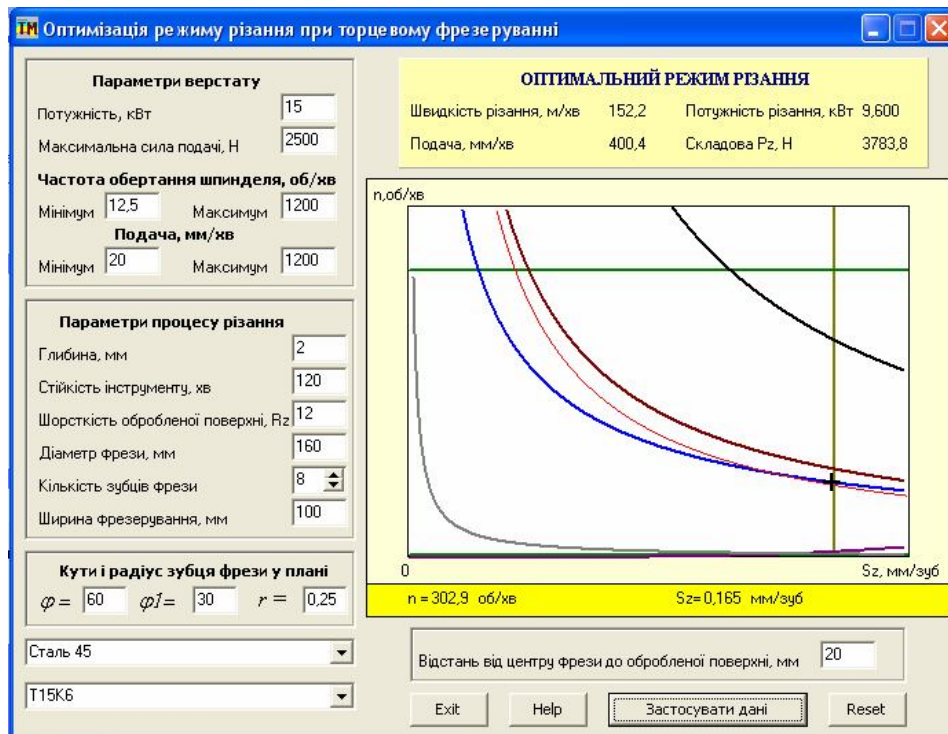


Рисунок Л.2 — Результати оптимізації режимів різання для торцевого фрезерування

Навчальне видання

**Дерібо Олександр Володимирович,
Дусанюк Жанна Павлівна,
Пурдик Віктор Петрович**

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Курсове проектування

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено О. Дерібо

Підписано до друку
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.