

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМК-637.00.000.ПЗ

Група ПМКм-23-1

Облядрук Валентин

Віталійович

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Облядрук Валентин Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013а»
для умов середньосерійного типу виробництва»
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

В.В. Облядрук
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

Панчук В. Г.
(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м. Івано-Франківськ — 2024 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Облядруку Валентину Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013а» для умов середньосерійного типу виробництва»

керівник роботи Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «22» листопада 2024 року № 780/7

2. Строки подання студентом роботи 15 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленик деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013а»; заводський технологічний процес

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Технологічна частина

2. Конструкторська частина

3. Дослідницька частина – створення програми для визначення режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення деталі

2. Верстатний пристрій

3. Контрольний пристрій

4. Блок-схема програми

5. Ілюстрація функціоналу програми

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	<u>Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ</u>		
2	<u>Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ</u>		
3	<u>Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ</u>		

7. Дата видачі завдання 25 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Технологічна частина	29.11.2024	
2	Конструкторська частина	03.12.2024	
3	Дослідницька частина	05.12.2024	
4	Оформлення документації	14.12.2024	
5	Захист магістерської роботи	20.12.2024	

Студент _____ Облядрук В.В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Врюкало В.В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процес виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013а» для умов середньосерійного типу виробництва».

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 94 сторінок та містить 32 рисунка, 10 таблиць, 15 посилань на літературу та додатків на 20 сторінках.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь «Стінка 562.М.Т.724222.013а».

Мета роботи - розробити покращений проектний технологічний процес механічної обробки деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013а» на основі заводського. Також необхідно розробити конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та підтвердити їх працездатність.

Згідно завдання проведено аналіз конструкції, призначення і функцій деталі, аналіз заводського способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. За результатами аналізу та рекомендаціями технічних літературних джерел розроблено проектний технологічний маршрут механічної обробки стінки, замінено матеріал деталі, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано режими різання та норми часу. Для закріплення деталі на свердлильно-фрезерно-розточувальній операції розроблено конструкцію спеціального пристрою із пневмоприводом, працездатність якого підтвердили розрахунки. Розроблена комп'ютерна програма для автоматизації розрахунків режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *стінка, технологічний процес, пристрій, комп'ютерна програма.*

Студент

Облядрук В.В.

ABSTRACT

Qualification master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing the part "Wall 562.M.T.724222.013a" for medium-volume production conditions".

The calculation and explanatory note consists of 94 pages and contains 32 figures, 10 tables, 15 references to literature and appendices on 20 pages.

Graphic part: 5 sheets of A1 format

The object of research is the process of mechanical processing.

The subject of research is the part "Wall 562.M.T.724222.013a".

The purpose of the work is to develop an improved design technological process of mechanical processing of the part "Wall 562.M.T.724222.013a" based on the factory one. It is also necessary to develop the designs of the machine tool and control devices, and confirm their operability.

According to the task, an analysis of the design, purpose and functions of the part was carried out, an analysis of the factory method of obtaining the workpiece and the machining route was carried out. Based on the results of the analysis and recommendations of technical literature sources, a design technological route for machining the wall was developed, the material of the part was replaced, the optimal method of obtaining the workpiece was selected, cutting modes and time standards were calculated. To fix the part in the drilling-milling-boring operation, a design of a special device with a pneumatic drive was developed, the operability of which was confirmed by calculations. A computer program was developed to automate the calculations of cutting modes during milling with end mills.

The results of the work can be used in the machine-building industry.

Keywords: wall, technological process, device, computer program.

Student

Obliadruk V.V.

Зміст

Вступ	5
1 Технологічна частина	6
1.1 Опис призначення та конструкції деталі	6
1.2 Аналіз технологічності деталі	10
1.3 Визначення програми випуску деталей для заданого типу виробництва та кількості деталей в партії	15
1.3.1 Вихідні дані	15
1.3.2 Розрахунок програми випуску та партії продукції	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі та запропоновані зміни для покращення технології виготовлення	17
1.4.1 Опис та аналіз базового технологічного процесу	17
1.4.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки	32
1.4.3 Вибір технологічного обладнання для виробництва	38
1.4.4 Техніко-економічне обґрунтування вибору проектного маршруту механічної обробки	41
1.4.5 Розрахунок режимів різання	46
2 Конструкторська частина	75
2.1 Верстатний пристрій	75
2.1.1 Опис призначення, будови та роботи пристрою	75
2.1.2 Розрахунки на працездатність та надійність пристрою	77
2.1.3 Перевірка механізму на міцність	80
2.1.4 Визначення рівня стандартизації пристрою	81
2.2 Контрольний пристрій	81
2.2.1 Опис призначення, будови та роботи контрольного пристрою	81
2.2.2 Визначення рівня стандартизації пристрою	82
2.2.3 Розрахунок точності контрольного пристрою	83
3 Створення програми для визначення режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами	84
3.1 Постановка задачі	84
3.2 Математична модель задачі	85
3.3 Функціонал програми	87
Висновки	92
Список використаних джерел	93
Додатки	

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ		
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Облядрок В.В.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.		Врюкало В.В.					4
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-23-1	
Н. Контр.		Врюкало В.В.					
Затверд.		Панчик В.Г.					

Вступ

Машинобудування — одна з найважливіших галузей промисловості, яка має великий вплив на економіку та життя суспільства в цілому. Воно охоплює проектування, виготовлення та експлуатацію машин та механізмів, що працюють в усіх сферах життя. Без машинобудування неможливо уявити сучасний розвиток технологій та промисловості.

Машинобудування є основою для багатьох інших галузей. Завдяки високим технологіям і точним механізмам з'являються нові можливості для науково-технічного прогресу. Сучасні робототехнічні системи, автоматизація виробництва, 3D-друк і інші технології, які впроваджуються в рамках машинобудування, значно змінюють не тільки виробничі процеси, але й повсякденне життя людей.

Як рушійна сила економічного розвитку машинобудування створює величезну кількість робочих місць, забезпечуючи зайнятість мільйонів людей в усьому світі. Прогрес у машинобудуванні стимулює розвиток інфраструктури, зменшує витрати на виробництво та підвищує конкурентоспроможність економік тих країн, які надають машинобудівній галузі пріоритетну увагу. Технологічний прогрес, досягнутий у машинобудуванні, дозволяє знижувати собівартість продукції, що сприяє зростанню виробництва та попиту на різні товари.

Розвиток машинобудування відіграє важливу роль у забезпеченні національної безпеки. Як показують реалії сьогодення машинобудування дає змогу створювати високотехнологічну техніку, яка необхідна для армії.

Тому таким важливим є набуття знань, компетентностей та навичок з машинобудування та технологій, які ми отримуємо, навчаючись за спеціальністю «Прикладна механіка».

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Стінка 562.М.Т.724.222.013» являє собою дископодібну деталь, заготовку якої отримують із АК12 ГОСТ 1412-85. Стінка 562.М.Т.724.222.013 використовується в роторному лічильнику. Дана деталь кріпиться на торці корпусу лічильника та служить опорою для ротора лічильника.

Стінка – деталь, яка виготовлена з алюмінію АК12, що має велике значення в процесі виготовлення заготовки литтям.

Деталь являє собою диск з відношенням довжини до діаметра $\frac{L}{D} < 0,14$ із виступом у центрі. Це створює певні труднощі при обробці отворів.

Основними оброблюваними поверхнями стінки є поверхні циліндричних та різьбових отворів, із значною кількістю спеціальних виточок і фасок. Обробка радіальних отворів потребує застосування кондукторних втулок, оскільки свердло може відвести. Крім того, використання отворів в якості підвідних каналів ставить необхідність використання точного позиціонування при їх отриманні.

При обробці отворів для подачі мастила треба слідкувати за відсутністю в них задирів чи залишків стружки, які можуть шкодити роботі приладу і тому вимагає проведення зачисних операцій.

Всі оброблювані поверхні за показниками забезпечення точності взаємного розташування і шорсткості не представляють технологічних труднощів.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.1 – Характеристика поверхонь деталі Стінка 562.М.Т.724222.013

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення деталі	Розміри, мм	Квалітет точності	Точність форми і розміщення	Шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішня циліндрична поверхня. Основна конструкторська база	Ø78×5	d10	-	Ra1.6
2	Плоска поверхня. Допоміжна конструкторська база	11×Ø78	h11	Допуск паралельності 0,05	Ra1.6
3	Плоска поверхня. Основна конструкторська база	11×Ø78	h11	Допуск паралельності 0,05	Ra1.6
4-7	Фаски. Вільні поверхні	0,3×45°	-	-	Ra3.2
8-11	Внутрішні циліндричні поверхні. Основні конструкторські бази	Ø6,5×5	H14	Позиційний допуск 0,2	Ra1.6
12-13	Внутрішні циліндричні поверхні. Допоміжні бази	Ø3×4	H14		Ra6.3
14-15	Плоскі поверхні. Допоміжні конструкторські бази	7×Ø15	IS14	-	Ra6.3
16-17	Внутрішні циліндричні поверхні. Вільні поверхні	Ø15×7	-	-	Ra6.3
18-19	Внутрішні циліндричні поверхні. Допоміжні конструкторські бази	Ø11×4	H7	Допуск співвісності 0,02	Ra1.6
20-21	Фаски. Вільні поверхні	0,3×45°	IS14	-	Ra6.3
22-23	Плоскі поверхні. Вільні поверхні	4×Ø11	IS14	-	Ra6.3
24-25	Внутрішні циліндричні поверхні. Допоміжні конструкторські бази	Ø8.3×4	H10	Допуск співвісності 0,02	Ra6.3
26-27	Фаски. Вільні поверхні	Ø9×90°			Ra6.3
28-30	Наскрізнi різбові отвори з метричною різбою. Допоміжні конструкторські бази	M4-7H×4	7H	Позиційний допуск 0,2	Ra6.3
31-33	Фаски між внутрішніми циліндричними поверхнями. Вільні поверхні	Ø4.5×90°	-	-	Ra6.3

					MP.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення деталі	Розміри, мм	Квалітет точності	Точність форми і розміщення	Шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6
34-36	Глухі циліндричні отвори. Вільні поверхні	Ø4.5×1	-	-	Ra6.3
37-40	Внутрішні циліндричні поверхні. Допоміжні конструкторські бази	M5-7H×7.5	-	Позиційний допуск 0,2	Ra6.3
41-44	Фаски між плоскою і внутрішніми циліндричними поверхнями. Вільні поверхні	2×45°	-	-	Ra3.2
45-46	Внутрішні циліндричні поверхні. Основні конструкторські бази	Ø4×5	H7	Позиційний допуск 0,2	Ra6.3

Як видно з таблиці 1.1 при виготовленні деталі потрібно особливу увагу звернути на поверхні, які є допоміжними конструкторськими базами. Це поверхні 1, 2, 3, 24, 25, 45, 46, різьбові поверхні M4-H7, M5-H7, а також Ø6,5, бо дані поверхні є основними при базуванні стінки на корпусі лічильника та кріпленні деталей до стінки. Також треба звернути увагу на дотримання допусків розміщення даних поверхонь та взаємного розміщення осей цих поверхонь.

Основними та найточнішими поверхнями деталі є поверхні 18-19 Ø11H7, Ra1.6, 24-25 Ø8.3 H10 Ra6.3, по яких встановлюється ротор, поверхні 45-46 Ø4 H7 Ra6.3, в яких встановлюються штифти, поверхня 3 11h11 Ra1.6, якою деталь встановлюється на корпус лічильника.

Дана деталь виготовляється з алюмінієвого сплаву АК12 ГОСТ 1583-89, який задовольняє задані вимоги до механічних властивостей деталі і забезпечує одержання заготовки методом литва.

Сплав АК12 є єдиним промисловим силуміном без спеціальних домішок. Відсотковий вміст кремнію у цьому силуміні (10%-13%) відповідає евтектичному складу. При модифікуванні натрієм сплав стає доевтектичним і містить евтектику та первинні кристали алюмінієвого розчину. Цей силумін має

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

найкращі ливарні властивості. Його використовують у серійному виробництві малонавантажених деталей, зокрема для лиття деталей під тиском.

При кокільному литті та литті під тиском вміст домішок заліза у цьому та інших силумінах є більш високим, ніж при литті в піщані форми та витоплювані моделі. Це зумовлено тим, що кристалізація з великою швидкістю при литті у кокіль та під тиском подрібнює залізовмісні фази і таким чином послаблює їх шкідливий вплив на механічні властивості. При литті під тиском підвищений вміст заліза у силуміні сприяє попередженню прилипання (приварювання) виливка до сталевих пресформи.

Механічні властивості та хімічний склад алюмінієвого сплаву АК12 ГОСТ 1583-89 наведено у таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сплаву АК12 ГОСТ 1583-89

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Zr	Mg	Zn	Домішок
до 1,5	0,17-0,37	до 0,5	до 0,1	84,3-90,0	до 0,6	до 0,1	до 0,1	до 0,3	всього 2,7

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сплаву АК12 при $t = 20^{\circ}\text{C}$

	σ_b , МПа	δ_5 , %	НВ
Лиття в кокіль, ГОСТ 1583-93	147-157	2-3	50
Лиття під тиском, ГОСТ 1583-93	147-157	1-2	

σ_b – тимчасовий опір розриву, МПа

δ_5 - ударна в'язкість, %

1.2 Аналіз технологічності деталі

Аналіз деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013» на технологічність проведемо за кількома параметрами.

Технологічність за параметром технологічність виготовлення заготовки забезпечується вибором такого матеріалу і методу отримання заготовки, при яких досягаються оптимальні витрати ресурсів на виготовлення деталі, її

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

експлуатацію за заданими показниками якості, об'єму випуску та умов виконання робіт.

Для деталей, які виготовляються з алюмінію АК12 при їх конфігурації, наближеній до деталей типу диски в умовах середньосерійного виробництва найдоцільнішим методом отримання заготовки є лиття під тиском.

Згідно ГОСТ 26645-85 алюміній АК12 відноситься до першої групи матеріалів (кольорові метали і сплави з температурою плавлення нижчою за 700°C) і, відповідно, добре піддається литтю.

Технологічність деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013» за параметром можливості виготовлення заготовки є доброю.

Оцінимо точність деталі за середньою точністю її поверхонь.

Технологічність деталі за даним параметром забезпечується вибором такої точності поверхонь, при якій досягаються оптимальні витрати ресурсів на виготовлення, експлуатацію для заданих показників якості, об'єму випуску та умов виконання робіт.

Оцінимо точність даної деталі за середньою точністю її поверхонь. Дані заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Точність поверхонь деталей

T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
7	11	77
10	3	30
11	2	22
14	29	406
	$\Sigma n_i = 45$	$\Sigma T_i \cdot n_i = 535$

Середня точність поверхонь становить

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{535}{45} = 12$$

Отже, середня точність $T_{\text{ср}} = 12$ поверхонь деталі є низькою (12 квалітет) і більшість поверхонь можна обробити, використовуючи продуктивні методи на верстатах із звичайною точністю.

Найвищу точність мають різьбові поверхні М4 – Н7, М5 – Н7, проте дана точність досягається продуктивними методами обробки різьби мітчиками на верстаті із звичайною точністю. Також отвори $\varnothing 11$ Н7 потребують обробки розвірткою, але ця задача ускладнюється обробкою даного отвору не на прохід. Отвори $\varnothing 4$ Н7 служать отворами для базування деталі в процесі обробки, а також для встановлення деталі на корпус лічильника.

Достатньо високу точність мають торці стінки розміром 11h11. Для забезпечення даної точності правий торець (поверхня 3) стінки піддається чорновому та чистовому точінню, а лівий досягається чорновим і чистовим фрезеруванням торцевою фрезою.

Так як деталь є тілом дископодібної форми то для забезпечення точності оброблених отворів необхідно прийняти правий торець та два отвори $\varnothing 4$ Н7 як технологічну базу.

Таким чином базування даної деталі не викликає труднощів, хоча не дозволяє витримати принцип постійності баз.

В загальному можна зробити висновок, що деталь по параметру точність є технологічною.

Оцінимо точність деталі за середньою шорсткістю її поверхонь.

Технологічність конструкції деталі за параметром шорсткість забезпечується вибором такої жорсткості поверхонь, при якій досягаються оптимальні витрати ресурсів на виготовлення та експлуатацію для заданих показників якості, об'єму випуску і умов виконання робіт.

При аналізі технологічності поверхні за параметром "шорсткість" визначаємо середню шорсткість поверхонь за середнім класом шорсткості. Дані заносимо в таблицю 1.5.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

Таблиця 1.5 – Шорсткість поверхонь деталей

Ш_i	n_i	$\text{Ш}_i \cdot n_i$
7 (Ra1.6)	5	35
5 (Ra3.2)	8	40
4 (Ra6.3)	32	128
	$\Sigma n_i = 45$	$\Sigma \text{Ш}_i \cdot n_i = 203$

Середня шорсткість поверхонь становить

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i n_i}{\sum n_i} = \frac{203}{45} = 4,5$$

Отже, середня шорсткість $\text{Ш}_{\text{ср}} = 4,5$ поверхонь деталі є низькою (Rz 40 - 20) і більшість поверхонь можна обробити, використовуючи продуктивні методи на верстатах із звичайною точністю та жорсткістю.

Так як деталь містить багато отворів, то основним методом обробки є обробка поверхонь на верстатах свердлильної групи.

Торці стінки із шорсткістю Ra 1,6 отримуємо чистовим точінням і фрезеруванням. Отвори з такою шорсткістю отримуємо чистовим розточуванням.

Поверхні із шорсткістю Ra 3,2, фаски отворів, отримуємо зенкуванням.

В загальному можна зробити висновок, що деталь за параметром шорсткість є технологічною.

Деталь є достатньо жорсткою і забезпечує вільний доступ до поверхонь та зручна в базуванні. Певні труднощі виникатимуть при обробці отворів, оскільки стінка являє собою диск з відношенням довжини до діаметру $L/d < 0.14$ та виступом у центрі, тому виникають певні труднощі при закріпленні деталі в токарному патроні.

Також певні труднощі виникають при обробці отворів, які розміщені на виступі, так як отвори містять виточки, а діаметри оброблюваних отворів є малими $\varnothing 8,3$, що ускладнює обробку, оскільки потрібно використовувати спеціальний інструмент.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

Так як на площині знаходиться більшість отворів, то їхня обробка буде проводитись без особливих труднощів, крім двох отворів $\varnothing 4H7$, які мають підвищену точність і співвісність позиціювання.

При обробці отворів під різьби треба слідкувати за відсутністю в них задирів чи залишків стружки, що може шкодити роботі мітчика.

Всі оброблювані поверхні за показниками забезпечення точності взаємного розташування і шорсткості не становлять технологічних труднощів.

Алюміній має добру оброблюваність різанням.

Досягнення потрібної точності та якості окремих поверхонь досягається наступними діями:

- позиційний допуск – 0,02 мм $\varnothing 4H7$ із двома отворами $\varnothing 11H7$ забезпечується застосуванням самоцентруючих призм;

- допуск паралельності для розміру 11h11 забезпечується послідовним фрезеруванням двох торців;

- позиційний допуск 0,02 мм в різьбових отворах забезпечується виконанням отворів із застосуванням кондукторних втулок і нарізанням різьби з одного установу;

- позиційний допуск 0,2 мм в отворах $\varnothing 6,5$ забезпечується використанням трикулачкового самоцентруючого патрона;

- два отвори $\varnothing 3$ виконуються з допомогою спеціального пристрою та кондукторних втулок;

- допуск співвісності забезпечується використанням спеціального пристрою та обробкою отворів з одного установу.

В цілому можна зробити висновок, що деталь є достатньо технологічною для обробки та не викликає особливих складностей при її базуванні, підводу та відводу інструменту. Не повинно виникати складностей при обробці точних поверхонь. Деталь є достатньо жорсткою для високопродуктивної обробки та дозволяє використовувати широку гаму стандартних різальних інструментів.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

1.3 Визначення програми випуску деталей для заданого типу виробництва та кількості деталей в партії

1.3.1 Вихідні дані

Тип виробництва – середньосерійний.

Режим роботи підприємства: одна зміна на добу.

Дійсний річний фонд робочого часу обладнання (ст.22, табл.2.1 [4]).

$F_d = 2030$ год.

Число робочих днів у році: $F = 254$ дні.

Періодичний запуск деталей у запуск (ст.23, табл.2.1 [4]): $a = 12$.

Дійсний річний фонд робочого часу обладнання на одну зміну: $F_d = 480$ хв.

Нормативний коефіцієнт завантаження верстатів: 0,8.

Коефіцієнт серійності $k_s = 15$.

Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій обробки деталі

№ опер.	Назва операції	$T_{ш-к}(T_{шт})$, хв
020	Токарно-гвинторізна	1,35
025	Токарно-гвинторізна	1,42
030	Токарно-гвинторізна	1,42
035	Плоско-шліфувальна	2,63
040	Координатно-розточна	7,46
045	Свердлильна	0,56
050	Токарно-гвинторізна	0,54
055	Свердлильна	1,51
060	Свердлильна	0,51
065	Свердлильна	1,21
070	Різьбонарізна	3,58
075	Плоско-шліфувальна	2,22

1.3.2 Розрахунок програми випуску та партії продукції

Число операцій обробки $n=12$.

Сумарний штучний час

$$\Sigma T_{\text{шт.}} = 1,35 + 1,42 + 1,42 + 2,63 + 7,46 + 0,56 + 0,54 + 1,51 + 0,51 + 1,21 + 3,58 + 2,22 = 24,4 \text{ хв}$$

Середній штучний час

$$T_{\text{шт.сер.}} = \Sigma T_{\text{шт.}} / n = 24,4 / 12 = 2,03 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей

$$t_{\text{в}} = k_{\text{с}} \cdot T_{\text{шт.сер.}} = 15 \cdot 2,03 \approx 30,45 \text{ хв.}$$

Річна програма випуску деталей

- розрахункова $N = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{t_{\text{в}}} = \frac{2030 \cdot 60}{30,45} = 4000 \text{ шт.}$

- прийнята $N=4000 \text{ шт.}$

Розрахункова кількість деталей в партії, шт.

$$n_{\text{р}} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{4000 \cdot 12}{2030} = 23,64 \text{ шт.}$$

Приймаємо

$$n_{\text{р}} = 24 \text{ шт.}$$

Розрахункове число змін для обробки партії

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт.сер.}} \cdot n_{\text{р}}}{F_0 \cdot 0,8} = \frac{2,03 \cdot 24}{480 \cdot 0,8} = 0,13 \text{ змін}$$

Приймаємо кількість змін $C_{\text{р}} = 1$

Прийнятий обсяг партії

$$n_{\text{д}} = \frac{C_{\text{р}} \cdot F_0 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер.}}} = \frac{1 \cdot 480 \cdot 0,8}{2,03} \approx 190 \text{ шт.}$$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі та запропоновані зміни для покращення технології виготовлення

1.4.1 Опис та аналіз базового технологічного процесу

Існуючий на підприємстві-виробнику технологічний процес виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724.222.013» наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Опис технологічного процесу виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724.222.013»

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
010	Ливарна			
0,15	Термічна			
020	Токарна		Токарно-гвинторізний 1А16 Патрон 200 7100-0007 Центр А-4-Н	Рис. 1.2
	1	Точити, витримуючи $\varnothing 84$ до $\varnothing 78_{-0,1}^{-0,22}$ Різець НР-2Р-2 ВК8		
025	Токарна		Токарно-гвинторізний 1А16 Патрон 200 7100-0007 Кулачки з виточкою	Рис. 1.3
	1	Підрізати торець, витримавши розмір $14_{-0,43}$ Різець НР-2Р-2 ВК8		
030	Токарна		Токарно-гвинторізний 1А16 Патрон 200 7100-0007 Кулачки з виточкою	Рис. 1.4
	1	Підрізати торець з другої сторони деталі, витримавши розмір $11,5_{-0,43}$ Різець НР-2Р-2 ВК8		
035	Шліфувальна		Плоскошліфувальний 3Б722 Плита магнітна Плита Ш-1 250×250	Рис. 1.5
	1	Шліфувати послідовно 2 торці деталей і витримавши розмір $11_{-0,33}$ Круг ПП 450×63×203 24А10-ПС27К5		
040	Координатно-розточна		Координатно-розточний 24К29 СФ4	Рис. 1.6
	1	Центрувати послідовно 2 отвори $\varnothing 4$ і 2 отв. до $\varnothing 4,2$ по		

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
		УП№1, витримавши розміри 54, 43,3 і 27,3 ^{+0,02} Свердло Ø4 2317-0007	Пристрій РЛ-4-ПТ-1969 Патрон 10-B16	
	2	Свердлити послідовно по мітках 2 отвори Ø8 ^{+0,22} по УП№2, витримавши розмір 27,2 ^{+0,02} Свердло Ø8 2300-0195		
	3	Просвердлити послідовно 2 отвори Ø8 до Ø12 ^{+0,22} на глибину 7±0,18 по УП№3, витримавши розмір 27,2 ^{+0,02} Свердло Ø12 2301-0039		
	4	Зенкувати фаску послідовно в 2-х отворах Ø12 до Ø13,6 з кутом 90° по УП№4 Свердло Ø13,8 (переточка цехова до Ø13,6 кут 90°) 2301-0198		
	5	Свердлити послідовно по мітках 2 отвори Ø3,8 ^{+0,18} по УП№5, витримавши розміри 54, 43,3 Свердло Ø3,8 2300-7541		
	6	Розточити послідовно 2 отвори Ø3,8 до Ø4 ^{+0,012} , витримавши розміри 54, 43,3 Різець РПС-1144 ВК8		
	7	Розточити послідовно 2 отвори Ø8 до Ø8,3 ^{+0,058} по УП№6, витримавши розміри 7±0,18, 27,2 ^{+0,02} Різець РПС-1145 ВК8		
	8	Розточити послідовно 2 отвори Ø12 до Ø13 ^{+0,019} по УП№7, витримавши розміри 7±0,18, 27,2 ^{+0,02} Різець РПС-1146 ВК8		

					МП.ЛМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
045	Свердлильна		Настільно-свердлильний 2М112 Патрон 16-В18	Рис. 1.7
	1	Зенкувати фаску послідовно в 2-х отворах $\varnothing 8$ до $\varnothing 9^{+0,36}$ з кутом 90° Свердло $\varnothing 9$ (заточка цехова кут 90°) 2300-0203		
046	Слюсарна		Верстак слюсарний Плита слюсарна	
	1	Ставити тавро цеху виготовлювача на ступиці стінки на осі отв. $\varnothing 11$ шрифтом ПО-3: - для цеху 21 – цифра «1» - для цеху 16 – цифра «6» або «9» - для цеху 04 – цифра «4». Тавро ДМ-ПВ-1524		
050	Токарна		Токарно-гвинторізний ТВ-320 Пристрій РЛ-4-ПТ-1971	Рис. 1.8
	1	Розточити канавку в отворі $\varnothing 13$ до $\varnothing 17^{+0,5}$, витримавши розміри $3^{+0,25}$, $7 \pm 0,18$		
	2	Притупити задирки в отворі $\varnothing 13$ Шабєр 100 НР-603		
	3	Повторити переходи 1, 2 один раз зробивши одну переустановку		
055	Свердлильна		Настільно-свердлильний 2Н106, Кондуктор РЛ-4-К-2472 Патрон 10-В16	Рис. 1.9
	1	Свердлити послідовно 4 отвори $\varnothing 4,2^{+0,18}$ під різьбу М5-7Н на глибину $7,5^{+0,5}$ без врахування конуса свердла згідно креслення Свердло $\varnothing 4,2$ 2300-7551		
	2	Свердлити послідовно 4 отвори $\varnothing 6,5^{+0,36}$ згідно креслення Свердло $\varnothing 6,5$ 2300-0185		
	3	Свердлити послідовно 3 отвори $\varnothing 3,3^{+0,12}$ під різьбу М4-7Н згідно креслення Свердло $\varnothing 3,3$ 2300-7525		

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
060	Свердлильна		Настільно-свердлильний 2Н106П, Патрон 10-В11	Рис.1.10
	1	Зенкувати фаску 0,3×45° в 4-х отворах Ø6,5 Свердло Ø11 2301-0034		
	2	Зенкувати фаску 1×45° послідовно в 6-х отворах Ø4,2 Зенківка 6-НР-175		
	3	Розсвердлити послідовно 3 отвори Ø3,3 до Ø4,5 ^{+0,3} , витримавши розмір 1±0,15 Свердло Ø4,5 2300-7561		
065	Свердлильна		Настільно-свердлильний 2Н106П, Кондуктор РЛ-4-К-2483 Патрон 10-В11	Рис.1.11
	1	Свердлити отвір Ø3 ^{+0,25} згідно креслення Свердло Ø3 2301-0015		
	2	Повторити перехід 1 раз		
070	Різбонарізна		Різбонарізний ВС-11М Патрон 6-В12	Рис.1.12
	1	Нарізати різьбу М5-7Н послідовно в 4 отворах Ø4,2 на глибину 6±0,15 Мітчик М5-7Н 2640-0037		
	2	Нарізати різьбу М4-7Н послідовно в 3 отворах Ø3,3 Мітчик М4-7Н 2640-0021		
071	Слюсарна		Верстак слюсарний	
	1	Зачистити задирки по торцю уступу Шліфшкурка 2Р 830×50С2 24А40-НМА		
072	Слюсарна		Стіл з витяжною вентиляцією	
	1	Продути деталі стисненим повітрям Пневмопістолет ПЛ-1038		
075	Шліфувальна		Плоскошліфувальний 3Б722 Плита магнітна Плита Ш-1 250×250	Рис.1.13
	1	Шліфувати торець уступу, витримавши розмір 11,05 ^{-0,11} , установивши деталь на поверхню Н		
	2	Шліфувати торець поверхні Н, витримавши розмір 11,05 ^{-0,11} ,		

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
		установивши деталь на торець уступа Круг ПП 450×63×203 24A10- ПС27K2		
	Слюсарна		Стіл з витяжною вентиляцією	
	1	Продути деталі стисненим повітрям Пневмопістолет ПЛ-1038		
080	Контрольна		Стіл контролера	
	1	Контролювати основні розміри		
085	Гальванічна		Пристрій РЛ-4-ПВ- 4913	
	1	Покрити деталі Ц6хр Примітка: 2 отв. Ø11H7 від покриття захистити		

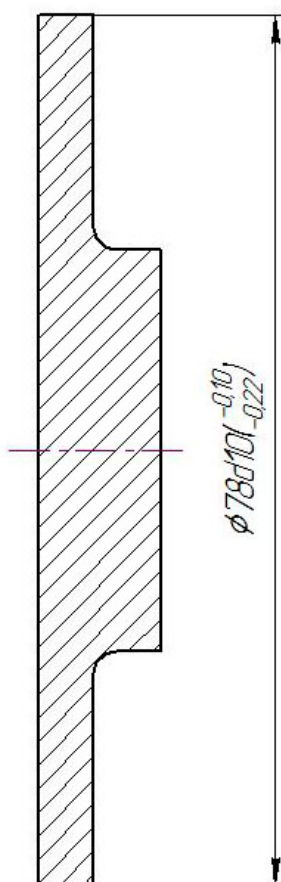


Рисунок 1.2 – Ескіз обробки

					МП.ЛМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

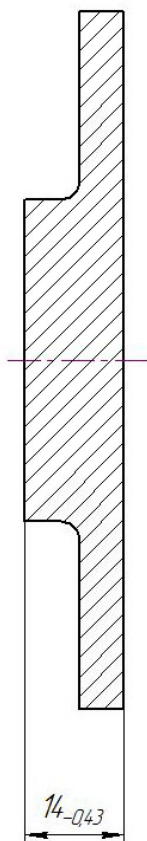


Рисунок 1.3 – Ескіз обробки

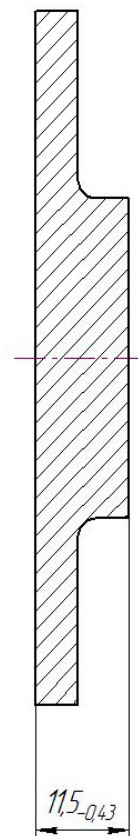


Рисунок 1.4 – Ескіз обробки

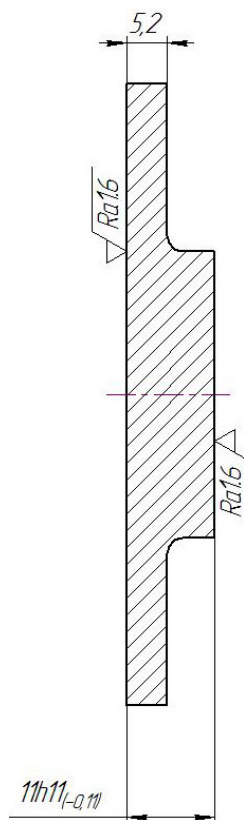


Рисунок 1.5 – Ескіз обробки

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

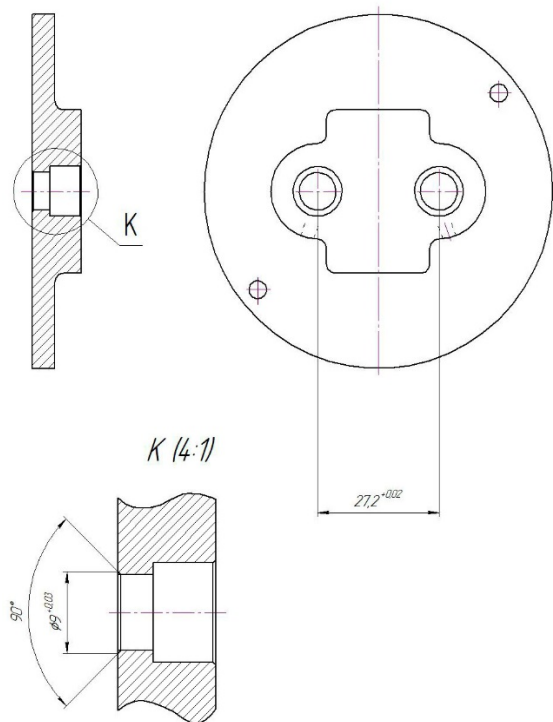


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки

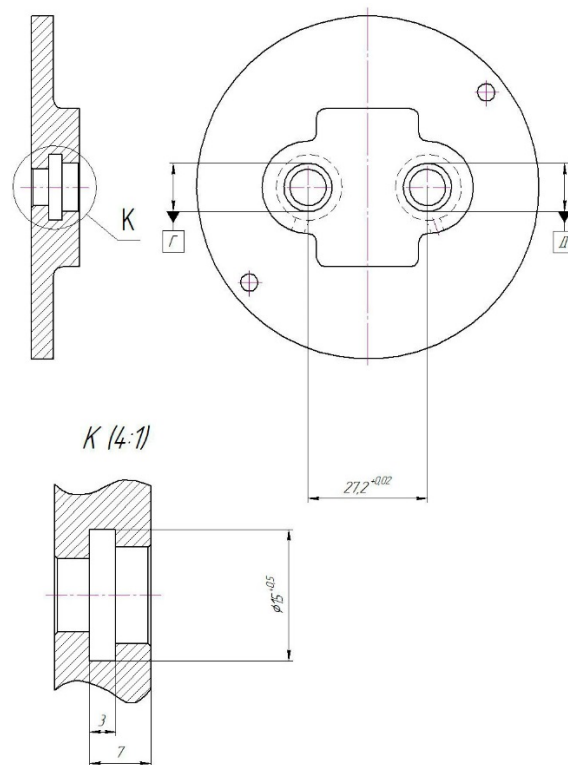


Рисунок 1.8 – Ескіз обробки

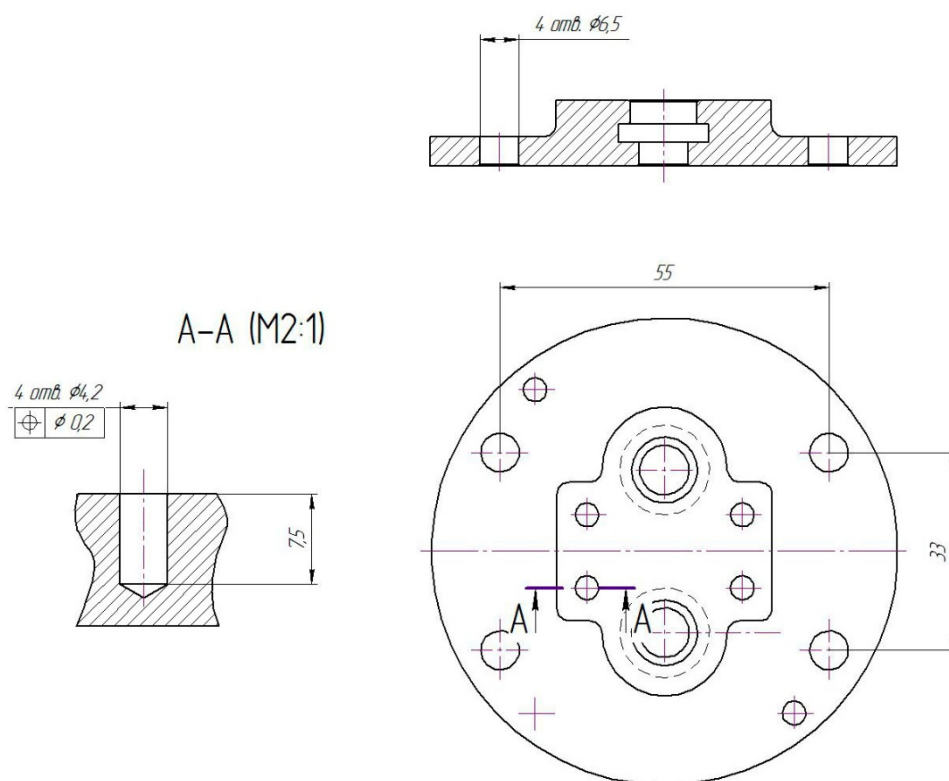


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки

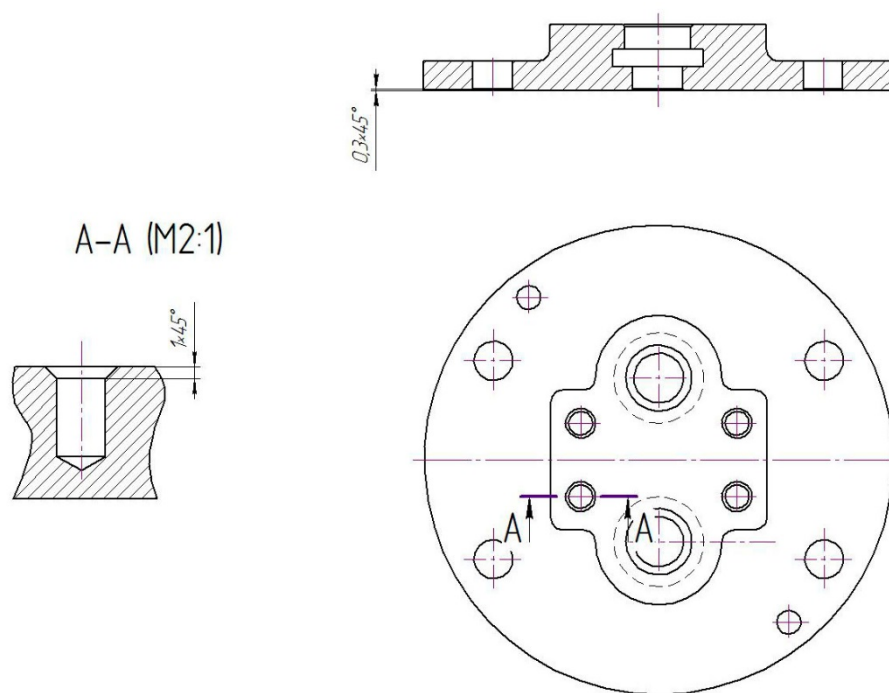


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки

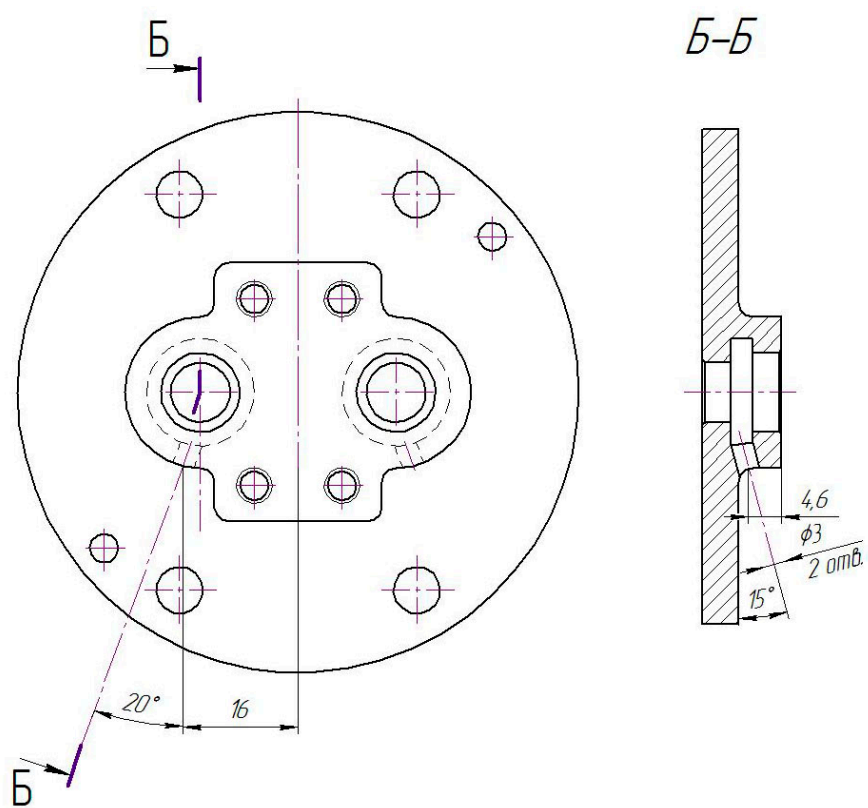


Рисунок 1.11 – Ескіз обробки

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

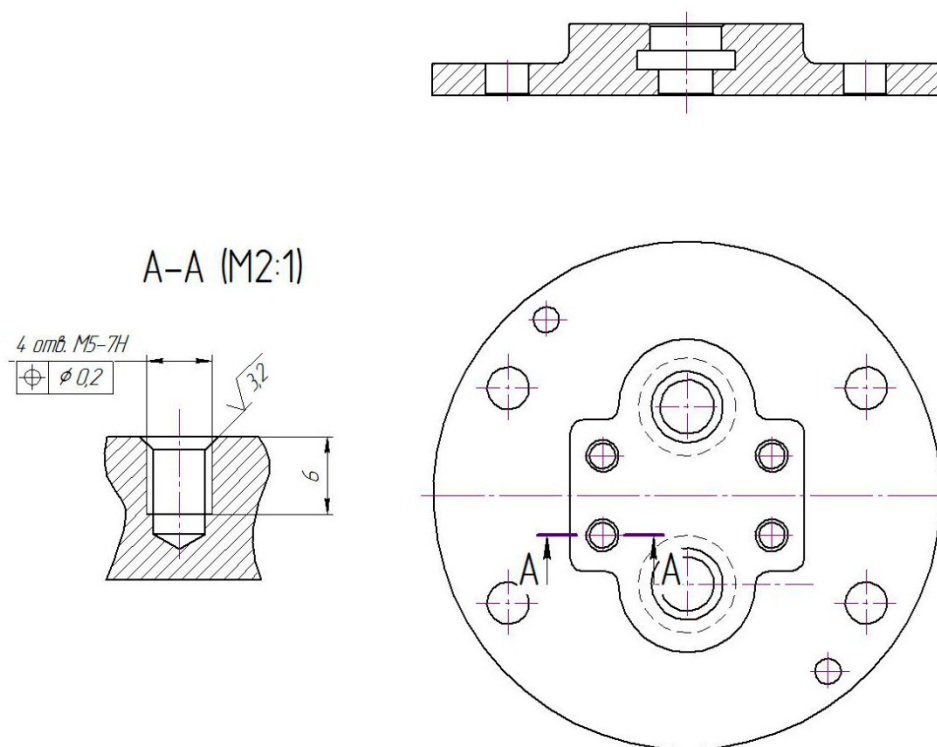


Рисунок 1.12 – Ескіз обробки

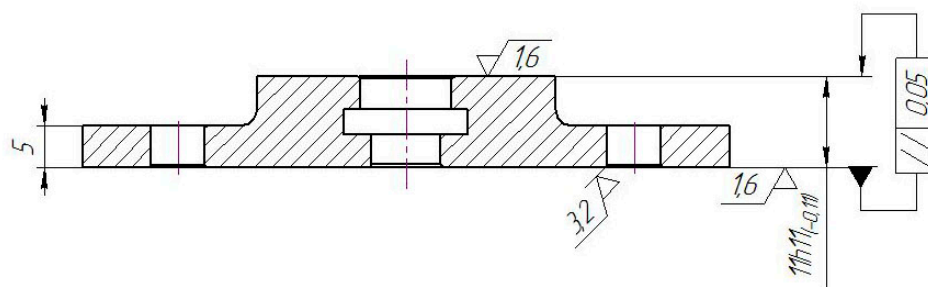


Рисунок 1.13 – Ескіз обробки

Згідно базового техпроцесу заготовка для виготовлення стінки отримується литтям в кокіль з сірого чавуну СЧ-20 ГОСТ 1412-85. Даний метод виготовлення заготовки не є продуктивним при виготовленні даної заготовки.

Проставлені розміри є незручними для користування при розробці схем обробки. Ці недоліки будуть описані нижче при розгляді кожної операції.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

Проведемо критичний аналіз кожної операції:

Операція 020.

На даній операції деталь базується в спеціальний пристрій з самоцентруючими призмиами і обробляється поверхня $\varnothing 78_{-0,22}^{-0,1}$. Ця поверхня є чорною базою оскільки вона отримується при литті заготовки. Принцип суміщення баз не виконується (див. рисунок 1.2), проте вибір даної поверхні є обґрунтованим при виконанні даної операції, оскільки вона є першою. Також невисокі вимоги щодо точності дозволяють застосування вибраної бази.

Обробка ведеться різцем HP-2P-2 із твердосплавною пластинкою ВК8, що дозволяє використовувати стандартні продуктивні режими різання. Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті 1А616, який відповідає параметрам розміру заготовки, точності обробки і складності керування.

Заготовка кріпиться у спеціальному патроні з самоцентруючими призмиами 200 7100-0007. Кулачками у даному патроні є спеціальні призми, застосування яких дає похибку базування рівну 0.

Операція 025

Аналогічна операції 020, але на ній обробляється торець деталі. Також не вдається виконати принцип суміщення баз (див. рисунок 1.3).

Деталь кріпиться також у спеціальному патроні з самоцентруючими призмиами 200 7100-0007.

Операція 030.

На даній операції базовими поверхнями є поверхні 1 і 3, які були оброблені на попередніх операціях. Принцип суміщення баз не виконується, принцип постійності баз виконується. Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті 1А616, який відповідає параметрам розміру заготовки, точності обробки і складності керування.

Обробка ведеться стандартним різцем

Операція 035.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

На даній операції обробляються два торці деталі. Принцип постійності баз не виконується, а принцип суміщення баз неможливо реалізувати для цієї операції.

Обробка проводиться шліфувальним кругом.

Деталь кріпиться на магнітній плиті.

Верстат плоскошліфувальний 3Б722, який відповідає параметрам розміру заготовки, точності обробки і складності керування.

Операція 040.

На даній операції базовими поверхнями є поверхні 3 і 1, що дає можливість виконати принцип постійності баз, вимоги щодо точності отриманих розмірів забезпечується вибором цих баз. Не виконується принцип суміщення баз.

Операція виконується на координатно-розточному верстаті 24К29 СФ4, що не є характерним для середньо-серійного типу виробництва.

Попередня обробка отворів ведеться стандартним інструментом - свердла $\varnothing 4$ 2317-0007, $\varnothing 8$ 2300-0195, $\varnothing 12$ 2301-0039. Проте кінцева обробка цих отворів проводиться інструментом, який виготовлений спеціально для даних операцій - свердло $\varnothing 13,8$ (переточка цехова до $\varnothing 13,6$ кут 90°) 2301-0198. Це потребує додаткових затрат.

Розточка отворів $\varnothing 3,8$ до $\varnothing 4^{+0,012}$, $\varnothing 8$ до $\varnothing 8,3^{+0,058}$ та $\varnothing 12$ до $\varnothing 13^{+0,019}$ проводиться різцями, що є недоцільно, оскільки краще використати зенкери або підібрати інструменти, які будуть відповідати заданій точності обробки.

Деталь кріпиться в трикулачковому патроні. Вимоги за габаритними розмірами, конфігурації та точності обробки деталі задовільняються.

Операція 045

На даній операції базовими поверхнями є поверхні 1 і 2. Принцип постійності баз не виконується, принцип суміщення баз не виконується.

Зенкерування фасок у двох отворах $\varnothing 9^{+0,36}$ ведеться нестандартним різальним інструментом - Свердло $\varnothing 9$ (заточка цехова кут 90°) 2300-0203.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

Операція виконується на настільно-свердлильному верстаті 2М112 із застосуванням патрона 16-В18. Вибір даного обладнання і оснастки відповідає вимогам точності, габаритних розмірів деталі та конфігурації.

Операція 50.

На даній операції базовими поверхнями є поверхні 1 і 3. Принцип постійності баз виконується, принцип суміщення баз не виконується.

Розточування канавки в отворі $\varnothing 13$ до $\varnothing 17^{+0,5}$ ведеться нестандартним різальним інструментом – різець НР-11-1 (заточка цехова до розміру 3).

Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті ТВ-320 із застосуванням спеціального пристрою РЛ-4-ПТ-1971, що дає можливість закріпити заготовку в шпинделі верстата. Використання даної оснастки відповідає технологічним вимогам отримання необхідної точності розмірів.

Похибка точності розмірів збільшується за рахунок переустановлення деталі для свердління другого отвору.

Операція 55.

На даній операції базовими поверхнями є поверхні 1 і 3. Принцип постійності баз виконується, принцип суміщення баз виконується.

Операція виконується на настільно-свердлильному верстаті 2Н106 із застосуванням патрона 10-В16 та кондуктора. Це дозволяє покращити точність розмірів і усуває додаткову операцію центрування даних отворів.

Операція 060.

Принципи постійності та суміщення баз виконуються.

Різальний інструмент стандартний - Свердло $\varnothing 11$ 2301-0034, Свердло $\varnothing 4,5$ 2300-7561, Зенківка 6-НР-175.

Фаску в чотирьох отворах $\varnothing 6,5$ краще було б виконувати зенківкою.

Верстат - настільно свердлильний 2Н106П, пристрій - патрон 10-В11.

Операція 065.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

Принципи постійності та суміщення баз виконуються. Вимоги щодо забезпечення розмірів на даній операції невисокі.

Використовується стандартний інструмент -

Обробка ведеться на настільно-свердлильному верстаті 2Н106п із використанням спеціального кондуктора

Операція 070.

Принципи постійності та суміщення баз виконуються. Вимоги щодо забезпечення розмірів високі.

Різальний інструмент стандартний - Мітчик М5-7Н 2640-0037, Мітчик М4-7Н 2640-0021.

Операція виконується на різьбонарізному верстаті ВС-11М із використанням патрона 6-В12.

Операція 075.

Принципи постійності та суміщення баз виконуються. Вимоги щодо забезпечення розмірів високі.

Операція проводиться на плоскошліфувальному верстаті 3Б722.

Пристроєм служить магнітна плита, а також плита Ш-1 250×250

Інструментом є шліфувальний круг ПП 450×63×203 24А10-ПС27К2.

Таким чином, проаналізувавши базовий техпроцес звертаємо увагу, в першу чергу, на низький ступінь автоматизації виробництва. Це впливає на час виготовлення деталі «Стінка» що, в свою чергу, впливає на вартість виробу. Використання обладнання для виготовлення деталі за параметрами точності, потужності та складності керування підібрано правильно. Проте велика кількість переналагоджень обладнання веде до зменшення продуктивності виготовлення деталей.

В базовому технологічному процесі використовуються пристрої із малим ступенем механізації, що веде до збільшення допоміжного часу при виготовленні

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

деталі. Дані пристрої забезпечують отримання необхідних параметрів точності при виконанні технологічних операцій.

В розглянутому техпроцесі не витримується принцип постійності баз. Також не виконується принцип суміщення баз. Але при цьому досягається необхідна точність обробки та точність взаємного розміщення поверхонь деталі. Чистові та чорнові бази були вибрані раціонально (дивись ескізи обробки рисунки 1.2 – 1.13).

Послідовність досягнення точності деталі була запропонована технологічно правильно. Але обробка деталі вимагає постійного переустановлення заготовки та використання великої кількості верстатів і оснастки. Це впливає на точність та вартість деталі і зменшує продуктивність обробки.

У технологічному процесі застосовується як стандартний, так і спеціальний різальний інструмент. Вибрані режими різання відповідають рекомендованим величинам.

Два отвори із розмірами $\varnothing 8,3^{+0,058}$, які виготовляються на операції 040 використовуються як база для більшості операцій технологічного процесу, що в певній мірі забезпечує виконання принципу постійності баз.

Технологічний процес характеризується великою кількістю вертикально-свердлильних операцій, що виконуються на різних верстатах та потребують великої кількості технологічного оснащення та постійних переустановлень деталі, що впливає на точність обробки.

Із врахуванням цих недоліків пропонуються наступні зміни технологічного процесу.

Для матеріалу заготовки замінимо сірий чавун СЧ20 на алюміній АК12 та замінимо спосіб виготовлення заготовки з лиття в кокіль на лиття під тиском, що обґрунтовано в розділі 1.4.2.

Із вибором заготовки пропадає необхідність у переходах в операції 040 пов'язаних з centruванням та свердлінням двох отворів $\varnothing 8$.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Для забезпечення заданої шорсткості торців деталі Ra1,6 достатньо буде використати тонке точіння та торцеве фрезерування.

Операції 040, 045, 050, 055, 060, 070 об'єднати в одну та виконати її на металообробному центрі HURCO VXC248 із застосуванням спеціального пристрою, який має самоцентруючі призми.

Також пропонується два отвори $\varnothing 4H7$ виконати попередньо перед рештою отворів та використати їх як установчі бази з базуванням на пальці.

Це значно скоротить кількість верстатів і пристроїв для закріплення заготовки у кожній з об'єднаних операцій, що, в свою чергу, зменшить кількість встановлень деталі і налагодження верстатів. Дані зміни скоротять час на виготовлення деталі, а, отже, і вартість виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724.222.013».

1.4.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

За базовим технологічним процесом заготовку для деталі «Стінка 562.М.Т.724.222.013» отримують литтям в кокіль. Цей метод є досить продуктивним з достатньо високим коефіцієнтом використання матеріалу. Недоліком даного методу є низька стійкість кокіля при виготовленні виливків з чорних сплавів та відбілювання чавунів, що призводить до необхідності додаткової термічної обробки.

Розглянемо альтернативний спосіб отримання заготовки. Заготовку на дану деталь можна отримати литтям під тиском. Даний спосіб є доцільним для середньо-серійного типу виробництва. Суть способу полягає у тому, що рідким металом примусово під тиском заповнюють металеву прес-форму. Тиск підтримується до повної кристалізації виливка. Примусове живлення виливка рідким металом усуває можливість утворення усадкових раковин, пористості та не потребує встановлення прибутків. Прискорена кристалізація металу зумовлює утворення дрібнозернистої структури. Крім того, це дозволить зменшити трудомісткість виготовлення деталі за рахунок підвищення точності та

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

шорсткості поверхонь деталі, оскільки необхідні параметри контуру поверхні деталі будуть забезпечуватись точністю виготовлення порожнини форми.

Також для заданого середньо-серійного типу виробництва отримувати заготовку литтям в кокіль не вигідно, тому що виникає потреба в наступній механічній обробці для виступу всередині деталі. Пропонований спосіб отримання заготовки литтям під тиском дозволить не застосовувати фрезерну операцію при обробці виступу, а також підвищить точність та зменшить шорсткість поверхонь.

Для оцінки варіантів виготовлення заготовки порівнюємо базовий варіант лиття в кокіль із альтернативним - литтям під тиском.

Для цього визначаємо об'єм і масу заготовки та коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{вм}}$.

а) визначення $K_{\text{вм вир}}$ при литті заготовки в кокіль

$K_{\text{вм вир}} = \frac{m_d}{m_z}$, де m_d – маса деталі, m_z – маса заготовки.

Відповідні значення мас отримуємо з параметрів тривимірних моделей деталі та заготовки (рисунки 1.14, 1.15).

Маємо $m_d = 74,76$ г, $m_z = 123,19$ г.

Тоді $K_{\text{вм вир}} = \frac{74,76}{123,19} \approx 0,61$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

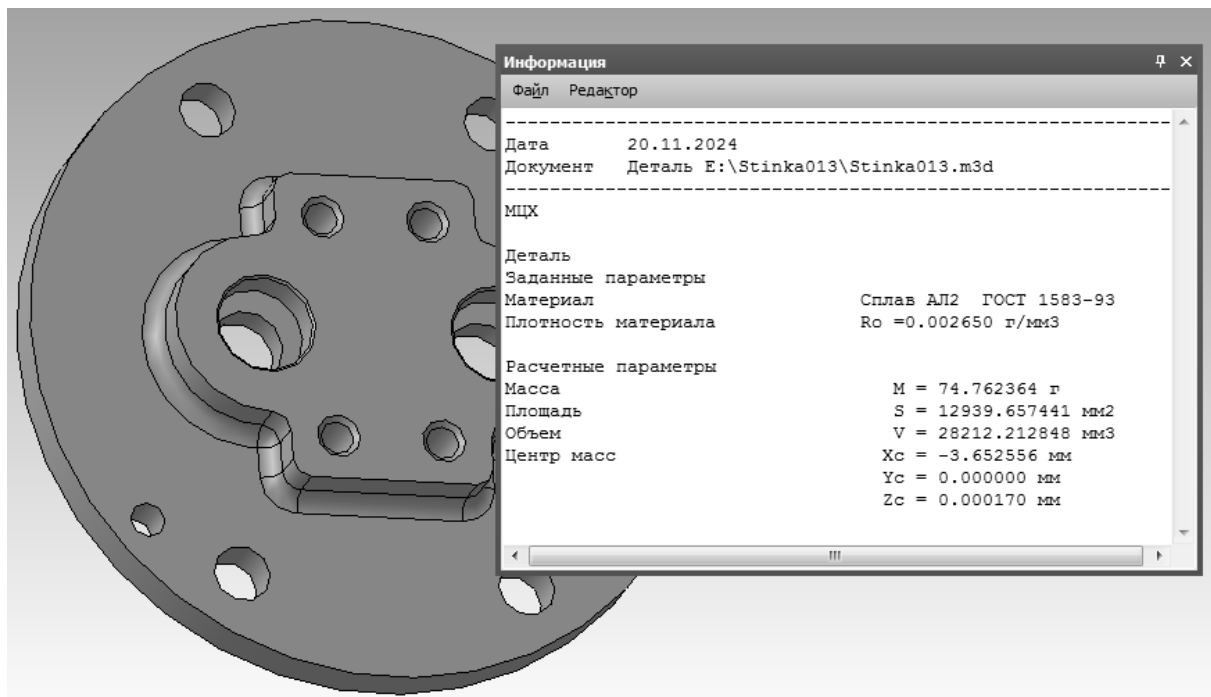


Рисунок 1.14 – Характеристики деталі

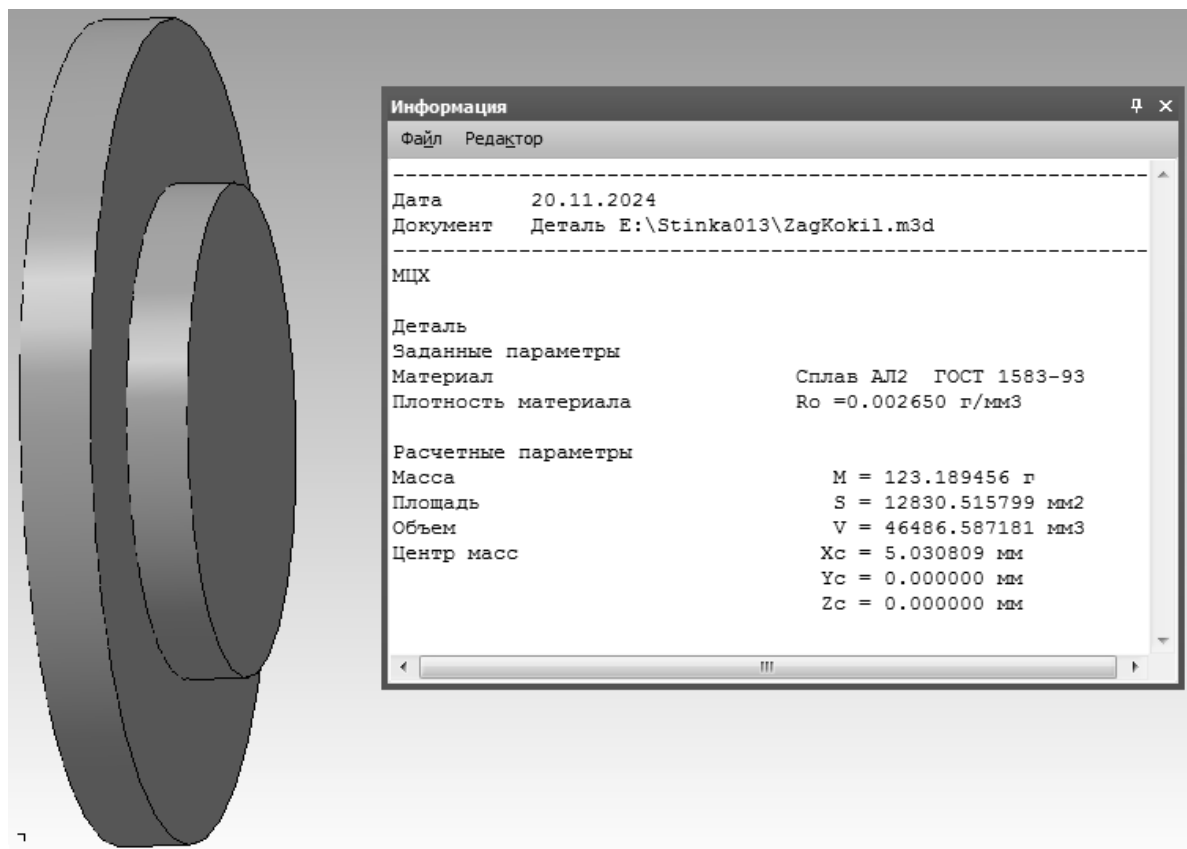


Рисунок 1.15 – Характеристики заготовки при литті в кокіль

б) визначення $K_{\text{вм вир}}$ при литті заготовки під тиском.

ДСТУ 8981:2020 (введений зі скасуванням в Україні ГОСТ 26645-85) встановлює 22 класи точності розмірів і мас (1, 2, 3т, 3, ..., 16) виливків з металів

					MP.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

та сплавів. Клас точності встановлюється конструктором в залежності від призначення деталі, типу металу (сплаву), способу лиття, типу виробництва та ін.

З таблиці 2.3, с.11 [19] встановлюємо характеристики виливка: клас точності – 3, ряд припусків – 1.

Визначаємо найменшу товщину стінки в залежності від механічних та технологічних властивостей сплаву, конфігурації та габаритних розмірів деталі, способу її отримання. Для лиття під тиском згідно таблиці 2.4, с.35 [19] найменша товщина стінки буде 1,5 мм.

При литті під тиском отвори у виливках можуть бути отримані без наступної механічної обробки. Мінімальний діаметр отворів при литті алюмінію згідно таблиці 2.5, с.17 [19] становить 2,5 мм.

Отже, в ливарній заготовці будемо виконувати отвори $\varnothing 6,5$ мм та $\varnothing 8,3$ мм.

За таблицями 2.7, с.19 [19] та 2.8, с.20 [19] на оброблювані поверхні визначаємо припуски з урахуванням характеристик виливка, розмірів та якості точності деталі після обробки:

- на поверхню 1 для розміру $\varnothing 78$ мм припуск 0,4 мм на сторону. Таким чином, розмір виливка з врахуванням допуску (табл. 2.7, с.19 [19]) буде $\varnothing 78,8 \pm 0,1$ мм;

- на розмір 11 мм – припуск 0,2 мм на сторону. Розмір виливка $11,4 \pm 0,05$ мм;

- на розмір 8,3 мм – припуск 0,2 мм на сторону. Розмір виливка $7,9 \pm 0,05$ мм.

На решту розмірів виливка встановлюємо напуски.

Поверхні заготовки повинні мати ливарні ухили, які необхідні для полегшення виймання моделі та заготовки з форми. Величини та напрями ливарних ухилів повинні бути узгоджені з лініями рознімання форми. Ухили стержневих знаків встановлюються згідно таблиці 13 розділу 2 міждержавного стандарту ГОСТ 3212-92.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

Ливарні ухили встановлюємо за рекомендаціями табл. 2.7, с.19 [19]. Враховуючи матеріал виливка – силумін – приймаємо ливарні ухили 1% від висоти виливка.

Задаємо радіуси заокруглень $R=1$ мм.

Робимо креслення заготовки, на якому тонкою лінією зображаємо конури деталі. Створюємо 3D модель виливка для визначення характеристик заготовки при литті під тиском (рисунок 1.16).

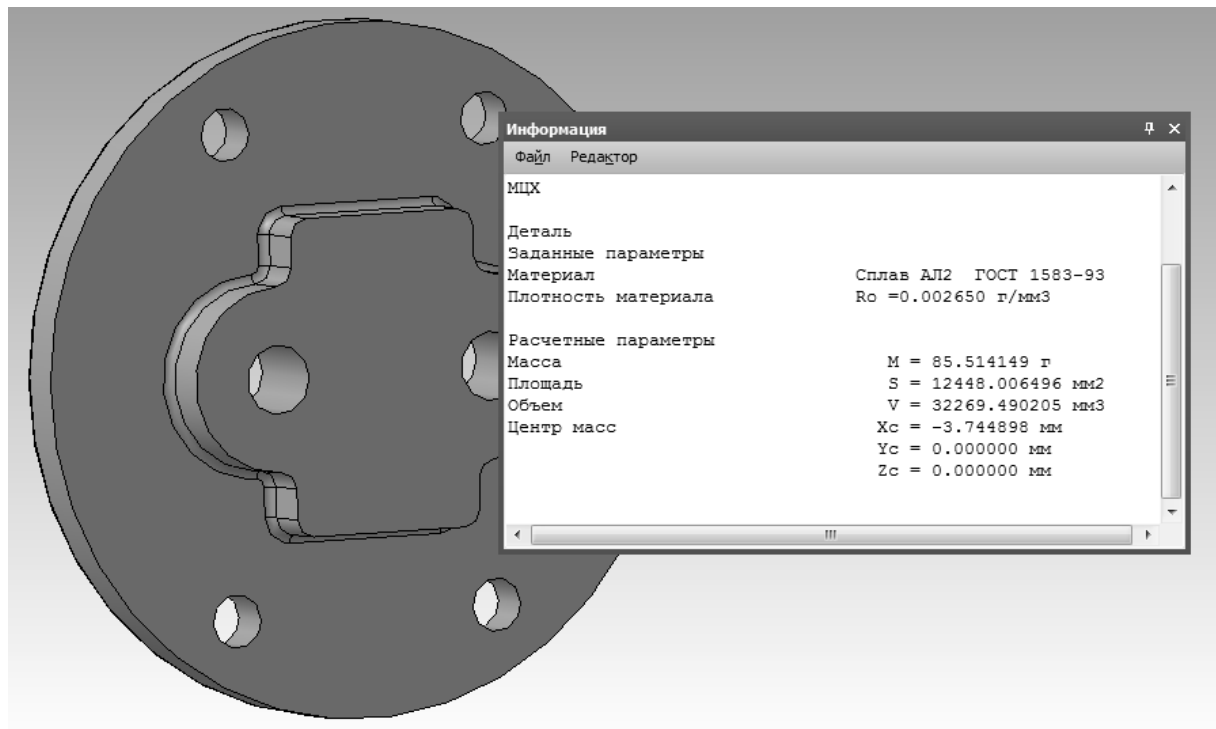


Рисунок 1.16 – Характеристики заготовки при литті під тиском

$K_{\text{вм вир}} = \frac{m_d}{m_z}$, де m_d – маса деталі, m_z – маса заготовки.

Відповідні значення мас отримуємо з параметрів тривимірних моделей деталі та заготовки (рисунок 1.14, 1.16).

Маємо $m_d = 74,76$ г, $m_z = 85,51$ г.

Тоді $K_{\text{вм вир}} = \frac{74,76}{85,51} \approx 0,87$

Коефіцієнт використання матеріалу при литті під тиском $K_{\text{вм вир}} = 0,87$ більший, ніж при литті в кокіль $K_{\text{вм вир}} = 0,61$. Тому отримувати заготовку литтям під тиском ефективніше, ніж литтям у кокіль.

Для остаточного визначення способу отримання заготовки виконаємо економічне обґрунтування.

Вартість заготовок, отриманих методами лиття можна визначити за формулою [3], с.31:

$$S_3 = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{від}}}{1000}$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, обсягів випуску;

Q – маса заготовки;

q – маса готової деталі;

$S_{\text{від}}$ – ціна 1 т відходів.

Значення величин вибираємо по [3], с.31-35 і заносимо в таблицю 1,6

Таблиця 1.6 – Порівняльна таблиця параметрів видів лиття

Параметри	Лиття в кокіль	Лиття під тиском
C_i	747630	1036800
Q	0,1	0,082
k_T	1,05	1,00
k_C	0,83	0,84
k_B	0,93	1,14
k_M	1,22	1,00
k_{Π}	1,00	1,00
q	0,075	0,075
$S_{\text{від}}$	37000	37000
S_3	72,15	81,01

Підставляємо значення коефіцієнтів і решти параметрів у формулу та отримуємо вартість заготовки для кожного виду лиття:

Лиття в кокіль:

$$S_3 = \left(\frac{747630}{1000} \cdot 0,1 \cdot 1,05 \cdot 0,83 \cdot 0,93 \cdot 1,22 \cdot 1,00 \right) - (0,123 - 0,075) \cdot \frac{37000}{1000} = 72,15 \text{ грн}$$

Лиття під тиском:

$$S_3 = \left(\frac{1036800}{1000} \cdot 0,082 \cdot 1,00 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \right) - (0,086 - 0,075) \cdot \frac{37000}{1000} = 81,01 \text{ грн}$$

Різниця у вартості заготовок становить 8,86 грн., що є незначною, зважаючи на високу точність заготовки, отриманої литтям під тиском, що дає значну економію у вартості подальшої обробки.

Отже, приймаємо спосіб отримання заготовки – лиття під тиском.

1.4.3 Вибір технологічного обладнання для виробництва

Технологічне обладнання вибираємо, враховуючи оброблювану деталь, необхідний вид обробки та економічні параметри. Серед наявного на вітчизняному ринку обладнання досить розповсюдженими є верстати Comtak - польського виробника, який має вже понад 20-річний досвід на ринку.

Токарні верстати Comtak з високою швидкістю та точністю призначені для напівчистої та чистої обробки деталей різного виду: валів, дисків, втулок. Вони забезпечують високу ефективність, високу точність обробки та великі обсяги. Токарний верстат з ЧПК Comtak 320x500 SAM6 (рисунок 1.17) має такий функціонал:

- обробка зовнішніх поверхонь;
- розточування отворів;
- розточування внутрішніх криволінійних поверхонь конічної форми;
- обробка зовнішнього та внутрішнього різьблення;
- обробка дуг;
- розгортання отворів;

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- швидкісна обробка чорних та кольорових металів.



Рисунок 1.17 – Токарний верстат з ЧПК Cormak 320x500 SAM6

Технічні параметри верстата подані в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічні параметри верстата Cormak 320x500 SAM6

Система ЧПК	SINUMERIK 808D
Макс. діаметр обробки над станиною	320 мм
Макс. діаметр обробки над станиною, мм	320 мм
Макс. діаметр обробки над супортом	160 мм
Макс. діаметр обробки над супортом, мм	160 мм
Макс. довжина обробки	500 мм
Відстань між центрами, мм	500 мм
Діаметр отвору шпинделя	ø32 мм
Діапазонів обертів шпинделя	100 – 2500 об/хв
Потужність головного приводу	2,2 кВт
Потужність двигуна	2,2 кВт
Конус пінолі задньої бабки	MT5
Кількість інструментів	6 шт
Розмір перерізу державки різця	16x16 мм
Діапазон ходу пінолі задньої бабки	100 мм
Габаритні розміри	2370x1420x2000 мм
Вага	950/1300 кг

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У стандартну комплектацію верстата входить:

- система ЧПК SINUMERIK 808D
- сервоприводи SIEMENS
- ручний 3-кулачковий токарний патрон
- ручна задня бабка
- 4-позиційна револьверна головка (опція 6-позиційна)
- комплект м'яких губок
- автоматична система змащення шестерень та напрямних
- система охолодження
- галогенове освітлення 24В

Для забезпечення виконання фрезерних та свердлильних операцій вибираємо триосьовий оброблюючий центр HURCO VMX248 (рисунок 1.18).



Рисунок 1.18 – Триосьовий оброблюючий центр HURCO VMX248

HURCO – відомий виробник металообробного обладнання з США і є лідером у галузі верстатів з ЧПК протягом 45 років із зареєстрованими 80 патентами на технологію програмного забезпечення для верстатів.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

Технічні параметри верстата подані в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8– Технічні параметри верстата HURCO VMX248

Переміщення по осях X, Y, Z	610 x 508 x 610 мм
Розмір Т-подібного паза	5x18 мм
Максимально допустиме навантаження	1500 кг
Поверхня столу	760 x 508 мм
Відстань між шпинделем і столом	152 мм
Пікова кількість обертів шпинделя	12 000 об/хв
Пікова потужність двигуна шпинделя	9 кВт
Максимальний крутний момент двигуна шпинделя	95 Нм при 900 об/хв
Тип інструментів	CAT/BT 40
Кількість інструментів	30
Максимальний діаметр інструменту	80 мм
Максимальна довжина інструменту	300 мм
Максимальна вага інструменту	7 кг
Швидкості вздовж осей X, Y, Z	30, 30, 20 м/хв
Максимальна програмована швидкість подачі	20 м/хв
Потрібна площа	3816 x 4030 мм
Висота машини	2708 мм
Вага машини	4 550 кг
Тип машини	3-осьовий обробний центр

1.4.4 Техніко-економічне обґрунтування вибору проектного маршруту механічної обробки

Виходячи з аналізу технологічності деталі (п.1.2), з аналізу базового технологічного процесу та висновків з нього (п.1.4), розроблено наступний технологічний процес обробки деталі (таблиця 1.9).

Таблиця 1.9 – Опис проектного технологічного процесу механічної обробки деталі «Стінка 562.М.Т.724.222.013»

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
010	Токарна з ЧПК		Токарний з ЧПК Cormak 320x500 SAM6 Патрон з само- центруючими призмами	Рис.1.19
	1	Точити торець $\varnothing 78,8$ до $\varnothing 78_{-0,22}^{-0,1}$ Різець прохідний ДСТУ ГОСТ 18880:2008 ВКЗ		
	2	Підрізати торець, витримавши розмір $11,2_{-0,02}$ Різець прохідний ДСТУ ГОСТ 18880:2008 ВКЗ		
015	Свердлильно-фрезерно-розточувальна		Свердлильно- фрезерно- розточувальний HURCO VMX248 Пристрій спеціальний	Рис.1.20
	1	Фрезерувати торець, витримавши розмір $11_{-0,11}$ Фреза торцева насадна ДСТУ ГОСТ 24359:2008 ВКЗ		
	2	Свердлити 2 отвори $\varnothing 3$, витримавши розміри 54, 43,3 Свердло $\varnothing 3$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008 ВКЗ		
	3	Розсвердлити 2 отвори $\varnothing 3$ до $\varnothing 4H7$, витримавши розміри 54, 43,3. Свердло $\varnothing 4$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008 ВКЗ		
	4	Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 7,9$ до $\varnothing 8,3^{+0,058}$, витримавши розміри $7 \pm 0,18$, $27,2^{+0,02}$ Різець розточний ДСТУ ГОСТ 18063:2008 ВКЗ		
	5	Точити фаску послідовно в 2-х отворах $\varnothing 8$ до $\varnothing 9^{+0,36}$, витримавши кут 90° Різець розточний ДСТУ ГОСТ 18063:2008 ВКЗ		
	6	Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 8,3$ до $\varnothing 10^{+0,22}$ на глибину $7 \pm 0,18$ витримавши розмір $27,2^{+0,02}$ Різець розточний ДСТУ ГОСТ 18063:2008 ВКЗ		

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
	7	Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 10$ до $\varnothing 11^{+0,018}$, витримавши розміри $7 \pm 0,18$, $27,2^{+0,02}$ Різець розточний ДСТУ ГОСТ 18063:2008 ВКЗ		
	8	Точити фаску послідовно в 2 отворах $\varnothing 11$ до $\varnothing 11,6$ з кутом 45° . Різець розточний ДСТУ ГОСТ 18063:2008 ВКЗ		
	9	Розточити канавки в отворах $\varnothing 11$ до $\varnothing 15^{+0,5}$, витримавши розміри $3^{+0,25}$, $7 \pm 0,18$ Різець спеціальний канавковий ДСТУ ГОСТ 18885:2008 ВКЗ		
	10	Свердлити 8 отворів $\varnothing 4$: 4 отвори під різьбу М5-Н7 та 4 – під отвори $\varnothing 6,5$ Свердло $\varnothing 4$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008 ВКЗ		
	11	Розсвердлити 4 отвори $\varnothing 4$ до $\varnothing 6,5^{+0,36}$, витримуючи розміри 55 та 33 Свердло $\varnothing 6,5$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008 ВКЗ		
	12	Зенкувати фаску $1 \times 45^\circ$ послідовно в 4-х отворах $\varnothing 4$ Зенківка $\varnothing 6$ ДСТУ ГОСТ 21543:2008 ВКЗ		
	13	Зенкувати фаску $0,3 \times 45^\circ$ в 4-х отворах $\varnothing 6,5$ Зенківка $\varnothing 7$ ДСТУ ГОСТ 21543:2008 ВКЗ		
	14	Свердлити послідовно 3 отвори $\varnothing 3,3^{+0,12}$ під різьбу М4-7Н згідно креслення Свердло $\varnothing 3,3$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008 ВКЗ		
	15	Розсвердлити послідовно 3 отвори $\varnothing 3,3$ до $\varnothing 4,5^{+0,3}$, витримавши розмір $1 \pm 0,15$		

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

№ операції		Назва операції	Верстат, пристрій, оснастка	Ескізи обробки
№ переходу		Основні технологічні переходи, інструмент		
1	2	3	4	5
		Свердло Ø4,5 ДСТУ ГОСТ 4010:2008 ВКЗ		
	16	Нарізати різьбу М5-7Н послідовно в 4 отворах Ø4,2 на глибину $6 \pm 0,15$ Мітчик М5-7Н ДСТУ ГОСТ 3266:2008		
	17	Нарізати різьбу М4-7Н послідовно в 3 отворах Ø3,3 Мітчик М4-7Н ДСТУ ГОСТ 3266:2008		
	18	Свердлити послідовно 2 отвори $\text{Ø}3^{+0,25}$ згідно креслення Свердло Ø3 ДСТУ ГОСТ 886:2008 ВКЗ		
020	1 Контрольна		Стіл контролера	
		Контролювати основні розміри		

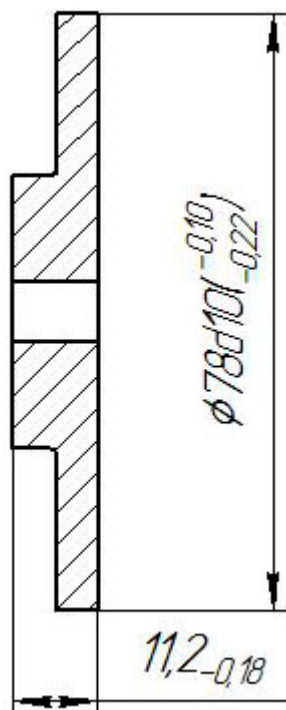


Рисунок 1.19 – Ескіз обробки

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44



МР.ПМК-637.00.000 ПЗ

1.4.5 Розрахунок режимів різання

Операція 010 Токарна з ЧПК

Перехід 1. Точити торець $\varnothing 78,8$ до $\varnothing 78_{-0,22}^{-0,1}$

Різець прохідний ДСТУ ГОСТ 18880:2008

Визначаємо глибину врізання різця:

$$t = (D - d)/2 = (78,8 - 78)/2 = 0,4 \text{ мм},$$

де t – глибина різання, мм.

D – діаметр оброблювальної поверхні (заготовки), мм;

d – діаметр обробленої поверхні, мм.

Значення подачі вибирається залежно від виду та умов оброблення (чорнове обточування), глибини різання $t=0,4$ мм та діаметра заготовки $\varnothing 78,8$ мм за таблицями значень рекомендованих подач із відповідної нормативно-довідкової літератури [13].

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,46 \text{ мм/об}$ [13, табл. 26, ст.237].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s0} :

$K_{s01}=1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{s02}=0,8$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{s03}=1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{s04}=1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує вплив термообробки;

$K_{s05}=0,83$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{s06}=1,25$ – поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу [13, табл. 30, ст.239].

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

Отже, загальний поправковий коефіцієнт на подачу K_{so} при обточуванні $\varnothing 78,8$ мм:

$$K_{so} = K_{so1} \cdot K_{so2} \cdot K_{so3} \cdot K_{so4} \cdot K_{so5} \cdot K_{so6} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,83.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{op} = S_{on} \cdot K_{so} = 0,46 \cdot 0,83 = 0,38 \text{ мм/об.}$$

де S_{on} – нормативна обертова подача;

K_{so} - загальний поправковий коефіцієнт на подачу.

Приймаємо подачу за паспортом верстата S_o : $S_o < 1,1 \cdot S_{op}$ (при дискретному регулюванні): подачу обирають найближчою найменшою з числа тих, що є у паспортних даних верстату. Якщо механізмом верстату забезпечується безступінчасте регулювання подачі, то для подальших розрахунків приймається розраховане значення. Отже, $S_o = S_{op} = 0,38$ мм/об.

Знаходимо розрахункове значення швидкості V_p як добуток нормативного значення V_n і загального поправкового коефіцієнта на швидкість:

$$V_p = V_n \cdot K_v,$$

де V_n – нормативне значення швидкості;

K_v - загальний поправковий коефіцієнт на швидкість.

Нормативне значення швидкості $V_n = 364$ м/хв [13, табл. 32, ст.241].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи токарних різців:

$K_{v1} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{v2} = 1,15$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{v3} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує головний кут в плані токарного прохідного різця;

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

$K_{v4} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вид токарної обробки (обточування);

$K_{v5} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{v6} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{v7} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вплив технологічного середовища [13, табл. 35, ст.242].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість визначається за формулою:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,828.$$

$$V_p = 364 \cdot 0,828 = 301,4 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо значення частоти обертання шпинделя n_p за розрахунковою швидкістю V_p і діаметром обробляння $\varnothing 78,8$ мм:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d$$

$$n_p = 1000 \cdot 301,4 / 3,14 \cdot 78,8 = 1218 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 1000$ об/хв.

Швидкість різання V визначаємо за формулою:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000,$$

де d - діаметр деталі на попередній операції чи попередньому переході механічного обробляння, $d = \varnothing 78,8$ мм;

n – кількість обертів шпинделя верстату.

$$V = 3,14 \cdot 78,8 \cdot 1000 / 1000 = 247,4 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки t_o визначається за формулою:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n,$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{\text{вв}} = 5 + 2 = 7$;

$l = 5$ – довжина оброблюваної поверхні, мм ;

$l_{\text{вв}} = 2$ – довжини врізання та виходу різця на робочій подачі, мм.

[14, Карта 1.46, ст.133].

$t_0 = 7 \cdot 1 / 0,38 \cdot 1000 = 0,02$ хв.

Перехід 2. Підрізати торець, витримавши розмір $11,2_{-0,02}$

Різець прохідний ДСТУ ГОСТ 18880:2008

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,46$ мм/об [13, табл. 26, ст.237].

Загальний поправковий коефіцієнт на подачу K_{s_0} при підрізанні торця, в розмір $11,2_{-0,02}$ мм:

$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} \cdot K_{s_{06}} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,83$.

$S_{\text{ор}} = S_{\text{он}} \cdot K_{s_0} = 0,46 \cdot 0,83 = 0,38$ мм/об.

$S_0 = S_{\text{ор}} = 0,38$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 316$ м/хв [13, табл. 32, ст.241].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість:

$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2$.

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 316 \cdot 1,2 = 379,4$ м/хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами торця $\varnothing 78,8 / \varnothing 11$ мм:

$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 379,4 / 3,14 \cdot 78,8 = 1533$ об/хв.

Приймаємо $n = 1000$ об/хв.

Фактична швидкість різання V :

$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000$;

$V = 3,14 \cdot 78,8 \cdot 1000 / 1000 = 247,4$ м/хв.

Основний час обробки торця t_0 :

$t_0 = L \cdot i / S_0 \cdot n = 39,5 \cdot 1 / 0,38 \cdot 1000 = 0,1$ хв.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

$l=(78-11):2=33,5$ - довжина оброблюваної поверхні, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{\text{вв}}=33,5+6=39,5\text{мм}$;

$l_{\text{вв}} = 3$ – довжини врізання та виходу різця на робочій подачі, мм.

[14, Карта 1.46, ст.133].

Операція 015 Свердлильно-фрезерно-розточувальна

Перехід 1. Фрезерувати торець, витримавши розмір $11_{-0,11}$

Фреза торцева насадна ДСТУ ГОСТ 24359:2008

В даному випадку весь припуск доцільно зняти за один хід фрези. Основними факторами, які визначають подачу на зуб фрези, є міцність зуба та жорсткість системи ВПД.

Нормативне значення подачі на зуб: $S_{\text{зн}} = 0,3$ мм/зуб [13, табл.110, ст.303].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти подачі на зуб фрези K_{S_z} :

$K_{S_{z1}} = 1$ - поправковий коефіцієнт подачі на зуб фрези, який враховує тип фрези;

$K_{S_{z2}} = 0,85$ - поправковий коефіцієнт подачі на зуб фрези, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{S_{z3}} = 0,57$ - поправковий коефіцієнт подачі на зуб фрези, який враховує якість оброблюваної поверхні;

$K_{S_{z4}} = 1$ - поправковий коефіцієнт подачі на зуб фрези, який враховує форму оброблюваної поверхні [13, табл. 114, ст.305].

Отже, загальний поправковий коефіцієнт подачі на зуб фрези K_{S_z} при торцевому фрезеруванні:

$$K_{S_z} = K_{S_{z1}} \cdot K_{S_{z2}} \cdot K_{S_{z3}} \cdot K_{S_{z4}} = 1 \cdot 0,85 \cdot 0,57 \cdot 1 = 0,48$$

Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_{\text{зр}} = S_{\text{зн}} \cdot K_{S_z};$$

$$S_{\text{зр}} = 0,3 \cdot 0,48 = 0,144 \text{ мм/зуб. Приймаємо } S_z = 0,13 \text{ мм/зуб.}$$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

Подача на оберт фрези : $S_o = S_z \cdot Z$,

де Z – кількість зубів фрези.

$S_{op} = 0,13 \cdot 8 = 1,04$ мм/об. Приймаємо $S_{op} = 1$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 640$ м/хв [13, табл.115, ст.307].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи торцевих фрез:

$K_{v1} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{v2} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{v3} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{v4} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує типову схему фрезерування;

$K_{v5} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{v6} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує умови обробки;

$K_{v7} = 1,1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує співвідношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

$K_{v8} = 1,1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує головний кут в плані торцевої фрези [13, табл.118, ст.308].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість визначається за формулою:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7} \cdot K_{v8}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 0,726.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 640 \cdot 0,726 = 465$ м/хв.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і діаметром фрези:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 465 / 3,14 \cdot 30 = 4936 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n=2900$ об/хв.

Основний час фрезерування t_0 визначається за формулою:

$$t_0 = 0,0059 \cdot l = 0,0059 \cdot 36 = 0,2 \text{ хв.}$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 36 + 8 = 44$;

$l = 36$ – довжина оброблюваної поверхні, мм ;

$l_{вв} = 8$ – довжини врізання та виходу фрези на робочій подачі, мм.

Перехід 2. Свердлити 2 отвори $\varnothing 3$.

Свердло $\varnothing 3$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008

Глибина різання при свердлінні: $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 3 = 1,5$ мм.

Визначаємо II групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{он} = 0,04$ мм/об [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s0} :

$K_{s01} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує глибину отвору;

$K_{s02} = 0,75$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{s03} = 1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{s04} = 1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує тип отвору;

$K_{s05} = 1,52$ – поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу [13, табл.65, ст.267].

Отже, загальний поправковий коефіцієнт на подачу K_{s0} при свердлінні отвору $\varnothing 3$ мм:

$$K_{s0} = K_{s01} \cdot K_{s02} \cdot K_{s03} \cdot K_{s04} \cdot K_{s05} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{op} = S_{on} \cdot K_{S_0} = 0,04 \cdot 1,368 = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Отже, $S_0 = S_{op} = 0,05 \text{ мм/об.}$

Нормативне значення швидкості $V_n = 45 \text{ м/хв}$ [13, табл. 66, ст.268].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла:

$K_{v1} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{v2} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{v3} = 0,9$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує тип отвору;

$K_{v4} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує умови обробки;

$K_{v5} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує стійкість свердла;

$K_{v6} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує глибину свердління.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість визначається за формулою:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 45 \cdot 0,778 = 35 \text{ м/хв.}$

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору $\varnothing 3$:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 35 / 3,14 \cdot 3 = 3715 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 2900 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

$$V = 3,14 \cdot 3 \cdot 2900 / 1000 = 27,3 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки отвору $\varnothing 3$:

$$t_0 = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,05 \cdot 2900 = 0,1 \text{ хв.}$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

$l = 5$ - глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{\text{вв}} = 5 + 4 = 9 \text{ мм}$;

$l_{\text{вв}} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Відповідно, основний час обробки двох отворів $\varnothing 3$ становить 0,2хв.

Перехід 3. Розсвердлити 2 отвори $\varnothing 3$ до $\varnothing 4 \text{ H7}$.

Свердло $\varnothing 4$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008

Глибина різання при розсвердлюванні: $t = (D - d) : 2 = (4 - 3) : 2 = 0,5 \text{ мм}$.

Визначаємо II групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,07 \text{ мм/об}$ [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} [13, табл. 66, ст.269]. Загальний поправковий коефіцієнт на подачу K_{s_0} при свердлінні отвору $\varnothing 4 \text{ мм}$:

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{\text{ор}} = S_{\text{он}} \cdot K_{s_0} = 0,07 \cdot 1,368 = 0,095 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_0 = 0,09 \text{ мм/об.}$

Нормативне значення швидкості $V_n = 48 \text{ м/хв}$ [13, табл. 66, ст.269].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270].

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 48 \cdot 0,778 = 37,3 \text{ м/хв.}$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору $\varnothing 4$:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 37,3 / 3,14 \cdot 4 = 2745 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 2700$ об/хв.

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 4 \cdot 2700 / 1000 = 33,9 \text{ хв.}$$

Основний час обробки отвору $\varnothing 4$:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,09 \cdot 2700 = 0,04 \text{ хв.}$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

$l = 5$ - глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 5 + 4 = 9 \text{ мм}$;

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Відповідно, основний час обробки двох отворів $\varnothing 4$ становить 0, 08хв.

Перехід 4. Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 7,9$ до $\varnothing 8,3^{+0,058}$, витримавши розміри $7 \pm 0,18$, $27,2^{+0,02}$.

Різець розточувальний ДСТУ ГОСТ10047:1999.

Визначаємо глибину врізання різця:

$$t = (D_d - D_z) / 2 = (8,3 - 7,9) / 2 = 0,2 \text{ мм,}$$

де t – глибина різання, мм.

D_d – діаметр отвору деталі, мм;

D_z – діаметр отвору заготовки, мм.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{он} = 0,19$ мм/об [13, табл. 27, ст.237].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_o} :

$$K_{s_o} = K_{s_{o1}} \cdot K_{s_{o2}} \cdot K_{s_{o3}} \cdot K_{s_{o4}} \cdot K_{s_{o5}} \cdot K_{s_{o6}} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,83 \text{ [13, табл. 30, ст.239].}$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

$$S_{op} = S_{on} \cdot K_{s_0} = 0,19 \cdot 0,83 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

де S_{on} – нормативна обертова подача;

K_{s_0} - загальний поправковий коефіцієнт на подачу.

Приймаємо $S_o = 0,16 \text{ мм/об.}$

Нормативне значення швидкості $V_n = 560 \text{ м/хв}$ [13, табл. 32, ст.241].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи токарних розточувальних різців:

$K_{v1} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{v2} = 1,15$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{v3} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує головний кут в плані токарного розточувального різця;

$K_{v4} = 0,3$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вид токарної обробки (розточування);

$K_{v5} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{v6} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{v7} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вплив технологічного середовища [13, табл. 35, ст.242].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість визначається за формулою:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,25.$$

Знаходимо розрахункове значення швидкості V_p :

$$V_p = V_n \cdot K_v = 560 \cdot 0,25 = 140 \text{ м/хв.}$$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

Розраховуємо значення частоти обертання шпинделя n_p за розрахунковою швидкістю V_p і діаметром отвору $\varnothing 7,9$ мм:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d$$

$$n_p = 1000 \cdot 140 / 3,14 \cdot 7,9 = 5644 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 3000$ об/хв.

Швидкість різання V визначаємо за формулою:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000,$$

де d - діаметр деталі на попередній операції чи попередньому переході механічного оброблення, $d = \varnothing 7,9$ мм;

n – кількість обертів шпинделя верстату.

$$V = 3,14 \cdot 7,9 \cdot 3000 / 1000 = 74,4 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки t_0 визначається за формулою:

$$t_0 = L \cdot i / S_o \cdot n,$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 7 + 4 = 11$;

$l = 7$ – довжина оброблюваної поверхні, мм ;

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу різця на робочій подачі, мм.

[14, Карта 1.46, ст.133].

$$t_0 = 11 \cdot 1 / 0,16 \cdot 3000 = 0,02 \text{ хв.}$$

Два отвори розточуються послідовно, отже, $t_0 = 0,04$ хв.

Перехід 5. Точити фаску послідовно в 2-х отворах $\varnothing 8$ до $\varnothing 9^{+0,36}$, витримавши кут 90° .

Різець розточувальний ДСТУ ГОСТ10047:1999.

Приймаємо $S_o = 0,16$ мм/об; $n = 3000$ об/хв; $V = 74,4$ м/хв; $t_0 = 0,01$ хв.

Перехід 6. Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 8,3$ до $\varnothing 10^{+0,22}$ на глибину $7 \pm 0,18$, витримавши розмір $27,2^{+0,02}$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

Різець розточувальний ДСТУ ГОСТ10047:1999.

Визначаємо глибину врізання різця:

$$t = (D_d - D_z) / 2 = (10 - 8,3) / 2 = 0,85 \text{ мм},$$

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,19 \text{ мм/об}$ [13, табл. 27, ст.237].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} :

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} \cdot K_{s_{06}} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,83 \text{ [13, табл. 30, ст.239].}$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{\text{ор}} = S_{\text{он}} \cdot K_{s_0} = 0,19 \cdot 0,83 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

де $S_{\text{он}}$ – нормативна обертова подача;

K_{s_0} - загальний поправковий коефіцієнт на подачу.

Приймаємо $S_0 = 0,16 \text{ мм/об.}$

Нормативне значення швидкості $V_n = 485 \text{ м/хв}$ [13, табл. 32, ст.241].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи токарних розточувальних різців [13, табл. 35, ст.242]:

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,25.$$

Знаходимо розрахункове значення швидкості V_p :

$$V_p = V_n \cdot K_v = 485 \cdot 0,25 = 121 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо значення частоти обертання шпинделя n_p за розрахунковою швидкістю V_p і діаметром отвору $\varnothing 8,3 \text{ мм}$:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d$$

$$n_p = 1000 \cdot 121 / 3,14 \cdot 8,3 = 4643 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 3000 \text{ об/хв.}$

Швидкість різання V визначаємо за формулою:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000,$$

де d - діаметр деталі на попередній операції чи попередньому переході механічного оброблення, $d = \varnothing 7,9 \text{ мм}$;

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

n – кількість обертів шпинделя верстату.

$$V = 3,14 \cdot 8,3 \cdot 3000 / 1000 = 78,1 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки t_0 визначається за формулою:

$$t_0 = L \cdot i / S_o \cdot n ,$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

L – довжина робочого ходу, мм: $L = l + l_{вв} = 7 + 4 = 11$;

$l = 7$ – довжина оброблюваної поверхні, мм ;

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу різця на робочій подачі, мм.

[14, Карта 1.46, ст.133].

$$t_0 = 11 \cdot 1 / 0,16 \cdot 3000 = 0,02 \text{ хв.}$$

Два отвори розточуються послідовно, отже, $t_0 = 0,04$ хв.

Перехід 7. Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 10$ до $\varnothing 11^{+0,018}$, витримавши розміри $7 \pm 0,18$; $27,2^{+0,02}$.

Різець розточувальний ДСТУ ГОСТ10047:1999.

Визначаємо глибину врізання різця:

$$t = (D_d - D_z) / 2 = (11 - 10) / 2 = 0,5 \text{ мм,}$$

Нормативне значення подачі на оберт $S_{он} = 0,19$ мм/об [13, табл. 27, ст.237].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} :

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} \cdot K_{s_{06}} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,83 \text{ [13, табл. 30, ст.239].}$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{op} = S_{он} \cdot K_{s_0} = 0,19 \cdot 0,83 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

де $S_{он}$ – нормативна обертова подача;

K_{s_0} - загальний поправковий коефіцієнт на подачу.

Приймаємо $S_o = 0,16$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 560$ м/хв [13, табл. 32, ст.241].

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи токарних розточувальних різців [13, табл. 35, ст.242]:

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,25.$$

Знаходимо розрахункове значення швидкості V_p :

$$V_p = V_n \cdot K_v = 560 \cdot 0,25 = 140 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо значення частоти обертання шпинделя n_p за розрахунковою швидкістю V_p і діаметром отвору $\varnothing 8,3$ мм:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d$$

$$n_p = 1000 \cdot 140 / 3,14 \cdot 10 = 4459 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 3000$ об/хв.

Швидкість різання V визначаємо за формулою:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000,$$

де d - діаметр деталі на попередній операції чи попередньому переході механічного оброблення, $d = \varnothing 10$ мм;

n – кількість обертів шпинделя верстату.

$$V = 3,14 \cdot 10 \cdot 3000 / 1000 = 94,2 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки t_0 визначається за формулою:

$$t_0 = L \cdot i / S_o \cdot n,$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{vv} = 7 + 4 = 11$;

$l=7$ – довжина оброблюваної поверхні, мм ;

$l_{vv} = 4$ – довжини врізання та виходу різця на робочій подачі, мм.

[14, Карта 1.46, ст.133].

$$t_0 = 11 \cdot 1 / 0,16 \cdot 3000 = 0,02 \text{ хв.}$$

Два отвори розточуються послідовно, отже, $t_0 = 0,04$ хв.

Перехід 8. Точити фаску послідовно в 2 отворах $\varnothing 11$ до $\varnothing 11,6$ з кутом 45° .

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

Різець розточувальний ДСТУ ГОСТ10047:1999.

Приймаємо $S_o = 0,16$ мм/об; $n = 3000$ об/хв; $V = 94,2$ м/хв; $t_o = 0,01$ хв.

2 отвори обробляють послідовно: $t_o = 0,02$ хв.

Перехід 9. Розточити канавки в отворах $\varnothing 11$ до $\varnothing 15^{+0,5}$, витримавши розміри $3^{+0,25}$; $7 \pm 0,18$.

Різець спеціальний канавковий ДСТУ ГОСТ 18885:2008.

Визначаємо глибину врізання різця:

$$t = (D_9 - D_8) / 2 = (15 - 11) / 2 = 2 \text{ мм},$$

Нормативне значення подачі на оберт $S_{on} = 0,3$ мм/об [13, табл. 27, ст.237].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертovu подачу K_{so} при змінених умовах роботи канавкового різця:

$K_{so1} = 1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{so2} = 0,8$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{so3} = 0,7$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{so4} = 1$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує вплив термообробки;

$K_{so5} = 0,83$ - поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{so6} = 1,25$ – поправковий коефіцієнт на подачу, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу [13, табл. 30, ст.239].

Отже, загальний поправковий коефіцієнт на подачу K_{so} при обточуванні $\varnothing 78,8$ мм:

$$K_{so} = K_{so1} \cdot K_{so2} \cdot K_{so3} \cdot K_{so4} \cdot K_{so5} \cdot K_{so6} = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,58.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{op} = S_{on} \cdot K_{so} = 0,3 \cdot 0,58 = 0,17 \text{ мм/об}.$$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

де S_{on} – нормативна обертова подача;

K_{s0} - загальний поправковий коефіцієнт на подачу.

Знаходимо розрахункове значення швидкості V_p як добуток нормативного значення V_n і загального поправкового коефіцієнта на швидкість:

$$V_p = V_n \cdot K_v,$$

де V_n – нормативне значення швидкості;

K_v - загальний поправковий коефіцієнт на швидкість.

Нормативне значення швидкості $V_n = 404$ м/хв [13, табл. 32, ст.241].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи токарних різців:

$K_{v1} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{v2} = 1,15$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{v3} = 0,7$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує головний кут в плані токарного прохідного різця;

$K_{v4} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вид токарної обробки (розточування канавки);

$K_{v5} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{v6} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{v7} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вплив технологічного середовища [13, табл. 35, ст.242].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість визначається за формулою:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,35.$$

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

$$V_p = 404 \cdot 0,35 = 141,4 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо значення частоти обертання шпинделя n_p за розрахунковою швидкістю V_p і діаметром оброблення $\varnothing 11$ мм:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d$$

$$n_p = 1000 \cdot 141,4 / 3,14 \cdot 11 = 4093 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 2500$ об/хв.

Швидкість різання V визначаємо за формулою:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000,$$

де d - діаметр деталі на попередній операції чи попередньому переході механічного оброблення, $d = \varnothing 11$ мм;

n – кількість обертів шпинделя верстату.

$$V = 3,14 \cdot 11 \cdot 2500 / 1000 = 86,35 \text{ м /хв.}$$

Основний час обробки t_o визначається за формулою:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n ,$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 3 + 1 = 4$;

$l = 3$ – довжина оброблюваної поверхні, мм ;

$l_{вв} = 1$ – довжини врізання та виходу різця на робочій подачі, мм.

[14, Карта 1.46, ст.133].

$$t_o = 4 \cdot 1 / 0,17 \cdot 2500 = 0,01 \text{ хв.}$$

Перехід 10. Свердли 8 отворів $\varnothing 4$: 4 отвори під різьбу М5-Н7 та 4 – під отвори $\varnothing 6,5$

Свердло $\varnothing 4$ ДСТУ ГОСТ 4010:2008

Перехід 10.1. Свердли 4 отвори під різьбу М5-Н7.

Глибина різання при свердлінні: $t = 0,5 D = 0,5 \cdot 4 = 2$ мм.

Визначаємо III групу подач.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

Нормативне значення подачі на оберт $S_{он} = 0,05$ мм/об [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} при свердлінні отвору $\varnothing 4$ мм: [13, табл.65, ст.267]:

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{op} = S_{он} \cdot K_{s_0} = 0,05 \cdot 1,368 = 0,07 \text{ мм/об.}$$

$$\text{Отже, } S_o = S_{op} = 0,07 \text{ мм/об.}$$

Нормативне значення швидкості $V_n = 68$ м/хв [13, табл. 66, ст.268].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270]:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

$$\text{Розрахункова швидкість різання: } V_p = 68 \cdot 0,778 = 53 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору $\varnothing 4$:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 35 / 3,14 \cdot 4 = 2787 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 2500$ об/хв.

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 4 \cdot 2500 / 1000 = 31,4 \text{ /хв.}$$

Основний час обробки отвору $\varnothing 3$:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,07 \cdot 2500 = 0,05 \text{ хв.}$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

$l = 5$ – глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 5 + 4 = 9$ мм;

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Відповідно, основний час обробки чотирьох отворів $\varnothing 4$ становить 0,2хв.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перехід 10.2. Свердлити 4 отвори Ø6,5

Глибина різання при свердлінні: $t = 0,5 D = 0,5 \cdot 6,5 = 3,25$ мм.

Визначаємо II групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,12$ мм/об [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{S_0} при свердлінні отвору Ø6,5 мм: [13, табл.65, ст.267]:

$$K_{S_0} = K_{S_{01}} \cdot K_{S_{02}} \cdot K_{S_{03}} \cdot K_{S_{04}} \cdot K_{S_{05}} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{\text{ор}} = S_{\text{он}} \cdot K_{S_0} = 0,12 \cdot 1,368 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Отже, $S_0 = S_{\text{ор}} = 0,16$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 50$ м/хв [13, табл. 66, ст.268].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270]:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 50 \cdot 0,778 = 39$ м/хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору Ø6,5:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 39 / 3,14 \cdot 6,5 = 1910 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 1900$ об/хв.

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 6,5 \cdot 1900 / 1000 = 38,7 \text{ м/ хв.}$$

Основний час обробки отвору Ø6,5:

$$t_0 = L \cdot i / S_0 \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,16 \cdot 1900 = 0,03 \text{ хв.}$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

$l = 5$ – глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{\text{вв}} = 5 + 4 = 9$ мм;

$l_{\text{вв}} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Основний час обробки чотирьох отворів $\varnothing 6,5$ становить 0,12 хв.

Отже, основний час 10 переходу 0,32 хв.

Перехід 11. Розсвердли 4 отвори $\varnothing 4$ до $\varnothing 6,5^{+0,36}$, витримуючи розміри 55 та 33.

Свердло ДСТУ ГОСТ 4010:2008

Визначаємо глибину врізання свердла:

$$t = (D_d - D_z) / 2 = (6,5 - 4) / 2 = 1,25 \text{ мм},$$

Визначаємо II групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,12$ мм/об [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} при свердлінні отвору $\varnothing 6,5$ мм: [13, табл.65, ст.267]:

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{\text{ор}} = S_{\text{он}} \cdot K_{s_0} = 0,12 \cdot 1,368 = 0,16 \text{ мм/об}.$$

Отже, $S_0 = S_{\text{ор}} = 0,16$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 50$ м/хв [13, табл. 66, ст.268].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270]:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 50 \cdot 0,778 = 39$ м/хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору $\varnothing 6,5$:

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 39 / 3,14 \cdot 6,5 = 1910 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 1900 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 6,5 \cdot 1900 / 1000 = 38,7 \text{ м/ хв.}$$

Основний час обробки отвору $\varnothing 6,5$:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,16 \cdot 1900 = 0,03 \text{ хв.}$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

$l = 5$ - глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 5 + 4 = 9 \text{ мм};$

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Основний час обробки чотирьох отворів $\varnothing 6,5$ становить $0,12 \text{ хв.}$

Перехід 12. Зенкувати фаску $1 \times 45^\circ$ послідовно в 4-х отворах $\varnothing 4$

Зенківка ДСТУ ГОСТ 21543:2008.

Обираємо III групу подач.

Режими різання:

нормативне значення $S_{он} = 0,5 \text{ мм/об};$

нормативне значення швидкості $V_n = 50 \text{ м/хв};$

кількість обертів шпинделя $n = 2900 \text{ об/хв.}$

Перехід 13. Зенкувати фаску $0,3 \times 45^\circ$ в 4-х отворах $\varnothing 6,5$

Зенківка ДСТУ ГОСТ 21543:2008

Обираємо III групу подач.

Режими різання:

нормативне значення $S_{он} = 0,5 \text{ мм/об};$

нормативне значення швидкості $V_n = 50 \text{ м/хв};$

кількість обертів шпинделя $n = 2900 \text{ об/хв.}$

Перехід 14 Свердлити послідовно 3 отвори $\varnothing 3,3^{+0,12}$ під різьбу М4-7Н згідно креслення

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		67

Свердло Ø3,3 ДСТУ ГОСТ 4010:2008.

Глибина різання при свердлінні: $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 3,3 = 1,65$ мм.

Визначаємо III групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{он} = 0,03$ мм/об [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} при свердлінні отвору Ø3,3 мм: [13, табл.65, ст.267]:

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{op} = S_{он} \cdot K_{s_0} = 0,03 \cdot 1,368 = 0,04 \text{ мм/об.}$$

Отже, $S_o = S_{op} = 0,04$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 41$ м/хв [13, табл. 66, ст.268].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270]:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 41 \cdot 0,778 = 32$ м/хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору Ø4:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 32 / 3,14 \cdot 3,3 = 3088 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 2500$ об/хв.

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 3,3 \cdot 2500 / 1000 = 25,9 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки отвору Ø3:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,04 \cdot 2500 = 0,09 \text{ хв.}$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

$l = 5$ – глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{\text{вв}} = 5 + 4 = 9$ мм;

$l_{\text{вв}} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Відповідно, основний час обробки трьох отворів $\varnothing 3,3$ становить $0,27$ хв.

Перехід 15 Розсвердлити послідовно 3 отвори $\varnothing 3,3$ до $\varnothing 4,5^{+0,3}$, витримавши розмір $1 \pm 0,15$.

Свердло ДСТУ ГОСТ 4010:2008

Визначаємо глибину врізання свердла:

$$t = (D_d - D_z) / 2 = (4,5 - 3,3) / 2 = 0,6 \text{ мм},$$

Визначаємо II групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{\text{он}} = 0,1$ мм/об [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s_0} при свердлінні отвору $\varnothing 4,5$ мм: [13, табл.65, ст.267]:

$$K_{s_0} = K_{s_{01}} \cdot K_{s_{02}} \cdot K_{s_{03}} \cdot K_{s_{04}} \cdot K_{s_{05}} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{\text{ор}} = S_{\text{он}} \cdot K_{s_0} = 0,1 \cdot 1,368 = 0,14 \text{ мм/об}.$$

Отже, $S_0 = S_{\text{ор}} = 0,14$ мм/об.

Нормативне значення швидкості $V_n = 36$ м/хв [13, табл. 66, ст.269].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270]:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 36 \cdot 0,778 = 28$ м/хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору $\varnothing 4,5$:

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 28 / 3,14 \cdot 4,5 = 1982 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 1900 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 4,5 \cdot 1900 / 1000 = 26,8 \text{ м/ хв.}$$

Основний час обробки отвору $\varnothing 6,5$:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,14 \cdot 1900 = 0,03 \text{ хв.}$$

де $i=1$ – кількість робочих ходів;

$l=5$ - глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 5 + 4 = 9 \text{ мм};$

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Основний час обробки трьох отворів $\varnothing 6,5$ становить $0,09 \text{ хв.}$

Перехід 16 Нарізати різьбу М5-7Н послідовно в 4 отворах $\varnothing 4,2$ на глибину $6 \pm 0,15$

Мітчик М5-7Н ДСТУ ГОСТ 3266:2008

Нормативна подача $S_{он} = 0,4 \text{ мм/об.}$

Нормативна швидкість різання $V_n = 14,5 \text{ м/хв}$ [13, табл. 66, ст.269].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи мітчиків:

$K_{v1} = 0,6$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{v2} = 1,15$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує фізико-механічні властивості інструментального матеріалу;

$K_{v3} = 0,7$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує головний кут забірного конуса;

$K_{v4} = 0,5$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вид отвору;

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$K_{v5} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує жорсткість системи ВПД;

$K_{v6} = 1$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{v7} = 1,2$ - поправковий коефіцієнт на швидкість, який враховує вплив технологічного середовища [13, табл.60, ст.264].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість визначається за формулою:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} \cdot K_{v7}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,28.$$

$$\text{Розрахункова швидкість різання: } V_p = 14,5 \cdot 0,28 = 4 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами М5-7Н:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 4 / 3,14 \cdot 4,2 = 303 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 300$ об/хв.

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 4,2 \cdot 300 / 1000 = 3,95 \text{ м/ хв.}$$

Перехід 17 Нарізати різьбу М4-7Н послідовно в 3 отворах $\varnothing 3,3$.

Мітчик М4-7Н ДСТУ ГОСТ 3266:2008

Нормативна подача $S_{on} = 0,4$ мм/об.

Нормативна швидкість різання $V_n = 14,5$ м/хв [13, табл.58, ст.262].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи мітчиків [13, табл.60, ст.264]:

$$K_v = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,28.$$

$$\text{Розрахункова швидкість різання: } V_p = 14,5 \cdot 0,28 = 4 \text{ м/хв.}$$

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами М4-7Н:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 4/3,14 \cdot 3,3 = 386 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 380 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 3,3 \cdot 380 / 1000 = 3,9 \text{ м/ хв.}$$

Основний час нарізання різьби визначаємо за формулою:

$$t_0 = 3 \cdot 0,000319 \cdot D \cdot l = 0,00096 \cdot 3,3 \cdot 4 = 0,3 \text{ хв.}$$

Перехід 18 Свердлити послідовно 2 отвори $\varnothing 3^{+0,25}$

Свердло $\varnothing 3$ ДСТУ ГОСТ 886:2008

Глибина різання при свердлінні: $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мм.}$

Визначаємо II групу подач.

Нормативне значення подачі на оберт $S_{он} = 0,04 \text{ мм/об}$ [13, табл.64, ст.267].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на обертову подачу K_{s0} [13, табл.65, ст.267]:

$$K_{s0} = K_{s01} \cdot K_{s02} \cdot K_{s03} \cdot K_{s04} \cdot K_{s05} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 1,368.$$

Розрахункове значення подачі визначається за формулою:

$$S_{ор} = S_{он} \cdot K_{s0} = 0,04 \cdot 1,368 = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Отже, $S_0 = S_{ор} = 0,05 \text{ мм/об.}$

Нормативне значення швидкості $V_n = 45 \text{ м/хв}$ [13, табл. 66, ст.268].

Встановлюємо поправкові коефіцієнти на швидкість K_v при змінених умовах роботи свердла [13, табл. 67, ст.270]:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}.$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,778.$$

Розрахункова швидкість різання: $V_p = 45 \cdot 0,778 = 35 \text{ м/хв.}$

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахункова частота обертання шпинделя за розрахунковою швидкістю V_p і розмірами отвору $\varnothing 3$:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d = 1000 \cdot 35 / 3,14 \cdot 3 = 3715 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 2900 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання V :

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000;$$

$$V = 3,14 \cdot 3 \cdot 2900 / 1000 = 27,3 \text{ м/хв.}$$

Основний час обробки отвору $\varnothing 3$:

$$t_o = L \cdot i / S_o \cdot n = 9 \cdot 1 / 0,05 \cdot 2900 = 0,1 \text{ хв.}$$

де $i = 1$ – кількість робочих ходів;

$l = 5$ - глибина отвору, мм ;

L – довжина робочого ходу, мм : $L = l + l_{вв} = 5 + 4 = 9 \text{ мм};$

$l_{вв} = 4$ – довжини врізання та виходу свердла на робочій подачі, мм.

Відповідно, основний час обробки двох отворів $\varnothing 3$ становить 0,2хв.

Таблиця 1.10 – Зведена таблиця

№ операції		Назва операції	Основний час, хв.	Шт.- кальк. час, хв.
№ переходу		Основні технологічні переходи		
1	2	3	4	5
010	Токарна з ЧПК		0,02	0,04
	1	Точити торець $\varnothing 78,8$ до $\varnothing 78_{-0,22}^{+0,1}$		
	2	Підрізати торець, витримавши розмір $11,2_{-0,02}$	0,1	0,21
015	Свердлильно-фрезерно-розточувальна		0,2	0,45
	1	Фрезерувати торець, витримавши розмір $11_{-0,11}$		
	2	Свердлити 2 отвори $\varnothing 3$, витримавши розміри 54, 43,3	0,2	0,45
	3	Розсвердлити 2 отвори $\varnothing 3$ до $\varnothing 4H7$, витримавши розміри 54, 43,3.	0,08	0,18
	4	Розточити послідовно 2 отвори $\varnothing 7,9$ до $\varnothing 8,3_{+0,058}^{+0,02}$, витримавши розміри $7 \pm 0,18$, $27,2_{+0,02}$	0,04	0,09

№ операції		Назва операції	Основний час, хв.	Шт.- кальк. час, хв.
№ переходу		Основні технологічні переходи		
1	2	3	4	5
	5	Точити фаску послідовно в 2-х отворах Ø8 до Ø9 ^{+0,36} , витримавши кут 90°	0,02	0,05
	6	Розточити послідовно 2 отвори Ø8,3 до Ø10 ^{+0,22} на глибину 7±0,18 витримавши розмір 27,2 ^{+0,02}	0,04	0,1
	7	Розточити послідовно 2 отвори Ø10 до Ø11 ^{+0,018} , витримавши розміри 7±0,18, 27,2 ^{+0,02}	0,04	0,09
	8	Точити фаску послідовно в 2 отворах Ø11 до Ø11,6 з кутом 45°.	0,02	0,05
	9	Розточити канавки в отворах Ø11 до Ø15 ^{+0,5} , витримавши розміри 3 ^{+0,25} , 7±0,18	0,01	0,21
	10	Свердлити 8 отворів Ø4: 4 отвори під різьбу М5-Н7 та 4 під Ø6,5	0,2	0,05
	11	Розсвердлити 4 отвори Ø4 до Ø6,5 ^{+0,36} , витримуючи р-ри 55 та 33	0,12	0,27
	12	Зенкувати фаску 1×45° послідовно в 4-х отворах Ø4	0,04	0,09
	13	Зенкувати фаску 0,3×45° в 4-х отворах Ø6,5	0,02	0,05
	14	Свердлити послідовно 3 отвори Ø3,3 ^{+0,12} під різьбу М4-7Н	0,27	0,61
	15	Розсвердлити послідовно 3 отвори Ø3,3 до Ø4,5 ^{+0,3}	0,09	0,20
	16	Нарізати різьбу М5-7Н послідовно в 4 отворах Ø4,2 на глибину 6±0,15	0,4	0,90
	17	Нарізати різьбу М4-7Н послідовно в 3 отворах Ø3,3	0,3	0,68
	18	Свердлити послідовно 2 отвори Ø3 ^{+0,25}	0,2	0,45

2 Конструкторська частина

2.1 Верстатний пристрій

2.1.1 Опис призначення, будови та роботи пристрою

Пристрій призначений для обробки отворів $\varnothing 11H7$, $\varnothing 6,5$, M5-7H в деталі «Стінка 562.М.Т.724.222.013» на свердлильно-фрезерно-розточному верстаті HURCO VMX24S.

Пристрій (рисунок 2.1) складається з плити 2, на яку встановлено корпус 1, що кріпиться болтами 20 з шайбами 37 та штифтами 46. Пластина 4 кріпиться гвинтами 24. Напрямні колодки 3 закріплюються гвинтами 24 з шайбами 39. Пневмоциліндр кріпиться болтами 20 з шайбами 37 через лапи 14. Розподільчий кран 49 кріпиться гвинтами 23 з шайбами 38. В плиті 2 запресовані осі 11 з посадкою $\varnothing 11\frac{H8}{p7}$. В плиті є пази, по яких пристрій кріпиться до стола верстату болтами 21 з гайками 26 і шайбами 40. Також є пази, в яких встановлюються напрямні шпонки 45 для орієнтації пристрою на столі верстата. Напрямні шпонки закріплені гвинтами 22 з шайбами 37.

В плиті є різьбові отвори M8 по яких встановлені рим-болти 36. Упор 6, встановлений у корпус 2, фіксується кришкою 7, пружиною 35 і ручкою 8. Кришка 7 кріпиться болтами 20 з шайбами 37.

В напрямні колодки 3 встановлені призми 5, які з'єднані з важелями 9 через осі 13 з кільцями 31. Важелі 9 встановлені на осі 11 та фіксуються кільцями 31. З важелями 10 вони з'єднані осями 13 з кільцями 31. Важелі 10 з'єднані з штоком 19 пневмоциліндра через вісь 12 з кільцем 30

Пневмоциліндр складається з корпусу 15, кришки передньої 16 і задньої 17, що з'єднані разом шпильками 43 і 44 з гайками 25 і шайбами 37. Поршень 18 з'єднаний з штоком 19 по поверхні $\varnothing 12,5\frac{H8}{f8}$ гайкою 27 з шайбою 42. Для ущільнення поршнів і штоків в канавках штоків встановлені ущільнюючі кільця 30. Між поршнями і корпусом, кришками і корпусом передбачені ущільнюючі кільця 31, які встановлені в канавках кришок і поршня. Між кришками і штоками в канавки отворів кришок встановлені ущільнюючі кільця 32. Для подачі

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

стисненого повітря передбачені з'єднання (гайка 28, втулка 29 шайба 41 і штуцер 48) через рукави 50 і вкручені в отвори пневмоциліндра та розподільчого крана 49.

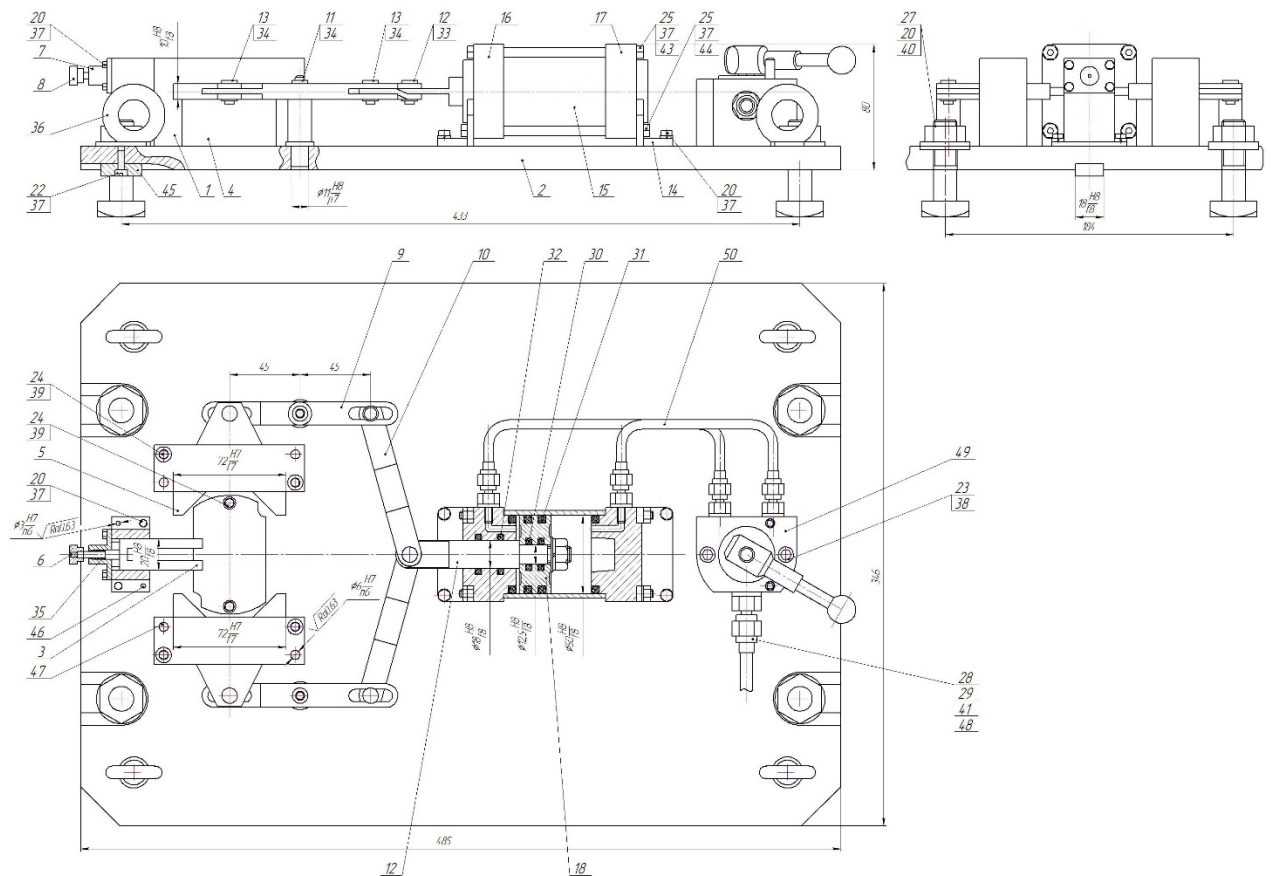


Рисунок 2.1 – Пристрій верстатний

Пристрій працює таким чином:

На пластину 4 встановлюються деталь. Під дією пружини 35 упор 6 впирається в деталь і забезпечує її необхідне положення.

При повороті рукоятки розподільчого крана за годинниковою стрілкою стиснуте повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра. При цьому поршні з штоками рухаються вперед і передають зусилля на механізм затиску (важелі 9, 10, призми 5).

Призми 5 переміщуються до деталі і відбувається затиск. При повороті рукоятки проти годинникової стрілки стиснуте повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра.

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		76

Поршні з штоками рухаються назад і передають зусилля на механізм затиску (важелі 9, 10, призми 5). Призми 5 переміщується від деталі, звільняючи її.

2.1.2 Розрахунки на працездатність та надійність пристрою

Розрахункова схема закріплення заготовки в пристрої та дії сил показана на рисунку 2.2.

Зі схеми дії сил видно, що на деталь діють складові сили різання: дотична P_z , яка створює крутний момент $M_{кр}$, і осьова P_x .

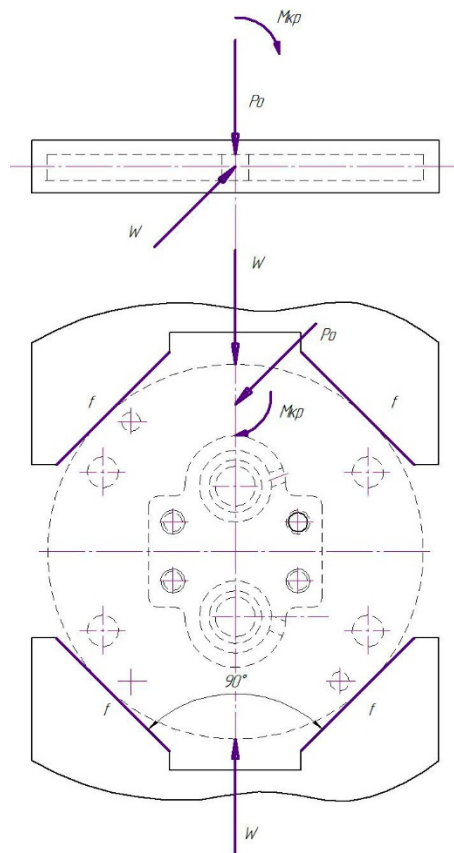


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема дії сил на деталь при обробці отворів
 $\varnothing 11H7$, $\varnothing 6,5$, M5-7H

Крутний момент $M_{кр}$ повертає деталь навколо осі, осьова складова P_x зміщує вздовж осі.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		77

$$\sum M_0: \frac{W \cdot f \cdot D}{\sin \alpha/2} - M_{кр} = 0$$

$$\sum X: \frac{W \cdot f}{\sin \alpha/2} - P_0 = 0$$

З врахуванням коефіцієнта запасу рівняння рівноваги даної системи сил буде:

$$W - K \left(\frac{M_{кр} \cdot \sin \alpha/2}{f \cdot D} + \frac{P_0 \cdot \sin \alpha/2}{f} \right) = 0$$

$f=0.16$ – коефіцієнт тертя ковзання між поверхнею заготовки, установчими і затискними елементами пристрою.

$M_{кр}=2,75$ Н;

$P_0=812,5$ Н;

$D=145$ мм.

Необхідна сила затиску:

$$W = K \left(\frac{M_{кр} \cdot \sin \alpha/2}{f \cdot D} + \frac{P_0 \cdot \sin \alpha/2}{f} \right)$$

$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 - коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання через нерівності на оброблюваній поверхні;

k_2 - коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання через затуплення інструменту;

k_3 - коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні;

k_4 - коефіцієнт, який враховує постійність сили закріплення в механізмах затиску;

k_5 - коефіцієнт, який характеризує ергономіку ручних механізмів затиску;

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		78

k_6 - коефіцієнт, який враховує моменти сил, які повертають заготовку, яка встановлена плоскою поверхнею на постійні опори.

Згідно [2] с.84-85:

$$k_0 = 1,5; k_1 = 1,2; k_2 = 1,0; k_3 = 1,0; k_4 = 1,3; k_5 = 1,2; k_6 = 1,0;$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,8;$$

$$W = 2,8 \cdot \frac{2,5 \sin 45^\circ}{0,16 \cdot 145 \cdot 10^{-2}} + \frac{812,5 \sin 45^\circ}{0,16} = 2351,4 \text{ Н}$$

Сила затиску для даної схеми механізму затиску пристрою згідно [1] с.90, табл.16:

$$W \cdot L_1 = R \cdot L_2;$$

$$\text{При } \beta=15^\circ R=3,45 \cdot Q.$$

$$\text{Звідси } Q = \frac{(W \cdot L_2 / L_1)}{3,45} = \frac{2351,4 \cdot \frac{90}{90}}{3,45} = 681,6 \text{ Н};$$

Для затиску деталі приймаємо пневматичний пристрій двосторонньої дії.

Діаметр поршня при подачі стисненого повітря в поршневу порожнину:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}},$$

де $p = 0,4 \text{ МПа}$ – робочий тиск в пневмомережі;

$\eta = 0,9$ – к.к.д. пневмоприводу;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 681,6}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 49,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 49,1 \text{ мм}$$

Приймаємо для пристрою пневматичний привід двосторонньої дії з діаметром поршня $D=50 \text{ мм}$, діаметром штока $\varnothing 18 \text{ мм}$, довжиною робочого ходу поршня 30 мм згідно ДСТУ ISO 21287:2013 [12].

Дійсне значення сили на штоці пневмоциліндра:

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 50^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 706,5 \text{ Н};$$

Дійсна сила затиску пристрою:

$$W = 3,45 \cdot Q \cdot \frac{L_2}{L_1} = 3,45 \cdot 706,5 \cdot \frac{90}{90} = 2437,4 \text{ Н}$$

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		79

2.1.3 Перевірка механізму на міцність

Проведемо перевірку осі, що з'єднує прихват із стійкою, з умови міцності на зріз.

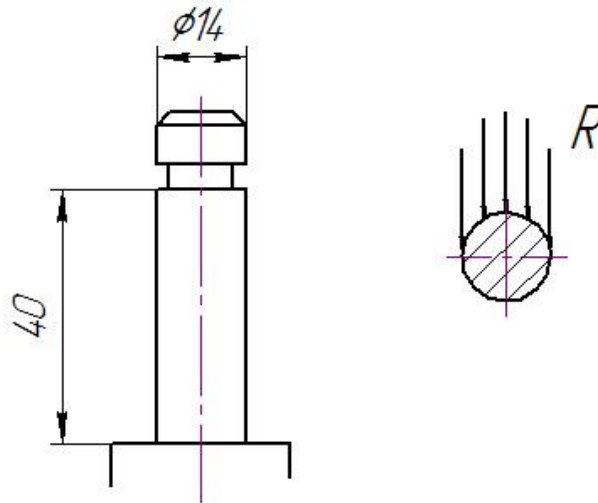


Рисунок 2.3 – Ескіз осі

Матеріал осі – Сталь 45 ГОСТ1050-89. Для нього допустиме напруження на зріз $[\tau_{зр}] = 123$ МПа.

Умова міцності при розтягу:

$$\tau_{зр} = \frac{R}{A \cdot i} \leq [\tau_{зр}] ;$$

де $\tau_{зр}$ – напруження на зріз для матеріалу, МПа;

R – максимальне зусилля зрізу у небезпечному перерізі, Н;

A – площа поперечного перерізу небезпечної ділянки, мм²;

i – кількість осей.

$$A = 0,785 \cdot d^2 = 0.785 \cdot 14^2 = 154 \text{ мм}^2$$

$$R = Q + W = 2437.4 + 2437.4 = 4874.8 \text{ Н}$$

$$\tau_{зр} = \frac{4874,8}{154 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 15,8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 15,3 \text{ МПа}$$

$15,8 < 123$ – умова міцності виконується.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		80

2.1.4 Визначення рівня стандартизації пристрою

Коефіцієнт застосування стандартних або уніфікованих деталей та вузлів в пристрої визначаємо за формулою.

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum \text{заг} - \sum \text{ориг}}{\sum \text{заг}} \cdot 100\%$$

Для верстатного пристрою:

Загальна кількість деталей - $\Sigma \text{заг} = 50$ шт.,

Кількість оригінальних деталей - $\Sigma \text{ориг.} = 19$ шт.

$$K_{\text{пр}} = (50 - 19) \cdot 100\% / 50 = 62 \%$$

2.2 Контрольний пристрій

2.2.1 Опис призначення, будови та роботи контрольного пристрою

Контрольний пристрій (рисунок 2.4) призначений для контролю розміру $27,2 \pm 0,02$. Робота пристрою полягає в базуванні деталі «Стінка» на двох пальцях 2 і контролю відхилення розміру за допомогою індикатора 21, який кріпиться у кронштейні 4. Кронштейн приєднаний до основи 1 за допомогою напрямної 6.

Для переміщення та виймання деталі з пристрою служить важіль 10 з виштовхувачами 11.

Відхилення співвісності отворів фіксуються індикатором И412 кл.0. Індикатор закріплюється у певному положенні. Найбільша різниця його показів при переміщенні деталі вздовж пальців визначатиме похибку співвісності.

Після вимірювань виштовхувачі 11 піднімають деталь при натисканні на важіль 10.

					МР.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		81

2.2.2 Визначення рівня стандартизації пристрою

Визначаємо рівень уніфікації пристрою за коефіцієнтом стандартизації.

Коефіцієнт застосування стандартних або уніфікованих деталей та вузлів в пристрої визначаємо за формулою.

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum \text{заг} - \sum \text{ориг}}{\sum \text{заг}} \cdot 100\%$$

Загальна кількість деталей - $\Sigma \text{заг} = 32$ шт.,

Кількість оригінальних деталей - $\Sigma \text{ориг.} = 12$ шт.

$$K_{\text{пр}} = (32 - 12) \cdot 100\% / 32 = 62,5\% > 40\%$$

Як бачимо, пристрій за параметром уніфікації (використанням стандартних деталей) є технологічним.

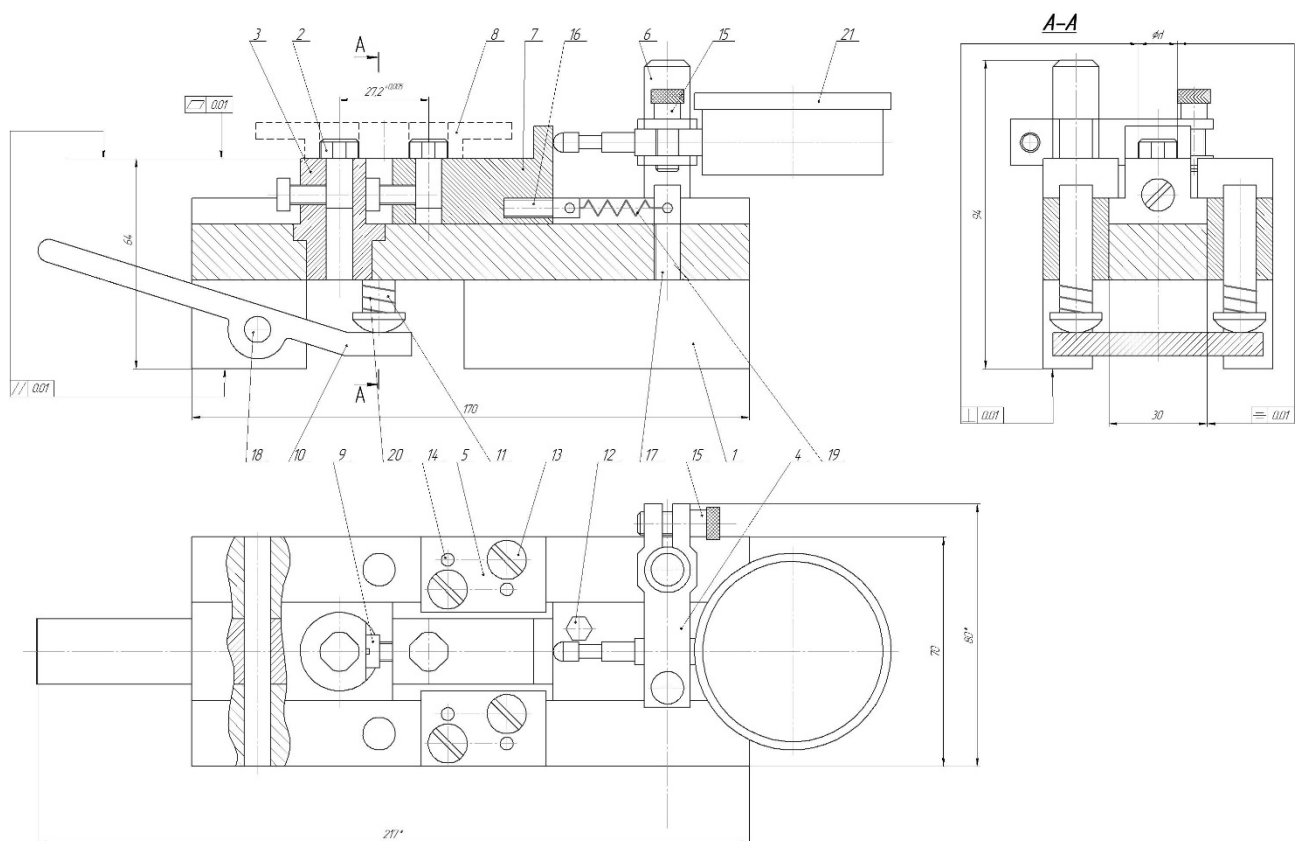


Рисунок 2.4 – Контрольний пристрій

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		82

2.2.3 Розрахунок точності контрольного пристрою

Сумарна похибка вимірювання визначається за формулою

$$\varepsilon_{\text{вим}} = 1,2 \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{\text{з.в.}}^2 + \Delta_{\text{е}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2},$$

де ε_0 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення;

$\Delta_{\text{з.в.}}$ – похибка засобу вимірювання;

$\Delta_{\text{е}}$ – похибка виготовлення еталону для налагодження пристрою по 7 квалітету;

$\Delta_{\text{м}}$ – похибки, властиві даному методу вимірювання та конструктивним особливостям пристрою, зокрема похибки від неточності передавальних механізмів, неточності від кінематики.

$$\varepsilon_0 = 0, \varepsilon_3 = 0$$

$$\Delta_{\text{з.в.}} = 0,02 \text{ згідно [3], с.468;}$$

$$\Delta_{\text{е}} = 0,05; \Delta_{\text{м}} = 0,08.$$

$$\text{Тоді } \varepsilon_{\text{вим}} = 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,02^2 + 0,05^2 + 0,08^2} \approx 0,012 \text{ мм}$$

Порівнюємо отримане значення з допуском параметра точності, який контролюється:

$$\varepsilon_{\text{вим}} \leq T$$

$$0,012 \leq 0,02 \text{ – умова виконується.}$$

3 Створення програми для визначення режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами

3.1 Постановка задачі

Розроблення технології виготовлення деталей вимагає значних ресурсів часу та високої кваліфікації інженерів-технологів. Як правило, час розроблення технологічних процесів у багато разів перевищує час механічної обробки та собівартість деталей. В процесі проектування проводиться аналіз можливих варіантів технологічних процесів, що в сучасних умовах вимагає впровадження у виробництво автоматизації розрахунків та розробку САПР. ЕОМ застосовуються для розв'язання як часткових, так і загальних задач побудови і розроблення технологічних процесів.

Застосування ЕОМ для розв'язання часткових задач є найбільш простим. До часткових задач побудови технологічних процесів обробки деталей належать: розрахунки режимів різання, визначення технічних норм часу, розрахунок припусків на обробку, розрахунок технологічних допусків і похибок обробки, розрахунки та вибір оптимальних варіантів технологічних маршрутів, вибір методу одержання заготовки, класифікація деталей по груповій обробці, вибір комплексних деталей тощо.

Згідно виданого завдання було розроблено програмний продукт “Фрезерування кінцевими фрезами”.

Вирішення задачі забезпечило використання об'єктно-орієнтованої мови програмування Delphi, зокрема Delphi Community Edition (CE) – безкоштовної повнофункціональної версії інтегрованого середовища програмування (IDE). Delphi - це мова програмування на основі Pascal та Object Pascal, створена Андерсом Хейлсбергом для компанії Borland (нині IDERA) як наступниця Turbo Pascal.

В даному середовищі візуального програмування створено програмний продукт, який дозволяє проводити автоматизований розрахунок режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами. Кінцевим результатом роботи програми є

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		84

визначення швидкості різання, частоти обертання шпинделя, подачі, сили різання, крутного моменту та потужності різання. Програма, завдяки наявності великої бази даних коефіцієнтів, дає змогу користувачеві оптимізувати режими різання при невеликій зміні даних.

При розробці програмного продукту враховувались: оброблюваний матеріал, різновидність кінцевої фрези, діаметр інструменту.

3.2 Математична модель задачі

Для визначення всіх параметрів при фрезеруванні кінцевими фрезами, на початку слід знайти швидкість різання фрези при обробці.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot z^{p_v}} \cdot K_v, \text{ м/хв.}$$

де D – діаметр фрези, мм;

T – період стійкості фрези, хв., вибирається з табл. 38 ст. 444 [2];

t – глибина фрезерування, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

s_z – подача на зуб фрези;

z – число зубів фрези;

Подача на зуб фрези s_z вибирається в залежності від глибини фрезерування t (табл. 34-35, ст. 439-440 [2]).

Постійна величина C_v і показники степенів q_v , m , x_v , y_v , u_v , p_v в залежності від оброблюваного матеріалу наведені в табл. 37 ст. 441 [2];

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує відмінні від табличних умови різання:

$$K_v = K_{\mu v} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де $K_{\mu\nu}$ - коефіцієнт, який враховує якість оброблювального матеріалу (табл. 9-13, [2]);

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (табл. 14, [2]);

K_{uv} - коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал (табл.15, [2]).

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ хВ}^{-1}.$$

Подачу визначаємо за формулою:

$$S = S_z \cdot z, \text{ мм/об.}$$

Величина сили різання при фрезеруванні розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_p, \text{ Н}$$

де z – число зубів фрези;

Значення постійної величини C_p і показників степенів x_p, y_p, u_p, q_p, w_p в залежності від оброблюваного матеріалу наведені в табл. 39 ст. 445 [2];

Загальний поправочний коефіцієнт на силу різання K_p завдяки особливостям процесу різання при фрезеруванні залежить тільки від якості оброблювального матеріалу, який виражається коефіцієнтом $K_{\mu p}$, величина якого визначається для сталі і чавуну за табл. 21, 22 [2], а для мідних і алюмінієвих сплавів за табл. 23 [2].

Крутний момент на шпинделі:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}, \text{ кН}\cdot\text{м},$$

де D – діаметр фрези.

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \text{ кВт.}$$

					МП.ПМК-637.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		86

3.3 Функціонал програми

Алгоритм роботи програми, який реалізує подану вище математичну модель у вигляді блок-схеми показаний на рисунку 3.1.

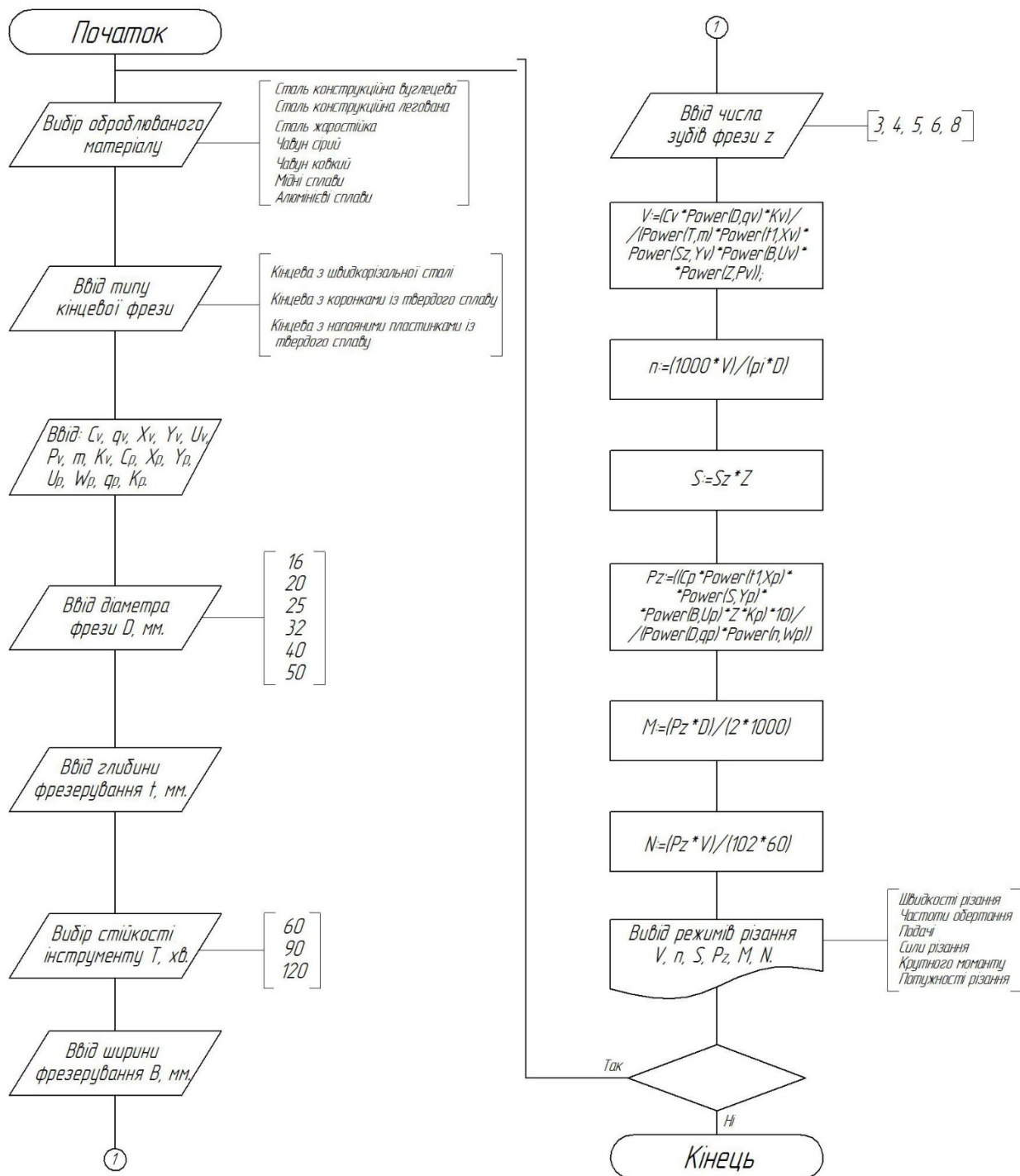


Рисунок 3.1 – Блок-схема програми

На рисунках 3.2 – 3.8 показані скрін-шоти екранів, які показують різні режими роботи прикладної комп'ютерної програми,

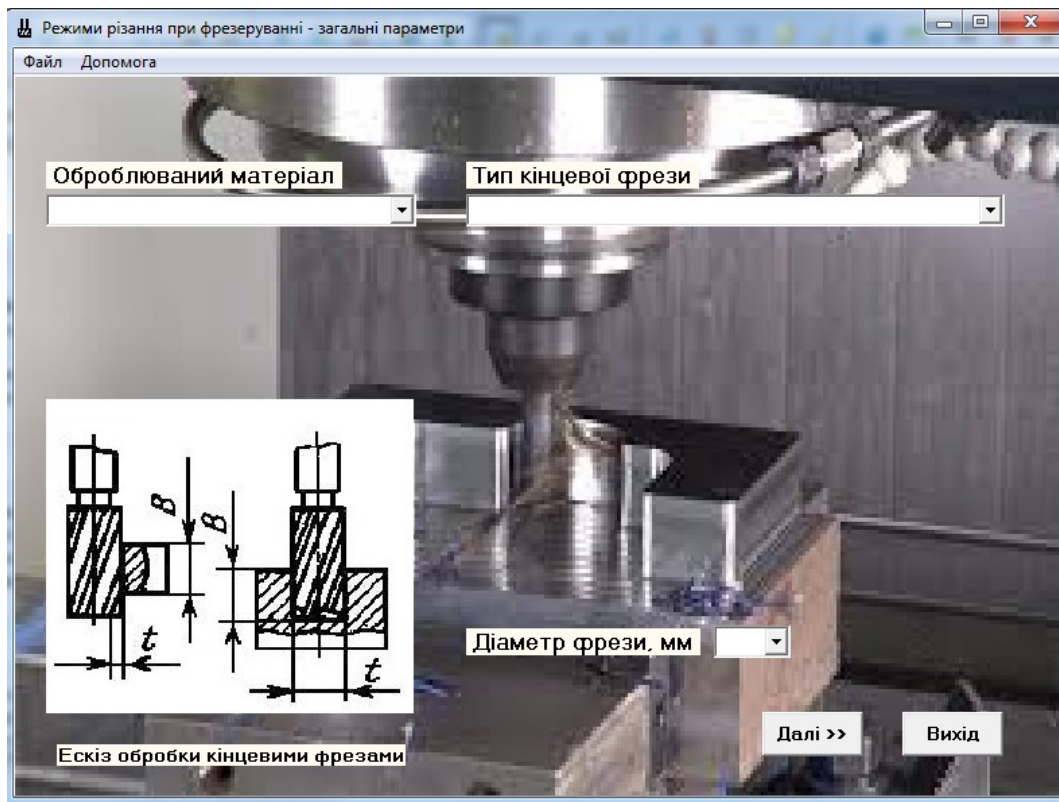


Рисунок 3.2 – Вигляд програми після запуску

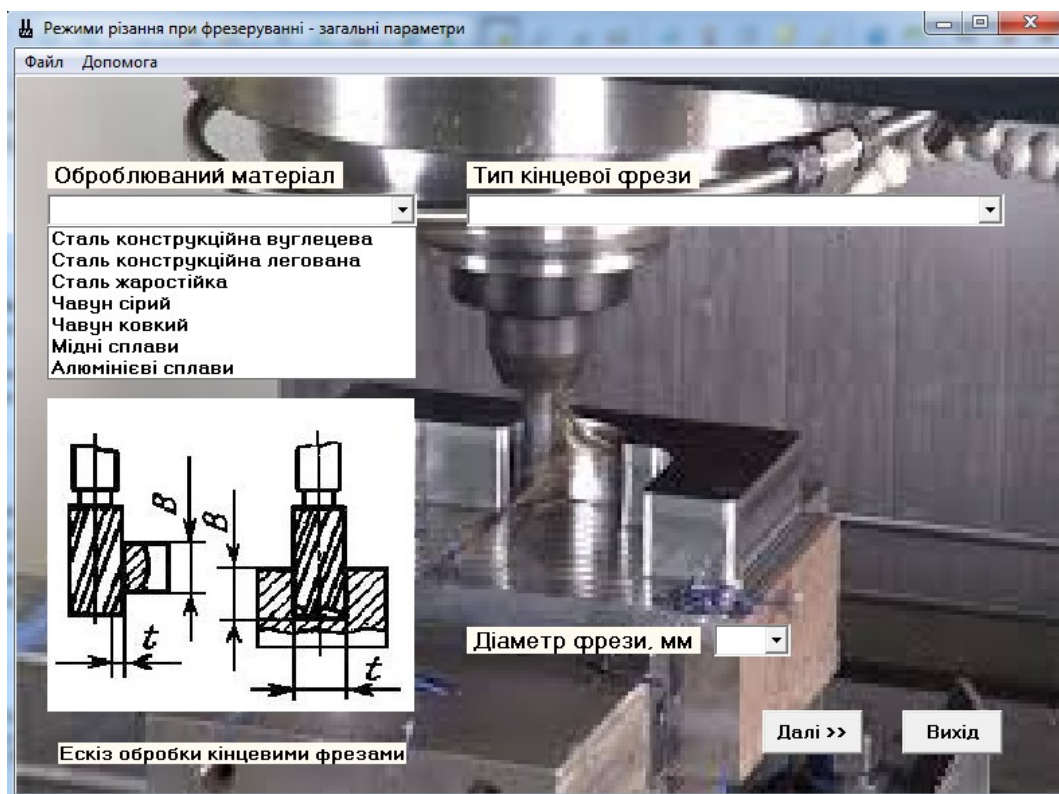


Рисунок 3.3 – Вибір оброблюваного матеріалу

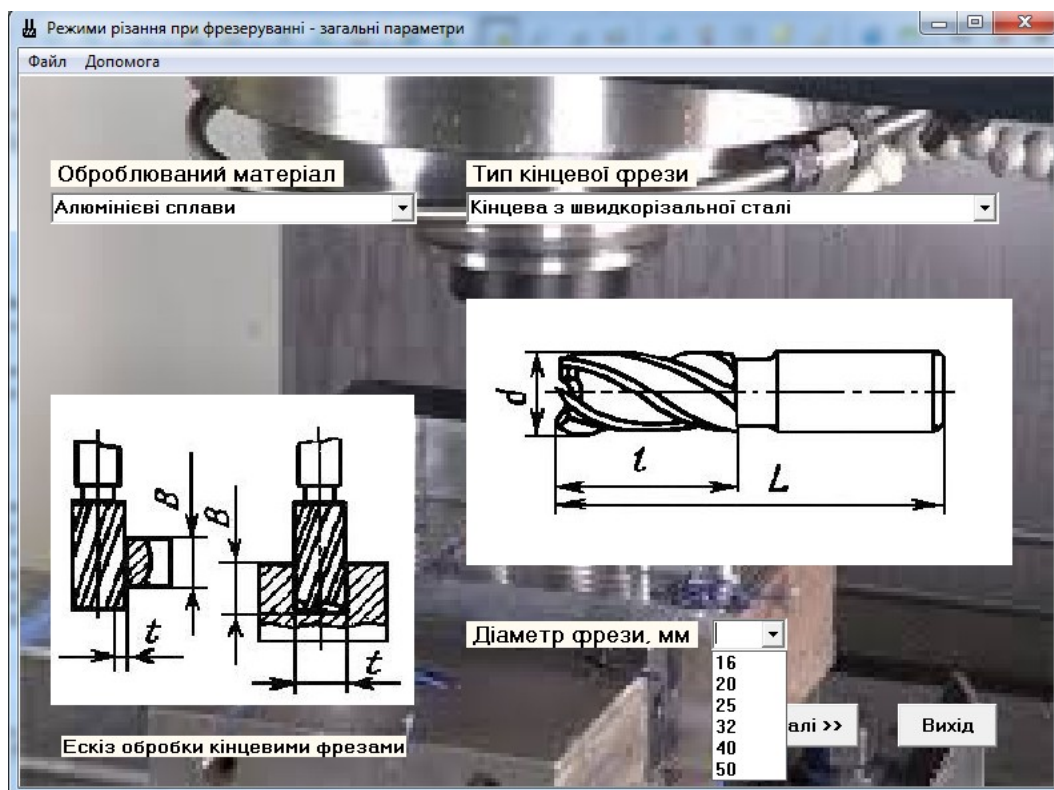


Рисунок 3.4 – Вибір діаметру фрези

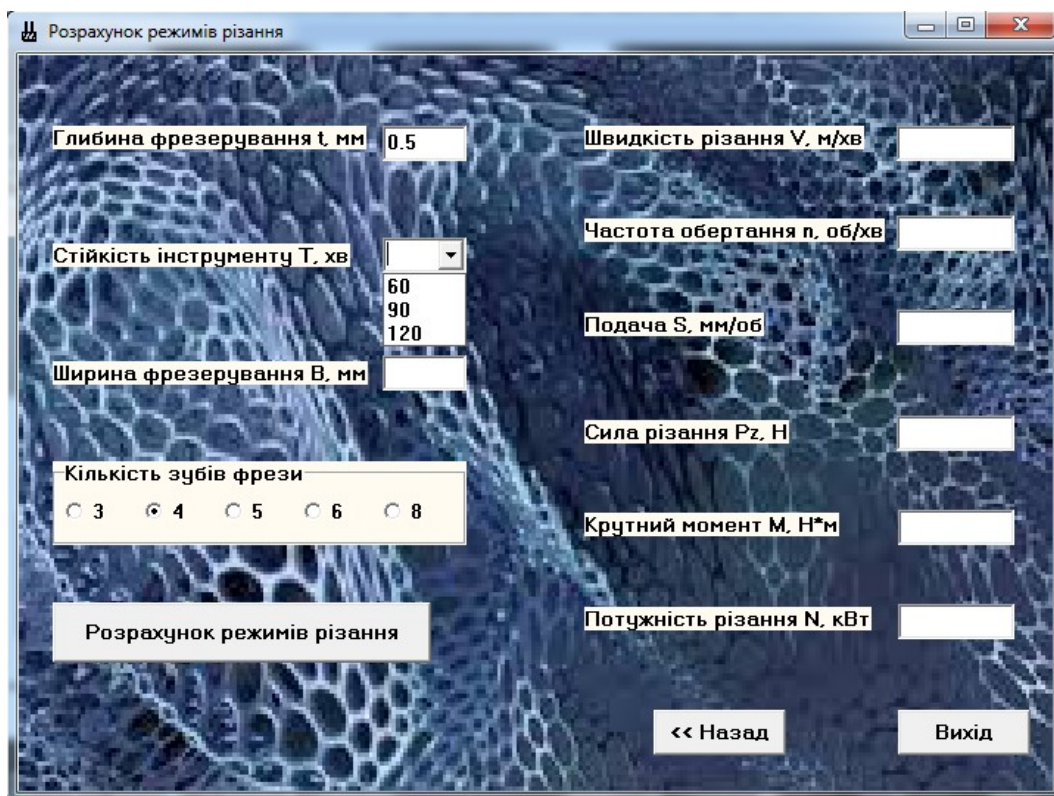


Рисунок 3.5 – Вибір часу стійкості інструменту

Розрахунок режимів різання

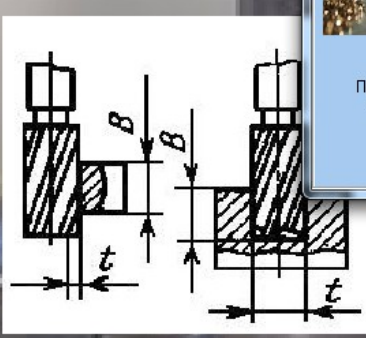
Глибина фрезерування t , мм	0.5	Швидкість різання V , м/хв	224.58
Стойкість інструменту T , хв	60	Частота обертання n , об/хв	3574.24
Ширина фрезерування B , мм	10	Подача S , мм/об	0.40
Кількість зубів фрези	☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 8	Сила різання P_z , Н	195.83
Розрахунок режимів різання		Крутний момент M , Н*м	1.96
		Потужність різання N , кВт	7.19
		« Назад Вихід	

Рисунок 3.6 – Вікно розрахунку з результатом обчислень

Режими різання при фрезеруванні - загальні параметри

Файл Допомога

Оброблюваний матеріал	Тип кінцевої фрези
Алюмінієві сплави	Кінцева з швидкорізальної сталі



Ескіз обробки кінцевими фрезами

Про програму

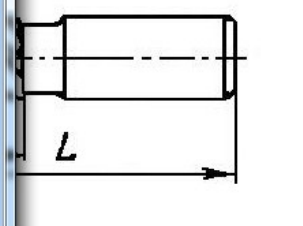
Про програму

Версія 01-2024

Облядрук В.В.

Студент групи ПМКм-23-1

Програма для розрахунку режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами.



Діаметр фрези, мм 20

Рисунок 3.7 – Інформаційне вікно «Про програму»

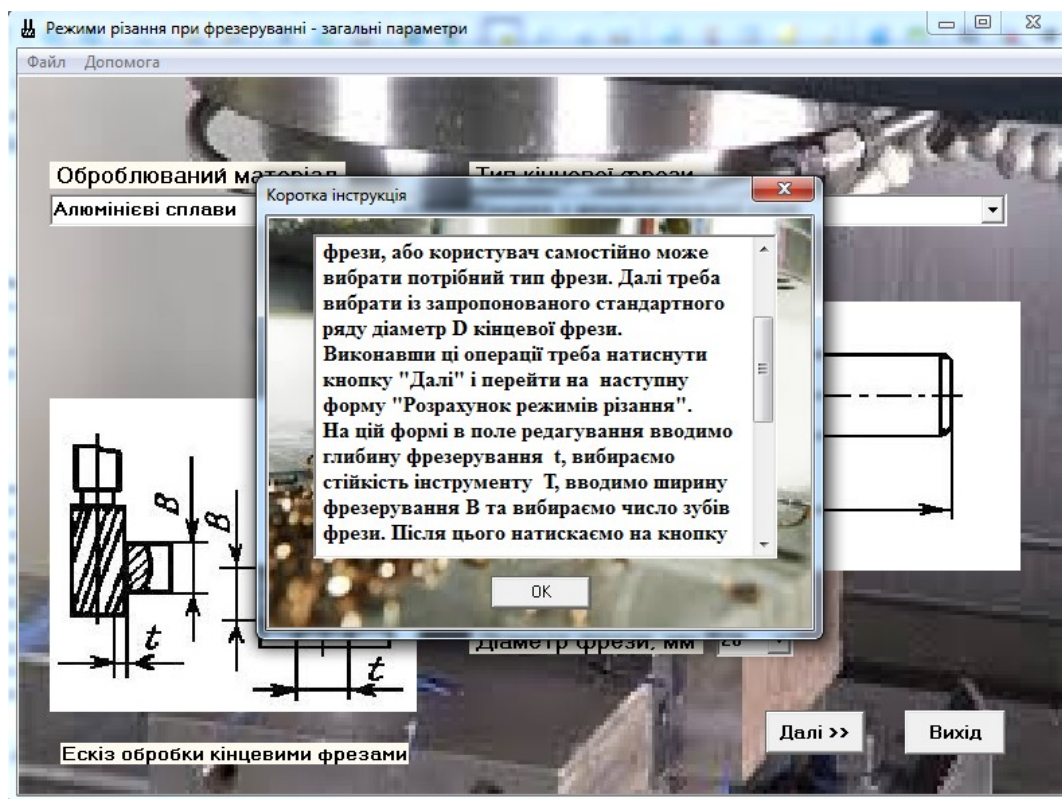


Рисунок 3.8 – Вікно з короткою інструкцією по роботі з програмою

Висновки

В магістерській роботі розроблено та обґрунтовано технологічний процес виготовлення деталі «Стінка 562.М.Т.724222.013а» для умов середньосерійного типу виробництва.

В процесі роботи проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі та базового технологічного процесу, обґрунтовано застосування методу отримання заготовки литтям під тиском, вибрано верстати з ЧПК, розраховано режими різання на операції механічної обробки а також розроблено верстатний пристрій з механізованим приводом та контрольний пристрій, проведена перевірка працездатності пристроїв. В графічній частині приведені креслення деталі, верстатного та контрольного пристроїв та подано результати дослідницької частини роботи – блок-схема та скріншоти роботи програми для розрахунку режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами.

Результати роботи можуть бути використані на виробництві.

					<i>МР.ПМК-637.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 300 с
2. Довідник техніка-конструктора. Під ред. М.Я.Левицького. – Київ: “Техніка”, 1978.
3. Сторож Б.Д., Карпик Р. Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. – Івано-Франківськ, 1999. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1983. - 256 с.
4. Технологія та сап обробки на верстатах з чпк. методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Бойко С.В. та ін...- Чернігів: НУЧП, 2021.-51 с.
5. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник /В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
7. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
8. ДСТУ 8981:2020. ВИЛИВКИ З МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 24 лютого 2020 р. № 41 з 2021–05–01.
9. С.С.Добрянський, Ю.М.Малафєєв, Є.С.Пуховський. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
10. Сапон С.П. Проектування литої заготовки: методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи. – Чернігів: НУЧП, 2021.– 62с.
11. ДСТУ ISO 21287:2013. Пневмоприводи. Пневмоциліндри компактної серії на номінальний тиск 1000 кПа (10 бар) з отворами діаметром 20 мм до 100 мм. Розміри та типи кріплення (ISO 21287:2004, IDT)

					МР.ПМК-637.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. Технологія оброблення корпусних деталей.. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» Тернопіль, 2016.-151 с.
13. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
14. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера.– Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.
15. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

					МР.ПМК-637.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

										ГОСТ 3.1118-82 Форма 1								
Дубл.																		
Взамін.																		
Підпис											Зм	Ар	№док.	Підпис Дата				
													2	1				
Розробив	Облядрук В.В.				І Ф Н Т У Н Г			562.М.Т.724222.013а				10101.00001						
Перевірів	Врюкало В.В.																	
					Стінка								Н					
Н. контр.	Врюкало В.В.																	
M01	Сталь 20 ГОСТ 1050–88																	
	Код		ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот		Профіль і розміри		КД	МЗ	53 НВ				
M02			Кз	0,075	1	0,086	0,87	4133Х.ХХХХ		Виливок Ø78,8×12		1	0,086					
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції			Позначення документу										
Б	Код найменування операції							См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
Р								ПИ		D або B		L	t	i	S		n	v
A01				005	XXXX Заготівельна													
B02																		
03																		
A04				010	3808 Токарна з ЧПК			60146.00001; 20140.00001; ІОП №XX–XX										
B05	381101.ХХХХ		Токарний з ЧПК Cortak 320x500 SAM6					2	15292	3	10	1	1	1	68	1	18,7	0,250
06																		
A07				015	3808 Свердлильно-фрезерно-			60146.00002; 20140.00002; ІОП №XX–XX										
08	розточувальна з ЧПК																	
B09	381611.ХХХХ		Оброблюючий центр HURCO VMX248					2	15292	3	10	1	1	1	68	1	12,5	5,02
10																		
A11				020	0200 Контрольна													
B12	41. ХХХХ. ХХХХ		Стіл контролера					2	15939	3								
A13																		
B14																		
15																		
A16																		
B17																		
МК																		2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			МР.ПМК-637.03.000.СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	МР.ПМК-637.03.000.01	Корпус	1	
		2	МР.ПМК-637.03.000.02	Плита	1	
		3	МР.ПМК-637.03.000.03	Колодка напрямна	2	
		4	МР.ПМК-637.03.000.04	Пластина	1	
		5	МР.ПМК-637.03.000.05	Призма	2	
		6	МР.ПМК-637.03.000.06	Упор	1	
		7	МР.ПМК-637.03.000.07	Кришка	1	
		8	МР.ПМК-637.03.000.08	Ручка	1	
		9	МР.ПМК-637.03.000.09	Важіль	2	
		10	МР.ПМК-637.03.000.10	Важіль	2	
		11	МР.ПМК-637.03.000.11	Вісь	2	
		12	МР.ПМК-637.03.000.12	Вісь	1	
		13	МР.ПМК-637.03.000.13	Вісь	2	
		14	МР.ПМК-637.03.000.14	Лапа	2	
		15	МР.ПМК-637.03.000.15	Корпус	1	
		16	МР.ПМК-637.03.000.16	Кришка передня	1	
		17	МР.ПМК-637.03.000.17	Кришка задня	1	
		18	МР.ПМК-637.03.000.18	Поршень	1	
		19	МР.ПМК-637.03.000.19	Шток	1	

					МР.ПМК-637.03.000 СП					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій верстатний ІФНТУНГ ПМКм-23-1					
Розроб.	Одлярчук В.В.									
Перев.	Врюкало В.В.									
Н.контр.	Врюкало В.В.									
Затв.	Панчук В.Г.									
					Літ.	Аркцш	Аркцшів			
						1	3			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Стандартні вироби</u>		
		20		Болт М6 ГОСТ1759	4	
		21		Болт М14 ГОСТ1759	4	
		22		Гвинт М5х12 ГОСТ14.91	2	
		23		Гвинт М5х60 ГОСТ14.91	2	
		24		Гвинт М4х12 ГОСТ14.91	2	
		25		Гайка М5 ГОСТ1759	4	
		26		Гайка М14 ГОСТ1759	4	
		27		Гайка М10 ГОСТ1759	1	
		28		Гайка М8 ГОСТ1759	5	
		29		Втулка ГОСТ859	5	
		30		Кільце ГОСТ9833	2	
		31		Кільце ГОСТ9833	4	
		32		Кільце ГОСТ9833	2	
		33		Кільце стопорне ГОСТ13943	1	
		34		Кільце стопорне ГОСТ13943	6	
		35		Пружина ГОСТ13793	1	
		36		Рим-болт ГОСТ4.751	4	
		37		Шайба ГОСТ6402	22	
		38		Шайба ГОСТ6402	2	
		39		Шайба ГОСТ6402	2	
		40		Шайба ГОСТ6402	4	
		41		Шайба ГОСТ6402	5	
		42		Шайба ГОСТ6402	1	
		43		Шпилька ГОСТ22042	2	
		44		Шпилька ГОСТ22042	2	
		45		Шпонка ГОСТ14.739	1	
		46		Штифт 2х15 ГОСТ3128	2	
		47		Штифт 3х15 ГОСТ3128	4	
		48		Штуцер ГОСТ21858	5	

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

МР.ПМК-637.03.000 СП

Арк. 2

[illegible]

```

unit Unit1;           // Код початкового вікна програми

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Buttons, Menus, ExtCtrls, jpeg;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Image1: TImage;
    Image2: TImage;
    Image3: TImage;
    Image4: TImage;
    Label4: TLabel;
    ComboBox1: TComboBox;
    ComboBox2: TComboBox;
    ComboBox3: TComboBox;
    Button1: TButton;
    Button3: TButton;
    MainMenu1: TMainMenu;
    N1: TMenuItem;
    N2: TMenuItem;
    N3: TMenuItem;
    N4: TMenuItem;
    N5: TMenuItem;
    Image5: TImage;
    procedure N3Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);
    procedure N2Click(Sender: TObject);
    procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
    procedure ComboBox3Change(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure N5Click(Sender: TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var

```



```
Form1: TForm1;  
Cv, qv, Xv, Yv, Uv, Pv, m, Kv, Cp, Xp, Yp, Up, Wp, qp, Kp: Real;  
D, T, t1, B, Sz, Z, V, Pz, S, n, M1, N1: Real;
```

implementation

```
uses Unit3, Unit2, Unit4;
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TForm1.N3Click(Sender: TObject);  
begin  
  Close;  
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
  case ComboBox1.ItemIndex of  
    0: begin {Сталь вуглецева}  
        case ComboBox2.ItemIndex of  
          0: begin {кінцева фреза}  
              Cv:=46.7; qv:=0.45; Xv:=0.5; Yv:=0.5; Uv:=0.1; Pv:=0.1; m:=0.33; Kv:=0.8;  
              Cp:=68.2; Xp:=0.86; Yp:=0.72; Up:=1; Wp:=0; qp:=0.86; Kp:=1;  
            end;  
          1: begin {кінцева фреза з коронками}  
              Cv:=145; qv:=0.44; Xv:=0.24; Yv:=0.26; Uv:=0.1; Pv:=0.13; m:=0.37;  
Kv:=0.8;  
              Cp:=12.5; Xp:=0.85; Yp:=0.75; Up:=1; Wp:=-0.13; qp:=0.73; Kp:=1;  
            end;  
          2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
              Cv:=234; qv:=0.44; Xv:=0.24; Yv:=0.26; Uv:=0.1; Pv:=0.13; m:=0.37;  
Kv:=0.8;  
              Cp:=12.5; Xp:=0.85; Yp:=0.75; Up:=1; Wp:=-0.13; qp:=0.73; Kp:=1;  
            end;  
        end;  
      end;  
  
    1: begin {Сталь легована}  
        case ComboBox2.ItemIndex of  
          0: begin {кінцева фреза з коронками}  
              Cv:=200; qv:=0.65; Xv:=0.32; Yv:=0.28; Uv:=0.18; Pv:=0.23; m:=0.5;  
Kv:=0.8;  
              Cp:=12.5; Xp:=0.85; Yp:=0.75; Up:=1; Wp:=-0.13; qp:=0.73; Kp:=1;  
            end;  
          1: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
              Cv:=313; qv:=0.65; Xv:=0.32; Yv:=0.28; Uv:=0.18; Pv:=0.23; m:=0.5;  
Kv:=0.8;
```

```

        Cp:=12.5; Xp:=0.85; Yp:=0.75; Up:=1; Wp:=-0.13; qp:=0.73; Kp:=1;
    end;
end;
end;

2: begin {Сталь жаростійка} {кінцева фреза}
    ComboBox2.ItemIndex:=0;
    Combobox2.OnChange(Self);
    Cv:=22.5; qv:=0.35; Xv:=0.21; Yv:=0.48; Uv:=0.03; Pv:=0.1; m:=0.27;
Kv:=0.24;
    Cp:=82; Xp:=0.75; Yp:=0.6; Up:=1; Wp:=0; qp:=0.86; Kp:=1;
    end;

3: begin {Чавун сірий} {кінцева фреза}
    Cv:=72; qv:=0.7; Xv:=0.5; Yv:=0.2; Uv:=0.3; Pv:=0.3; m:=0.25; Kv:=0.85;
    Cp:=30; Xp:=0.83; Yp:=0.65; Up:=1; Wp:=0; qp:=0.83; Kp:=1;
    end;

4: begin {Чавун ковкий} {кінцева фреза}
    Cv:=68.5; qv:=0.45; Xv:=0.3; Yv:=0.2; Uv:=0.1; Pv:=0.1; m:=0.33; Kv:=0.85;
    Cp:=30; Xp:=0.86; Yp:=0.72; Up:=1; Wp:=0; qp:=0.86; Kp:=1;
    end;

5: begin {Мідні сплави} {кінцева фреза}
    Cv:=103; qv:=0.45; Xv:=0.3; Yv:=0.2; Uv:=0.1; Pv:=0.1; m:=0.33; Kv:=0.9;
    Cp:=22.6; Xp:=0.86; Yp:=0.72; Up:=1; Wp:=0; qp:=0.86; Kp:=1;
    end;

6: begin {Алюмінієві сплави} {кінцева фреза}
    Cv:=185.5; qv:=0.45; Xv:=0.3; Yv:=0.2; Uv:=0.1; Pv:=0.1; m:=0.33; Kv:=0.9;
    Cp:=22.6; Xp:=0.86; Yp:=0.72; Up:=1; Wp:=0; qp:=0.86; Kp:=1;
    end;
end;
Form2.Show;
end;

procedure TForm1.ComboBox2Change(Sender: TObject);
begin
    case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
        if ComboBox1.ItemIndex<>1 then
            begin
                Image1.Visible:=True;
                Image2.Visible:=False;
                Image3.Visible:=False;
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

1: begin {кінцева фреза з коронками}
  if ComboBox1.ItemIndex<=1 then
    begin
      Image2.Visible:=True;
      Image1.Visible:=False;
      Image3.Visible:=False;
    end;
  end;
2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
  if ComboBox1.ItemIndex<=1 then
    begin
      Image1.Visible:=False;
      Image2.Visible:=False;
      Image3.Visible:=True;
    end;
  end;
end;
end;

procedure TForm1.N2Click(Sender: TObject);
begin
  AboutBox.Show;
end;

procedure TForm1.ComboBox1Change(Sender: TObject);
begin
  case ComboBox1.ItemIndex of
    1: begin {Сталь легована}
      if ComboBox2.ItemIndex=0 then ComboBox2.ItemIndex:=1;
      Combobox2.OnChange(Self);
    end;
    2..6: begin {Сталь жаростійка} {кінцева фреза}
      ComboBox2.ItemIndex:=0;
      Combobox2.OnChange(Self);
    end;
  end;
end;

procedure TForm1.ComboBox3Change(Sender: TObject);
begin
  case ComboBox3.ItemIndex of
    0: D:=16;
    1: D:=20;
    2: D:=25;
    3: D:=32;
    4: D:=40;
    5: D:=50;
  end;
end;

```

```
    end;  
end;  
  
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);  
begin  
    Close;  
end;  
  
procedure TForm1.N5Click(Sender: TObject);  
begin  
    AboutBox1.Show;  
end;  
  
end.
```

```
unit Unit2;                //Код вікна розрахунків  
  
interface  
  
uses  
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
    Dialogs, StdCtrls, Buttons, ExtCtrls, unit1, jpeg;  
  
type  
    TForm2 = class(TForm)  
        Panel1: TPanel;  
        Image1: TImage;  
        Label1: TLabel;  
        Label2: TLabel;  
        Label3: TLabel;  
        Label4: TLabel;  
        Label5: TLabel;  
        Label6: TLabel;  
        Label7: TLabel;  
        Label8: TLabel;  
        Label9: TLabel;  
        ComboBox2: TComboBox;  
        Edit1: TEdit;  
        Edit2: TEdit;  
        Edit3: TEdit;  
        Edit4: TEdit;  
        Button1: TButton;  
        Button2: TButton;  
        Edit5: TEdit;  
        RadioGroup1: TRadioGroup;
```

```
Edit6: TEdit;  
Edit7: TEdit;  
Edit8: TEdit;  
Button3: TButton;  
procedure Button1Click(Sender: TObject);  
procedure Button2Click(Sender: TObject);  
procedure Edit6Change(Sender: TObject);  
procedure RadioGroup1Click(Sender: TObject);  
procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);  
procedure Edit5Change(Sender: TObject);  
procedure Button3Click(Sender: TObject);
```

```
private  
  { Private declarations }  
public  
  { Public declarations }  
end;
```

```
var  
  Form2: TForm2;
```

implementation

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
  Form1.Show;  
end;
```

```
function Power(X, Y: Real): Real;  
begin  
  if (X>0) then  
    Result:=Exp(Y*Ln(X))  
  else Application.MessageBox('Введіть будь-ласка правильно всі дані!', 'Error!');  
end;
```

```
procedure TForm2.Button2Click(Sender: TObject);  
var  
  res: String;  
  Frez: TextFile;  
begin  
  if t1<3 then  
    begin
```

```

case Form1.ComboBox3.ItemIndex of
0: begin {D=16}
    case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
        Sz:=0.08;
        end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
        Sz:=0.04;
        end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
        Sz:=0.08;
        end;
    end; {case CB2}
end;

1: begin {D=20}
    case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
        Sz:=0.10;
        end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
        Sz:=0.08;
        end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
        Sz:=0.12;
        end;
    end; {case CB2}
end;

2: begin {D=25}
    case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
        Sz:=0.12;
        end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
        Sz:=0.05;
        end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
        Sz:=0.07;
        end;
    end; {case CB2}
end;

3: begin {D=32}
    case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
        Sz:=0.16;

```

```

    end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
        Sz:=0.05;
        t1:=3;
    end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
        Sz:=0.18;
    end;
end; {case CB2}
end;

4: begin {D=40}
    case ComboBox2.ItemIndex of
        0: begin {кінцева фреза}
            Sz:=0.10;
        end;
        1: begin {кінцева фреза з коронками}
            Sz:=0.05;
        end;
        2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
            Sz:=0.10;
        end;
    end; {case CB2}
end;

5: begin {D=50}
    case ComboBox2.ItemIndex of
        0: begin {кінцева фреза}
            Sz:=0.10;
        end;
        1: begin {кінцева фреза з коронками}
            Sz:=0.05;
        end;
        2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
            Sz:=0.20;
        end;
    end; {case CB2}
end; {case CB3}
end

else if t1<5 then
begin
    case Form1.ComboBox3.ItemIndex of
        0: begin {D=16}
            case ComboBox2.ItemIndex of
                0: begin {кінцева фреза}

```

```

        Sz:=0.06;
    end;
1: begin {кінцева фреза з коронками}
    Sz:=0.04;
    end;
2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
    Sz:=0.10;
    end;
end; {case CB2}
end;

1: begin {D=20}
    case ComboBox2.ItemIndex of
        0: begin {кінцева фреза}
            Sz:=0.07;
            end;
        1: begin {кінцева фреза з коронками}
            Sz:=0.06;
            end;
        2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
            Sz:=0.10;
            end;
    end; {case CB2}
end;

2: begin {D=25}
    case ComboBox2.ItemIndex of
        0: begin {кінцева фреза}
            Sz:=0.09;
            end;
        1: begin {кінцева фреза з коронками}
            Sz:=0.04;
            end;
        2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
            Sz:=0.05;
            end;
    end; {case CB2}
end;

3: begin {D=32}
    case ComboBox2.ItemIndex of
        0: begin {кінцева фреза}
            Sz:=0.12;
            end;
        1: begin {кінцева фреза з коронками}
            Sz:=0.04;
            end;
    end;

```



```
2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
    Sz:=0.12;  
    end;  
end; {case CB2}  
end;
```

```
4: begin {D=40}  
    case ComboBox2.ItemIndex of  
    0: begin {кінцева фреза}  
        Sz:=0.07;  
        end;  
    1: begin {кінцева фреза з коронками}  
        Sz:=0.04;  
        end;  
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
        Sz:=0.08;  
        end;  
    end; {case CB2}  
end;
```

```
5: begin {D=50}  
    case ComboBox2.ItemIndex of  
    0: begin {кінцева фреза}  
        Sz:=0.07;  
        end;  
    1: begin {кінцева фреза з коронками}  
        Sz:=0.04;  
        end;  
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
        Sz:=0.16;  
        end;  
    end; {case CB2}  
end;  
end; {case CB3}  
end
```

```
else if t1<8 then  
begin  
    case Form1.ComboBox3.ItemIndex of  
    0: begin {D=16}  
        case ComboBox2.ItemIndex of  
        0: begin {кінцева фреза}  
            Sz:=0.05;  
            end;  
        1: begin {кінцева фреза з коронками}  
            Sz:=0.03;  
            end;  
    end;  
end;
```

```
2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
    Sz:=0.10;  
    end;  
end; {case CB2}  
end;
```

```
1: begin {D=20}  
    case ComboBox2.ItemIndex of  
    0: begin {кінцева фреза}  
        Sz:=0.08;  
        end;  
    1: begin {кінцева фреза з коронками}  
        Sz:=0.04;  
        end;  
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
        Sz:=0.10;  
        end;  
    end; {case CB2}  
end;
```

```
2: begin {D=25}  
    case ComboBox2.ItemIndex of  
    0: begin {кінцева фреза}  
        Sz:=0.04;  
        end;  
    1: begin {кінцева фреза з коронками}  
        Sz:=0.03;  
        end;  
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
        Sz:=0.03;  
        end;  
    end; {case CB2}  
end;
```

```
3: begin {D=32}  
    case ComboBox2.ItemIndex of  
    0: begin {кінцева фреза}  
        Sz:=0.05;  
        end;  
    1: begin {кінцева фреза з коронками}  
        Sz:=0.03;  
        end;  
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}  
        Sz:=0.10;  
        end;  
    end; {case CB2}  
end;
```

```

4: begin {D=40}
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
      Sz:=0.05;
    end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
      Sz:=0.03;
    end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
      Sz:=0.06;
    end;
  end; {case CB2}
end;

5: begin {D=50}
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
      Sz:=0.05;
    end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
      Sz:=0.03;
    end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
      Sz:=0.12;
    end;
  end; {case CB2}
end; {case CB3}
end

else if t1<12 then
begin
  case Form1.ComboBox3.ItemIndex of
    0: begin {D=16}
      case ComboBox2.ItemIndex of
        0: begin {кінцева фреза}
          Sz:=0.05;
        end;
        1: begin {кінцева фреза з коронками}
          Sz:=0.03;
        end;
        2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
          Sz:=0.08;
        end;
      end; {case CB2}
    end;
  end;

```

```

1: begin {D=20}
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
      Sz:=0.04;
    end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
      Sz:=0.03;
    end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
      Sz:=0.08;
    end;
  end; {case CB2}
end;

2: begin {D=25}
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
      Sz:=0.04;
    end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
      Sz:=0.03;
    end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
      Sz:=0.05;
    end;
  end; {case CB2}
end;

3: begin {D=32}
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
      Sz:=0.05;
    end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
      Sz:=0.03;
    end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
      Sz:=0.10;
    end;
  end; {case CB2}
end;

4: begin {D=40}
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
      Sz:=0.05;

```

```

end;
1: begin {кінцева фреза з коронками}
    Sz:=0.03;
end;
2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
    Sz:=0.05;
end;
end; {case CB2}
end;

```

```

5: begin {D=50}
    case ComboBox2.ItemIndex of
    0: begin {кінцева фреза}
        Sz:=0.05;
        end;
    1: begin {кінцева фреза з коронками}
        Sz:=0.03;
        end;
    2: begin {кінцева фреза з напаяними пластинками}
        Sz:=0.12;
        end;
    end; {case CB2}
end;
end;
end; {case CB3}

```

try

$V := (C_v * \text{Power}(D, q_v) * K_v) / (\text{Power}(T, m) * \text{Power}(t_1, X_v) * \text{Power}(S_z, Y_v) * \text{Power}(B, U_v) * \text{Power}(Z, P_v));$

$n := (1000 * V) / (\pi * D);$ {частота обертання фрези}

$S := S_z * Z;$ {подача}

$P_z := ((C_p * \text{Power}(t_1, X_p) * \text{Power}(S, Y_p) * \text{Power}(B, U_p) * Z * K_p) * 10) / (\text{Power}(D, q_p) * \text{Power}(n, W_p));$

$M_1 := (P_z * D) / (2 * 1000);$

$N_1 := (P_z * V) / (102 * 60);$

Str(V:8:2,res); Edit1.Text:=res;

Str(n:8:2,res); Edit7.Text:=res;

Str(S:8:2,res); Edit8.Text:=res;

Str(Pz:8:2,res); Edit2.Text:=res;

Str(M1:8:2,res); Edit3.Text:=res;

Str(N1:8:2,res); Edit4.Text:=res;

AssignFile(FRez,'Rezult.txt');

Rewrite(FRez);

WriteLn(FRez, 'Швидкість різання = ', V:8:2);

```
WriteLn(FRez, n:8:2);
CloseFile(FRez);
except
  on EZeroDivide do Exit;
end;
end;
```

```
procedure TForm2.Edit6Change(Sender: TObject);
var
  Code: Integer;
begin
  Val(Edit6.Text,t1,Code);
end;
```

```
procedure TForm2.RadioGroup1Click(Sender: TObject);
begin
  case RadioGroup1.ItemIndex of
    0: Z:=3;
    1: Z:=4;
    2: Z:=5;
    3: Z:=6;
    else Z:=8;
  end;
end;
```

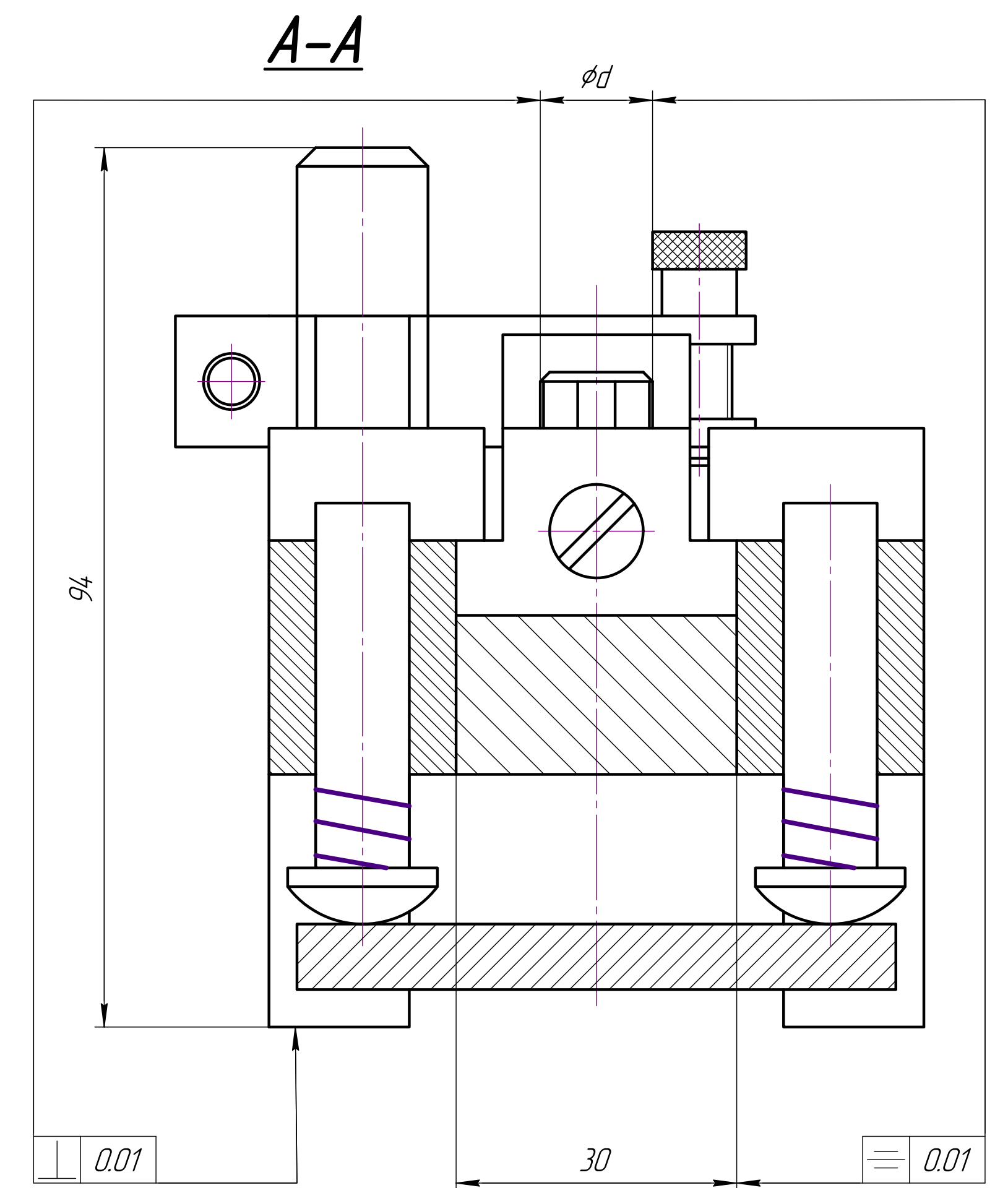
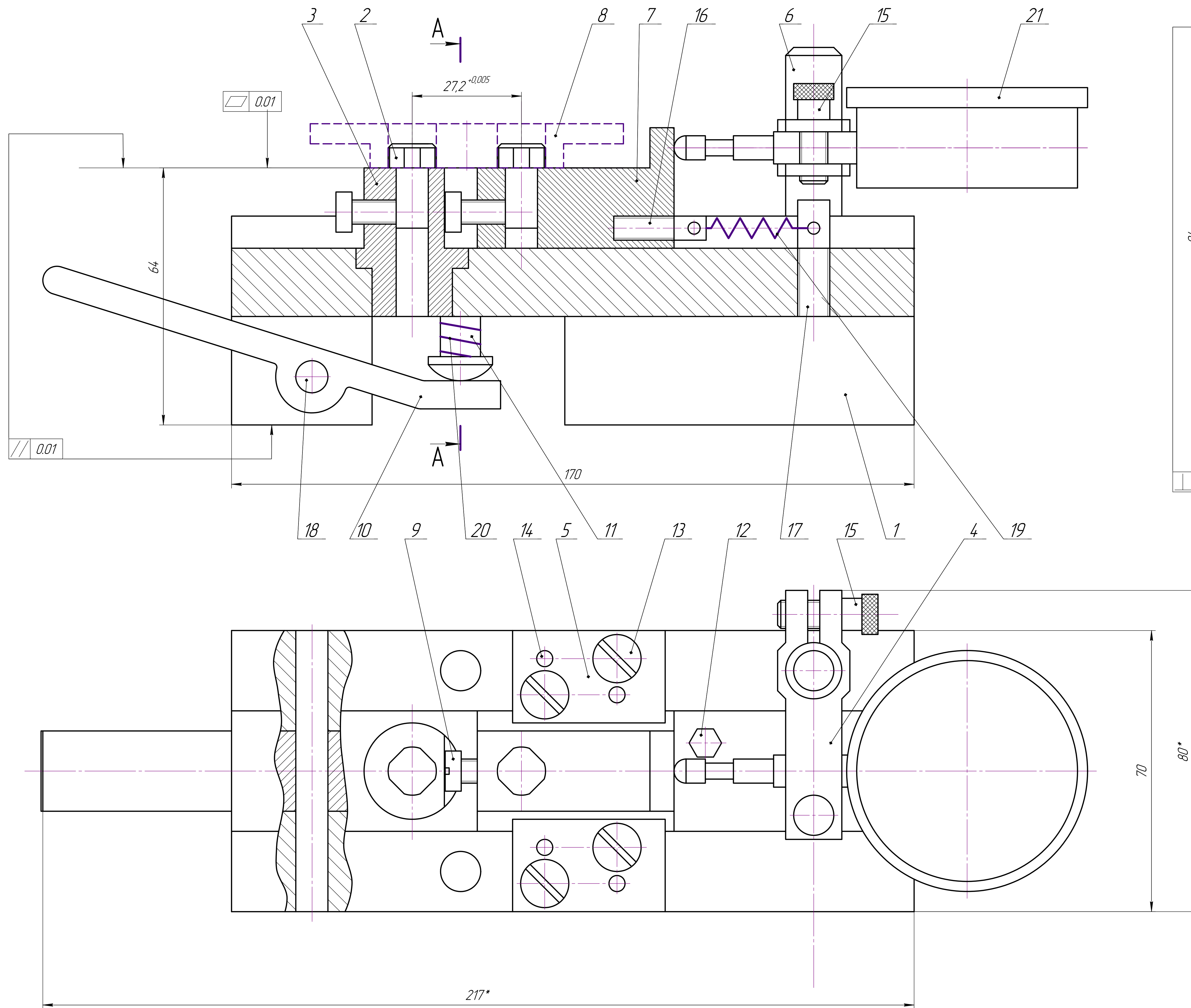
```
procedure TForm2.ComboBox2Change(Sender: TObject);
begin
  case ComboBox2.ItemIndex of
    0: T:=60;
    1: T:=90;
    2: T:=120;
  end;
end;
```

```
procedure TForm2.Edit5Change(Sender: TObject);
var
  Code: Integer;
begin
  Val(Edit5.Text,B,Code);
end;
```

```
procedure TForm2.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  Application.Terminate;
end;

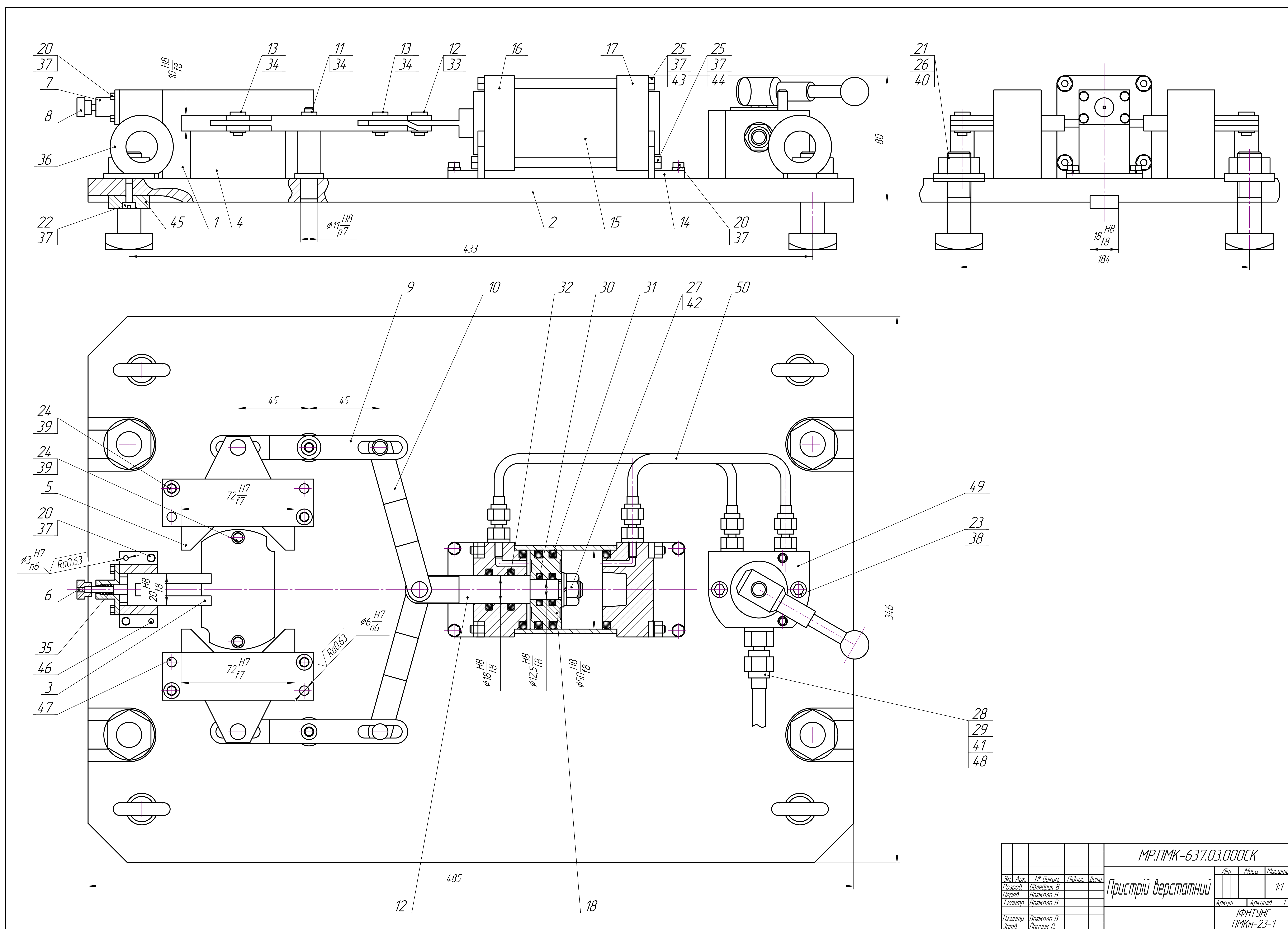
end.
```


						562.М.Т.724222-013			
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		Лист		Маса	Масштаб
Розряд					Стінка				2:1
Перев.						Аркш		Аркш	1
Уконтр.									
Нконтр.					AK12 ГОСТ1588-89	ІВФ "ТЕМПО" м.Івано-Франківськ			
Затв.									

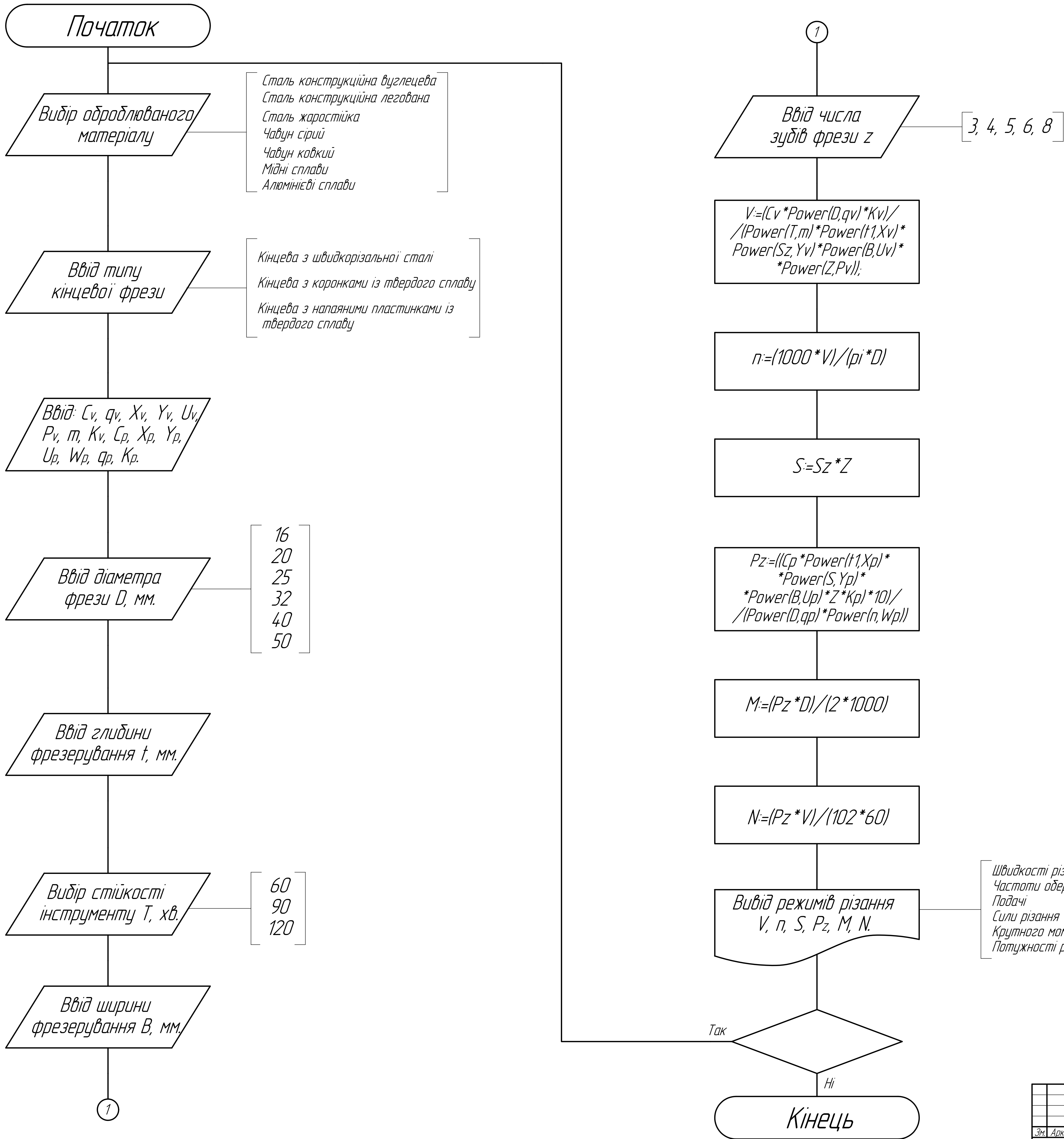


1. * Розміри для довідки

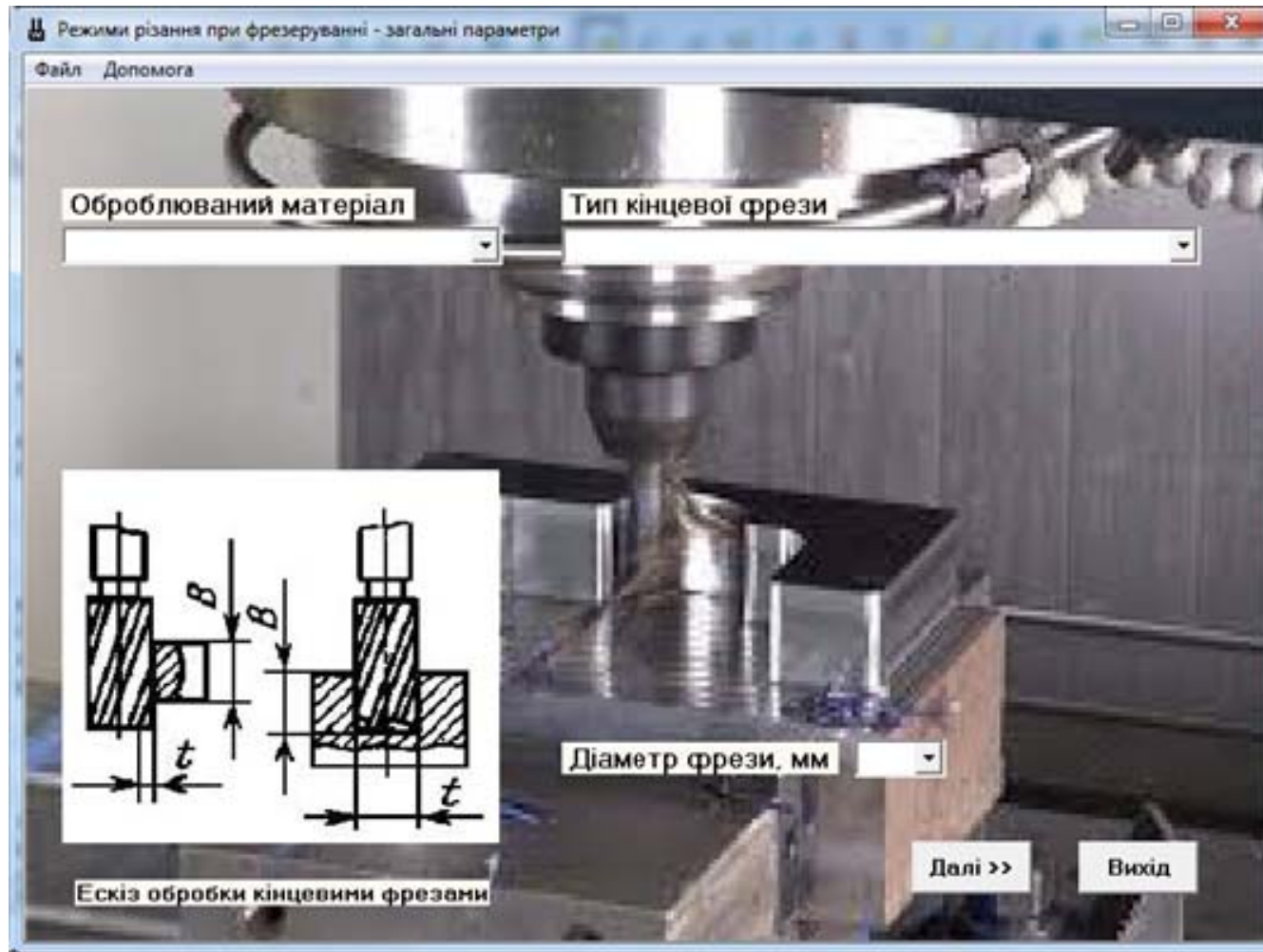
				МР.ПМК-637.02.000СК			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Лист	Маса	Масштаб	
Розроб.	В.	В.				2:1	
Перев.	В.	В.					
Т.контр.	В.	В.					
Н.контр.	В.	В.					
Затв.	В.	В.					
				Пристрій контрольний			
				ІФНТЧНТ			
				ПМКМ-23-1			



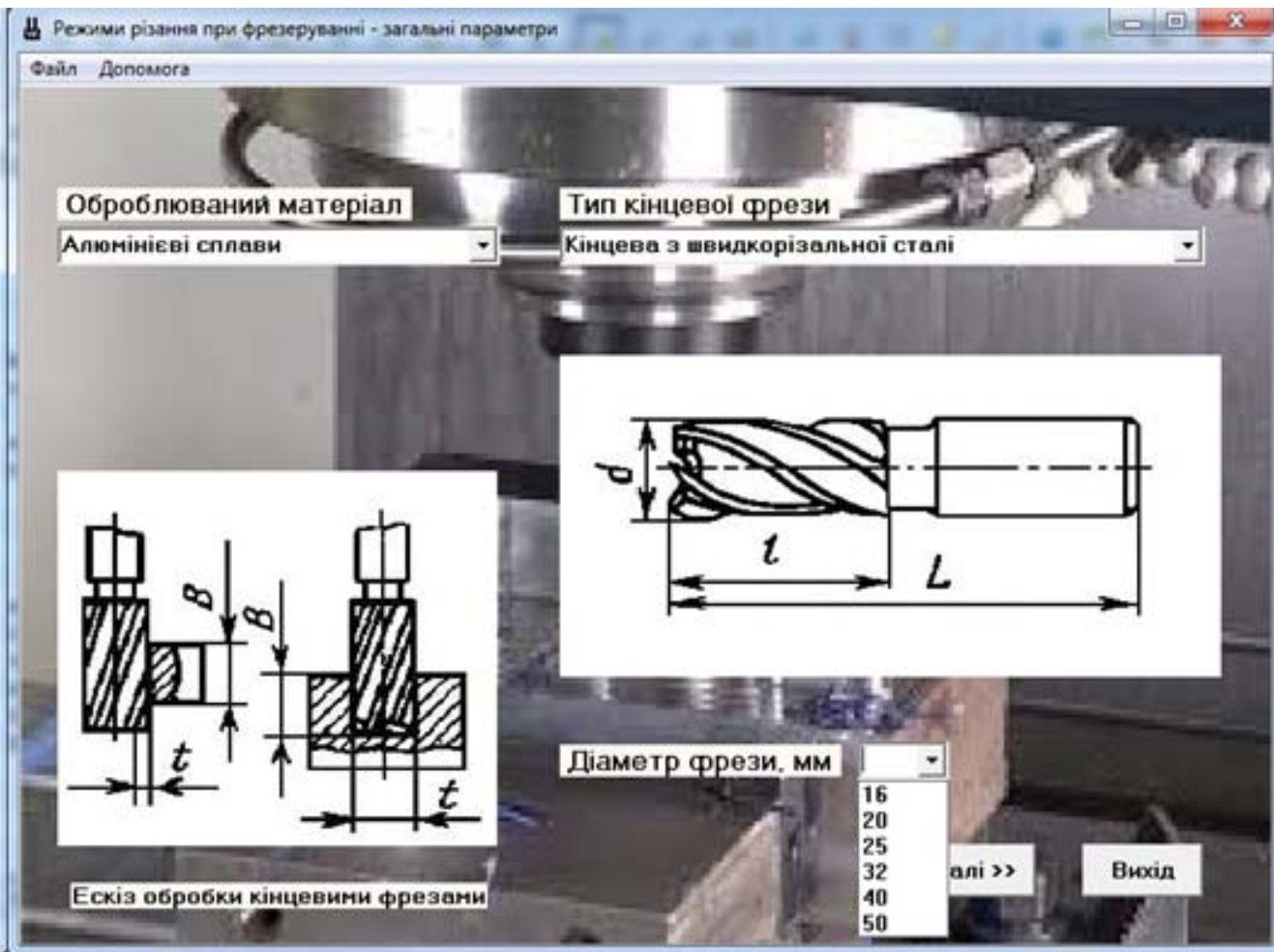
				МР.ПМК-637.03.000СК			
Экз.	Арх.	№ док.	Подпис.	Дата	Пристрій верстатний		
Розроб.	Виконав.	Відредак.	Відредак.	Відредак.			
Т.контр.	Відредак.	Відредак.	Відредак.	Відредак.	Архив	Архив	1
Н.контр.	Відредак.	Відредак.	Відредак.	Відредак.	ІФНТЧНТ		
Затв.	Підпис.	Підпис.	Підпис.	Підпис.	ПМКМ-23-1		



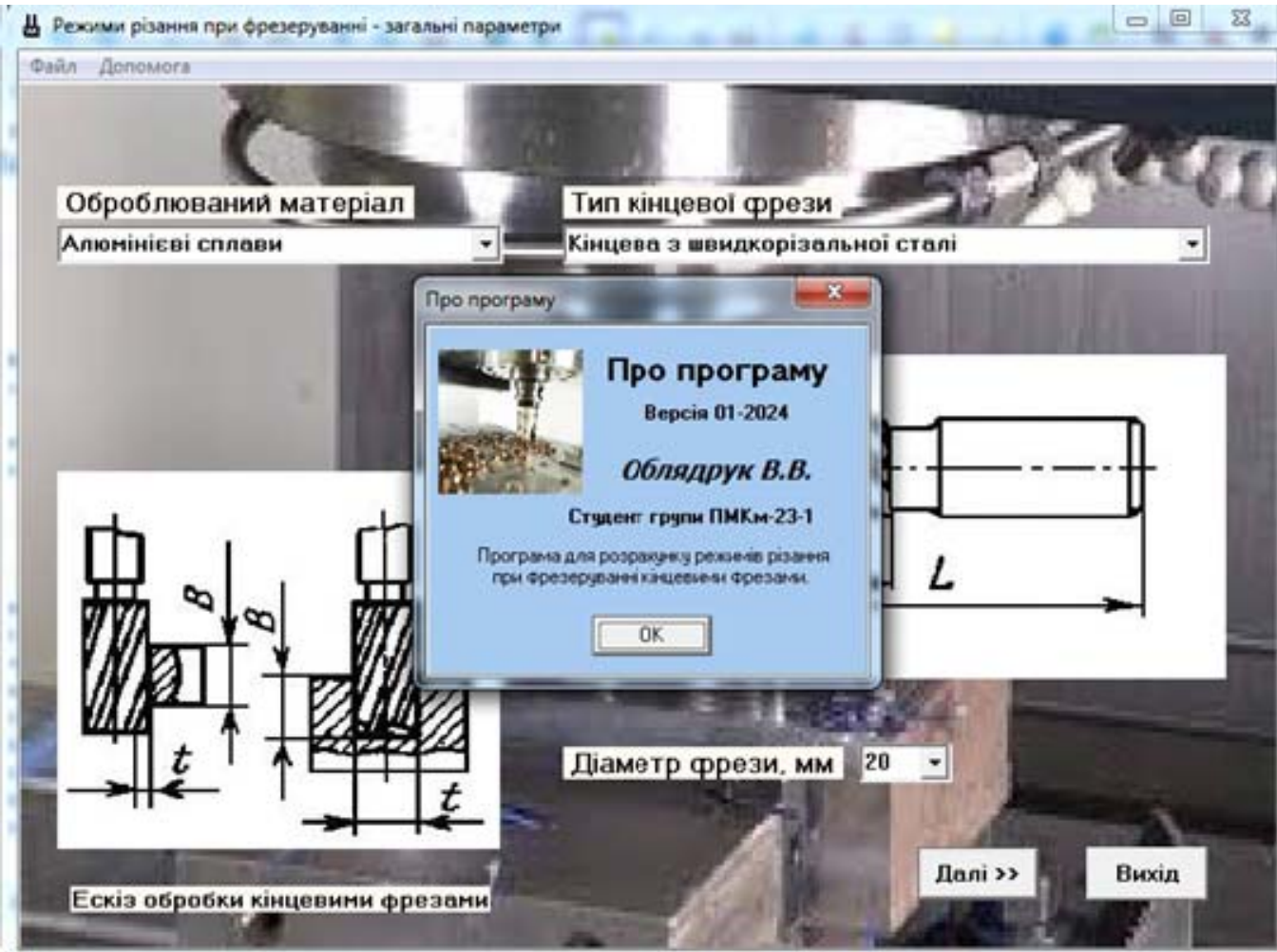
					МР.ПМК-637.04.000 БС				
					Блок-схема програми	Лист	Маса	Масштаб	
						Н		1:1	
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		Архш		Архцш	1
Розроб.		Одльовий В.В.							
Перев.		Вракоало В.В.							
Т.контр.		Вракоало В.В.							
Реценз.									
Н.контр.		Вракоало В.В.							
Затв.		Панчук В.Г.					ФНТУНГ ПМКМ-23-1		



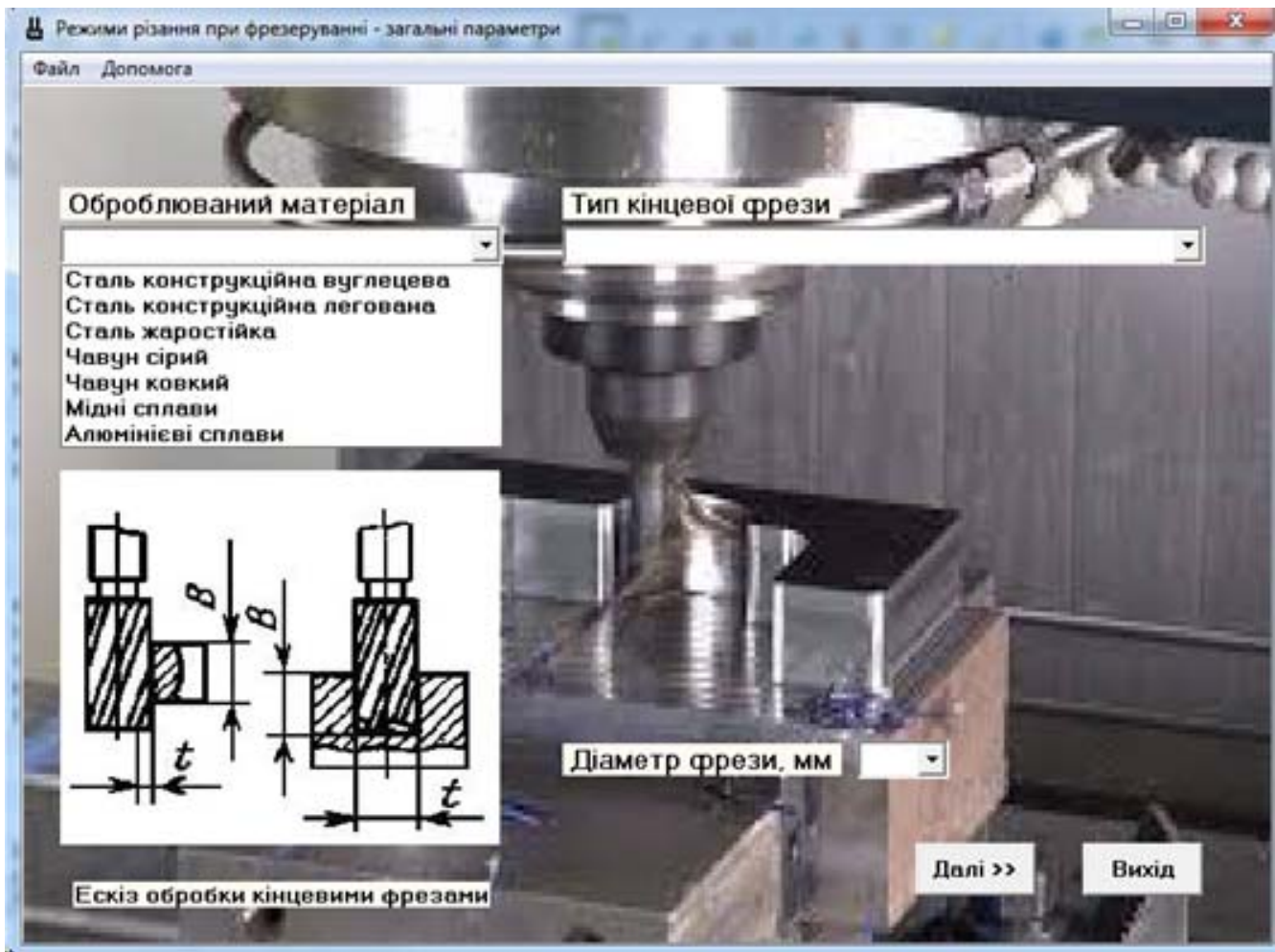
Вигляд програми після запуску



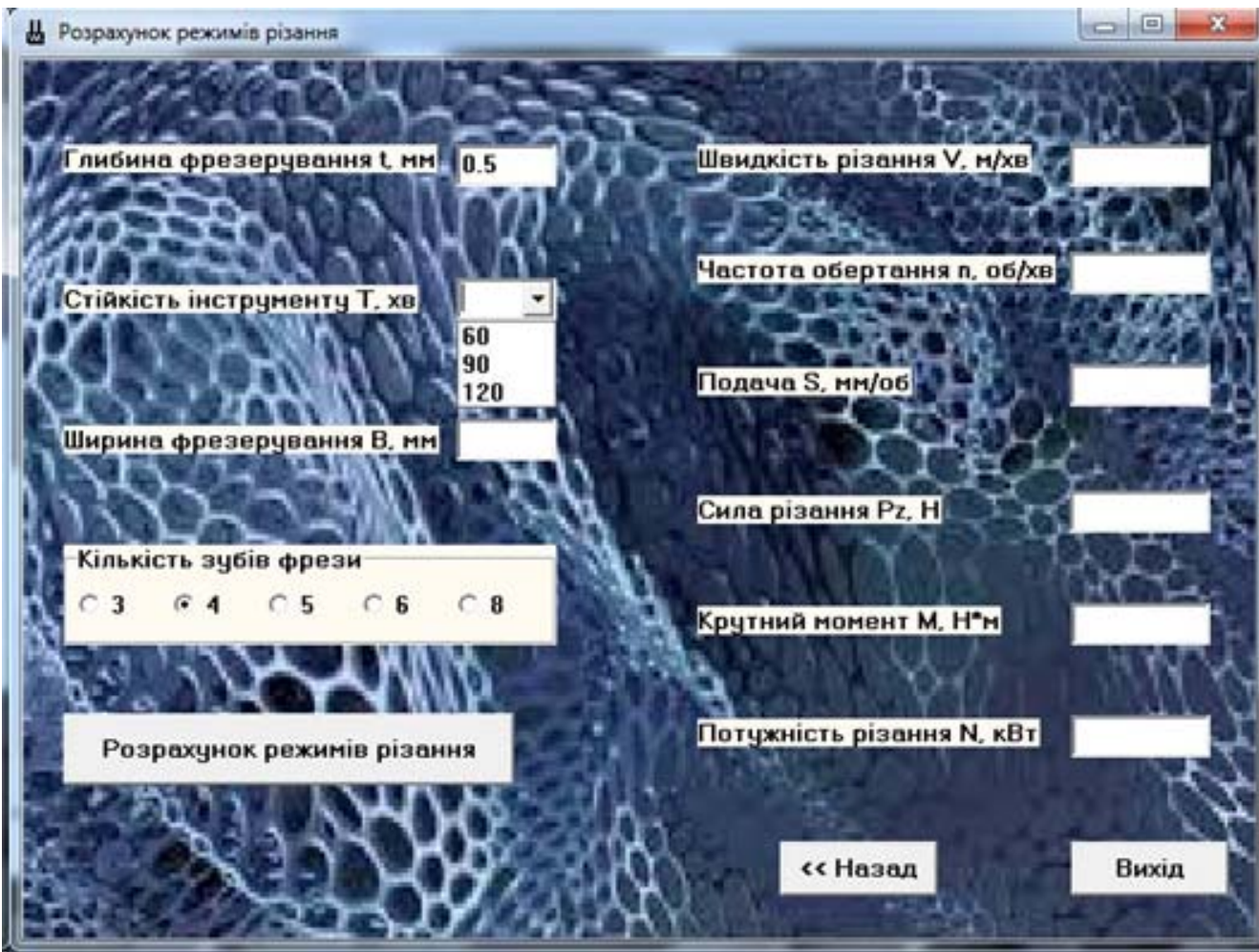
Вибір діаметру фрези



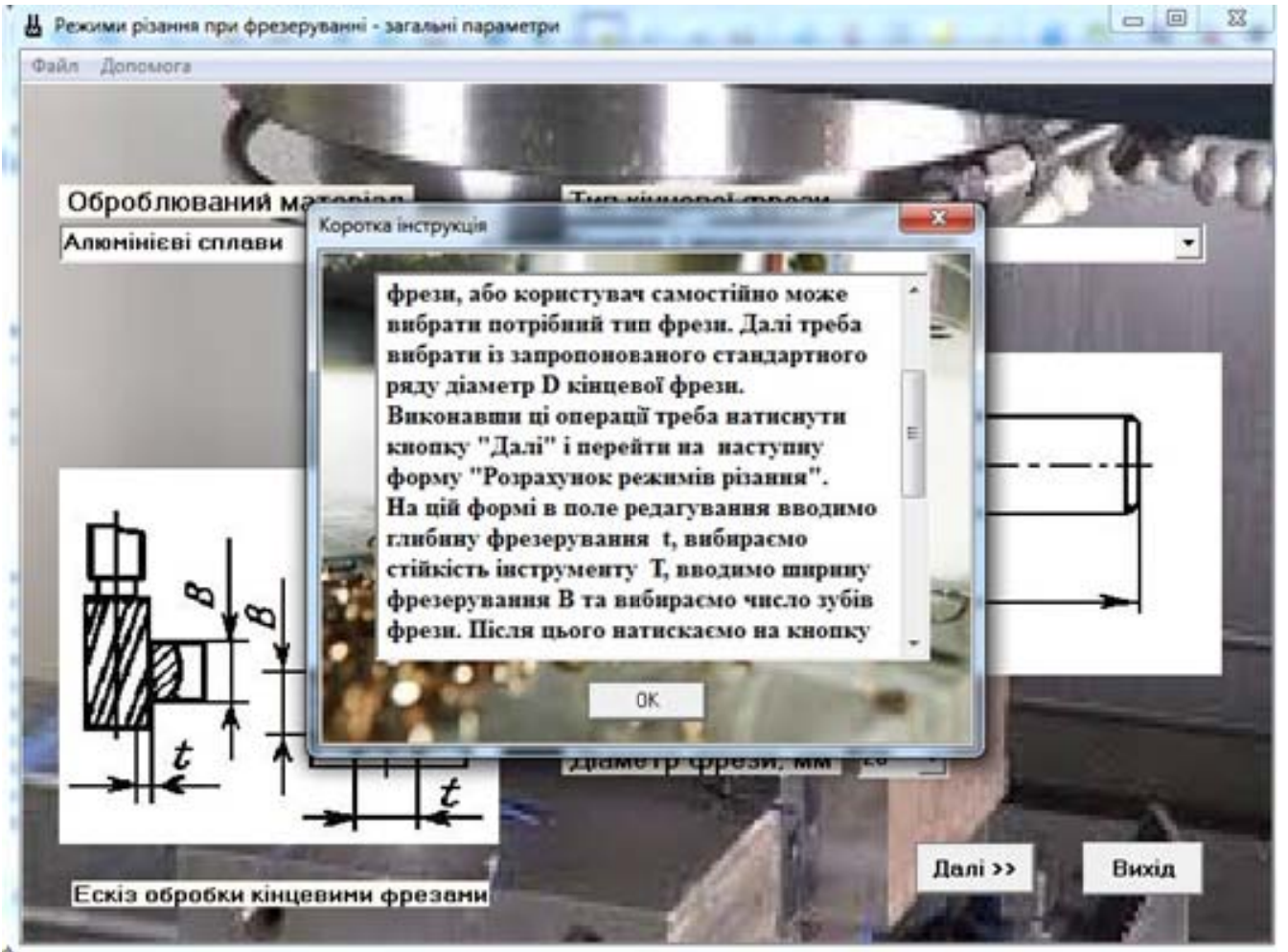
Інформаційне вікно «Про програму»



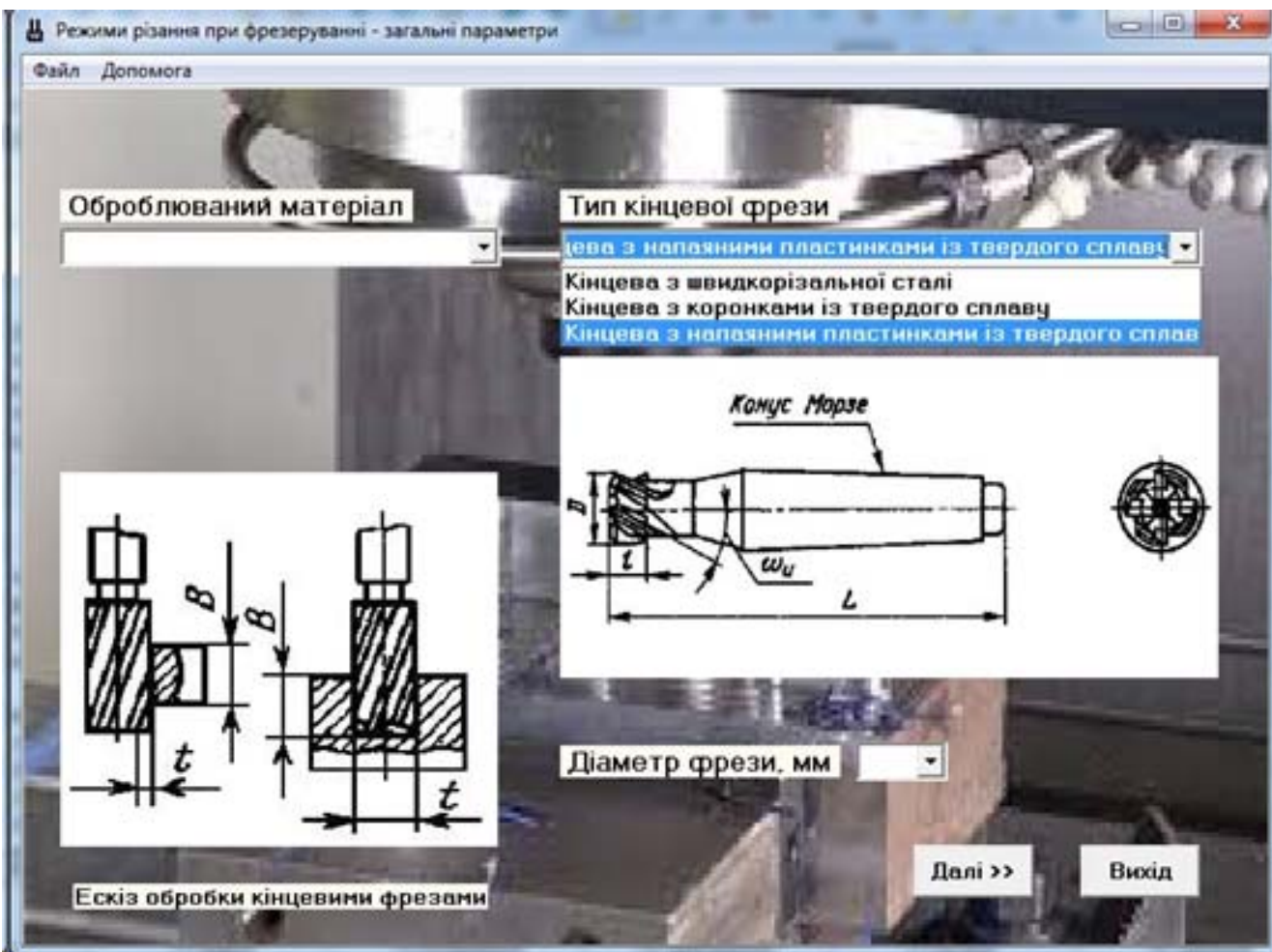
Вибір оброблюваного матеріалу



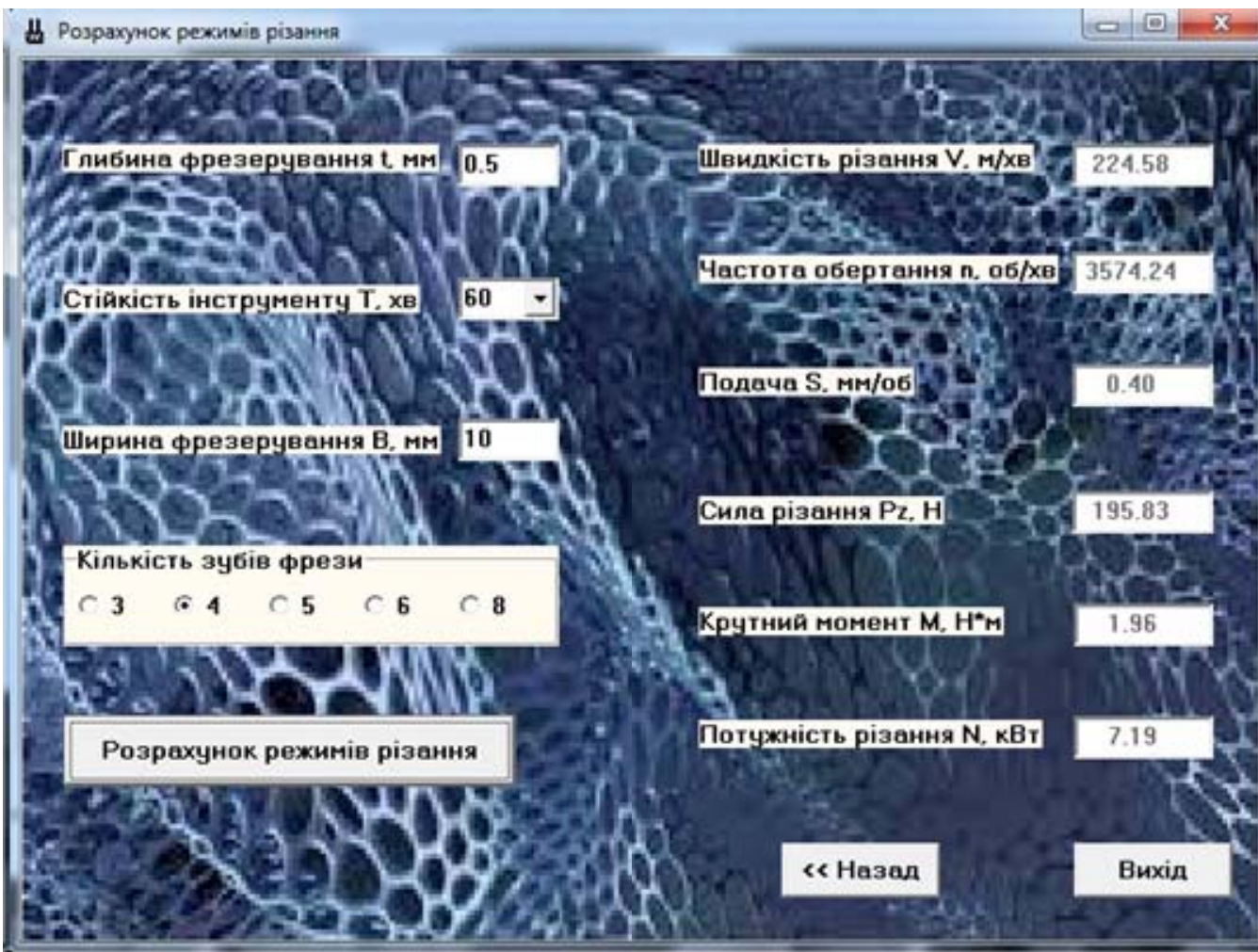
Вибір часу стійкості інструменту



Вікно з короткою інструкцією по роботі з програмою



Вибір типу кінцевої фрези



Вікно розрахунку з результатом обчислень

					МР.ПМК-637.05.000 00						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Функціонал програми	Лист	Маса	Масштаб			
Розроб.		Облядрук В.В.				Н		1:1			
Перев.		Вракало В.В.				Аркциш	Аркциш		1		
Т.контр.		Вракало В.В.									
Реценз.											
Н.контр.		Вракало В.В.			ІФНТУНГ ПМКм-23-1						
Затв.		Панчик В.Г.									