

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НОВАКІВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 621.9

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПООПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА**

133 «Галузеве машинобудування»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Новаківський О.В.

Керівник роботи
Шелудченко Б.А.
кандидат технічних наук, професор

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Новаківський Олександр Васильович. Раціоналізація поопераційної технології виготовлення корпусу циліндричного редуктора. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

У результаті виконаної кваліфікаційної роботи були розглянуті ключові аспекти проектування та виготовлення корпусу циліндричного редуктора:

1. Конструкція корпусу редуктора розроблена з урахуванням експлуатаційних та технологічних вимог. Обрано раціональну форму, яка забезпечує жорсткість, точність посадкових місць та зручність складання. Визначені основні функціональні поверхні та технічні вимоги до них.

2. Проведено аналіз технологічності конструкції, який показав, що конструкція придатна до серійного виготовлення на сучасному обладнанні з мінімальними витратами на спеціальну оснастку. Враховано можливість установки деталі в одній базі для виконання кількох операцій.

3. Визначено типовий маршрут виготовлення корпусу, який включає механічну обробку, контроль і забезпечення точності основних поверхонь. Запропоновано послідовність операцій, що гарантує оптимальний рівень продуктивності та якості.

4. У технологічному розділі обґрунтовано вибір заготовки, якою є литий корпус, а також визначено оптимальні припуски на обробку для досягнення заданої точності. Метод отримання заготовки вибрано з урахуванням економічної доцільності.

5. Технологічний процес виготовлення передбачає застосування сучасних методів обробки, що відповідають вимогам до точності, шорсткості поверхонь і продуктивності. Обрано раціональні режими різання та технічно обґрунтоване обладнання.

6. У конструкторському розділі розроблено спеціальний пристрій для фрезерування основи корпусу редуктора. Пристрій забезпечує надійне кріплення заготовки, точне базування та підвищення продуктивності обробки, а також знижує похибки установки.

Ключові слова: корпус, виготовлення, раціоналізація, технологія, обробка.

ANNOTATION

Novakivskiy Oleksandr Vasylyovych. Rationalization of the post-operational technology of manufacturing a cylindrical gearbox housing. - Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for the first bachelor's degree in specialty 133 "Industrial Mechanical Engineering". - Polesie National University, Zhytomyr, 2025.

As a result of the completed qualification work, the key aspects of the design and manufacturing of a cylindrical gearbox housing were considered:

1. The design of the gearbox housing was developed taking into account operational and technological requirements. A rational form was chosen that ensures rigidity, accuracy of seating and ease of assembly. The main functional surfaces and technical requirements for them were determined.

2. An analysis of the design's manufacturability was carried out, which showed that the design is suitable for serial production on modern equipment with minimal costs for special tooling. The possibility of installing the part in one base for performing several operations has been taken into account.

3. A typical route for manufacturing the housing has been determined, which includes machining, control and ensuring the accuracy of the main surfaces. A sequence of operations has been proposed that guarantees the optimal level of productivity and quality.

4. The technological section justifies the choice of the workpiece, which is a cast housing, and also determines the optimal machining allowances to achieve the specified accuracy. The method of obtaining the workpiece has been chosen taking into account economic feasibility.

5. The technological manufacturing process involves the use of modern machining methods that meet the requirements for accuracy, surface roughness and productivity. Rational cutting modes and technically sound equipment have been selected.

6. A special device for milling the base of the gearbox housing has been developed in the design section. The device provides reliable fastening of the workpiece, accurate basing and increased processing productivity, and also reduces installation errors.

Keywords: housing, manufacturing, rationalization, technology, processing.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Призначення та конструктивні особливості корпусу циліндричного редуктора.....	5
1.2. Характеристика матеріалу СЧ15.....	7
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	8
1.4. Типовий маршрут виготовлення деталі.....	10
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	11
2.1. Вибір конструкції заготовки і спосіб її виготовлення з вибором припусків на обробку.....	11
2.2. Економічне обґрунтування вибраного методу отримання заготовки.....	13
2.3. Технологічний процес виготовлення деталі.....	14
2.4. Вибір технологічного обладнання, для здійснення технологічного процесу.....	18
2.5. Розрахунок режимів різання та нормування технологічного процесу виготовлення деталі.....	25
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	32
3.1. Проектування спеціального пристрою для фрезерування основи корпусу редуктора.....	32
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	38
ДОДАТКИ	39

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
<i>Розроб.</i>		<i>Новаківський О.В.</i>			<i>Раціоналізація поопераційної технології виготовлення корпусу циліндричного редуктора</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>	
<i>Перевір.</i>		<i>Шелудченко Б.А.</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>ПНУ, група ГМ-21+23ск</i>			
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Медведський О.В.</i>							

ВСТУП

Сучасні тенденції у машинобудуванні вимагають постійного вдосконалення технологічних процесів з метою підвищення продуктивності, зниження витрат та забезпечення високої якості виробів. Корпус циліндричного редуктора є важливою деталлю механічних передавальних пристроїв, що широко використовуються у різних галузях промисловості - від сільськогосподарського до транспортного машинобудування.

Раціоналізація поопераційної технології виготовлення такої деталі дозволяє оптимізувати обробку, скоротити тривалість виробничого циклу, підвищити точність та зменшити собівартість виготовлення. Удосконалення технологічних маршрутів, впровадження сучасного обладнання й інструменту, автоматизація окремих операцій - усе це формує високу актуальність дослідження.

Метою роботи є аналіз існуючої поопераційної технології виготовлення корпусу циліндричного редуктора та розробка раціоналізованого технологічного процесу, який забезпечує підвищення ефективності виробництва, зниження витрат і покращення якості готового виробу.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Проаналізувати конструктивні особливості корпусу циліндричного редуктора, вимоги до його точності, жорсткості та технологічності.
2. Оцінити існуючий технологічний маршрут виготовлення корпусу: склад операцій, обладнання, інструменти, режими обробки.
3. Розробити пропозиції з удосконалення технології виготовлення: скорочення кількості переходів, заміна інструменту, використання сучасного устаткування або ЧПК.
4. Оцінити ефективність запропонованих змін за техніко-економічними показниками - зниження собівартості, скорочення часу виготовлення, підвищення точності.

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Сформулювати рекомендації щодо впровадження удосконаленої технології у серійне виробництво.

6. Розробка конструкції спеціального пристрою для фрезерування.

Об'єм та структура кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, 3 розділів, загальних висновків, списку використаної літератури. Основний обсяг роботи викладений на 38 сторінках, включаючи 10 рисунків та 8 таблиць. Список використаної літератури нараховує 8 найменувань.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення та конструктивні особливості корпусу циліндричного редуктора

Корпус циліндричного редуктора (рис.1.1) є базовою несучою деталлю, яка виконує такі функції:

1. Забезпечує взаємне розташування всіх елементів редуктора - шестерень, валів, підшипників, ущільнень тощо.
2. Захищає внутрішні механізми від пилу, бруду, вологи та механічних пошкоджень.
3. Сприймає зовнішні та внутрішні навантаження, що виникають під час роботи (крутний момент, вібрації, тертя).
4. Служить ємністю для мастила, яке циркулює всередині редуктора.
5. Створює основу для монтажу редуктора до рами машини або агрегату.
6. Сприяє теплообміну, відводячи тепло, що виникає під час тертя зубчастих передач і підшипників.

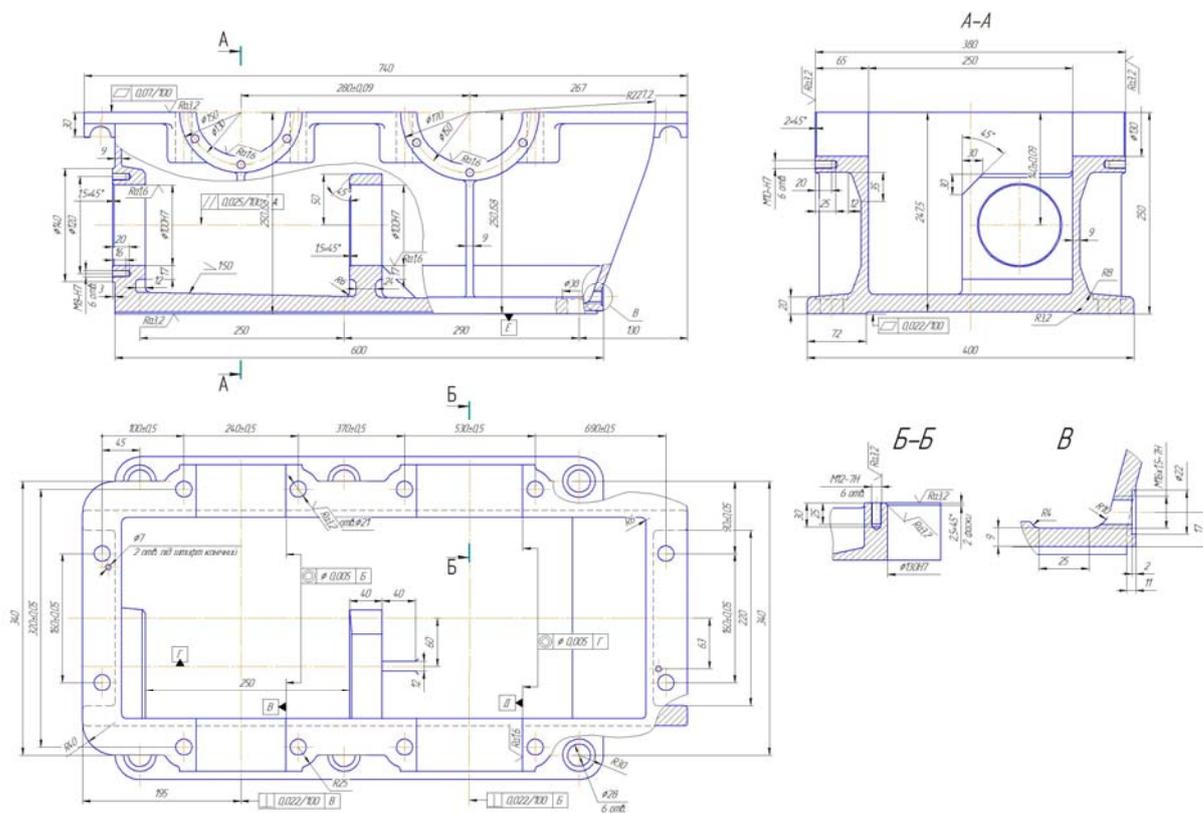


Рис.1.1. Корпус циліндричного редуктора

					Арк.
					5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Конструктивні особливості корпусу згідно з кресленням

1. Тип конструкції:

- Корпус литий, з роз'ємною конструкцією по горизонтальній площині - це забезпечує легкий доступ до механізму при складанні та обслуговуванні.
- Має нижню частину (основу), що зображена з вирізами та ребрами жорсткості.

2. Кріплення:

- Отвори під болти з різьбою M12-7H, глибина різьблення — 20 мм, отвори для центрування та фіксації положення.
- Присутні посадочні поверхні та центрувальні пояски під кришку.

3. Місця встановлення валів:

- Отвори під підшипники з посадкою H7, з точністю обробки 0.02/100 (висока точність для забезпечення співвісності).
- Отвори мають фаски та западини під ущільнення, включаючи маслорозподільні кільця та сальники.

4. Жорсткість конструкції:

- Присутні ребра жорсткості, які підвищують міцність корпусу без значного збільшення ваги.
- Внутрішні ребра з кутами $15^{\circ}45'$ виконані для зміцнення ділянок посадки підшипників.

5. Мастило та вентиляція:

- Передбачені технологічні отвори для зливу мастила, оглядові вікна або заливні отвори (на кресленні зазначено місце для монтажу маслорозподільного елемента).
- Площини з маркуванням R12, R8, R16 свідчать про округлення внутрішніх кутів для покращення циркуляції масла.

6. Технологічність виготовлення:

- Зазначено припуски на обробку (у вигляді ліній із символом обробки).
- Вказані допуски IT7, IT6 — точні посадки для точних деталей.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виготовлення за ДСТУ 8833:2019, що регламентує стандарти для литих корпусів редукторів.

1.2. Характеристика матеріалу СЧ15

СЧ15 (сірий чавун з межею міцності на розтяг 15 кгс/мм² або ~150 МПа) - це ливарний матеріал, який характеризується високою вібро- і шумоізоляцією, доброю оброблюваністю, високою здатністю до демпфування та відносною дешевизною у виробництві.

Цей чавун застосовується для виготовлення корпусів редукторів, станин, кришок, кристалей, шківів, маховиків тощо, де не потрібна висока міцність, але важлива стабільність розмірів та здатність гасити вібрації.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сірого чавуну СЧ15 (ДСТУ EN 1561)

Елемент	Вміст, % (типовий діапазон)
C (Вуглець)	3.1 – 3.7
Si (Кремній)	1.2 – 2.3
Mn (Марганець)	0.5 – 0.8
P (Фосфор)	≤ 0.15
S (Сірка)	≤ 0.12
Fe (Залізо)	Основа (баланс)

Таблиця 1.2. Механічні властивості СЧ15

(для стандартних зразків при кімнатній температурі)

Властивість	Значення
Межа міцності на розтяг (σ_B)	≥ 150 МПа
Межа текучості ($\sigma_{0.2}$)	Не нормується
Модуль пружності (E)	~80–110 ГПа
Твердість (НВ по Брінеллю)	131–170 НВ
Відносне подовження (δ)	Не нормується (≈ 0–1%)
Ударна в'язкість (КСУ)	Низька (~2–4 Дж/см ²)
Густина (ρ)	~7.1 г/см ³
Температура плавлення	1150–1250 °C

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

1. Загальна характеристика деталі:

- Назва: Корпус циліндричного редуктора.
- Матеріал: СЧ15 (сірий чавун).
- Виробництво: Лиття з наступною механічною обробкою.
- Габарити: $\sim 820 \times 350 \times 250$ мм (за кресленням).
- Маса (орієнтовно): до 65 кг.

2. Технологічний аналіз конструкції:

2.1. Ливарна технологічність

Переваги:

- Чітка симетрія по осі \rightarrow спрощує виготовлення моделі.
- Плавні внутрішні та зовнішні контури \rightarrow полегшують витягання з форми.
- Наявність нахилів ($2-3^\circ$) на вертикальних поверхнях - важливо для вилучення з форми.
- Закруглення на внутрішніх кутах (наприклад, R12, R16) - зменшує напругу в литті.

Можливі ускладнення:

- Товсті стінки у деяких місцях \rightarrow ризик утворення внутрішніх дефектів (усадка, тріщини).
- Потрібна ядрова форма (наявність внутрішніх порожнин).

2.2. Механічна обробка

Переваги:

- Оброблювані поверхні добре доступні з відкритих площин.
- Площини та отвори розташовані зручно для закріплення на фрезерних/токарних/координатно-розточувальних верстатах.
- Різьбові отвори стандартні — M12, M16.

Ускладнення:

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Велика кількість площин із жорсткими допусками (IT7–IT8, напр. Ø170H7) → потребують точного обладнання.
- Потрібне базування по отвору Ø170H7, що вимагає попередньої обробки баз.
- Глибокі отвори з різьбленням → можливість утрудненого доступу інструменту.

3. Допуски та шорсткість:

- Високоточні допуски: Наприклад, Ø170 H7 — потрібна чистова розточка.
- Шорсткість: Ra 0.8–3.2 на оброблених поверхнях → передбачає кілька переходів (чорнова, напівчистова, чистова).

4. Збірка та експлуатація:

- Підшипникові гнізда мають стандартні розміри та допуски → легка сумісність.
- Наявність монтажних отворів та ребер жорсткості → підвищує міцність конструкції.
- Вертикальне розташування площин полегшує установку у корпус.

5. Рекомендації з удосконалення:

Проблема	Пропозиція
Ускладнення при формуванні ядра	Можна спростити внутрішню порожнину зменшенням кількості перегородок
Товсті стінки у деяких зонах	Варто зменшити або прорізати ребра для зниження маси
Глибокі отвори з різьбленням	Використати вставки або змінити конфігурацію на глухі отвори меншої глибини

Висновки

- Конструкція загалом технологічна, добре пристосована до лиття та механічної обробки.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Матеріал (СЧ15) дозволяє досягти достатньої жорсткості та амортизації.
- Є незначні зони для покращення: зменшення маси, спрощення ядрової системи, покращення оброблюваності глибоких отворів.
- Можлива серійна або масова обробка за умови правильного технологічного маршруту.

1.4. Типовий маршрут виготовлення деталі

1. Заготівельна операція

Чавунні корпуси отримують литтям в піщані форми.

2. Фрезерна операція

Знімання залишків ливникової системи, фрезерування основних площин.

3. Свердлильна операція

Свердління отворів, що будуть використовуватися як бази.

4. Розточна операція

Обробка основних отворів начорно, начисто. Для витримування міжосьових відстаней рекомендується обробляти отвори з однієї установки на пристрої.

5. Горизонтально-розточна (свердлильна) з ЧПК операція.

Обробка інших отворів на бокових поверхнях з нарізанням різі.

6. Промивка.

7. Контроль.

8. Фарбування.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір конструкції заготовки і спосіб її виготовлення з вибором припусків на обробку

На кресленні (рис.1.1) зображено корпус циліндричного редуктора – масивну деталь з:

- Глибокими порожнинами;
- Багатьма отворами під болти та штифти;
- Товстими стінками;
- Симетричною формою;
- Механічною обробкою отворів, площин і посадочних поверхонь.

Ці характеристики дозволяють зробити висновок, що заготовка повинна бути об'ємною і придатною до точного фрезерування, свердління, розточування тощо.

Вибір типу заготовки

Оптимальний варіант – ливарна заготовка (чавунне литво в піщані форми).

Обґрунтування:

Критерій	Обґрунтування
Матеріал	Чавун – хороший демпфер вібрацій, придатний для корпусів редукторів.
Складність форми	Порожнини та ребра легше реалізувати литтям.
Маса	Суцільна обробка з прокату призвела б до надмірних витрат матеріалу.
Виробнича рентабельність	Для середньо- та великосерійного виробництва – оптимальний варіант.
Обробка	Чавун добре обробляється.

Вибір способу лиття

Спосіб:

- Лиття в піщані форми (формування за моделями з деревини або пластмаси);
- Використання стрижнів для внутрішніх порожнин.

Тип форми:

- Одноразова піщано-глиняна форма;
- Виготовлення стрижнів – холоднотвердіючі суміші.

Для отримання виливків типу корпуси у серійному виробництві користуються такими типами лиття: у піщано-глинисті форми та лиття по випалювальним моделям.

Таблиця 2.1. Порівняння обраних типів лиття

Параметри для порівняння	Лиття в піщані форми	Лиття по випалювальним моделям
Клас розмірної точності	11	8
Ступінь короблення	7	7
Ступінь точності поверхні	12	9
Клас точності маси	9	8
Шорсткість поверхні	Ra 25 мкм	Ra 20 мкм
Ряд припусків	6	5
Мінімальний ливарний припуск на сторону	0,5	0,8
Допуск зміщення в мм	1,6	0,8

З даної таблиці видно, що лиття по випалювальним моделям забезпечує високу точність вилівка по всім порівняним параметрам. Обидва методи забезпечують точність вилівки вищу, ніж це вимагає креслення корпусу. До того ж, лиття у піщані форми є значно дешевшим для серійного виробництва.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. Припуски на обробку деталі

Оброблювана поверхня	Припуск, мм
Площини під обробку	3–5 мм
Внутрішні отвори	2–3 мм
Зовнішні поверхні (лицьові)	2–4 мм
Отвори під підшипники	1.5–2 мм
Посадкові місця під фрезерування	1–2 мм

2.2. Економічне обґрунтування вибраного методу отримання заготовки

Розглянемо заготовку (рис.2.1), виконану литтям в піщано-глинистій сирій формі з середньо вологих (2,8-3,5%) та середньо міцних сумішей (120-160 кПа) твердістю не менше 80 одиниць.

Розраховую ціну заготовки за формулою:

$$S = (C_i / 1000 * Q * K_T * K_C * K_B * K_M * K_P) - (Q - q) * S_{отх} / 1000$$

C_i – ціна чавуну за тонну;

Q – маса заготовки;

q – маса деталі;

$S_{отх}$ – ціна стружки;

K_T – коефіцієнт точності виливка;

K_C – коефіцієнт складності виливки;

K_B – коефіцієнт маси виливки;

K_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

K_P – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва.

Вибираю коефіцієнти з таблиць, розраховую ціну виливки:

$$S = (5500 / 1000 * 65 * 1 * 1,03 * 0,74 * 1 * 0,52) - (72,5 - 65,0) * (156 / 1000) = 549,8 \text{ грн.}$$

					Арк.
					13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 2.2. Технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Назва операції. Короткий зміст операції	Обладнання	Базування
005	Перемістити заготовку	-	-
010	Фрезерна Начорно фрезерувати основу заготовки	6540	Верхня площина заготовки
015	Фрезерна Начорно фрезерувати верхню площину заготовки	6540	Основна площина заготовки
020	Фрезерна Начисто фрезерувати верхню площину	6540	Основна площина заготовки
025	Фрезерна Начисто фрезерувати основну площину заготовки	6540	Верхня площина заготовки
030	Вертикально-свердлильна з ЧПУ Свердлити , зенкерувати, розвертувати базуючі отвори	2P135Ф2	Верхня площина заготовки
030	Вертикально-свердлильна з ЧПУ Свердлити, зенкерувати, розвертувати базуючі отвори	2P135Ф2	Верхня площина заготовки
	Свердлити отвори Ø28H14		
035	Скріпити корпус і кришку струбцинами		
040	Вертикально-свердлильна Свердлити, розгорнути отвори під конічний штифт	2M55	Основна площина, отвори Ø28H7

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.2

045	Вертикально-свердлильна Свердлити отвори	2М55	Основна площина, отвори Ø28H7
050	Горизонтально-розточна Розточувати отвір Ø130H7 начорно	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
055	Горизонтально-розточна Розточувати отвір Ø110H7 начорно.	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
060	Горизонтально-розточна Фрезерувати отвір Ø100H7 начорно	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
065	Горизонтально- розточна Фрезерувати отвір Ø130H7	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
070	Горизонтально-розточна Фрезерувати отвір Ø110H7	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.2

070	Горизонтально-розточна Фрезерувати отвір Ø100H7	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
075	Горизонтально-розточна Свердлити отвори Ø10 під різьбу M12-7H	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
080	Горизонтально-розточна Свердлити отвори Ø8 під різьбу M10H7	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
085	Горизонтально-розточна Свердлити отвори Ø6 під різьбу M8H7	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
090	Горизонтально-розточна Свердлити отвір Ø12 під різьбу M16-7H	HMC100hs	Основна площина, отвори Ø28H7
095	Слюсарна	Верстак	-
100	Мийна	Ванна	-
105	Контрольна	Стіл ОТК	-
110	Маркування	Верстак	-
115	Консервація	-	-

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Вибір технологічного обладнання, для здійснення технологічного процесу

Вертикально-фрезерний верстат 6540

Розміри робочої поверхні стола 400x1000 мм.

Найбільше переміщення стола(повздовжне), 800 мм.

Найбільше переміщення стола (поперечне), 400 мм.

Потужність електродвигуна головного руху: до 15 кВт.



Рис.2.2. Вертикально-фрезерний верстат 6540

Вертикально-свердильний верстат 2P135Ф2

Найбільший діаметр свердлування по сталі: 35 мм.

Найбільша сила подачі: 15000 Н.

Конус Морзе шпинделя: №4.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри робочої поверхні стола 400x710 мм.

Частота обертання шпинделя: 45-2000 об/хв.

Найбільше переміщення стола(повздовжне), 630 мм.

Найбільше переміщення стола (поперечне), 400 мм.

Потужність електродвигуна головного руху: до 2,2 кВт.

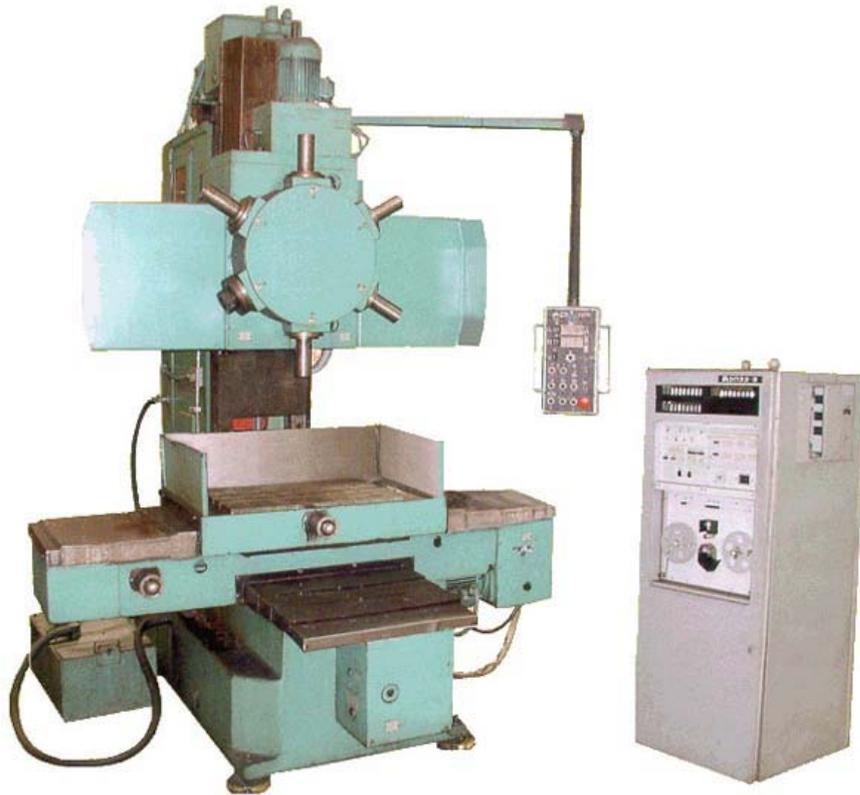


Рис.2.3. Вертикально-свердильний верстат 2P135Ф2

Радіально-свердильний верстат 2M55

Найбільший діаметр свердлування по сталі: 50 мм.

Відстань від осі шпинделя до осі колони 375-1600 мм.

Найбільше переміщення:

- вертикальне 750 мм;
- радіальне 1225 мм.

Найбільша сила подачі: 20000 Н.

Конус Морзе шпинделя: №5.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання шпинделя: 20-2000 об/хв.

Число подач шпинделя 12.

Потужність електродвигуна головного руху: до 4,5 кВт.



Рис.2.4. Радіально-свердильний верстат 2М55

Оброблюючий центр НМС100hs

Площа стола 1000x1000 мм.

Максимальне навантаження на верстат 2000 кг.

Потужність головного двигуна 26 кВт.

Швидкість шпинделя 20-5000 об/хв.

Максимальний крутний момент шпинделя 886 нм.

Максимальний хід столу, вісь X 1500 мм.

Максимальний хід шпиндельної бабки, вісь Y 1200 мм.

Максимальний хід колони, вісь Z 1200 мм.

Поворот стола, вісь B 1°x360.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

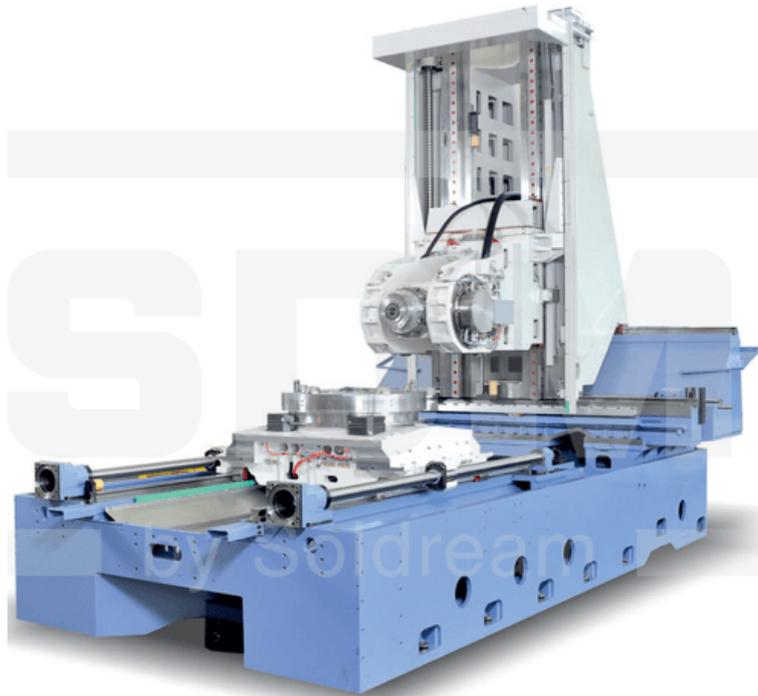


Рис.2.5. Оброблюючий центр HMC100hs

2.5. Розрахунок режимів різання та нормування технологічного процесу виготовлення деталі

2.5.1. Режими різання

Для будь якої обробки деталі на верстатах, потрібно задати режими різання для певних операцій на певному обладнанні.

Вихідними даними для розрахунків являється маршрут обробки деталі, вибране обладнання та інструмент.

Обробка отвору $\text{Ø}28\text{H}7$ (свердління, зенкерування, чорнове та чистове розверстування)

1) Свердлування отвору $\text{Ø}25,75$.

Розрахую режими різання для свердління отвору $\text{Ø}25,8$ мм

Обладнання: вертикально-свердильний верстат з ЧПУ 2P135Ф2

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст переходу: свердлувати 2 отвори Ø28H14, витримуючи міжосьові відстані $540\pm 0,1$, $380\pm 0,1$.

Значення подачі знаходжу за табличними даними, відповідну до діаметра свердла, матеріалу заготовки:

$$S = S_0 \cdot K_{жс},$$

де $S_0 = 0,89 \dots 0,96$ - значення подачі для свердління отворів діаметром Ø25...Ø30мм, у чавуні HB<170

$K_{жс}$ - коефіцієнт жорсткості системи, $K_{жс} = 0,75$

$$S = 0,9 \cdot 0,75 = 0,675 \text{ мм/об}$$

Стійкість свердла Ø25,8 становить 75 хвилин.

Розрахункова швидкість свердління:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$C_v = 14,7;$$

$$q = 0,25;$$

$$y = 0,55;$$

$$m = 0,125;$$

де T - стійкість інструменту;

t - глибина різання;

S - подача.

K_v - коефіцієнт є множенням коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки K_{mv} , стан поверхні K_{pv} , матеріалу інструменту K_{lv} , а також K_{lv} , що залежить від довжини оброблюваного отвору:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv}$$

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_{mv} - поправочний коефіцієнт враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання, та розраховується за формулою:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv}$$

де K_r - коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності;

n_v - показник степені.

$$K_m = (190/165) \cdot 1,3 = 1,2$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1 = 9,96$$

$$v = \frac{14,7 \cdot 25,8 \cdot 0,25}{75 \cdot 0,125 \cdot 0,6 \cdot 0,55} \cdot 0,99 = 24,06 \text{ м/хв}$$

Розраховую частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D}$$

де n - розрахункова частота обертання шпинделя;

v - розрахункова швидкість різання.

$$n = \frac{1000 \cdot 25,8}{3,14 \cdot 28} = 293 \text{ об / хв}$$

Розраховану частоту необхідно звести до найближчого стандартного значення частоти обертання шпинделя, на якому ведеться обробка деталі, тому приймаємо $n=280$ об/хв.

Значення частоти обертів тепер не відповідає розрахованому раніше значенню швидкості, тому швидкість різання потрібно перерахувати:

$$v = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 280}{1000} = 24,61 \text{ м/хв}$$

Визначемо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^3 \cdot S_y \cdot K_p$$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D – діаметр оброблюваного отвору;

S – подача;

$C_v=0,021$, $q=2,0$, $y=0,8$ – коефіцієнти, залежать від подачі і ріжучої частини інструменту;

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається вираженням:

$$K_p = K_{mp};$$

де K_{mp} - вибираємо відносно матеріалу деталі Чавуну СЧ-15 з довідкових даних:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{mp} = (165/190) \cdot 0,6 = 0,92$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,021 \cdot 25,8 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,92 = 85,46 \text{ нм}$$

Визначаю осьову силу за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де S – подача;

$C_p=42$, $q=1,2$, $y=0,75$ – коефіцієнти що залежать від подачі та ріжучої частини інструменту;

K_p - коефіцієнт, що враховує умови обробки, визначений раніше.

$$P_o = 10 \cdot 42 \cdot 25,8 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,92 = 13019 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання за формулою:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750};$$

$$N_e = 85,46 \cdot 280 / 9750 = 2,45 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна головного руху верстату 2Р135Ф2 - 3,7 кВт, тому розраховані режими різання для свердління задовольняють обране обладнання.

2) Зенкерування отвору $\varnothing 27,7$

					Арк.
					24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Глибинну різання знаходимо за формулою:

$$t = 0,5(D - d);$$

де D – розмір отвору до зенкування;

d – розмір отвору після обробки.

$$t = 0,5(27,7 - 25,75) = 0,975 \text{ мм} \Rightarrow 1 \text{ мм}$$

Відповідно до розрахованої глибини різання вибираємо подачу:

$$S = 1.2 \text{ мм/об.}$$

Обираю стійкість зенкеру $T = 40$ хв..

Розрахуємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v D}{T^{m_t} S^x} \cdot K_v;$$

де T – стійкість інструменту; .

t – глибина різання;

S – подача;

$C_v = 18,8$, $m = 0,125$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $q = 0,2$ – коефіцієнти що залежать від подачі, та ріжучої частини інструменту;

K_v - коефіцієнт є множенням коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки K_{mv} , стан поверхні K_{pv} , матеріалу інструменту K_{lv} , а також K_{lv} , що залежить від глибини зенкування:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv}$$

де K_{mv} - поправочний коефіцієнт враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання, та розраховується за формулою:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v}$$

де K_{r} - коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності;

n_v - показник степені.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{165}\right) \cdot 0.6 = 1.09$$

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{18.8 \cdot 27.7 \cdot 0.2}{40 \cdot 0.125 \cdot 1.0 \cdot 1.2} \cdot 1.09 = 23.34$$

Розрахуємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D};$$

$$n = 1000 \cdot 23.34 / 3.14 \cdot 27.7 = 268 \text{ об/хв};$$

Розраховану частоту необхідно звести до найближчого стандартного значення частоти обертання шпинделя, на якому ведеться обробка деталі, тому приймаємо $n = 250$ об/хв.

Значення частоти обертів тепер не відповідає розрахованому раніше значенню швидкості, тому швидкість різання потрібно перерахувати :

$$v = \frac{3.14 \cdot 27.7 \cdot 250}{1000} = 21.74 \text{ м/хв}$$

Визначемо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p;$$

де D – діаметр оброблюваного отвору;

t – глибина різання;

S – подача;

$C_M = 0.085$, $q = 1.0$, $x = 1.0$, $y = 0.4$ – коефіцієнти, залежать від подачі і ріжучої частини інструменту;

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається вираженням:

$$K_p = K_{кр};$$

де $K_{кр}$ вибираємо відносно матеріалу деталі Сталі 45Л з довідкових даних:

$$K_p = K_{кр} = 0.83;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.085 \cdot 27.75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.0 \cdot 1.2 \cdot 0.4 \cdot 0.83 = 21.09 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо осьову силу за формулою:

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p;$$

де t – глибина різання;

S – подача;

$C_p=46$, $q=1.0$, $x=1.0$, $y=0.4$ – коефіцієнти що залежать від подачі та ріжучої частини інструменту;

K_p - коефіцієнт, що враховує умови обробки, визначений раніше.

$$P_o=10 \cdot 46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 0.4 \cdot 0.83=410.7 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750};$$

де $M_{кр}$ - крутний момент;

n – частота обертання шпинделя;

$$N_e=21.09 \cdot 250/9750=0.541$$

Потужність електродвигуна головного руху верстату НМС100hs - 26 кВт, тому розраховані режими різання для зенкування задовольняють обране обладнання.

2.5.2. Нормування технологічного процесу виготовлення деталі

В умовах серійного виробництва технологічні норми часу встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

Операція 010 Фрезерна

Зміст даної операції:

1. Начорно фрезерувати основу заготовки в розмір 253.4 мм.

Верстат, який буде використовуватися на даній операції - Вертикально-фрезерний 6540.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Основний час при чорновому фрезеруванні поверхонь визначаємо виходячи з визначених попередньо значень:

$$\sum T_o = 2.2 \text{ хв.}$$

2. Допоміжний час визначаємо як суму допоміжного часу на установку і зняття деталі, допоміжного часу пов'язаного з переходом чи оброблювальною поверхнею, допоміжного часу на контрольні виміри:

$$T_d = t_{уст} + t_{пер} + t_{вим},$$

$t_{уст} = 1.44$ – в спеціальному пристрої (карта 9, стр.43 [7]).

$t_{пер} = 1.2$ – з установкою фрези по розмітці (карта 33, стр.112 [7]).

$t_{вим} = 0.13$ - штангенциркуль (карта 86, стр.192 [7]).

Тоді:

$$T_d = 1.44 + 1.2 + 0.13 = 2.77 \text{ хв.}$$

3. Оперативний час визначаємо як суму основного часу і часу допоміжного:

$$T_{on} = T_o + T_d = 2.2 + 2.77 = 4.97 \text{ хв.}$$

4. Час на обслуговування робочого місця складається з часу на організаційне і технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = 4\% \text{ оперативного часу (карта 34, стр.114 [7])}$$

5. Час на відпочинок і природні потреби:

$$T_{відп} = 4\% \text{ оперативного часу (карта 88, стр.203 [7])}$$

6. Підготовчо-заключний час, який включає в себе наладку верстата, інструмента, пристосування, отримання інструменту на початку і здачу його в кінці зміни, час що додатково необхідний для наладки верстата:

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для обробки в спеціальному пристрої :

$$T_{п-з.1} = 12 \text{ хв. (карта 34, стр.114 [7])}$$

В даному випадку на додаткові прийоми час не витрачається, тому:

$$T_{п-з.2} = 0 \text{ (карта 34, стр.114 [7])}$$

Час на отримання і здання інструментів працівником складає:

$$T_{п-з.3} = 7 \text{ хв. (карта 34, стр.114 [7])}$$

Таким чином:

$$T_{п-з} = T_{п-з.1} + T_{п-з.2} + T_{п-з.3} = 12 + 0 + 7 = 19 \text{ хв.}$$

7. Штучний час визначають як суму основного і допоміжного часу:

$$T_{шт} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{T_{мех} + T_{орг} + T_{відп}}{100} \right) = (2,2 + 2,27) \cdot (1 + 0,08) \approx 4,82 \text{ хв.}$$

8. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + (T_{п-з} / N) = 4,82 + (19/45) = 5,24 \text{ хв.,}$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу;

$T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час;

N – кількість деталей в партії.

Операція 015 Горизонтально-фрезерна

Зміст даної операції:

1. Начорно фрезерувати верхню площину заготовки в розмір 251.5 мм

Верстат, який буде використовуватися на даній операції - Вертикеально-фрезерний 6540.

1. Основний час:

$$\sum T_o = 2.4 \text{ хв.}$$

					Арк.
					29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2. Допоміжний час:

$$T_{\delta} = t_{уст} + t_{пер} + t_{вим},$$

$t_{уст} = 0.36$ – в спеціальному пристрої (карта 9, стр.43 [7])

$t_{пер} = 0.7$ – з установкою фрези по розмітці (карта 31, стр.108 [7])

$t_{вим} = 0.18$ – штангенциркуль (карта 86, стр.192 [7])

Тоді:

$$T_{\delta} = 0.36 + 0.7 + 0.18 = 1.24 \text{ хв.}$$

3. Оперативний час:

$$T_{on} = T_o + T_{\delta} = 2.4 + 1.24 = 2.64 \text{ хв.}$$

4. Час на обслуговування робочого:

$$T_{обс} = 4\% \text{ оперативного часу (карта 34, стр.114 [7])}$$

5. Час на відпочинок і природні потреби:

$$T_{відп} = 4\% \text{ оперативного часу (карта 88, стр.203 [7])}$$

6. Підготовчо-заключний час:

- для обробки в спеціальному пристрої:

$$T_{П-3.1} = 12 \text{ хв. (карта 34, стр.114 [7])}$$

В даному випадку на додаткові прийоми час не витрачається, тому:

$$T_{П-3.2} = 0 \text{ (карта 34, стр.114 [7])}$$

Час на отримання і здання інструментів працівником складає:

$$T_{П-3.3} = 7 \text{ хв. (карта 34, стр.114 [7])}$$

Таким чином:

$$T_{П-3} = T_{П-3.1} + T_{П-3.2} + T_{П-3.3} = 12 + 0 + 7 = 19 \text{ хв.}$$

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Штучний час:

$$T_{шт} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{T_{мех} + T_{опз} + T_{відн}}{100} \right) = (2,4 + 1,24) \cdot (1 + 0,08) \approx 3,93 \text{ хв.}$$

8. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + (T_{п-з} / N) = 3,93 + (19/45) = 4,35 \text{ хв.}$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу;

$T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час;

N – кількість деталей в партії.

На всі інші операції норми часу вибираємо табличним методом.

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Проектування спеціального пристрою для фрезерування основи корпусу редуктора

3.1.1. Загальні характеристики запропонованого пристосування

Для забезпечення високої продуктивності обробки найбільш ефективними є пристосування із механізованим керуванням елементами затиску, що працює від зовнішнього джерела енергії. Такий підхід дозволяє значно зменшити витрати допоміжного часу, а також полегшує роботу оператора.

Найбільший ефект від впровадження таких пристосувань спостерігається на операціях верстатної обробки, де ручне затискання деталей призводить до істотних витрат часу, які можуть перевищувати тривалість самої машинної обробки.

Окрім економії допоміжного часу, використання механізованих затискачів забезпечує можливість створення великих затискних зусиль із можливістю регулювання залежно від конкретних умов роботи. Також стає можливим одночасне або послідовне керування кількома затискними елементами та реалізація дистанційного управління пристосуванням.

Особливо важливо те, що в таких пристосуваннях затискне зусилля не залежить від фізичних зусиль оператора, що гарантує стабільність та повторюваність процесу.

З огляду на економічну доцільність, застосування пристосувань із механізованим керуванням доцільно впроваджувати насамперед у серійному та масовому виробництві, де їх інтенсивне використання забезпечує окупність та ефективність експлуатації.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2. Назва та зміст технологічної операції

В кваліфікаційній роботі розробляється пристрій для фрезерування основи в деталі типу «Корпус циліндричного редуктора». Операція фрезерування здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6540.

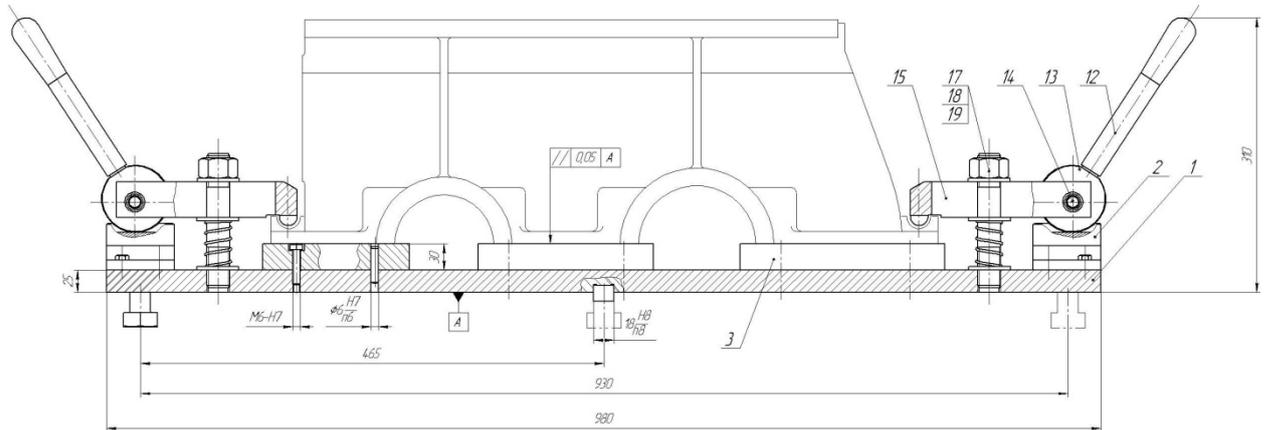


Рис.3.1. Встановлення деталі в пристрої

3.1.3. Розрахунок сили затиску

Розробка схеми затискання та схеми взаємодії сил та моментів різання

Вихідні дані:

- тип виробництва – середньосерійний;
- програма випуску – 450;

Пристрій використовується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6540. При обробці основи корпусу. При проектуванні пристрою необхідно забезпечити жорсткість конструкції при значних габаритах деталі, рівномірність припуску, який необхідно зняти, відносно велику силу затиску.

Вибравши спосіб установки (базування) деталі, розмістивши установлені елементи в пристрої визначають величину, місце прикладання і напрямки сил затиску деталі. На основі цих даних складаємо схему взаємодії сил різання і сил затиску на деталь, встановлену в пристрої.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна мінімальна сила затиску обчислюється за формулою:

$$W(f_1 + f_2) = K_3 \cdot P_y + K_3 \cdot P_z \cdot f_2;$$

Звідси:

$$W = \frac{K_3(P_y + P_z \cdot f_2)}{f_1 + f_2}$$

де $P_z=600$ Н – колова сила різання (з попередніх розрахунків);

$P_y=(0,4 \dots 0,6)P_z=240$ Н–радіальна сила різання;

$f_1 = f_2 = 0,16$ - коефіцієнти тертя;

K_3 - коефіцієнт запасу затискання.

Значення складових коефіцієнту запасу затискання обираємо:

$$K_3 = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 3,7$$

$K_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1=1,2$ – коефіцієнт, що враховує наявність нерівностей на заготовці;

$K_2=1,6 \dots 1,8$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресивного затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастій роботі ;

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує зміни зажимної сили, для механізованого привода

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, що характеризує ергономічність ручних зажимів при зручному положенні рукоятки (кут повороту менше 90^0);

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, що враховує розміщення заготовки на опорні штирі.

Отже, сила затиску:

$$W = \frac{3,7 \cdot (240 + 600 \cdot 0,16)}{0,16 + 0,16} = 3885 \text{ Н}$$

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4. Розрахунок зажимного механізму

Для забезпечення затиску деталі вибираємо ексцентриковий зажимний пристрій:

- Кулачок ексцентриковий круглий.

Формули і величини необхідних значень приймаємо згідно з [5].

$$D=80 \text{ мм}, A=2 \text{ мм}, \beta_{II} = 90^{\circ}.$$

Приймаємо:

$$Q_{рук} = 190 \text{ Н}, L_{рук} = 200 \text{ мм}.$$

Фактична сила затиску, що розвивається круговим ексцентриком та важільним механізмом:

$$W_{ФАКТ} = \frac{Q_{рук} \cdot L_{рук}}{2 \cdot \sin \beta_n + f_{mn} \left(\frac{D}{2} - A \cdot \cos \beta_n \right) + f_{mo} \cdot r_0} \cdot \frac{l_2 \cdot \eta}{l_1} =$$
$$= \frac{130 \cdot 200}{2 \cdot \sin 90^{\circ} + 0,12 \cdot \left(\frac{80}{2} - 2 \cdot \cos 90^{\circ} \right) + 0,12 \cdot 10} \cdot \frac{75 \cdot 0,98}{60} = 3981 \text{ Н}$$

де $Q_{рук}$ – сила, прикладена на рукоятці ексцентрика, Н;

A – ексцентриситет, мм ;

$L_{рук}$ – довжина рукоятки, мм;

f_{III} – коефіцієнт тертя по поверхні ексцентрика;

f_{TO} – коефіцієнт тертя по поверхні осі;

D – діаметр ексцентрика;

r_0 – радіус осі, мм;

β_{II} – кут повороту ексцентрика;

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l_1, l_2 – плечі важільного механізму; $l_1 = 60 \text{ мм}, l_2 = 75 \text{ мм}$;

η – к.к.д. важільного механізму; $\eta = 0,98$.

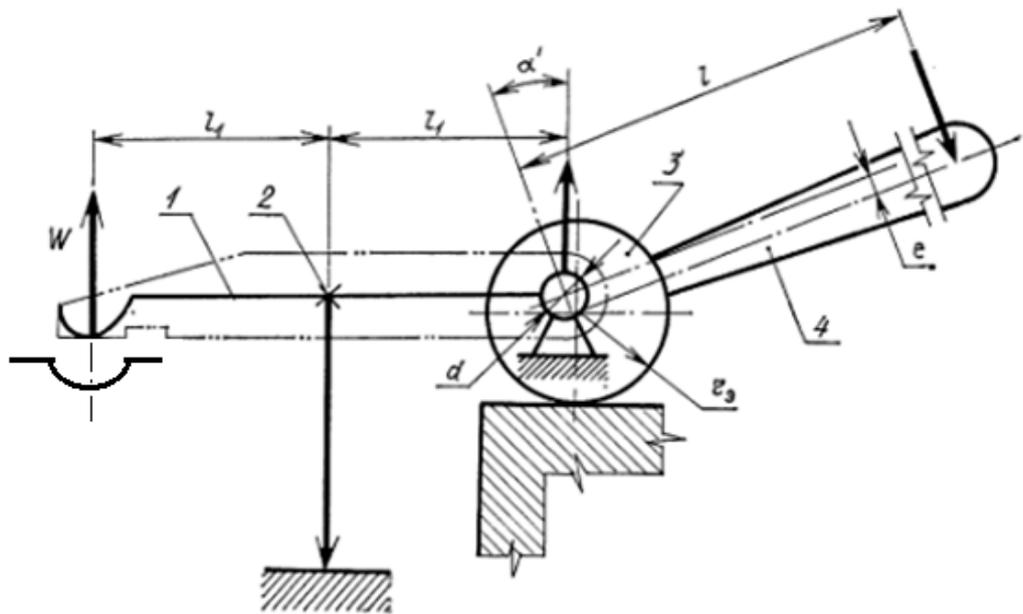


Рис. 3.2. Зажимний механізм пристрою:

(1-прихват, 2-шпилька, 3-круглий ексцентрик, 4-важіль)

Хід ексцентрика:

$$l_x = A(1 - \cos \beta_{II}) = 2(1 - \cos 90^\circ) = 2 \text{ мм.}$$

Для забезпечення сили затиску необхідне виконання умови:

$$W_{\text{ФАКТ}} \geq W$$

$$3981 \text{ Н} \geq 3885 \text{ Н.}$$

Отже, прийняті параметри ексцентрика забезпечать необхідну силу затиску.

Кулачок ексцентриковий круглий:

$$D=80 \text{ мм}, A=2 \text{ мм}, \beta_{II} = 90^\circ.$$

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконаної кваліфікаційної роботи були розглянуті ключові аспекти проектування та виготовлення корпусу циліндричного редуктора, що дозволяє зробити наступні узагальнені висновки:

1. Конструкція корпусу редуктора розроблена з урахуванням експлуатаційних та технологічних вимог. Обрано раціональну форму, яка забезпечує жорсткість, точність посадкових місць та зручність складання. Визначені основні функціональні поверхні та технічні вимоги до них.

2. Матеріал СЧ15 обрано на основі аналізу механічних властивостей, оброблюваності та вартості. Цей сірий чавун є оптимальним варіантом для корпусних деталей, оскільки поєднує достатню міцність, амортизаційні властивості та хорошу оброблюваність різанням.

3. Проведено аналіз технологічності конструкції, який показав, що конструкція придатна до серійного виготовлення на сучасному обладнанні з мінімальними витратами на спеціальну оснастку. Враховано можливість установки деталі в одній базі для виконання кількох операцій.

4. Визначено типовий маршрут виготовлення корпусу, який включає механічну обробку, контроль і забезпечення точності основних поверхонь. Запропоновано послідовність операцій, що гарантує оптимальний рівень продуктивності та якості.

5. У технологічному розділі обґрунтовано вибір заготовки, якою є литий корпус, а також визначено оптимальні припуски на обробку для досягнення заданої точності. Метод отримання заготовки вибрано з урахуванням економічної доцільності.

6. Технологічний процес виготовлення передбачає застосування сучасних методів обробки, що відповідають вимогам до точності, шорсткості поверхонь і продуктивності. Обрано раціональні режими різання та технічно обґрунтоване обладнання.

7. У результаті розрахунків встановлено економічну ефективність запропонованого процесу, що досягається за рахунок зменшення витрат часу на обробку та високого ступеня використання устаткування.

8. У конструкторському розділі розроблено спеціальний пристрій для фрезерування основи корпусу редуктора. Пристрій забезпечує надійне кріплення заготовки, точне базування та підвищення продуктивності обробки, а також знижує похибки установки.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяків Л. Г., Жук Г. І., Красюк В. С. Технологія машинобудування. – К.: Вища школа, 2002. – 591 с.
2. Василенко П. С., Бойко І. І. Основи технології машинобудування. – К.: Либідь, 2015. – 368 с.
3. ДСТУ 2500-94. Технологічність конструкції виробів. Загальні вимоги.
4. Соколов Л. М., Поляков Ю. І. Проектування технологічних процесів виготовлення деталей. – М.: Машиностроение, 1986. – 328 с.
5. Краснов В. В., Черняєв О. І. Проектування технологічних процесів обробки. – К.: Арістей, 2012. – 352 с.
6. Глебов В. І., Струтинський В. В. Технологія механічної обробки: підручник. – Харків: НТУ «ХП», 2018. – 432 с.
7. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. - Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей / Під заг. ред. В.А. Кириловича. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 600 с.
8. Яновський В. А., Полонський Л. Г., Мельничук П. П., Ковальов В. В. Дипломне проектування з спеціальності «Технологія машинобудування» – Житомир: ЖІТІ, 2001.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

						Арк.
						39
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		