

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра машинобудування та прикладної механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

«Вал тихохідний» двоступінчастого редуктору

Студента IV курсу групи ГМ-17дб

спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Оплачко М. Є.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник роботи

к.т.н. Шумакова Т.О.

(вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Соколов В.І.

(вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Соколов В.І.

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
студенту

Оплачку Микиті Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування технологічного процесу виготовлення
деталі «Вал тихохідний» двоступінчастого редуктору

керівник роботи Шумакова Тетяна Олександрівна

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

затверджені наказом по університету від « _____ » _____ 2021 року _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані роботи: Кресленик редуктору. Матеріал деталі. Річна
програма випуску деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Опис технологічного обладнання. Проектно-конструкторський розрахунок деталей технологічного обладнання. Розробка технологічного процесу деталі «Вал тихохідний». Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): 1. Кресленик редуктору (розріз). 2. Вал тихохідний. 3. Робочий кресленик заготовки деталі «Вал тихохідний». 4. Наладка інструментальна

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «__» _____ 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Згідно з календарним планом – графіком, затвердженим кафедрою машинобудування та прикладної механіки, що до виконання бакалаврських робіт		

Студент

.....
(підпис)

Опlachко М. Є.

.....
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської роботи

.....
(підпис)

Шумакова Т.О.

.....
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка бакалаврської роботи містить: 60 сторінок загального тексту, 12 таблиць та 14 рисунків по тесту роботи.

В роботі розглянуто конструкцію двоступінчастого понижуючого редуктору. Спроектовано технологію механічної обробки деталі «Вал тихохідний». Проведено розрахунок заготовки деталі, що розглядається з розробкою робочого кресленика заготовки. Запропоновано маршрутний технологічний процес обробки деталі «Вал тихохідний». Призначено режими різання на виконання операцій механічної обробки деталі в умовах багатосерійного виробництва.

Ключові слова: технологічне обладнання, редуктор, асинхронний електродвигун, вал тихохідний, твердотільна модель, заготовка, маршрутний технологічний процес, шліфування.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ..	8
1.1 Службове призначення та особливості конструкції технологічного обладнання	8
1.2. Кінематична схема редуктору та принцип його роботи.....	14
2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	15
2.1. Загальні положення.....	15
2.2. Проектно-конструкторські розрахунки.....	17
2.3. Результати розробки тривимірної моделі деталі «Вал тихохідний» та кресленика головного виду деталі	23
3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ТИХОХІДНИЙ».....	31
3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз кресленика і технічних умов на її виготовлення.....	32
3.2. Визначення маси деталі.....	34
3.3. Визначення типу виробництва.....	34
3.4. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання.....	35
3.5. Особливості вибору та обґрунтування методів обробки поверхонь деталей. Розробка маршрутного технологічного процесу.....	36
3.6. Проектування карт технологічних наладок.....	37
4. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ТИХОХІДНИЙ».....	41
4.1. Розрахунок припусків та операційних розмірів на механічну обробку на діаметральні розміри деталі.....	41
4.2. Розрахунок припусків та операційних розмірів на механічну обробку на лінійні розміри деталі.....	45
5. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ.....	49
ВИСНОВКИ.....	55
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	57

ВСТУП

Конкурентоспроможність підприємств машинобудівної галузі визначається впровадженням нових технологій та рішенням актуальних завдань, які ставить ринкова економіка.

У всіх галузях машинобудування виробничі процеси здійснюються машинами і апаратами. Тому рівень розвитку машинобудування в цілому в великій мірі визначається якістю та конкурентоспроможністю продукції, що виробляється.

Завдання конструктора полягає в тому, що, керуючись міркуваннями технічної доцільності проектованої машини, вміти використовувати інженерні методи розрахунку, що дозволяють забезпечувати досягнення поставленого завдання при раціональному використанні ресурсів, що виділяються на її створення та застосування.

Основними вимогами, що пред'являються до машин є працездатність, надійність, технологічність і економічність.

Основними напрямками розвитку вітчизняного машинобудування є: збільшення потужності та продуктивності машин, швидкохідності та рівномірності ходу, підвищення коефіцієнта корисної дії, автоматизація робочих циклів машин, точність роботи, стандартизація і взаємозамінність деталей і вузлів, зручність і безпека обслуговування, компактність.

Кваліфікаційна робота бакалавра є відображенням всіх вмінь на знань, що було отримано в результаті вивчення таких дисциплін як: «Основи технології машинобудування», «Деталі машин», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство», «Теорія різання», «Обладнання та транспорт металообробних цехів», «Основи CAD/CAM/CAE систем», «Інженерна графіка», «Вища математика», «Фізика» та інших.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є – закріплення, шляхом вирішення конкретних практичних задач, знань і навичок по читанню,

складанню кінематичних схем, складальних креслеників механічних передач. Набуття, на прикладі двоступінчастого редуктору, практичних навичок створення механізмів машин та їх елементів на основі методів машинобудування. Набуття вміння аналізувати технологічні процеси виробництва деталей і складання простих вузлів, виконанням необхідних розрахунків, у тому числі розмірних. Оволодіння за допомогою САД систем практичними навичками виконання 3D-моделей деталей і оформлювати результатів розрахунків і конструювання у виді робочих креслеників.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Службове призначення та особливості конструкції технологічного обладнання

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра в якості об'єкта дослідження виступає тихохідний вал двоступінчастого понижуючого циліндричного редуктору.

Редуктором називають механізм, що складається із зубчастих або черв'ячних передач, виконаний у вигляді окремого агрегату, що служить для передачі обертання від валу двигуна до валу робочої машини. Кінематична схема приводу може включати, окрім редуктора, відкриті зубчасті передачі, ланцюгові або ремінні передачі.

Призначення редуктора це – пониження кутової швидкості і відповідно підвищення крутного моменту веденого валу в порівнянні з ведучим. Механізми для підвищення кутової швидкості, виконані у вигляді окремих агрегатів, називають прискорювачами або мультиплікаторами.

Редуктор складається з корпусу (литого чавунного або зварного сталевого), в якому поміщують елементи передачі – зубчасті колеса, вали, підшипники і т. д. В окремих випадках у корпусі редуктора (наприклад, усередині корпусу редуктору може бути поміщений шестерінчастий масляний насос) або пристрої для охолодження (наприклад, змійовик з охолоджувальною рідиною в корпусі черв'ячного редуктора).

Редуктор проектують або для приводу певної машини, або за заданим навантаженням (моментом на вихідному валу) і передаточному числу без вказівки конкретного призначення. Другий випадок більш характерний для спеціалізованих заводів, в яких організовано серійне виробництво редукторів.

Редуктори класифікують за наступними основними ознаками:

- а) тип передачі (зубчаті, черв'ячні, зубчато-черв'ячні);
- б) число ступенів (одноступінчасті, двоступінчасті і т. д.);
- в) тип зубчастих коліс (циліндричні, конічні, конічно-циліндричні і т. д.);

г) відносному розташуванні валів редуктора в просторі (горизонтальні, вертикальні);

д) особливості кінематичної схеми (розвернена, співвісний, з роздвоєним ступенем і т. д.).

Залежно від кінематичної схеми вали редуктору можуть бути: швидкохідних, тихохідним і проміжним. Для редуктора (понижуючого кількість оборотів) швидкохідний вал з'єднаний з приводним механізмом. У мультиплікатора (підвищує кількість обертів) з приводом з'єднаний тихохідний вал. Як правило, для механічного з'єднання валу редуктора з приводним пристроєм використовується муфтове з'єднання.

Як правило вали редукторів виготовляються зі сталі марки 40 або її закордонного аналога. Має форму циліндра з різними діаметрами по всій довжині і шпонковими пазами в місцях посадки зубчастих валів або інших технологічних компонентів (наприклад, робоче колесо насоса або компресора). Встановлюється вали в редукторі на підшипниках, які, в свою чергу, розміщуються в посадочних місцях в корпусі редуктора.

На рис. 1 зображено кінематичні схеми найбільш поширених видів редукторів: а – простий одноступінчастий циліндричний; б – двоступеневий циліндричний з несиметричним розташуванням зубчастих коліс; в – двоступеневий циліндричний з розташуванням осі валів перпендикулярно основі корпусу; г – двоступеневий циліндричний колеса проміжної ступені роздвоєні; д – двоступеневий циліндричний, що має співвісну схему; е – конічний одноступінчастий; ж – конічно-циліндричний триступеневий; з – циліндрично-черв'ячний двоступеневий швидкохідна ступінь з черв'ячною парою, а тихохідна з циліндричними колесами; и – черв'ячний одноступінчастий з розташуванням валу черв'яка під колесом; к – черв'ячний одноступінчастий з розташуванням валу черв'яка над колесом; л – черв'ячний одноступінчастий з розташуванням вісь валу колеса перпендикулярно, а вісь валу черв'яка паралельно основі корпусу редуктора; м – черв'ячний двоступеневий осі швидкохідного і тихохідного валів паралельні між собою і паралельні основи корпусу редуктора.

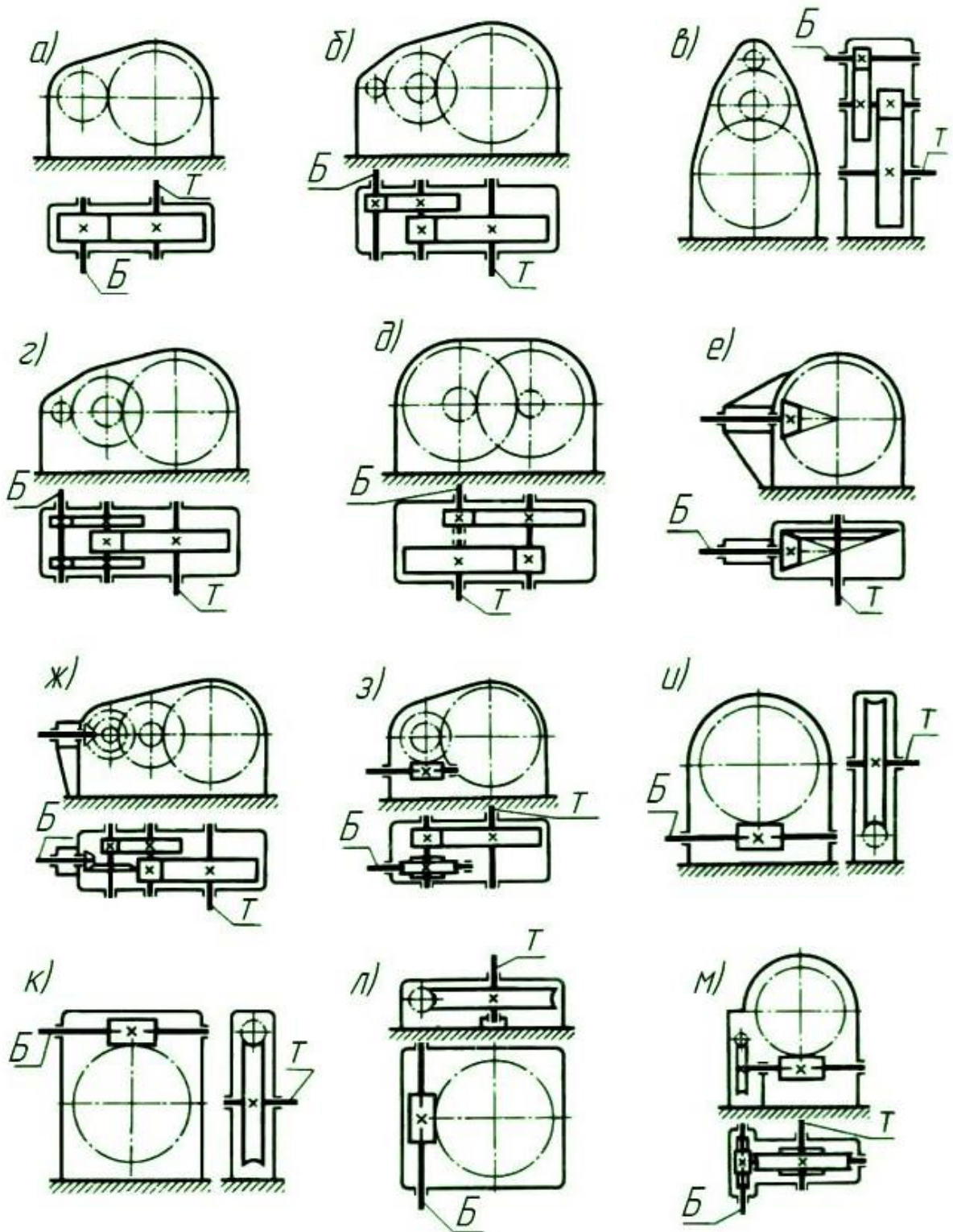


Рис. 1 – Кінематичні схеми найбільш поширених видів редукторів:

Б – швидкохідний вал; Т – тихохідний вал

1.2 Кінематична схема редуктору та принцип його роботи

В кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається двоступінчастий циліндричний редуктор, конструкція якого представлена на рис. 2., рис. 3.

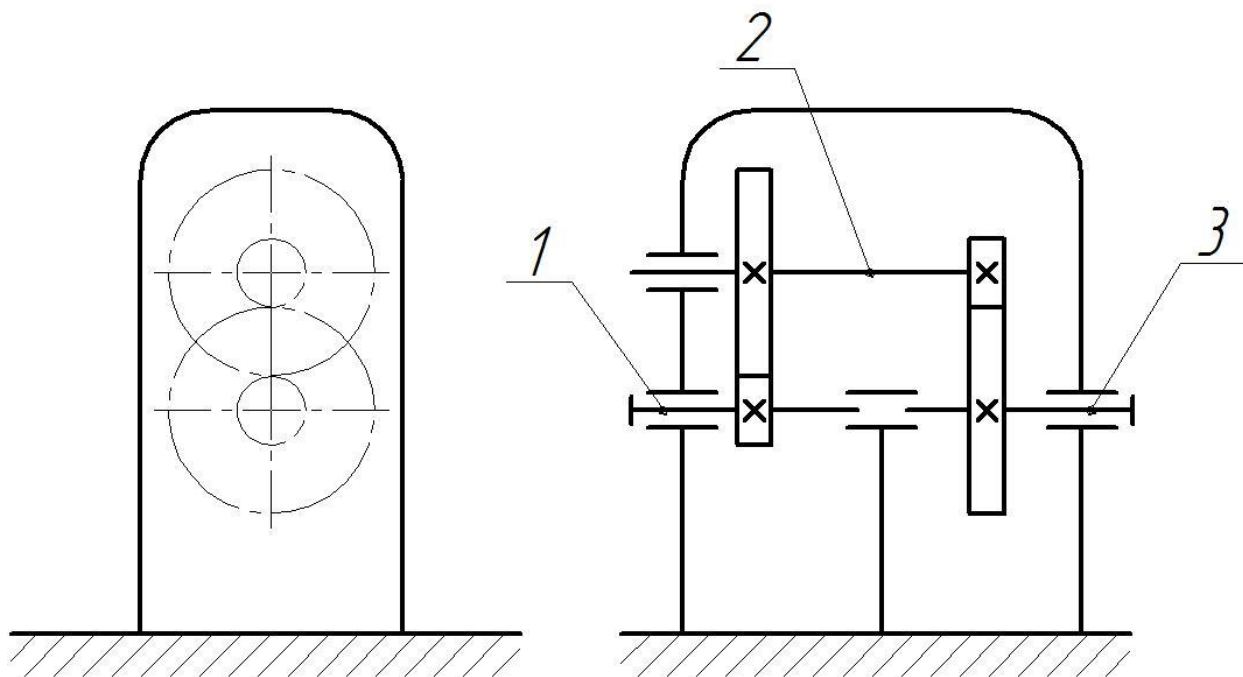
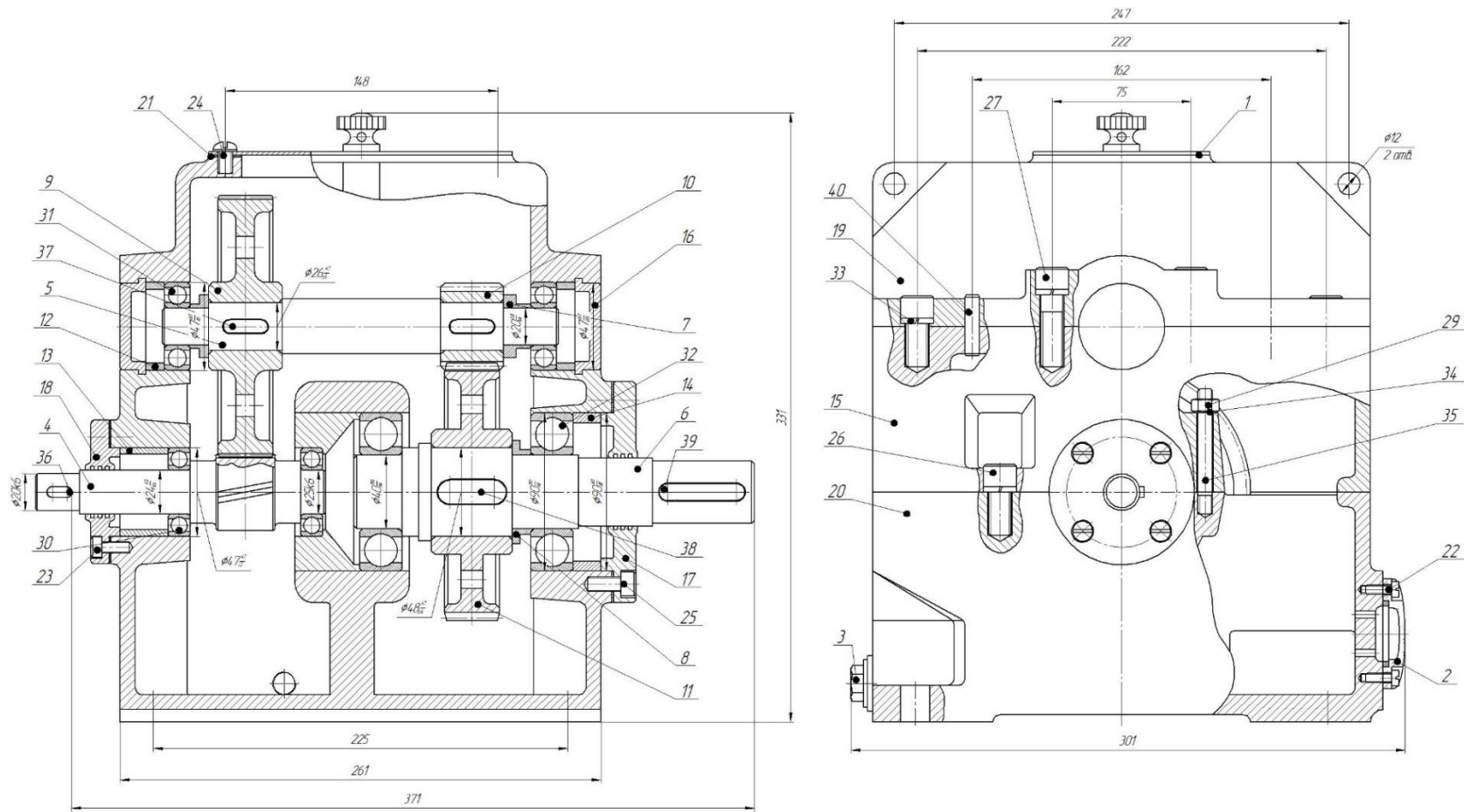


Рис. 2 – Кінематична схема редуктору, що розглядається в кваліфікаційній бакалаврській роботі: 1 – вал швидкохідний; 2 – вал проміжний 3 – вал тихохідний

Корпус редуктора рознімний, корпусні деталі – корпус 15 і основа корпусу 20 виготовлені виливанням з сірого чавуну марки СЧ12 чи СЧ15 за ГОСТ 1412-85. У корпусних деталях поблизу гнізд підшипників виконані бобишки, які дозволяють наблизити стяжні болти 26 до отворів під підшипники, додаючи цим жорсткості болтовому з'єднанню. Фіксація положення кришки редуктора відносно корпусу виконується чотирма штифтами 40 ще перед розточуванням отворів під підшипники. У верхньому поясі корпусу передбачений отвір для встановлення віджимного гвинта, який полегшує розібрання редуктора. Шестерня швидкохідної передачі 4, виконана



Технічна характеристика

1. Загальне передавальне число редуктору $i=6,7$
2. Крутний момент на тихохідному валу $T=187,55 \text{ Н}\cdot\text{м}$
3. Частота обертання швидкохідного валу $n=14,25 \text{ об/хв}$

Технічні вимоги

1. *Розміри для довідок
2. Редуктор залити мастилом: індустріальне І-Г-А-46 ГОСТ 17479,4-81.
3. Допускається експлуатувати редуктор з відхиленням від горизонтального положення на кут до 5° , при цьому повинно бути забезпечено рівень масла, достатній для змащення зачеплення.

Рис. 3 – Розріз двоступінчастого понижуючого редуктору

за одне ціле з вхідним валом редуктора (вар-шестерня), колесо зубчасте 9 скріплене з проміжним валом 5 шпонкою 37 тихохідної ступені. Тихохідна прямозуба циліндрична передача складається з шестірні 10 і колеса зубчастого 11 та має аналогічне конструктивне вирішення.

Для виготовлення тихохідного валу 6 найчастіше використовують конструкційну вуглецеву сталь за ГОСТ 1050-88 марок 35, 40, 45, 50. Вал-шестірню 4 і зубчасті колеса виготовляють з вуглецевих конструкційних сталей вище означених марок чи з легованої сталі за ДСТУ 7806:2015 марок 40X, 45X, 40XH тощо.

У якості опор валів використовують радіальні чи радіально-упорні підшипники 30, 31 і 32, які сприймають радіальні та осьові навантаження, що виникають у косозубих та прямозубих передачах. Осьову фіксацію валів виконують за схемою «у розпір», за якою торці внутрішніх кілець підшипників спираються у буртики валу чи в розпірні втулки, а зовнішні торці зовнішніх кілець – у торці кришок підшипників. Розрізняють кришки підшипників наскрізні і глухі. Для запобігання витікання мастила під час роботи в наскрізних кришках вбудовують ущільнення.

Якщо встановлені підшипники, що не регулюються, то для компенсації теплових деформацій між торцем кришки і зовнішнім кільцем підшипника передбачають $C = 0,2 - 0,5$ мм.

Внутрішні кільця підшипників встановлюють на вали з натягом для запобігання контактної корозії. Зовнішні кільця встановлюють у отвори корпусних деталей з нульовим чи невеликим зазором, який забезпечує осьові зміщення підшипника при тепловому видовженні валу.

Зубчасті передачі редукторів змащують рідкими мастилами мінерального чи синтетичного походження. Основне призначення змащування – зменшення сил тертя, підвищення стійкості проти спрацювання, відведення теплоти із зони контакту зубців. Змащення зачеплення при колових швидкостях до 30 м/с виконується зануренням колеса у масляну ванну. Місткість ванни вираховується за умовою, яка передбачає 0,3 – 0,7 л на 1 кВт

потужності, що передається. Рівень занурення колеса повинен становити приблизно дві висоти зубця. Мастило заливають через оглядовий люк 1. Контролюють рівень мастила жезловим мастилопоказчиком 2. Для зливання відпрацьованого мастила в нижній частині корпусу передбачають отвір, який під час роботи закривають пробкою 3. Підшипники змащуються за рахунок розбризкування мастила. Для запобігання переповненням мастилом підшипника перед ним з боку шестірні на швидкохідному і проміжному валах можуть встановлювати мастило відбійні кільця. Вирівнювання тиску всередині редуктора з атмосферним виконують душником.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Ціль – здійснити проектний розрахунок валу тихохідного двоступінчастого понижуючого редуктору, побудувати його тривимірну модель в САПР та виконати кресленик конструкції валу тихохідного.

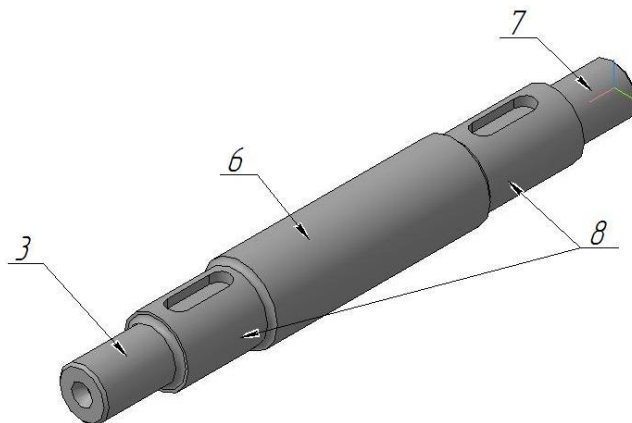
2.1 Загальні положення

Будь який вал редуктору має форму ступінчастого тіла обертання (рис. 4). Кожна ступень його поверхні виконує певні функції. Вхідні (вихідні) вали редукторів звичайно мають наступні елементи (рис. 4): хвостовик, шийки, зубчастий вінець шестерні, шип, вільні ділянки. Хвостовик 1 (рис. 4) використовується для монтажу півмуфти, шків, зубчастого колеса, зірочки або інших деталей, через які вал сприймає обертаючий момент. Кріплення деталей, що змонтовані на хвостовику валу, може виконуватись за допомогою шпонкового, шліцьового (рідше – штифтового) з'єднання або посадки з натягом. На рис. 4: ділянка 1 – хвостовик може мати як циліндричну, так і конічну форму; ділянка 2 контактує з манжетним ущільненням і характеризується малою шорсткістю поверхні для зменшення зносу валу та ущільнення; шипи 3 та 7 використовуються для монтажу підшипників; зубчастий вінець шестерні 5, що виготовлений разом з валом, використовується для передачі обертаючого моменту з валу на колесо; вільні ділянки 4 та 6 забезпечують необхідні відстані між змонтованими на валі деталями та елементами корпусу.

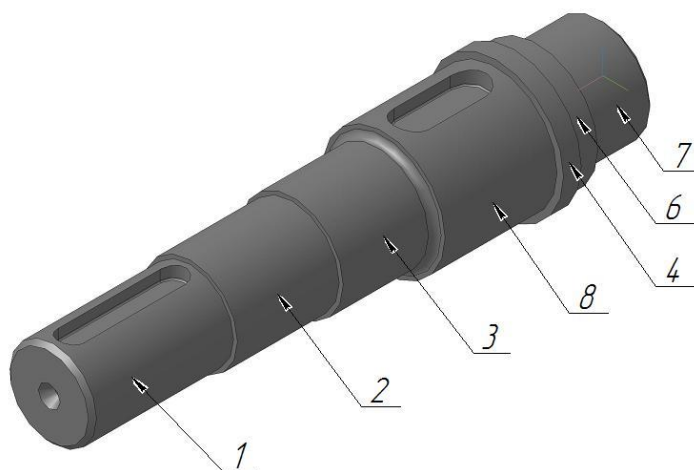
При конструюванні валів редукторів слід враховувати, що їх конструкція має бути з мінімальним числом уступів, буртиків. У місцях зниженою втомної міцності канавки для виходу інструменту замінюють галтелями. Шпонковий паз, отриманий дисковою фрезою, викликає меншу концентрацію напружень, ніж паз, оброблений кінцевою фрезою.



Вхідний швидкохідний вал-шестірня



Проміжний вал



Вал тихохідний

Рис. 4 – Зовнішній вигляд валів редуктору з позначенням функціональних поверхонь: 1 – хвостовик; 2 – ділянка з манжетним ущільненням; 3 – шип; 4, 6 – вільні ділянки; 5 – зубчастий вінець шестірні; 7 – шип; 8 – посадочна поверхня під шпонкове з’єднання валу з шестенкою

2.2 Проектно-конструкторські розрахунки

Вхідні дані. Вхідними даними для проектно-конструкторського розрахунку валу тихохідного редуктору двоступінчастого є кінематична схема коробки швидкостей (рис. 2) та розрахункова схема вузла валу тихохідного, що зображено на рис. 5. Згідно з завданням бакалаврської роботи частота обертання швидкохідного валу дорівнює $n_{ш}=1425$ об/хв, а крутний момент на тихохідному валу дорівнює $T=147,55$ Н·м.

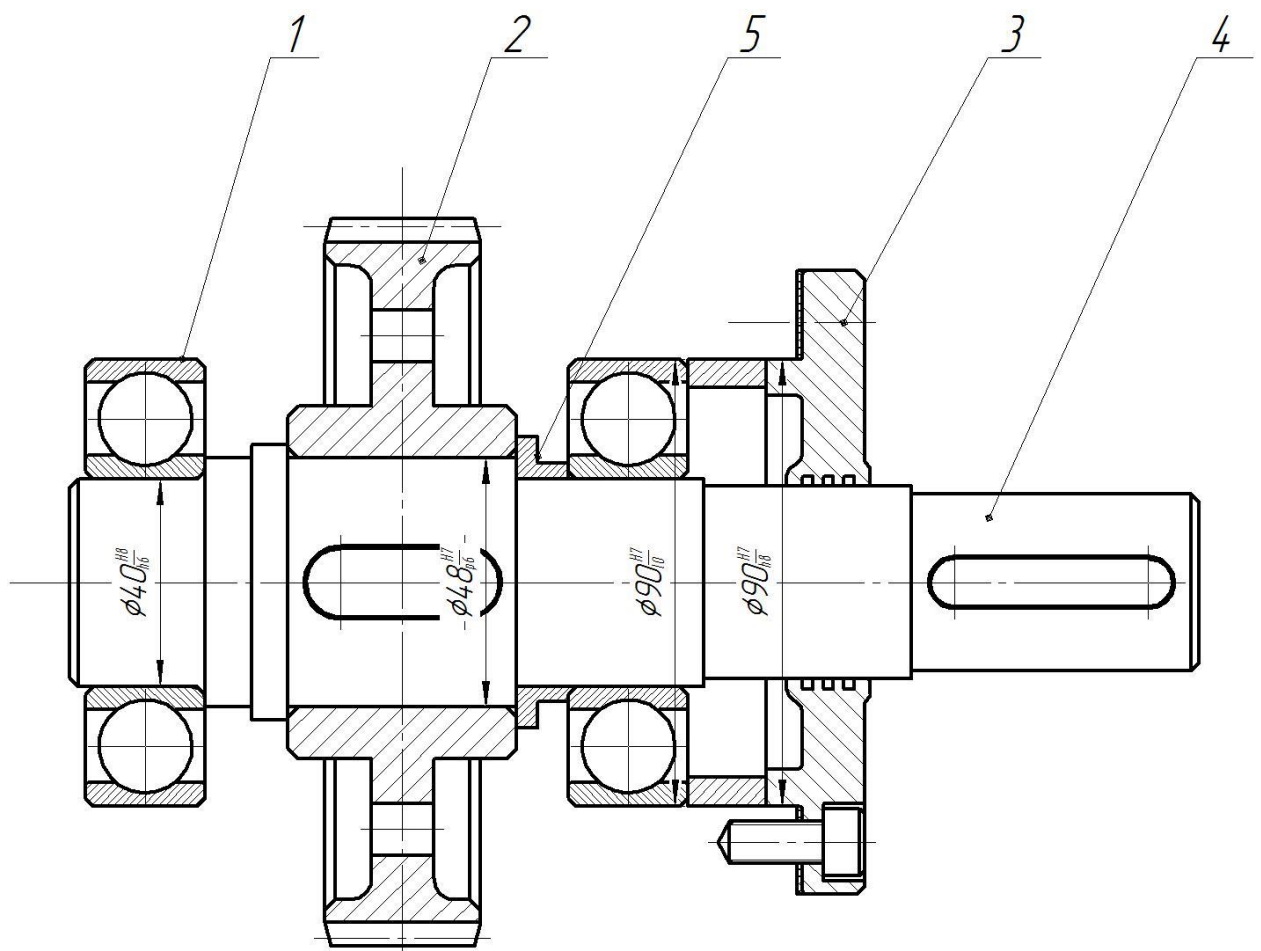


Рис. 5 – Ескіз вузла «Вал тихохідний»

Розрахунок силового параметру приводу.

Проектувальний розрахунок виконують з умови статичної міцності з метою орієнтовного визначення діаметрів окремих рівнів. На початку

розрахунку відомий тільки крутний момент T ($H \cdot m$). Згідно з завданням крутний момент на тихохідному валу дорівнює $T=187,55 H \cdot m$

Для визначення діаметра, d , мм розрахункового перерізу валу скористуємося відомою формулою:

$$d \geq 10 \cdot \sqrt[3]{T / (0,2 \cdot [\tau]_k)},$$

де T – крутний момент ($H \cdot m$) який діє в розрахунковому перерізі валу;

$[\tau]_k$ – допустима напруга кручення, $MПа$.

Для сталевих валів $[\tau]_k = 20 \dots 35 MПа$ при визначенні діаметра кінця вхідного (вихідного) валу; $[\tau]_k = 12 \dots 20 MПа$ – для діаметра ділянки проміжного валу в місці установки зубчастого колеса. Отриманий діаметр валу округлюємо до найближчого значення з ряду нормальних лінійних розмірів, ГОСТ 6636-69. При цьому стандартний ряд діаметрів валів за ГОСТ 6636-69 має вигляд: 16; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 28; 30; 32; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50 мм.

В бакалаврській роботі визначаємо аналітично діаметр перерізу характерних ділянок тихохідного валу: кінця (хвостовика) вихідного тихохідного валу, діаметр на ділянці розташування зубчастого колеса. Діаметри інших ділянок валу визначаємо з урахуванням їхнього функціонального призначення, технології виготовлення і складання вузлу редуктору.

Діаметри і довжини ступенів валів d і l округляємо до найближчого стандартного значення.

Діаметр третьої ступені d_3 під підшипник визначаємо в залежності від значення діаметру першої ступені d_1 під відкриту передачу:

$$d_3 = d_1 + 2 \cdot t,$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра.

Стандартні значення d_3 і d_7 під підшипники кочення прийняти рівними діаметру внутрішнього кільця підшипника. Стандартні значення діаметрів і довжин інших ступенів прийняти по ГОСТ 6636-69.

Найбільше поширення серед підшипників кочення в опорних вузлах валів редукторів отримали кульові радіальні однорядні, 0000 ДСТУ 8338-75 підшипники. Для цих підшипників основним навантаженням є радіальна (F_r), але вони можуть сприймати і невелике осьове навантаження (F_a). Вони також допускають осьову фіксацію валу. Підшипники кочення вузлів редукторів обираємо з каталогу по діаметру цапфи валу, який вже сконструйовано. При проектуванні валу тихохідного діаметр підшипникової шийки погоджуємо з діаметром отвору внутрішнього кільця підшипника.

Матеріал валу, що розглядається в бакалаврській роботі приймаємо сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 ($[\tau_{кр}] = 25 \text{ МПа}$).

Визначення розмірів першої ступені валу. Розрахуємо діаметральний розмір першої ступені валу:

$$d_1 = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T}{(0,2 [\tau_{кр}])}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{187,55}{(0,2 \cdot 25)}} = 33,47 \text{ мм},$$

де T – крутний момент на тихохідному валу валу, $\text{Н}\cdot\text{м}$;

$[\tau_{кр}]$ – допустима напруга на кручення, МПа (згідно п. 2.2.2 для вихідного кінця валу приймаємо $[\tau_{кр}] = 25 \text{ МПа}$).

Отримане розрахункове значення d_1 діаметру валу округлюють до найближчого стандартного значення згідно ГОСТ 12080-66.

Приймаємо $d_1 = 34 \text{ мм}$.

При проектному розрахунку валу довжина першої ступені тихохідного валу, на якій розташовано муфту, приймаємо рівній ширині муфти, тобто $l_1 = l_m = 55 \text{ мм}$.

На першій ступені, для з'єднання валу з муфтою, розташовано закритий шпонковий паз. Розміри поперекового перерізу призматичної шпонки вибираються згідно з ГОСТ 23360-78 (DIN 6885) в залежності від діаметра ділянки валу, на якому встановлюється муфта. Довжина шпонкового пазу визначається згідно довжини муфти, що насаджується та округляється до

стандартного ряду довжин. Таким чином обираємо шпонковий паз: $b = 10$ мм, $h = 5$ мм, $l = 50$ мм за ГОСТ 23360-78.

Розрахуємо діаметр другої ступені валу, на якій розташовано відкриту кришку редуктору:

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot t = 34 + 2 \cdot 1,5 = 37 \text{ мм},$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра.

Значення висоти буртику t , визначаються в залежності від діаметру суміжної з ним ступені d_1 . Для нашого випадку $t = 1,5$ мм.

Довжина другої ступені валу призначається з урахуванням геометричних параметрів стінки корпусу редуктору, та висоти деталі «Кришка підшипника» 17. В результаті призначаємо $l_2 = 40$ мм.

Розрахуємо діаметр третьої ступені валу, на якій розташовані опори, у вигляді підшипників.

$$d_3 = d_2 + 2 \cdot t = 37 + 2 \cdot 1,5 = 40 \text{ мм},$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра.

Значення висоти буртику t , визначаються в залежності від діаметру суміжної з ним ступені d_2 . Для нашого випадку $t = 1,5$ мм.

Оскільки для вузла Вал тихохідний обираємо два однакових підшипника, то діаметр останньої сьомої ступені приймаємо рівним діаметру третьої ступені рівним 40 мм.

Вибір підшипників. В якості опор обираємо підшипники шарикові радіальні однорядні середньої серії, згідно ГОСТ 8338-75 діаметру валу $d_3 = d_7 = 40$ мм відповідають підшипники марки 308, вантажопідйомністю $C = 41000$ Н, $C_0 = 22400$ Н. Номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні підшипника $D = 90$ мм, ширина $B = 23$ мм, координата монтажної фаски $r = 2,5$ мм.

При визначенні довжини третьої та сьомої ступені валу враховується ширина обраного підшипника та конструктивні особливості корпусу редуктору, що проектується, в результаті отримуємо: $l_3 = 36$ мм; $l_7 = 26$ мм.

Визначення розмірів четвертої ступені валу. зубчасте колесо на валу монтується за допомогою шпонкового з'єднання. Розрахуємо діаметр ступені валу під зубчасте колесо:

$$d_4 = d_3 + 3,2 \cdot r = 40 + 3,2 \cdot 2 = 46,4 \text{ мм},$$

Округляємо згідно ряду нормальних чисел $d_4 = 48$ мм.

На четвертій ступені, для з'єднання валу з зубчастим колесом, розташовано закритий шпонковий паз. Розміри поперекового перерізу призматичної шпонки вибираються згідно з ГОСТ 23360-78 (DIN 6885). Довжина шпонкового пазу визначається згідно висоти зубчастого колеса, що насаджується та округляється до стандартного ряду довжин. Таким чином обираємо шпонковий паз: $b = 14$ мм, $h = 5,5$ мм, $l = 36$ мм за ГОСТ 23360-78.

Довжину четвертої ступені валу залежить від висоти зубчастого колеса редуктору. Призначаємо $l_4 = 44$ мм.

Визначаємо розміри п'ятої ступені валу. Службове призначення п'ятої ступені полягає в забезпеченні упору «Колеса зубчатого» 11 при його встановленні на вал. Значення діаметру розраховуємо за формулою:

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot t = 48 + 2 \cdot 2,5 = 53 \text{ мм},$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра.

Значення висоти буртику t , визнаються в залежності від діаметру суміжної з ним ступені d_4 . Для нашого випадку $t = 2,5$ мм.

Довжину п'ятої ступені призначаємо рівною 7 мм виходячи з умови максимально зменшити масу валу при збереженні його міцності при навантаженнях.

Визначаємо розміри шостої ступені валу. Службове призначення шостої ступені полягає в забезпеченні упору радіального однорядного

підшипника марки 308 ГОСТ 8338-75, що розташовано на сьомій ступені валу. Виходячи з цього значення діаметру шостої ступені знаходимо за формулою:

$$d_6 = d_5 - 2 \cdot t = 53 - 2 \cdot 2,5 = 48 \text{ мм},$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра.

Значення висоти буртику t , визначаються в залежності від діаметру суміжної з ним ступені d_5 . Для нашого випадку $t = 2,5$ мм.

Довжину шостої ступені призначаємо виходячи з конструктивних розмірів корпусу редуктору рівною 9 мм.

Зведені розміри ступенів валу приведені в табл. 1

Таблиця 1 – Зведені розміри ступенів валу

Розмір	Ступінь валу						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
d , мм	34	37	40	48	53	48	40
l мм	55	40	36	36	7	9	26

При формуванні технічних вимог до деталі «Вал тихохідний», що проектується слід визначитися з:

1. Граничними відхиленнями довжин циліндричної частини кінця валу згідно з ГОСТ 25346-89.

2. Допуск на радіальне биття циліндричних поверхонь валу відносно осі обертання валу вибирається з таблиці 5 ГОСТ 24643-81.

3. Шорсткість поверхонь валу:

– для торцевих поверхонь під підшипники кочення, неробочих торців валів і втулок Ra 6,3;

– для посадочних поверхонь під підшипники та кришки по 9 квалітету, зубчасті колеса – по 6 квалітету Ra 0,8.

Посадки деталей, на валах приймають значення:

– для посадки для нерухомо закріплених деталей, зубчасті колеса, муфти, що з'єднуються з валом шпонкою Н7/к6;

– в підшипниках при високій частоті обертання і для блоків зубчастих коліс в верстатах застосовують посадки Н7/ к6, Н7/9.

Допуски круглості та профілю поздовжнього перерізу здійснюється за ГОСТ 24642-81. У випадку, що розглядається, для діаметрів в діапазоні 37...48 мм допуски круглості призначаємо 0,01 мм, а допуск співвісності 0,025...0,007 мм [17, с. 166, табл.97].

Допуски перпендикулярності торців валу в залежності від класу точності підшипників призначаємо 0,012 мм [17, с. 167, табл.99].

У випадку, що розглядається, вал тихохідний обертається в підшипниках кочення, і в особливій твердості шийок нема потреби, тому призначаємо термічну обробку, а саме – поліпшення (загартовування з високим відпуском). Загартування в маслі призначаємо при температурі 850°С, високий відпуск при температурі 600°С. Після термічної обробки необхідна твердість поверхонь шийок валу тихохідного контролюємо в діапазоні 230...260 НВ.

Робочі кресленики деталі та заготовки виконаємо за допомогою САД системи шляхом автоматичної генерації кресленика з тривимірних моделей. При визначенні розмірів конструктивних елементів валу тихохідного використовувалися такі ГОСТи: шпонкові пазів – ГОСТ 23360-78 (DIN6885), центрові отвори – ГОСТ 14034-74 (ДСТУ ГОСТ 14034: 2008), фаски – ГОСТ 10948-64 [1, 2, 16].

2.3 Результати розробки тривимірної моделі деталі «Вал тихохідний» та кресленика головного виду деталі

Враховуючи швидкий розвиток комп'ютерних технологій в сучасному освітньому середовищі стає необхідним глибоке вивчення сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Це, насамперед, пов'язано з підвищенням об'єму розумової праці конструкторів, тобто, необхідністю

управління проектною документацією, дослідженням об'єктів і аналізом процесів, що відбуваються в них.

Сучасні САПР дозволяють вести комплексне проектування, починаючи з постановки завдання і закінчуючи отриманням кресленика та програм для верстатів з числовим програмним управлінням.

Сучасний ринок САПР пропонує широкий спектр програмних продуктів для вирішення великого кола завдань. Не дивлячись на відсутність чітко позначених меж, всі ці продукти можна класифікувати за рівнями:

Верхній рівень – багатофункціональна інтеграція системи з єдиною структурою даних і набором проблемно-орієнтованих додатків, а також вузькоспеціалізовані системи (ANSYS, CATIA, Eds/unigraphics, Pro/engineer, EUCLID, Inventor, NASTRAN, ADAMS, I-DEAS та ін.);

Середній рівень – представлений групою незалежних продуктів, що працюють на основі єдиної структури даних. Як правило, пакети цього класу випускаються промисловими партнерами розробника структури даних базової моделюючої системи (Mechanical Desktop, PRELUDE, Designspace, Dinamic Designer Motion, Moldflow, Solidworks і ін.).

Нижній рівень – сукупність програм, орієнтованих на оформлення конструкторської і технологічної документації. Ці програми, як правило, не пов'язані єдиною структурою даних. Проте програми цього рівня істотно підвищують темпи і якість конструкторсько-технологічної документації (AUTOCAD, T-flex, КОМПАС і ін.).

Метою виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи є оволодіння за допомогою САД систем практичними навичками виконання 3D-моделей деталей і оформлювати результатів розрахунків і конструювання у виді робочих креслеників. Для досягнення поставленої мети скористуємося для проектування тривимірних моделей деталі та заготовки системою КОМПАС-3D.

Деталь Вал тихохідний, представляє собою, за винятком шпонкових пазів, тіло обертання. Найпростіший спосіб побудови тривимірної моделі

таких деталей в КОМПАС-3D є побудова ескізу половини поздовжнього перетину валу з наступним застосуванням операції обертання (рис. 6, 7).

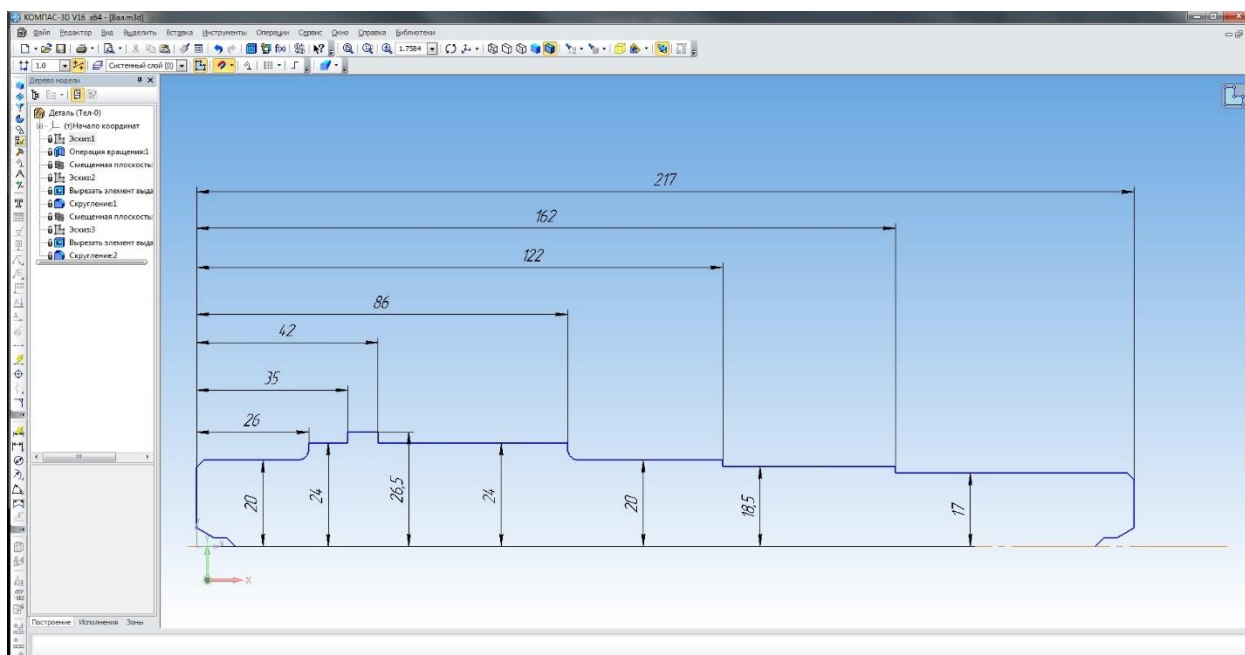


Рис. 6 – Ескіз 1 деталі «Вал тихохідний» з розмірами для операції обертання

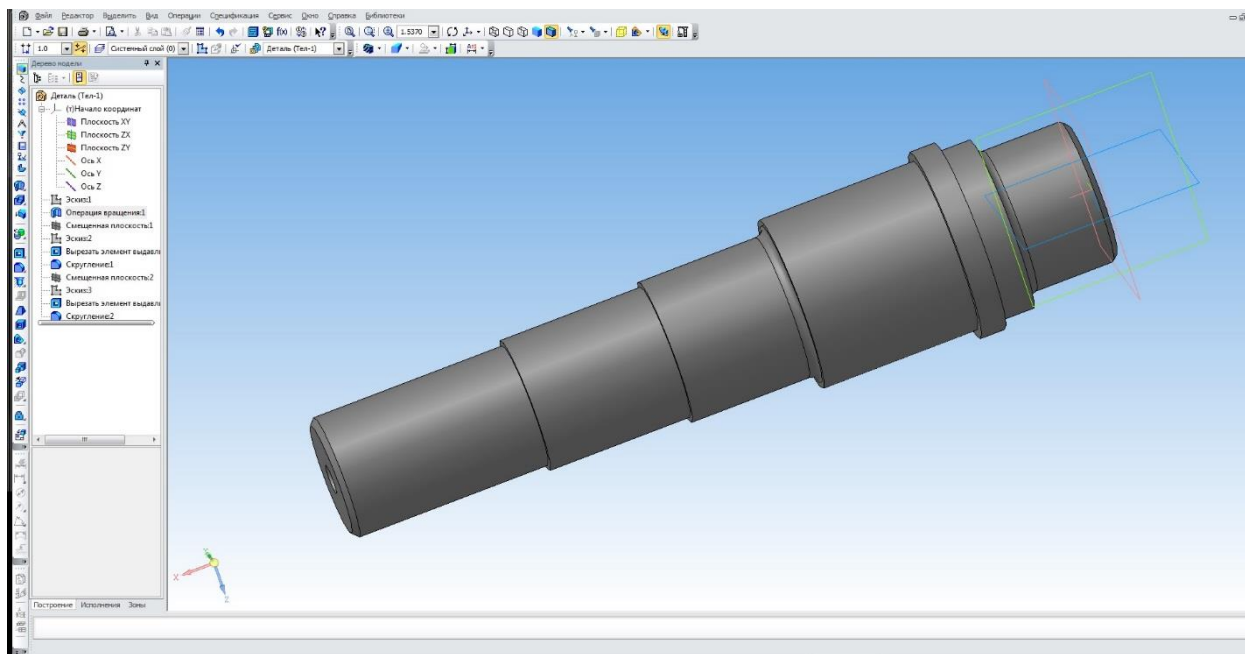


Рис. 7 – Зображення результату побудови твердотільної моделі деталі «Вал тихохідний» за допомогою ескізу та команди «Операція обертання»

Для побудови на поверхнях шийок твердотільної моделі деталі шпонкових паза були створені опорні площини. Згідно з спроектованою конструкцією деталі «Вал тихохідний» на поверхнях шийок валу діаметром 48 мм та 34 мм були побудовані закриті призматичні шпонкові пази $14 \times 5,5 \times 36$ мм та $10 \times 5 \times 50$ мм співвідносно. Для цього за допомогою команди «Зміщена площина» в меню «Допоміжна геометрія» створюємо дві зміщенні площини на відстані 18,5 та 12 мм (рис. 8). Побудовані площини мають бути паралельними до горизонтальної площини деталі XY.

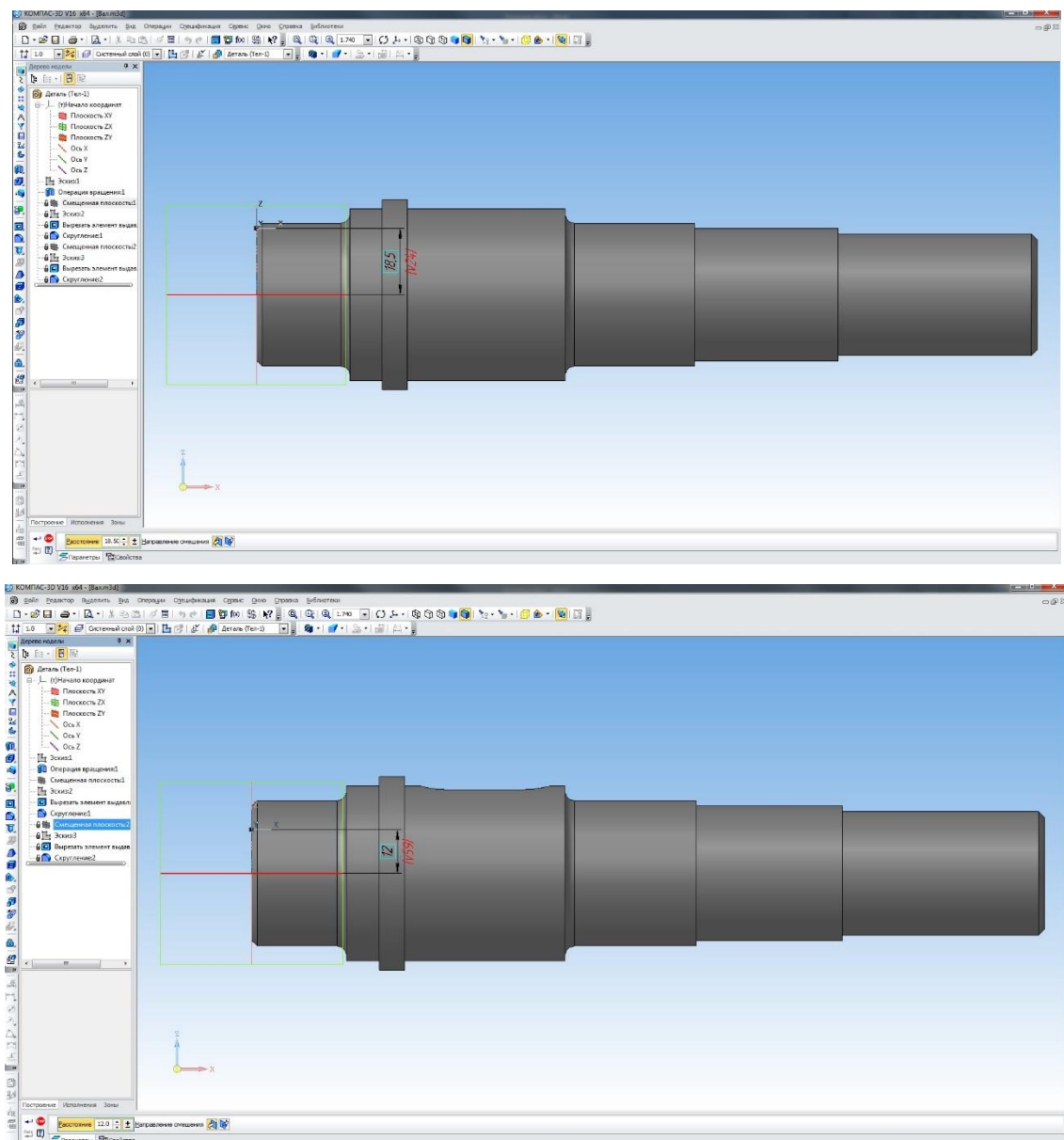


Рис. 8 – Зображення результату побудови опорних площин на відстані 18,5 та 12 мм від осі деталі

Побудову ескізів шпонкових пазів виконували на створених зміщених допоміжних площинах, для цього вони попередньо були вибрані в дереві моделі. Ескізи шпонкових пазів з вказанням їх розмірів зображено на рис. 9.

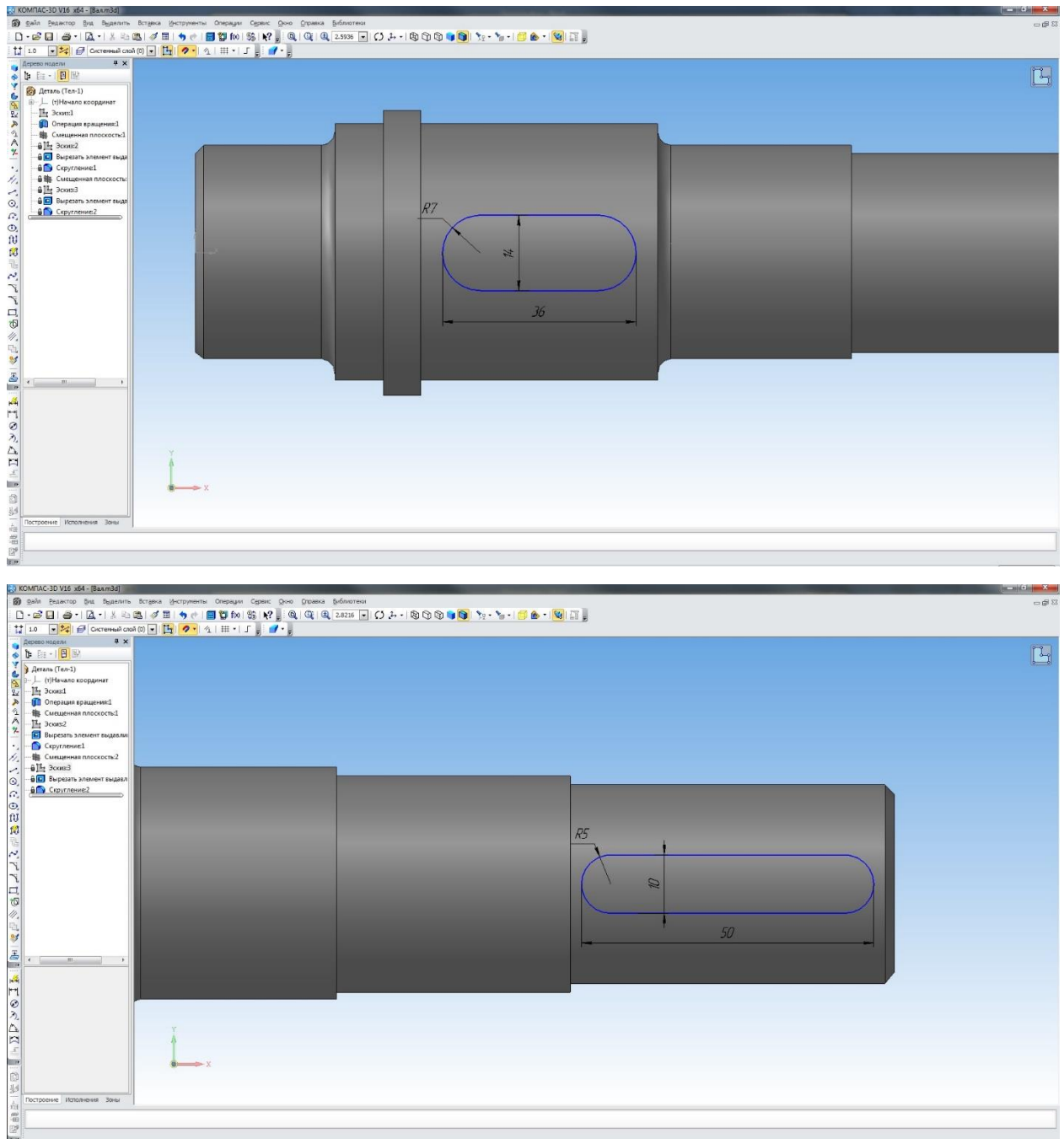


Рис. 9 – Ескіз шпонкових пазів деталі «Вал тихохідний» з розмірами для операції «Вирізати видавлюванням»

За допомогою побудованих ескізів 2 і 3 та операції «Вирізати видавллюванням» було послідовно побудовано обидва шпонкових пази. Для цього кожен з ескізів вибирався в дереві моделі, а потім задавалися параметри операції «Вирізати видавллюванням»: напрямлення вирізання – зворотне, відстань – 10 мм (рис. 10).

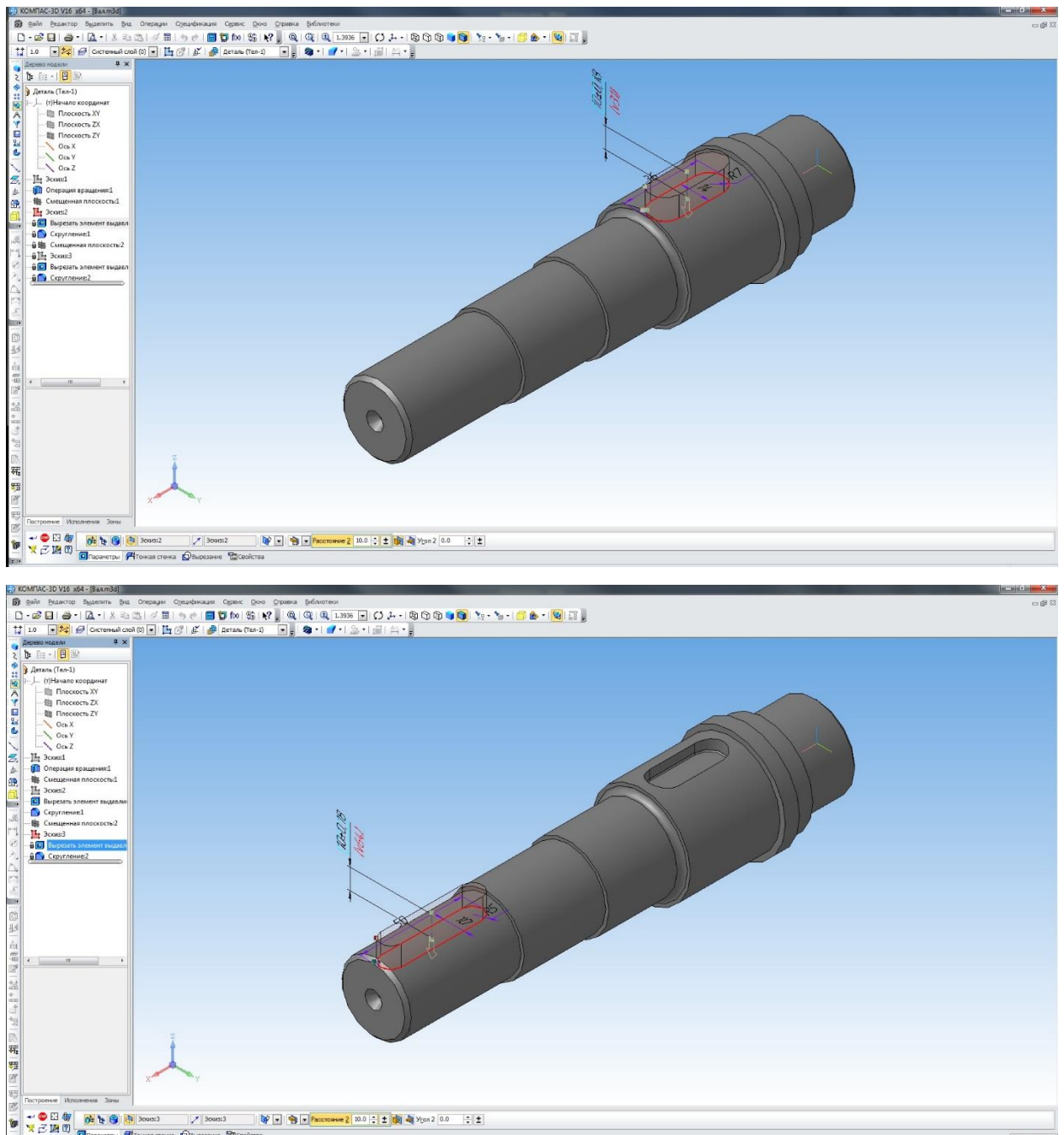


Рис. 10 – Зображення результату побудови шпонкових пазів за допомогою ескізу та команди «Вирізати видавллюванням»

В результаті було побудовано тривимірну твердотільну модель деталі «Вал тихохідний», представлену на рис. 11.



Рис. 11 – Зображення тривимірної твердотільної моделі деталі «Вал тихохідний»

За допомогою побудованої 3D-моделі та команди «Новий кресленик з моделі» (меню «Редагування деталі») був згенерований робочий кресленик головного виду деталі. Для цього при побудові обираємо масштаб головного виду 1:1, орієнтацію головного виду «Попереду». Після цього на головний вид деталі «Вал тихохідний» було нанесено всіх розміри, відхилення та технічні вимоги, що пред'являються до неї (рис. 12).

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ТИХОХІДНИЙ»

У технологічній частині пояснювальної записки випускної кваліфікаційної роботи бакалавра відображається розроблений технологічний процес виготовлення деталі відповідно теми бакалаврської роботи. Рекомендуються наступна послідовність розв'язання задач:

- призначення машини, вузла, деталі, визначення класу деталі;
- відпрацювання конструкції валу на технологічність;
- хімічний склад та фізичні характеристики матеріалу деталі;
- розрахунок маси деталі;
- визначення типу виробництва;
- розрахунок необхідного числа обробок поверхонь;
- особливості вибору та обґрунтування методів обробки.

Значну увагу приділено визначенню правильної товщини припусків на обробку, що є відповідальною техніко-економічною задачею.

Призначення занадто великих припусків призводить до втрати матеріалу, що перетворюється в стружку; до збільшення пружної деформації технологічної системи верстат – пристосування – інструмент – заготовка внаслідок збільшення сили різання, а значить і до зменшення точності і збільшення трудомісткості механічної обробки.

Призначення недостатньо великих припусків не забезпечує видалення дефектних шарів матеріалу та досягнення необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, а також потребує підвищення вимог до точності заготовок, що призводить до їх удорожчання.

Досягнення заданої точності та якості поверхні деталі є основною задачею технологічного процесу механічної обробки деталі.

Завдання

Розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал тихохідний»:

- визначити тип виробництва;
- обрати тип заготовки, метод її отримання та розрахувати основні розміри заготовки з виконанням робочого кресленника;
- розробити маршрутний технологічний процес обробки деталі;
- виконати розрахунок режимів різання аналітичним (один розмір) та табличним методом.

Вхідні дані для проектування:

- робочий кресленник деталі (рис. 12).
- матеріал деталі – Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015.
- програма випуску деталей $N = 150000$ шт./рік.

3.1 Опис службового призначення деталі, аналіз кресленника та технічних умов на її виготовлення

Службове призначення деталі Вал тихохідний – передача крутного моменту, базування і координація положення зубчастих коліс двоступеневого циліндричного редуктору.

В якості заготовки використовуємо штамповку (наприклад, штамповка на КГШП).

Деталь, що розглядається, являє собою вихідний тихохідний вал двоступеневого циліндричного редуктору. На першій ступені валу $\varnothing 34n6$ розташовано шпонковий паз для установки на ного призматичних шпонок та закріплення на валу муфти. На четвертій ступені валу $\varnothing 48k6$ розташовано призматичний шпонковий паз для установки на ного циліндричного зубчастого колеса для передачі крутного моменту з проміжного (другого) валу на третій тихохідний вихідний вал редуктору. На обох торцях валу є центрові отвори що виконано за ГОСТ 14034-74. В технічних вимогах кресленника

вказано, що поверхні шийок валу підлягають термічній обробці, а саме – поліпшенню (загартування з високим відпуском). Загартування в маслі виконується при температурі 850°C, високий відпуск у маслі – при температурі 600°C. Після термічної обробки необхідна твердість поверхонь шийок валу тихохідного контролюється в діапазоні 230...260 НВ.

При виготовленні деталей «Вал тихохідний» необхідно витримати допуски форми та взаємного розташування поверхонь круглості та профілю поздовжнього перерізу здійснюється за ГОСТ 24642-81. У випадку, що розглядається, для діаметрів в діапазоні 37...48 мм допуски круглості призначаємо 0,01 мм, а допуск співвісності 0,025...0,007 мм [17, с. 166, табл.97]. Допуски перпендикулярності торців валу в залежності від класу точності підшипників призначаємо 0,012 мм [17, с. 167, табл.99].

Шорсткість поверхонь валу: для торцевих поверхонь під підшипники кочення, неробочих торців валів і втулок Ra 6,3; для посадочних поверхонь під підшипники та кришки по 9 квалітету, зубчасті колеса – по 6 квалітету Ra 0,8.

Згідно кресленника деталь «Вал тихохідний» виготовлено з конструкційної легованої сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Вихідна твердість сталі HV 217. Група металу – М 2 (ГОСТ 7505-89).

Механічні властивості сталі 40Х, МПа				
σ_B	σ_T	δ	τ_s (%)	ψ (%)
980	780	10	10	45

Хімічний склад сталі 40Х, МПа							
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,3	До 0,035	До 0,035	0,8-1,1	До 0,3

3.2 Визначення маси деталі

Масу деталі визначаємо згідно формули:

$$m_d = \rho \cdot \sum_{i=1}^m \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i - m_{\text{вид}},$$

де ρ – щільність матеріалу (для сталі $\rho = 7,8$ кг/дм³); d_i – діаметр i -го елемента валу, дм; l_i – довжина i -го елемента валу, дм; $m_{\text{вид}}$ – маса видаленого матеріалу деталі (шпонкові пази, канавки, фаски тощо).

Підставив значення діаметрів ступенів валу та їх довжину (для отримання маси деталі в кг, переведемо значення діаметрів та довжин у дм) отримуємо:

$$m_d = 7,8 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{0,34^2}{4} \cdot 0,55 + \frac{0,37^2}{4} \cdot 0,40 + \frac{0,40^2}{4} \cdot 0,36 + \frac{0,48^2}{4} \cdot 0,44 + \frac{0,53^2}{4} \cdot 0,07 + \frac{0,48^2}{4} \cdot 0,09 + \frac{0,4^2}{4} \cdot 0,26 \right) - 7,8 \cdot (0,0028 + 0,000131) = 2,188 \text{ кг}$$

Тут загальна площа шпонкових пазів становить $0,0028$ дм², а об'єм фасок $0,000131$ дм³. Перевірка маси деталі по тривимірній моделі, що виконано в КОМПАС-3D показала високу ступінь збіжності. Так маса деталі за тривимірною моделлю складає $2,173$ кг, а за результатами розрахунків $2,188$ кг, що всього на $0,7\%$ більше та не має суттєвої ваги при розрахунках, що проводяться. Для подальших розрахунків приймаємо масу деталі $M_d = 2,2$ кг.

3.3 Визначення типу виробництва

У зв'язку з відсутністю норм часу в базовому технологічному процесі і неможливістю визначення коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва попередньо визначаємо за річним випуском деталей та її масою.

З

Г

і У багатосерійному виробництві деталі виготовляють партіями. Розмір партії розраховуємо за формулою:

н

о

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{(150000 \cdot 6)}{256} = 3516$$

де a – кількість днів запасу деталей на складі (прийнято рівним 6); Φ – кількість робочих днів у році (прийнято рівним 256).

3.4. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання

В умовах багатосерійного виробництва заготовку деталі «Вал тихохідний» в варіанті, що проектується, доцільно отримувати штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП).

Цей метод забезпечує високу точність заготовок, мінімальні припуски і високу продуктивність.

Клас точності заготовок визначається згідно ГОСТ 7505-89. Для поковок, отриманих закритим штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі, обирається клас точності Т2.

Для розрахунків припусків і визначення граничних відхилень розмірів заготовки визначаємо індекс заготовки за ГОСТ 7505-89.

Розрахункова маса поковки:

$$M_p = M_o \cdot K_p = 2,2 \cdot 1,5 = 3,3$$

де M_o – маса деталі, кг (було розраховано в попередньому пункті);

K_p – коефіцієнт, що залежить від характеристики деталі, при виготовленні заготовки за типом «Вали, осі, цапфи, шатуни» з прямою віссю приймається $K_p = 1,3 \dots 1,6$ (Пр.3, табл. 20, с. 20 ГОСТ 7505-89).

Знайдемо габаритні розміри фігури (циліндру), яка описує поковку.

Діаметр фігури:

$$D_\phi = D_o \cdot 1,05 = 53 \cdot 1,05 = 55,65$$

Довжина фігури:

$$L_\phi = L_o \cdot 1,05 = 217 \cdot 1,05 = 227,85$$

де D_o – максимальний діаметр деталі за креслеником,

L_o – довжина деталі за креслеником.

Визначаємо масу фігури, яка описує поковку:

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,05565^2}{4} \cdot 0,22785 \cdot 7850 = 4,35$$

д

е Відношення розрахункової маси поковки до маси фігури:

$$C = \frac{M_p}{M_{\phi}} = \frac{3,3}{4,35} = 0,76.$$

–

щ *Тоді, згідно ГОСТ 7505-89 за хімічним складом матеріалу деталі грума*
італі – М2, ступінь складності заготовки – С1, точності заготовки – Т2,
Вихідний індекс поковки – І4.

ь

н **3.5. Особливості вибору та обґрунтування методів обробки поверхонь** і **деталей. Розробка маршрутного технологічного процесу**

с

т У технологічному процесі виготовлення деталі «Вал тихохідний», що
н проектується, маючи точність вихідної заготовки по ІТ16, передбачають
токарну чорнову обробку по всьому контуру валу, яка виконується на
б багаторізцевому токарному напівавтоматі до ІТ12. У даному випадку після
ч чорнової токарної обробки застосовують чистове точіння циліндричних
ф поверхонь на гідрокопіювальному верстаті з досягненням точності поверхонь
по ІТ10. Як варіант токарної обробки застосовують точіння на верстаті з ЧПК,
що дозволяє виконати порівняльний аналіз технологічної собівартості
застосування токарних верстатів різних груп. Попереднє (чорнове)
ш шліфування забезпечує досягнення точності поверхні по ІТ8. Для кінцевої
н обробки зовнішніх циліндричних поверхонь і досягнення необхідної точності
р ІТ6 застосовуємо чистове (тонке) шліфування.

Як приклад, наведемо види обробки поверхні $\varnothing 40k6$ (рис. 13).

д

о

р

і

в

н

ю



Рис. 13 – Етапи та види обробки поверхні $\varnothing 40k66$

Відповідно до кресленника деталі і річним обсягом випуску приймаємо наступний маршрут обробки (табл. 4).

У розробленому, маршрутному технологічному процесі, заготовкою є поковка, форма якої максимально наближена до форми деталі, що дозволяє прискорити та знизити витрати на обробку деталі. Більшість операцій ведеться на верстатах з ЧПК, що забезпечує найбільш високу продуктивність і точність оброблюваних поверхонь. При обробці даної деталі діє принцип сталості і суміщення баз, що так само забезпечує точність оброблюваних поверхонь. Застосовуються стандартні пристосування, і використовується високопродуктивний ріжучий інструмент.

3.6. Проектування карт технологічних наладок

У якості прикладу на рис. 14 наведено карту технологічної наладки для операції 055 – торцекруглошліфувальна полуавтоматна чистова. Інформація, яка подана на ній, є достатньою для виконання наладки обладнання.

Таблиця 4

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «Вал тихохідний»

№ операції	Найменування операції, її зміст	Модель	Робочий інструмент
005	Заготівельна	КГШП	
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 2. Центрувати торці одночасно з двох сторін	MP-73	Фреза торцева права ті ліва ГОСТ 24359-80 T5K10 Свердло центровальне BK8 ГОСТ 14952-75 (2шт)
015	Токарна багаторізева Чорнова обробка правого кінця валу	17A30	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6
020	Токарна багаторізева Чорнова обробка лівого кінця валу	17A30	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6
025	Токарна гідрокопіювальна Чистова обробка правого кінця валу	1722	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6 Різець канавковий T15K6
030	Токарна гідрокопіювальна Чистова обробка лівого кінця валу	1722	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6 Різець канавковий T15K6
035	Термічна. поліпшення до 230...260 HB	Установка СВЧ	
040	Виправлення центрових отворів	MP-73	Свердло центровальне BK8 ГОСТ 14952-75

Продовження табл. 4

№ операції	Найменування операції, її зміст	Модель	Робочий інструмент
045	Торцекруглошліфувальна полуавтоматна чистова Шліфувати шийки валу начерно	ЗТ161Е	Круг шліфувальний
050	Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз	6Р11Ф2	Фрези кінцеві Ø8
055	Торцекруглошліфувальна полуавтоматна чистова Шліфувати шийки валу начисто	ЗТ161Е	Круг шліфувальний
060	Слюсарна 1. Обпиляти задирки після попередніх операцій; 2. Очисти глухі отвори від стружки; 3. Клеймити номер	Слюсарний стіл, установка для маркування	Напилок Клеймо
065	Мийна	Мийна машина ММК 7.13.5/1	
070	Контрольна	Стіл ВТК	

4. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ТИХОХІДНИЙ»

4.1. Розрахунок припусків та операційних розмірів на механічну обробку на діаметральні розміри деталі

В якості прикладу розрахунку припусків на діаметральні розміри заготовки аналітичним методом виконаємо розрахунок проміжні мінімальних

Для розрахунку $2Z_{\min}$ знайдемо значення величини можливого викривлення поверхні деталі при її обробці:

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l = 3 \cdot 140 = 420 \text{ мкм} = 0,42$$

Де Δ_k – кривизна, тобто відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на l мм, що залежить від методу її отримання згідно табл. 3.12 [36] для діаметру поковки від 25 до 50 мм обираємо $\Delta_k = 3 \text{ мкм} / \text{мм}$;

$l = 140$ мм – відстань від оброблюваного перетину до найближчої опори (люнети) при її обробці.

Знайдемо похибку центрування:

$$\Delta_{\text{Ц}} = 0,25 \cdot \delta_3 = 0,25 \cdot 1600 = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}.$$

Де δ_3 – допуск заготовки, для штамповки по IT16 з максимальним діаметром Поверхні від 30 до 50 мм приймаємо 1600 мкм;

Далі знайдемо сумарне відхилення розташування поверхонь (просторове відхилення) заготовки при обробці в центрах:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\text{Ц}}^2 + \Delta_{\text{ум}}^2} = \sqrt{0,42^2 + 0,4^2 + 0,6^2} = 0,83 \text{ мм}$$

Де $\Delta_{\text{ум}}$ – відхилення від співвісності елементів, що штампуються в різних половинах штампа, мкм (згідно з табл. 3.11 [36] для штамповок, що отримують на пресах масою більше 1,6 до 2,5 кг приймаємо $\Delta_{\text{ум}} = 600 \text{ мкм} = 0,6 \text{ мм}$).

Розрахуємо величини залишкових викривлень після переходів використовуючи K_y – коефіцієнт уточнення, значення якого приведені в

таблиці 3.13 [36], та Δ_{Σ} – сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки.

П

і П

с П

ї
$$\Delta_{\Sigma 3} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,03 \cdot 0,83 = 0,025 \text{ мм} = 25 \text{ мкм}$$

я П

я
$$\Delta_{\Sigma 3} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,02 \cdot 0,83 = 0,017 \text{ мм} = 17 \text{ мкм}$$

я Розрахуємо мінімальні припуски на всі операції технологічного процесу

знаючи $R_{z_{i-1}}$ – висоту мікронерівностей, отриманих на попередній операції,

h_{i-1} – глибину дефектного шару, отриманого на попередній операції (див.

табл. 3.10 [36]), та величини залишкових викривлень після переходів $\Delta_{\Sigma i}$.

Проміжні мінімальні припуски під чорнове точіння:

е
$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1}) = 2 \cdot (160 + 200 + 830) = 2 \cdot 1190 \text{ мкм} = 2380 \text{ мкм}.$$

Проміжні мінімальні припуски під чистове точіння:

о
$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (50 + 50 + 49) = 2 \cdot 149 \text{ мкм} = 298 \text{ мкм}.$$

Проміжні мінімальні припуски під чорнове шліфування:

ф
$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (25 + 25 + 33) = 2 \cdot 83 \text{ мкм} = 166 \text{ мкм}.$$

Проміжні мінімальні припуски під чистове шліфування:

н
$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (10 + 20 + 25) = 2 \cdot 55 \text{ мкм} = 110 \text{ мкм}.$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 5.

ф

ї

Таблиця 5 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на

я
$$\Delta_{\Sigma 1} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 0,83 = 0,049 \text{ мм} = 49 \text{ мкм}$$

я
$$\Delta_{\Sigma 2} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 0,83 = 0,033 \text{ мм} = 33 \text{ мкм}$$

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм			Припуск $2 \cdot z_{\min}$, мм	Квалітет	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		
	R_z	h	Δ_{Σ}				d_{\min}	d_{\max}	$d_{\text{сер}}$

н

я

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заготовка (поковка <i>h16</i>)	160	200	830	–	$\begin{matrix} +1,8 \\ -1,0 \end{matrix}$	2800	42,956	45,756	44,356
Чорнове точіння	50	50	49	2380	12	250	40,576	40,826	40,701
Чистове точіння	25	25	33	298	11	160	40,278	40,438	40,358
Чорнове шліфування	10	20	25	166	8	39	40,112	40,151	40,132
Чистове шліфування	–	–	–	110	6	16	40,002	40,018	40,01

Примітка: допуск на розмір заготовки (поковки) обираємо згідно її маси, розміру, групи сталі та ступеню складності за таблицями, що наведено в ГОСТ 7505-89. Для заготовки масою 3 кг розміром поковки з 40 до 63 мм з вихідним індексом поковки 14 та М2С1Т2 обираємо значення $\begin{matrix} +1,8 \\ -1,0 \end{matrix}$ мм. Для призначення інших допусків користуємося табл. 8 ГОСТ 7505-89.

Мінімальний та максимальні діаметри при обробці зовнішніх поверхонь заготовки розраховуємо за наступними формулами:

$$d_{\min \text{чорн.ш}} = d_{\min \text{дет.}} + 2 \cdot z_{\min \text{чист.ш}} = 40,002 + 0,110 = 40,112 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{чистт}} = d_{\min \text{чорнш}} + 2 \cdot z_{\min \text{чорнш}} = 40,112 + 0,166 = 40,278 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{чорнт}} = d_{\min \text{чистт}} + 2 \cdot z_{\min \text{чистт}} = 40,278 + 0,298 = 40,579 \text{ мм.}$$

$$d_{\min z} = d_{\min \text{чорнт}} + 2 \cdot z_{\min \text{чорнт}} = 40,576 + 2,38 = 42,956 \text{ мм.}$$

Далі знайдемо найбільші діаметри.

$$d_{\max z} = d_{\min z} + \delta_z = 42,956 + 2,8 = 45,756 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{тахчорнт}} = d_{\text{мінчорнт}} + \delta_{\text{чорнт}} = 40,576 + 0,25 = 40,826 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{тахчистт}} = d_{\text{мінчистт}} + \delta_{\text{чистт}} = 40,278 + 0,16 = 40,438 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{тахчорнти}} = 40,112 + 0,039 = 40,151 \text{ мм.}$$

Визначимо граничні значення припусків:

$$2 \cdot z_{\text{тах}}^{\text{np}} = d_{\text{тахчорнти}} - d_{\text{тахчистти}} = 40,151 - 40,018 = 0,133 \text{ мм} = 133 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{\text{мін}}^{\text{np}} = d_{\text{мінчорнти}} - d_{\text{мінчистти}} = 40,112 - 40,002 = 0,110 \text{ мм} = 110 \text{ мкм}$$

$$2 \cdot z_{\text{тах}}^{\text{np}} = d_{\text{тахчистт}} - d_{\text{тахчорнти}} = 40,438 - 40,151 = 0,287 \text{ мм} = 287 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{\text{мін}}^{\text{np}} = d_{\text{мінчистт}} - d_{\text{мінчорнти}} = 40,278 - 40,112 = 0,166 \text{ мм} = 166 \text{ мкм.}$$

$$2 \cdot z_{\text{тах}}^{\text{np}} = d_{\text{тахчорнт}} - d_{\text{тахчистт}} = 40,826 - 40,438 = 0,388 \text{ мм} = 388 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{\text{мін}}^{\text{np}} = d_{\text{мінчорнт}} - d_{\text{мінчистт}} = 40,576 - 40,278 = 0,298 \text{ мм} = 298 \text{ мкм.}$$

$$2 \cdot z_{\text{тахчорнт}}^{\text{np}} = d_{\text{тахз}} - d_{\text{тахчорнт}} = 45,756 - 40,826 = 4,93 \text{ мм} = 4930 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{\text{мінчорнт}}^{\text{np}} = d_{\text{мінз}} - d_{\text{мінчорнт}} = 42,956 - 40,576 = 2,38 \text{ мм} = 2380 \text{ мкм.}$$

$$2 \cdot z_{o \text{ max}} = 4930 + 388 + 287 + 133 = 5738 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{o \text{ min}} = 2380 + 298 + 166 + 110 = 2954 \text{ мкм.}$$

В

$$z_{o \text{ ном}} = z_{o \text{ min}} + EI_3 - \delta_{\text{д}} = 2954 + 2 - 16 = 2940 \text{ мкм} = 2,94 \text{ мм},$$

Визначаємо номінальний діаметр заготовки:

$$d_{z \text{ ном}} = d_{d \text{ ном}} + z_{o \text{ ном}} = 40 + 2,94 = 42,94 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунків:

$$z_{\text{тахчистти}}^{\text{np}} - z_{\text{мінчистти}}^{\text{np}} = 133 - 110 = 23 \text{ мкм}; \delta_{\text{чорни}} - \delta_{\text{чистти}} = 39 - 16 = 23 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{тахчорни}}^{\text{np}} - z_{\text{мінчорни}}^{\text{np}} = 287 - 166 = 121 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 160 - 39 = 121 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{тахчисттт}}^{\text{np}} - z_{\text{мінчисттт}}^{\text{np}} = 388 - 298 = 90 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 250 - 160 = 90 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{тахчорнт}}^{\text{np}} - z_{\text{мінчорнт}}^{\text{np}} = 4930 - 2380 = 2550 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_{\text{чорнт}} = 2800 - 250 = 2550 \text{ мкм}.$$

Значення збігаються, отже розрахунки припусків виконані вірно.

4.2. Розрахунок припусків та операційних розмірів на механічну обробку на лінійні розміри деталі

Розрахуємо припуски на обробку поверхні $26h12_{(-0,21)}$.

Заготовку виробу одержуємо штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні складається з токарної чорнової операції.

Випишуємо значення R_z і h для операцій (див. табл. 3.9, 3.10 [36]):

– для заготовки: $R_z = 160 \text{ мкм}$, $h = 200 \text{ мкм}$;

– для токарної чорнової операції: $R_z = 50 \text{ мкм}$, $h = 50 \text{ мкм}$.

Розраховуємо просторове відхилення:

– для заготовки:

$$\Delta_3 = \Delta_k \cdot L = 3 \cdot 26 = 78 \text{ мкм.}$$

де Δ_k – кривизна, тобто відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання згідно табл. 3.12 [36] приймаємо

$\Delta_k = 3 \text{ мкм} / \text{мм}$; L – номінальний розмір деталі, мм

Розрахуємо залишкове просторове відхилення після чорнового підрізання торцю:

$$\Delta_{\Sigma \text{ зал}} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 78 = 4,68 \text{ мкм.}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, значення якого приведені в табл. 3.13 [36]. Для чорнового точіння $K_y = 0,06$.

Розрахуємо припуски на чорнове підрізання торцю:

$$z_{min} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma} = 160 + 200 + 830 = 1190$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 6.

Таблиця 6 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні $26h12_{(-0,21)}$

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм			Припуск z_{min} , мм	Квалітет	Допуск, δ , мкм	Граничні розміри, мм		
	R_z	h	Δ_{Σ}				l_{min}	l_{max}	$l_{сер}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заготовка ($h16$)	160	200	78	–	+1,8 –1,0	2800	26,98	29,78	28,38
Чорнове підрізання торцю	50	50	4,68	1190	12	210	25,79	26	25,895

Г

р

а

ф

$$l_{min\text{чорн}} = 26 - 0,21 = 25,79 \text{ мм},$$

У, для заготовки:

$$l_{min\text{з}} = l_{min\text{чорн}} + z_{min\text{чорн}} = 25,79 + 1,19 = 26,98 \approx 27 \text{ мм}.$$

«

Г Граничний лінійний розмір (l_{max}) обчислюємо додаванням допуску до округленого найменшому граничного розміру. Розрахуємо найбільші лінійні розміри. При операції чорнового підрізання торцю:

н

$$l_{max\text{чорн}} = 25,79 + 0,21 = 26 \text{ мм}.$$

и

Для заготовки: $l_{max\text{з}} = l_{max\text{чорн}} + \delta_3 = 26,98 + 2,8 = 29,78 \text{ мм}.$

ч

Розрахуємо граничні значення припусків під чорнове підрізання торців:

н

и

й

$$z_{max}^{np} = l_{max з} - l_{max чорни} = 29,78 - 26 = 3,78 \text{ мм} = 3780 \text{ мкм};$$

$$z_{min}^{np} = l_{min з} - l_{min чорни} = 26,98 - 25,79 = 1,19 \text{ мм} = 1190 \text{ мкм}.$$

В

И

$$z_{o max} = z_{max}^{np} = 2800 \text{ мкм};$$

З

$$z_{o min} = z_{min}^{np} = 1190 \text{ мкм}.$$

Н

Знайдемо загальний номінальний припуск:

а

$$z_{o ном} = z_{o min} + EI_3 - \delta_0 = 1190 + 1000 - 210 = 1980 \text{ мкм} = 1,98 \text{ мм}.$$

ч

Знайдемо номінальний розмір заготовки:

а

$$l_{з ном} = l_{д ном} + z_{o ном} = 26 + 1,98 = 27,98 \approx 28 \text{ мм}.$$

є

Виконаємо перевірку правильності розрахунків:

м

о

$$z_{max чорни}^{np} - z_{min чорни}^{np} = 3780 - 1190 = 2590 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 2800 - 210 = 2590 \text{ мкм}.$$

Значення збігаються, отже розрахунки припусків виконані вірно.

з

На інші поверхні припуски призначаємо по табл. 3 ГОСТ 7505-89. Граничні відхилення на розміри заготовки (поковки) обираємо згідно її маси, розміру, групи сталі та ступеню складності за таблицями, що наведено в табл. 4 поковки – 14. Результати зводимо в таблицю 7.

л

При виконанні кресленика заготовки враховуємо, що за табл. 7 ГОСТ 7505-89 мінімальна величина радіусів заокруглень зовнішніх кутів поковок в залежності від глибини порожнини струмка штампа призначається 3 мм. Штампувальні ухили на зовнішні поверхні пакування призначаємо за табл. 18 ГОСТ 7505-89 рівними 7°. Приклад кресленика заготовки деталі «Вал

р

и

Н

я

ю

я

ю

я

я

я

Таблиця 7 – Припуск і допуски на оброблювані поверхні валу

Розмір деталі	Припуск		Граничні відхилення
	табличний	розрахунковий	
\varnothing	–	2·3	(+1,8;–1,0)
26h12(_{-0,21})	–	2	(+1,6;–0,9)
$\varnothing 53 h12$	2·2,3	–	(+1,8;–1,0)
86h12	2,5	–	(+1,8;–1,0)
217h12	2·3	–	(+2,4;–1,2)

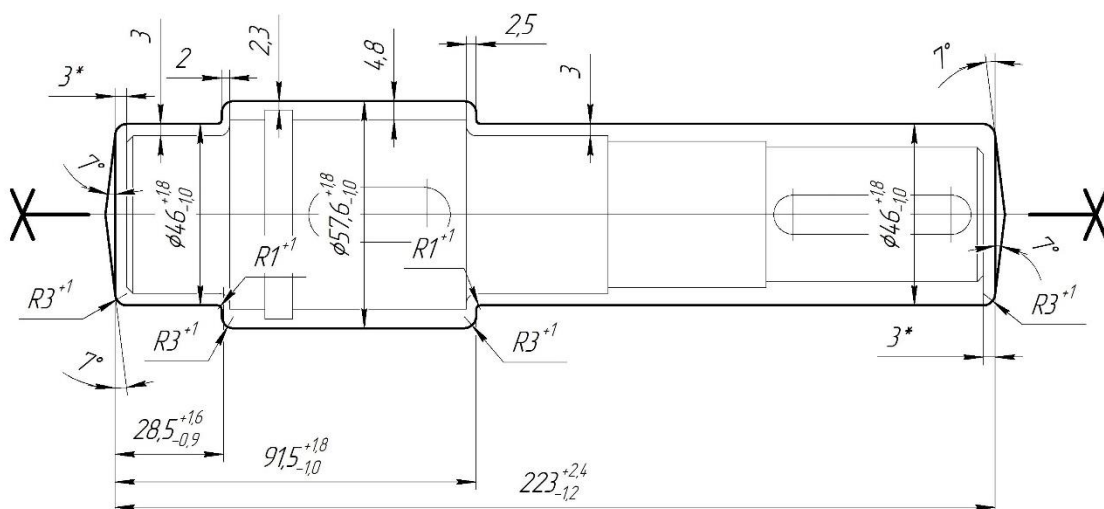


Рис. 14. Ескіз кресленика заготовки деталі «Вал тихохідний»

5. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

В кваліфікаційній бакалаврській роботі режими різання розраховуються аналітичним методом (за емпіричними формулами теорії різання) для 1-ї операції [2].

Для інших операцій режими різання призначаються за нормативами з урахуванням поправочних коефіцієнтів [8]. Режими різання розраховують для кожного з переходів операції.

Подачу при чорновому зовнішньому точінні різцями з пластинами з твердого сплаву вибирають з табл. 5.1, а при чистовому точінні – з табл. 8.

При обробці пазів, канавок та фасок подачу вибирають з табл. 9

Таблиця 8 – Подача при чорновому точінні

Діаметр деталі, мм	Подача S , мм/об при глибині різання t , мм	
	До 3	Більше 3 до 5
До 20	0,3 – 0,4	–
Більше 20 до 40	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4
Більше 40 до 60	0,5 – 0,9	0,4 – 0,8
Більше 60 до 100	0,6 – 1,2	0,5 – 1,1
Більше 100 до 400	0,8 – 1,3	0,7 – 1,2

Швидкість різання V , м/хв, у випадку, якщо встановлена подача $S \leq 0,3$ мм/об, розраховують за формулою:

$$V = \frac{420}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,2}} \cdot K_v,$$

де T – стійкість різця (встановлюється в інтервалі 30 – 60 хвилин; t – глибина різання, мм; S – подача, мм/об.

Таблиця 9 – Подача при чистовому точінні

Шорсткість поверхні	Подача S , мм/об при радіусі при вершині різця, мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
Ra 0,63	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
Ra 1,25	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
Ra 2,5	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
Rz 20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
Rz 40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
Rz 80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблиця 10 – Подачі при обробці пазів

Діаметр обробки, мм	Ширина паза, мм	Подача S , мм/об
До 20	3	0,06 – 0,08
Більше 20 до 40	3 – 4	0,1 – 0,12
Більше 40 до 60	4 – 5	0,13 – 0,16
Більше 60 до 100	5 – 8	0,16 – 0,23
Більше 100 до 150	6 – 10	0,18 – 0,26
Більше 150	10 – 15	0,28 – 0,36

Швидкість різання V , м/хв, у випадку, якщо встановлена подача S знаходиться в інтервалі $0,3 - 0,7$ мм/об, розраховують за формулою:

$$V = \frac{350}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} \cdot K_v,$$

а якщо встановлена подача перевищує $0,7$ мм/об, то – за формулою:

$$V = \frac{340}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,45}} \cdot K_v,$$

При прорізанні канавок, пазів та обробці фасок швидкість різання розраховують за формулою:

$$V = \frac{47}{T^{0,18} S^{0,8}} \cdot K_v,$$

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання встановлюють за таблицею 11.

Таблиця 11 – Значення поправочного коефіцієнта на швидкість різання
($K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\phi v}$)

$K_{Mv} = \frac{750}{\sigma_B}$,	Обробка конструкційних сталей твердосплавними різцями	
K_{nv}	1,0	Поверхня заготовки без корки (чистове точіння, точіння фасок та канавок)
	0,9	Прокат з коркою
	0,8	Поковка з коркою (чорнове точіння)
K_{iv}	0,35	T5K12B+ TiN
	0,65	T5K10+ TiN (чорнове точіння, точіння фасок та канавок)
	0,8	T14K8+ TiN
	1,0	T15K6+ TiN (чистове точіння)

Примітка: K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на швидкість різання; K_{nv} – коефіцієнт, що відображає вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання; K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив якості матеріалу інструмента на швидкість різання.

Розрахуємо режими різання аналітичним методом для 020 операції технологічного процесу – «Токарна багаторіздева».

Операція виконується на верстаті моделі 17A30. Інструменти – різці прохідні з платинами з твердого сплаву T15K6.

Зміст операції:

– чорнове точіння поверхонь $\varnothing 46$ (+1,8;–1,0);

–

– підрізка торця розміром 223 (+2,4;–1,2);

ч – підрізка торця розміром 91,5 (+1,8;–1,0);

о – підрізка торця розміром 28,5 (+1,6;–0,9).

р

н

о

Режими різання для операції «Токарна багаторізева» розраховуємо для

н

а

й

Знайдемо швидкість різання за формулою:

б

$$V = \frac{350}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot 0,35} \cdot K_v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,41 = 89,5$$

де T – значення стійкості різця обираємо рівним 30 хв; t – глибина різання

На операції чорнового точіння приймаємо 2 мм; K_v – поправочний коефіцієнт,

ь

згідно табл. 2.19 [36] визначається, як: $K_v = \frac{750}{950} \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,41$.

о

Д

л

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 89,5}{3,14 \cdot 59,4} = 479,9 \text{ хв}^{-1}.$$

я

Приймаються за паспортом верстата частоту обертання $n_{sp} = 450 \text{ хв}^{-1}$.

н

Знайдемо дійсну швидкість різання:

а

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{sp}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 59,4 \cdot 450}{1000} = 83,9 \text{ м/хв}.$$

й

м

Визначення режимів різання для всіх наступних операцій виконаємо

табличним методом за допомогою довідникової літератури, результати зведемо

в табл. 12.

у

ш

о

а

о

с

д

м

а

м

е

5

р

и

Таблиця 12 – Карта режимів різання технологічного процесу обробки деталі «Вал тихохідний»

№ операції	Перехід	$l_{різ}$, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n_p , об/хв	$n_{вер}$, об/хв
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці в розмір 217h12	47,8	1,5; 1,5	0,2	125,5	500	500
	2. Центрувати торці одночасно з двох сторін А4 ГОСТ 14034-74	4	2	0,25	25	240	240
015	Токарна багаторіздева чорнова обробка правого кінця валу з витримкою розмірів: Ø36 Ø38 Ø41,4 Ø49,4 131,5	58 4,1	2; 1,5; 1; 0,5 2; 1,5; 0,5 1,8; 0,5 2; 1,6; 0,5 1; 0,5	0,5	83,9	479,9	450
020	Токарна багаторіздева чорнова обробка лівого кінця валу: Ø41,4 Ø48 Ø53 28,5	25,5 9,5 7 2,3	1; 0,8; 0,5 2; 1,3; 1; 0,5 1; 0,8; 0,5 1; 0,7; 0,5	0,5	83,9	479,9	450
025	Токарна гідрокопіювальна чистова обробка правого кінця валу Ø35 Ø Ø Ø Точити галтель R= 2,5 Точити фаску 2×45°		0,3; 0,2 0,5 0,3; 0,2 0,3; 0,2	0,5	99,3	1092,2	1000
030	Токарна гідрокопіювальна чистова обробка лівого кінця валу Ø Точити фаску 2×45°		0,3; 0,2	0,5	89,5	984,6	900
035	Термічна (поліпшення)						
040	Виправлення центрових отворів Центрувати торці одночасно з двох сторін А4 ГОСТ 14034-74	4	2	0,25	25	240	240

1	2	3	4	5	6	7	8	
045	Торцекруглошліфувальна полуавтоматна чистова Шліфувати шийки валу начерно <i>Ø34,8</i> <i>Ø40,2</i> <i>Ø48,2</i> <i>Ø40,2</i>			0,1 0,1 0,1 0,1	0,55	35	145	125
050	Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонкові пази <i>14P9</i> <i>10P9</i>			5,5 5	0,1	210	500	500
055	Торцекруглошліфувальна полуавтоматна чистова Шліфувати шийки валу начисто <i>Ø</i> <i>Ø40 k6</i> <i>Ø</i> <i>Ø40 k6</i>			0,1 0,1 0,1 0,1	0,55	35	157	150

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра в якості об'єкта дослідження розглядався тихохідний вал двоступінчастого понижуючого циліндричного редуктору.

В першому розділі кваліфікаційної бакалаврської роботи було розглянуто класифікацію найбільш поширених на теперішній час редукторів та розглянуто їх конструктивні особливості. Найбільшу увагу приділено конструкціям двоступінчастих циліндричних понижуючих редукторів.

У конструкторському розділі кваліфікаційної роботи бакалавра наведено основні відомості про конструкції, геометрії та основних функціональних елементах ступеневого тихохідного валу двоступінчастого редуктору. В якості найбільш типового зразка було прийнято конструкцію двохопорного валу, що монтується на підшипниках кочення.

На основі, наведеного у другому розділі завдання, проведено проектний розрахунок валу редуктору. Основою проектного розрахунку було визначення основних форм і розмірів валу на базі вихідних даних про навантаження та кінематичні характеристики редуктору. В процесі проектного розрахунку було визначено діаметральні та лінійні розміри основних ступенів валу.

Конструкція валу на рівні проектного розрахунку служить основою для побудови тривимірних моделей в середовищі систем автоматизованого проектування. В розділі також наведено докладну методику створення 3D моделі ступінчастого тихохідного валу в системі КОМПАС.

В технологічній частині бакалаврської роботи було проведено проектування технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал тихохідний». Було запропоновано використання засобів технологічного оснащення, що забезпечують продуктивність праці, якість деталей, зниження її собівартості й матеріалоємності.

В бакалаврській роботі були визначені: тип виробництва – за річним випуском деталі та її масою, він визначений як багатосерійне.

Заготовкою для деталі «Вал тихохідний» було обрано поковку, отриману штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі. Після розрахунку основних розмірів заготовки було виконано її робочий кресленик.

Розрахунок режимів різання було проведено аналітичним та табличним методами.

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було також приділено увагу розрахунку точності операцій, бо досягнення заданої точності та якості поверхні деталі є основною задачею технологічного процесу механічної обробки деталі. Від якості поверхневого шару деталі залежать її експлуатаційні характеристики.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
3. Горбацевич А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Высшэйш. шк., 1983. – 256 с.
4. Расчет экономической эффективности новой техники: справочник / К.М. Великанова и др. Ленинград: Машиностроение, 1990. – 512 с.
5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя. Москва: Издат. Стандартов, 1992. – 462 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 206 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Обработка на станках с ЧПУ. – М.: НИИМаш, 1978. – 56 с.
8. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Вища школа, 1991. 361 с.
9. Технология машиностроения / Егоров М.Е. и др. Москва: Высшая школа, 1976. – 534 с.
10. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Москва: Машиностроение, 1974. – 136 с.

11. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев и др. Москва: Машиностроение, 1986. – 480 с.
12. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. Москва: Высшая школа, 1969. – 480 с.
13. Допуски и посадки. Справочник / под ред. В.Д. Мягкова. Ленинград: Машиностроение, 1978. – 1032 с.
14. Маталин А.А. Технология машиностроения. Ленинград: 1985. 496с.
15. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы при сборе машин. Массовое и крупносерийное производства. Москва: Машиностроение, 1973. – 143 с.
16. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т1. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
17. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т2. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
18. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 24 с.
19. ГОСТ 12080-66. Концы валов цилиндрические. Основные размеры, допускаемые крутящие моменты. Москва: Изд-во стандартов, 1966. – 18 с.
20. ГОСТ 20889-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Основные технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 17 с.
21. ГОСТ 6636-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры. Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.
22. ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры. Москва: Изд-во стандартов, 1975. – 12 с.
23. Решетов Д.Н. Детали машин. Москва: Машиностроение, 1989. – 496 с.

24. Курсовое проектирование деталей машин: учебн. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С.А. Чернавский, и др. Москва: Машиностроение, 1988. – 416 с.

25. Киркач Н.Ф. Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие для вузов. Харьков, Основа, 1991. – 276 с.

26. Введение в Creo Parametric. *Интерактивная справка Creo Parametric* : веб-сайт. URL: http://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/russian/index.html#page/tutorials_pma/tutorials_overview.html#wwconnect_header (дата звернення: 28.04.2020).

27. Глухих В.Н. Расчет и проектирование валов на примере двухступенчатого зубчатого редуктора: Метод. указания по курсовому проектированию деталей машин для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 46 с.

28. Пижов І.М. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.

29. Дерібо О.В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Репінський С.В. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 114 с.

30. 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/.

31. Технология машиностроения : в 2 кн. / [Жуков Э. Л., Козарь И. И., Мурашкин С. Л. и др.]; под ред. С. Л. Мурашкина. М. : Высшая школа, 2003. – Кн. 1 : Основы технологии машиностроения – 2003. – 278 с.

32. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных специальностей вузов / [Якимов А. В., Царюк В. Н., Якимов А. А. и др.]; под ред. А. В. Якимова. – Одесса: Астропринт, 2001. – 608 с.

33. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий: ГОСТ 3.1109-82 – [Чинний від 1983-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.

34. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий: ГОСТ 14.004-83 – [Чинний від 1983-07-01]. – М. : Стандартиформ, 2005. – 8 с.

35. Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению документов на типовые и групповые технологические процессы (операции): ГОСТ 3.1121-84. – [Чинний від 1986-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 46 с.

36. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра (для здобувачів вищої освіти за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування») (Електронне видання) / укладачі О.С. Кріль, О.В. Романченко, Т.О. Шумакова, О.М. Логунов, О.В. Сергієнко, В.І. Соколов. – Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. 150 с.