

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Белінкевич Тарас Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Тема: «Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус ФБ 8.034.104» для умов середньосерійного типу виробництва».

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Белінкевич Т. Р.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Костюк Н.О. доц. каф. КМВ

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор В.Г. Панчук

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2025 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус ФБ 8.034.104» для умов середньосерійного типу виробництва»

Розрахунково-пояснювальна записка: сторінок, рисунків, таблиць, посилань, аркушів ф. А4 додатків.

Графічна частина: аркуші формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь “ Корпус ФБ 8.034.104”.

Мета роботи – розробити ефективний технологічний процес виготовлення деталі типу корпус для умов середньосерійного виробництва з урахуванням сучасних вимог до точності, якості обробки та економічної доцільності.

У рамках виконання роботи здійснено конструкторсько-технологічний аналіз заданої деталі з оцінкою її придатності до виготовлення. Визначено доцільну форму заготовки та оптимальний спосіб її отримання. Розроблено технологічний маршрут обробки із застосуванням сучасного металообробного обладнання, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Для забезпечення точного та стабільного закріплення деталі під час обробки спроектовано спеціальний верстатний пристрій. Виконано розрахунок сили затиску і перевірено умови надійності кріплення за критеріями міцності. У науково-дослідній частині виконано міцнісний аналіз спірального свердла діаметром 10,5 мм методом скінченних елементів, що дало змогу оцінити його працездатність у реальних умовах.

У додатках наведено повний комплект документації: креслення, маршрутні та налагоджувальні карти, що забезпечують впровадження запропонованого технологічного процесу у виробниче середовище.

Отримані результати можуть бути практично використані на підприємствах машинобудівної галузі під час виготовлення деталей типу «корпус», сприяючи підвищенню точності обробки, зниженню виробничих витрат і забезпеченню стабільності технологічного процесу.

Ключові слова: *корпус, заготовка, механічна обробка, технологічний процес, верстат, пристрій, інструмент, сила затиску, припуск, моделювання, точність.*

Студент: Белінкевич Т. Р.

SUMMARY

of the Bachelor's Qualification Thesis: "Technological Process of Manufacturing the Part 'Housing FB 8.034.104' for Medium-Scale Production Conditions"

Explanatory and Calculation Note: ___ pages, ___ figures, ___ tables, ___ references, ___ A4 format appendix sheets.

Graphic Part: ___ sheets in A1 format.

Object of study: technological process of mechanical machining.

Subject of study: the part "Housing FB 8.034.104".

The purpose of the work is to develop an efficient technological process for manufacturing a housing-type part under medium-scale production conditions, taking into account modern requirements for accuracy, surface quality, and economic feasibility.

Within the framework of the thesis, a design and technological analysis of the specified part was carried out with an assessment of its manufacturability. A rational blank shape and the optimal method for its production were determined. A machining route was developed using modern metalworking equipment, particularly CNC (Computer Numerical Control) machines.

To ensure precise and stable fixation of the part during machining, a special machine fixture was designed. The clamping force was calculated, and the reliability of the fixture was verified based on strength criteria. In the research section, a strength analysis of a 10.5 mm diameter twist drill was performed using the finite element method, which allowed assessment of its performance under real operating conditions.

The appendices contain a complete set of documentation: drawings, process charts, and setup cards, which ensure the practical implementation of the developed technological process in a production environment.

The results of this work can be applied at machine-building enterprises during the production of housing -type parts, contributing to improved machining accuracy, reduced production costs, and increased process stability.

Keywords: housing, blank, mechanical machining, technological process, machine, fixture, tool, clamping force, machining allowance, modeling, accuracy.

Student: Belinkevych T. R.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« » 20 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Белінкевич Тарас Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус ФБ 8.034.104» для умов середньосерійного типу виробництва.

керівник роботи Костюк Н.О. доц. каф. КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "06" червня 2025 року №332/7

2. Строк подання студентом роботи до 15.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Робоче креслення деталі;

2. Тип виробництва - середньосерійний

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

1. Конструкторсько-технологічний аналіз

2. Проектування технології виготовлення деталі

3. Проектування технологічної оснастки

4. Аналіз міцності спірального свердла

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

1. Креслення деталі і заготовки

2. Карти технологічних налагоджень

3. Складальне креслення верстатного пристрою

4. Складальне креслення контрольного пристрою

5. Аналіз міцності спірального свердла

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		
2	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		
3	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		
4	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз		
2	Проектування технології виготовлення деталей		
3	Проектування технологічної оснастки		
4	Аналіз міцності спірального свердла		
5	Пояснювальна записка		
6	Графічна частина		

Студент

_____ (підпис)

Белінкевич Т. Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Костюк Н. О.

(прізвище та ініціали)

Зміст

	Вступ
1	Технологічна частина
1.1	Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі
1.1.1	Опис призначення деталі і її функції у вузлі
1.1.2	Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі
1.3	Визначення програми випуску деталей
1.4	Вибір способу отримання заготовки
1.5	Розробка маршруту обробки деталі
1.6	Призначення припусків на механічну обробку поверхонь
1.7	Розрахунок режимів різання і основного часу
1.8	Технічне нормування операцій
2.	Конструкторська частина
2.1	Пристрій для механічної обробки
2.1.1	Опис призначення, конструкції і принципу роботи пристрою
2.1.2	Розрахунок потрібної сили затиску заготовки в пристрої
2.2	Розрахунок різального інструменту
2.3	Розрахунок контрольного інструменту
3	Дослідження напружено-деформованого стану свердла
	Висновки
	Перелік використаних джерел
	Додатки

					БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Белінкевич			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Костюк Н.О.					6	
Реценз.						ІФНТУНГ		
Н. Контр.		Костюк Н.О.						
Затверд.		Панчук В.Г.						

Вступ

У сучасних умовах розвитку машинобудування, особливо у 2025 році, спостерігається стійка тенденція до впровадження високоефективних та ресурсощадних технологій. В умовах зростаючої конкуренції та потреби у виготовленні надійної продукції за оптимальних термінів і витрат, особливої актуальності набуває розробка раціональних технологічних процесів обробки деталей корпусного типу для середньосерійного виробництва.

Деталь «Корпус ФБ 8.034.104» є типовим представником деталей, що широко використовуються в агрегатах і механізмах різного функціонального призначення. Такі корпуси потребують високої точності виготовлення, забезпечення жорсткості та технологічної надійності при збереженні економічної доцільності процесу. Враховуючи вимоги сучасного машинобудування, важливим завданням є розроблення технологічного маршруту виготовлення цієї деталі із застосуванням високопродуктивного металообробного обладнання, насамперед — верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), та сучасних засобів оснащення.

Актуальність теми також зумовлена потребою у підвищенні ефективності виробництва шляхом удосконалення технологічної підготовки, зниження виробничих витрат, мінімізації браку та досягнення стабільної якості продукції. Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу для умов середньосерійного виробництва дозволяє реалізувати принципи гнучкого виробництва, сприяти підвищенню конкурентоспроможності підприємства та забезпечити адаптацію до сучасних стандартів індустрії 4.0.

Таким чином, обрана тема є актуальною, оскільки відповідає сучасним технічним і економічним вимогам виробництва, а її реалізація спрямована на оптимізацію одного з ключових етапів технологічного циклу виготовлення корпусних деталей.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі

1.1.1 Опис призначення деталі і її функції у вузлі

Деталь "Корпус ФБ 8.034.104" є елементом конструкції, що має форму тіла обертання з відносно нескладною конфігурацією. Вона виготовляється з конструкційної сталі 45, яка повністю відповідає її функціональному призначенню, забезпечуючи необхідну міцність, жорсткість і довговічність у процесі експлуатації.

На корпусі виконано кілька функціональних отворів. Зокрема, на площинах деталі розташовані два різьбові отвори, які, ймовірно, слугують для системи змащування або встановлення додаткових елементів ущільнення. Окрім цього, в конструкції передбачено два наскрізні отвори, що можуть використовуватися для проходження кріпильних елементів або монтажу виробу в загальну збірку. Також на деталі присутні два різьбові отвори малого діаметра, які, найімовірніше, призначені для закріплення суміжної деталі "ФБ 8.352.050".

Всі необхідні розміри, розрізи та технічні вимоги детально проставлені в кресленнях. Це забезпечує однозначне трактування форми і параметрів деталі під час виготовлення та контролю якості.

Матеріал деталі – конструкційна сталь 45 – характеризується оптимальним поєднанням механічних властивостей:

- висока міцність,
- достатня зносостійкість,
- хороша оброблюваність при механічній обробці та термічному покращенні.

Для досягнення необхідних експлуатаційних характеристик виробу передбачене підвищення твердості матеріалу до значень 30...33HRC. Це забезпечується комплексною термічною обробкою, що включає гартування та високий відпуск.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі відсутності сталі 45 допустима її заміна аналогічними матеріалами – сталями 40Х або 50, які мають схожі характеристики та відповідають вимогам до міцності, жорсткості та технологічності.

Основні фізичні та хімічні характеристики сталі 45 наведені нижче у відповідних таблицях 1,2 згідно з вимогами ДСТУ 1050-88.

Дана деталь є важливою складовою конструкції, і її правильне виготовлення та обробка безпосередньо впливають на надійність і працездатність всього виробу.

Хімічний склад сталі 45

Таблиця 1

С %	Si %	Mn %	Cr	S	P	Cu	Ni	AS
			не більше %					
0,42- 0,5	0,17- 0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

[1]

Механічні властивості сталі 45

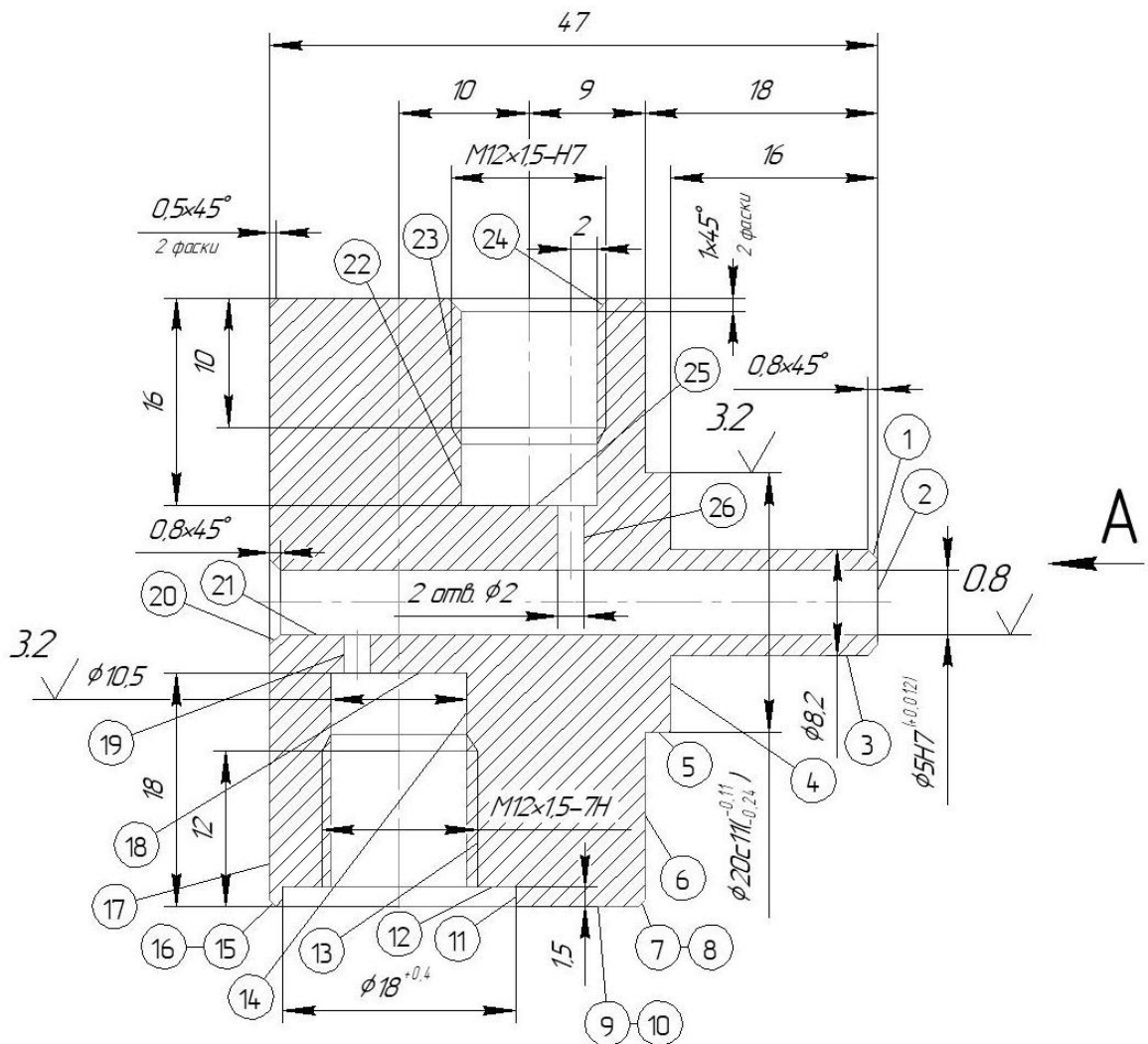
Таблиця 2

Межа міцності σ_B МПа	Залишкове звуження Ψ %	σ_5 , %	Межа текучості σ_T , МПа	НВ (гарячокат)	Розмір січення для випр.
не менше					
600	40	16	350	229	25

[1]

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6
22	Отвір, внутр. цилін. пов.	9,5	14	—	6,3 (4)
23	Внутрішня різьбова пов.	M12x1,5	7	—	6,3 (4)
24	Фаска, внутр. коніч. пов.	0,5x45 ⁰	14	—	6,3 (4)
25	Торець, внутр. площ. пов.	16	14	—	6,3 (4)
26	Отвір, внутр. цилін. пов.	Ø 2	14	—	6,3 (4)
27-28	Отвір, внутр. цилін. пов.	8,5	14	—	6,3 (4)
29-30	Фаска, внутр. коніч. пов.	1x45 ⁰	14	—	6,3 (4)
31-32	Внутрішня різьбова пов.	M6x1	7	—	6,3 (4)
33-34	Фаска, внутр. коніч. пов.	1x45 ⁰	14	—	6,3 (4)
35	Зовн. циліндрична пов.	55	14	—	6,3 (4)



1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь "Корпус ФБ 8.034.104" належить до малогабаритних корпусних елементів, які широко застосовуються в механізмах різного призначення. Вона виконує важливу роль у забезпеченні конструкційної цілісності та правильного функціонування суміжних деталей.

Для виготовлення деталі використовується конструкційна сталь 45, яка повністю відповідає технічним вимогам до її експлуатаційних характеристик. Даний матеріал забезпечує високу механічну міцність, хорошу зносостійкість і достатню оброблюваність при механічній та термічній обробці. Твердість матеріалу після покращення (гартування та високого відпуску) досягає оптимального рівня, що дозволяє зберігати необхідні параметри жорсткості й довговічності в процесі експлуатації.

Креслення деталі виконано відповідно до стандартів конструкторської документації, при цьому:

- *Дотримано правило розмірного ланцюга*, що забезпечує точність виготовлення та взаємозамінність деталей у зборі.
- *Відображено всі необхідні проекції та перерізи*, що дозволяє повністю зрозуміти конструкцію виробу.
- *Проставлено точні розміри*, які забезпечують правильність виготовлення.

Деталь має наскрізні та глухі отвори. Оскільки неможливо замінити глухі отвори наскрізними без порушення функціональних вимог, їх виконання залишається незмінним. Загальна шорсткість поверхонь встановлена на рівні **Ra 6,3**, що відповідає вимогам до точності виготовлення та рівня обробки.

Деталь має просту геометричну форму, що дозволяє використовувати стандартний ріжучий та вимірювальний інструмент. Завдяки цьому виробництво деталі не повинно викликати складнощів. Єдиним потенційно незручним моментом під час виготовлення можуть бути торцеві ділянки 18 – 25, які потребують підвищеної точності обробки.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до ДСТУ 14202-73, технологічний аналіз деталі проводиться на основі трьох ключових коефіцієнтів:

1. Коефіцієнт точності – визначає відповідність фактичних розмірів виробу заданим допускам.
2. Коефіцієнт шорсткості – характеризує якість поверхонь та необхідний рівень їх обробки.
3. Коефіцієнт уніфікації – визначає ступінь стандартизації конструктивних елементів для зменшення виробничих витрат.

Для проведення аналізу необхідно скласти відповідну таблицю, попередньо пронумерувавши всі поверхні деталі. Нумерація виконується з верхнього правого кута за годинниковою стрілкою. Це дозволить систематизувати дані та визначити оптимальні технологічні рішення для виробництва деталі.

№ поверхні	Квалітет точності	Клас шорсткості RO ₁	Кількість уніфікованих поверхонь
1	14	6,3(4)	—
2	14	6,3(4)	—
3	14	6,3(4)	—
4	14	6,3(4)	—
5	11	3,2(5)	—
6	14	6,3(4)	—
7 - 8	14	6,3(4)	2
9 - 10	14	2,5(6)	2
11	14	6,3(4)	—
12	14	6,3(4)	—
13	7	6,3(4)	—
14	14	3,2(5)	—
15 - 16	14	6,3(4)	2

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17	14	6,3(4)	—
18	14	6,3(4)	—
19	14	6,3(4)	—
20	14	6,3(4)	—
21	7	0,8(7)	—
22	14	6,3(4)	—
23	7	6,3(4)	—
24	14	6,3(4)	—
25	14	6,3(4)	—
26	14	6,3(4)	—
27 - 28	14	6,3(4)	2
29 - 30	14	6,3(4)	2
31 - 32	7	6,3(4)	2
33 - 34	14	6,3(4)	2
35	14	6,3(4)	—

Всього поверхонь -35

Поверхонь по 14 квалітету точності – 29;

Поверхонь по 11 квалітету точності – 1; Поверхонь по 7 квалітету точності – 5.

Поверхонь 4 класу шорсткості – 30; Поверхонь 5 класу шорсткості – 2;

Поверхонь 6 класу шорсткості – 2; Поверхонь 7 класу шорсткості – 1.

Уніфікованих поверхонь -14

1.Визначаємо коефіцієнт уніфікації за формулою:

$$k_y = \frac{Q_y}{Q_3}; ([2]) \quad k_y = \frac{14}{35} = 0,4$$

де k_y - коефіцієнт уніфікації; Q_y - кількість уніфікованих поверхонь

Q_3 - загальна кількість поверхонь.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, за коефіцієнтом уніфікації деталь вважається не технологічна оскільки K_u менший від допустимого 0,6.

2. Визначаємо коефіцієнт точності за формулою:

$$k_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}}; ([2]) \quad A_{cp} - \text{відповідний квалітет який розраховується за}$$

формулою:

$$A_{cp} = \frac{\sum A_n i}{\sum n} \quad \text{де } n - \text{кількість розмірів відповідного квалітету точності}$$

$$A_{cp} = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + \dots + 35n_{35}}{n_1 + n_2 + \dots + 35 \cdot n_{35}}; \quad A_{cp} = \frac{14 \cdot 29 + 11 \cdot 1 + 7 \cdot 5}{35} = \frac{452}{35} = 12,91$$

$$k_m = 1 - \frac{1}{12,91} = 0,92$$

Так як k_m більше допустимого значення 0,8 то деталь по цьому показнику точності є технологічна.

3. Визначаємо коефіцієнт шорсткості за формулою:

$$k_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}; ([2]) \quad \text{де } B_{cp} - \text{клас шорсткості, який розраховують за формулою:}$$

$$B_{cp} = \frac{\sum B_n i}{\sum n}; \quad \text{де } n - \text{кількість розмірів відповідного квалітету шорсткості}$$

$$B_{cp} = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + \dots + 35n_{35}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{35}}; \quad B_{cp} = \frac{4 \cdot 30 + 5 \cdot 2 + 6 \cdot 2 + 7 \cdot 1}{35} = \frac{149}{35} = 4,25$$

$$k_{ш} = \frac{1}{4,25} = 0,23$$

Так як $k_{ш}$ більше допустимого значення 0,16 то деталь по цьому показнику шорсткості є технологічна.

Висновок: Таким чином, конструкція "Корпус ФБ 8.034.104" є добре продуманою та технологічно доцільною, а її виготовлення не викликає значних труднощів при використанні стандартного інструменту та методів обробки. Мою деталь можна вважати в загальному технологічною за винятком коефіцієнта уніфікації.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Визначення програми випуску деталей і величини виробничої партії.

Для визначення програми випуску деталі "Корпус ФБ 8.034.104" необхідно врахувати ряд факторів, що впливають на обсяги виробництва та оптимальну величину виробничої партії. До основних з них належать:

- *Попит на деталь* – кількість виробів, що потребують використання даної деталі, залежно від плану виробництва кінцевої продукції.
- *Технологічні можливості виробництва* – продуктивність обладнання, можливості оснастки, ступінь автоматизації процесу та час на виготовлення однієї одиниці.
- *Економічна доцільність* – оптимізація витрат на підготовку виробництва, зменшення простоїв обладнання, ефективне використання матеріалів та мінімізація залишків.
- *Номенклатура та рівень стандартизації* – можливість уніфікації деталі з іншими виробами для збільшення ефективності виробничого процесу.

На основі цих факторів формується річна програма випуску деталі, яка визначає необхідну кількість виробничих партій. Розрахунок величини виробничої партії виконується з урахуванням оптимального завантаження виробничих потужностей та мінімізації витрат на переналагодження обладнання.

Детальні розрахунки наведено нижче.

Програму випуску N знаходимо в залежності від типу виробництва та маси деталі. У нашому випадку при середньо-серійному типі виробництва і масі деталі 0,57 кг

$N=1500-100\ 0000$ шт.(ст. 24 [3]) Приймаємо $N=25000$ шт.

Обчислюємо величину партії деталей за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\phi_y}$$

де N – кількість деталей одного найменування в річному об'ємі випуску

$N=25000$ шт. t – необхідний запас заготовок на складі $t=10-30$ днів

Приймаємо $t=20$ днів.(ст.31 [3]).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ					

Φ_y – кількість робочих днів в році при 8-годинному робочому дні і двох днях відпочинку в тиждень.

$\Phi_y = 251$ дні на 2011 рік (ст.31 [3]).

Таким чином $n = \frac{25000 \cdot 20}{251} = 1992 \text{шт.}$ Приймаємо $n = 2000$ шт

Таким чином, обраний підхід до визначення виробничої партії та організації випуску забезпечує оптимальне співвідношення між виробничими витратами, продуктивністю та якістю виготовлених деталей.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Вибір способу отримання заготовки

Процес вибору способу отримання заготовки для деталі значною мірою залежить від ряду технологічних та економічних факторів. Основними критеріями, що впливають на цей вибір, є:

- *Вид матеріалу* – його хімічний склад та структура, що визначають придатність до певних методів обробки.
- *Фізико-механічні властивості* – твердість, міцність, пластичність та інші характеристики матеріалу, які впливають на технологічність процесу.
- *Масштаб виробництва* – розмір програми випуску та тип виробництва (дрібносерійне, серійне чи масове).
- *Габарити та конструктивна форма деталі* – визначають можливість застосування різних методів отримання заготовки.

При проектуванні технологічного процесу важливо, щоб заготовка відповідала таким критеріям:

1. *Максимальне наближення форми заготовки до кінцевої форми деталі* – це дозволяє зменшити витрати на механічну обробку.
2. *Мінімальна кількість поверхонь, що підлягають обробці* – забезпечує скорочення часу та ресурсів на виготовлення.
3. *Рівномірний розподіл припусків* – це зменшує деформації при механічній обробці та сприяє економічному використанню матеріалу.
4. *Простота способу отримання заготовки* – метод повинен бути технологічно доцільним та економічно вигідним.

Беручи до уваги матеріал деталі (сталь 45) та її форму, найбільш придатними є два основні способи отримання заготовок:

1. **Прокат.** Сортові прокати можуть мати різні профілі, проте найбільш відповідним до форми майбутньої деталі є прокат круглого січення. Вибір типу прокату повинен враховувати такі фактори, як вартість матеріалу та необхідна точність виготовлення. Оптимальним варіантом у цьому

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадку є гарячекатаний прокат звичайної точності, оскільки він забезпечує прийнятне співвідношення між собівартістю та якістю.

2. Штампування. Заготовки круглого січення доцільно виготовляти методом штампування на різних типах обладнання, серед яких:

- *Молоти та преси*
- *Відкриті та закриті штампи*
- *Видавлювання та гнучке кування*
- *Горизонтально-кувальні машини*

Якщо мова йде про великогабаритні деталі (до 3 тонн), їх доцільно штампувати у відкритих штампах. Менші заготовки виготовляються у штампах із роз'ємними матрицями або на горизонтально-кувальних машинах. Оскільки дана деталь належить до типу тіл обертання, її найбільш доцільно штампувати саме на горизонтально-кувальних машинах, що дозволяє отримати заготовку з мінімальними припусками та високою якістю поверхні.

Оцінка доцільності вибору способу отримання заготовки. Щоб обрати оптимальний метод, необхідно провести порівняльний аналіз основних технологічних параметрів. Доцільність вибору того чи іншого способу визначається шляхом порівняння вартості заготовки та коефіцієнтів використання матеріалу. Це дозволяє швидко оцінити економічну ефективність кожного варіанту та обрати найбільш оптимальний метод отримання заготовки.

Проводим розрахунок заготовки Прокат

1. Вибираємо заготовку із прокату звичайної точності круглого січення діаметром 55 мм, згідно ГОСТ 2590-88
2. Складаємо таблицю припусків та допусків на виготовлення прокату.

Таблиця 1.4.1

Розмір	Припуск	Допуск		Прийнятий розмір
		+	-	
Ø55	1, 1,5x2	1,1	0.5	$58^{+1,1}_{-0,5}$
47	1,5x2	1,1	0,5	$50^{+1,1}_{-0,5}$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

Проводим розрахунок заготовки Штамповка

Вибираємо гарячо-штампувальний автомат. Форма штампа плоска. Розрахунок проводимо згідно ДСТУ 7505-89

1. Вибираємо точність штамповки – Т3, с.28[4].
2. Визначаємо теоретичну масу штамповки, $C_p = C_{\partial} \cdot K_p$, де C_{∂} - маса деталі, K_p - коефіцієнт – 1.5, тоді

$$C_p = 0,57 \cdot 1,5 = 0,85 \text{ кг.}$$

3. Визначаємо групу сталі – М2, для сталі з вмістом вуглецю 0,35-0,55% с.8 [4].
4. Визначаємо степінь складності штамповки для цього знаходимо об'єм циліндра і його масу за формулою:

$$M_y = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot \rho,$$

де D - діаметр описаного циліндра

$$D = 55 \cdot 1,05 = 57,75 \text{ мм, } l - \text{ довжина описаного циліндра}$$

$$l = 47 \cdot 1,05 = 49,35 \text{ мм, } \rho - \text{ густина матеріалу } - 7,8 \text{ г/см}^3$$

$$M_y = \frac{3,14 \cdot (5,5 \cdot 1,05)^2}{4} \cdot 4,7 \cdot 1,05 = \frac{104,71}{4} \cdot 4,7 \cdot 1,05 = 129,1 \text{ см}^3$$

$$\text{Тоді: } 129,1 \cdot 7,8 = 1006,9 \approx 1,0 \text{ кг}$$

Визначаємо степінь складності за формулою

$$C = \frac{C_{\partial}}{M_y} = \frac{0,57}{1,0} = 0,57; \text{ Степінь складності – С2 ст.30 [4].}$$

5. Знаходимо вихідний індекс – 10 (с.10 [4]).
6. Конфігурація штампа плоска
7. Припуски на розміри штамповки (ст.13т.3[4]).

на діаметральні розміри:

$$8,2 + 1,4 \cdot 2 = 11 \text{ мм}$$

$$20 + 1,4 \cdot 2 = 22,8 \text{ мм}$$

$$55 + 1,5 \cdot 2 = 58 \text{ мм}$$

на довжини штамповки:

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$47 + 1,5 \cdot 2 = 50 \text{ мм}$$

$$31 + 1,7 + 1,5 = 34,2 \text{ мм}$$

$$29 + 1,7 + 1,5 = 32,2 \text{ мм}$$

8. Знаходимо додатковий припуск ст.14.т.4[4].

Припуск на вгнутість та співвісність для діаметральних розмірів:

$$11 + 0,2 \cdot 2 = 11,4 \text{ мм}; 22,8 + 0,2 \cdot 2 = 23,2 \text{ мм}; 58 + 0,2 \cdot 2 = 56,4 \text{ мм}$$

9. Мінімальні радіуси заокруглення с.15 т.7 [4]. R=1,5мм.

10. Визначаємо допуски с.17-19 т.8 [4].

$$\text{на діаметри: } 11,4^{+0,9}_{-0,5}; 23,2^{+0,9}_{-0,5}; 56,4^{+1,1}_{-0,5};$$

$$\text{на лінійні розміри: } 50^{+1,1}_{-0,5}; 34,2^{+0,9}_{-0,5}; 32,2^{+0,9}_{-0,5};$$

11. Визначаємо масу штамповки за формулою:

$$M_3 = (V_1 + V_2 + V_3) \cdot \rho,$$

де $V_1 + V_2 + V_3$ сума об'ємів циліндрів, ρ - густина матеріалу - 7,8 г/см³

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 5,5^2}{4} \cdot 2,9 = 79,7 \text{ см}^3 \quad V_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} \cdot 0,2 = 0,72 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,82^2}{4} \cdot 1,58 = 0,97 \text{ см}^3$$

$$M_3 = (79,7 + 0,72 + 0,97) \cdot 7,8 = 81,39 \cdot 7,8 = 634,8 \approx 0,63 \text{ кг}$$

12. Знаходимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

$$k = \frac{M_\partial}{M_3} = \frac{0,57}{0,63} = 0,90$$

13. Визначаємо собівартість заготовки за формулою:

$$S_3 = \left(\frac{C}{1000} \cdot M_3 \right) - (M_3 - M_\partial) \cdot \frac{S_B}{1000}; \text{ де } C - \text{ вартість 1 тони заготовки (11500}$$

грн.), S_B - вартість 1 тони стружки (2170 грн.).

$$S_3 = \left(\frac{11500}{1000} \cdot 0,63 \right) - (0,63 - 0,57) \cdot \frac{2170}{1000} = 7,245 - 0,06 \cdot 2,17 = \\ = 7,11 \text{ грн}$$

14. Розрахунки заносимо в таблицю і виконуємо креслення заготовки.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмір	Припуск	допуск		прийнятий розмір
		+	-	
Ø8,2	1.4x2	0,9	0,5	11 ^{+0,9} _{-0,5}
Ø20c11	1.4x2	0,9	0,5	22,8 ^{+0,9} _{-0,5}
Ø55	1.4x2	1.1	0,5	57,8 ^{+0,9} _{-0,5}
47	1.5x2	1.1	0.5	50 ^{+1,1} _{-0,5}
31	1.7+1.5	0.9	0.5	34,2 ^{+0,9} _{-0,5}
29	1.7+1.5	0.9	0.5	32,2 ^{+0,9} _{-0,5}

15. Технічні умови на виготовлення заготовки штамповка

15.1. Радіуси заокруглень R=1,5

15.2. Гранична величина зміщення по верхній роз'єму до 0,2

15.3. Допустима величина заусенця по контуру Пуансона 1,0

15.4. Граничні , відхилення від прямолінійності 0,5

15.5. Допуск радіусів закруглень 0.5

15.5. Штампувальні нахили 5°

16. Виконуємо ескіз штамповки

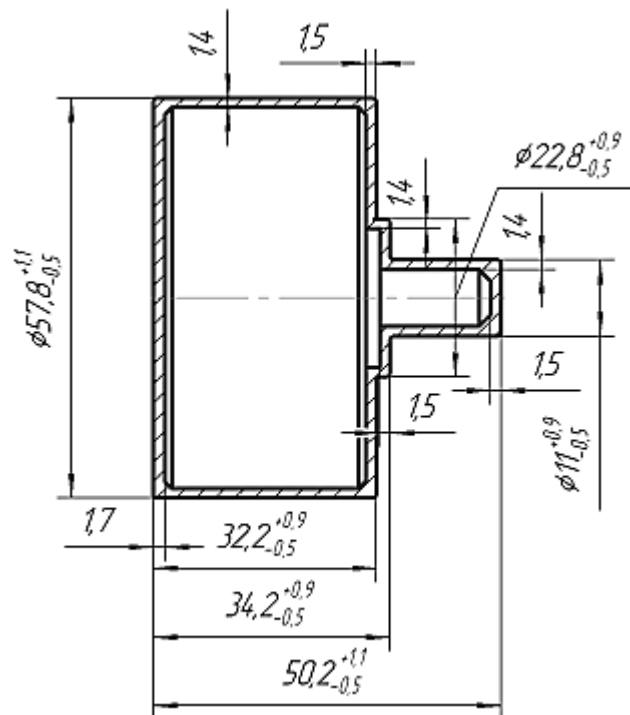


Рисунок 3 – Ескіз заготовки (штампівка)

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

Порівняльну характеристику заготовок заносимо в таблицю

Порівняльна характеристика заготовок

<i>Показники</i>	<i>Штампова</i>	<i>Прокат</i>
Маса заготовки (кг)	0,63	1,0
Коефіцієнт використання металу	0,90	0,57
Собівартість 1-ї заготовки (грн.)	7,11	10,5

Розраховуємо економічний ефект за формулою:

$$E = (C_{pr} - C_{шт}) \cdot N,$$

де $C_{шт}$ - вартість штамповки; C_{pr} - вартість прокату; N - річна партії деталей.

$$E = (10,5 - 7,11) \cdot 2000 = 6780 \text{ грн.}$$

На основі проведеного аналізу було визначено, що заготовка, отримана методом штампування, є більш економічно вигідною порівняно з прокатом. Це підтверджується наступними показниками:

- **Менша маса заготовки** – 0,63 кг у випадку штампування проти 1,0 кг для прокату, що зменшує витрати матеріалу.
- **Вищий коефіцієнт використання металу** – 0,90 для штамповки, що свідчить про раціональне використання сировини, тоді як для прокату цей показник значно нижчий (0,57).
- **Нижча собівартість виготовлення** – 7,11 грн за штамповану заготовку проти 10,5 грн за прокатну, що забезпечує економію при масовому виробництві.

З урахуванням цих факторів, оптимальним варіантом отримання заготовки для деталі є **штампування**, оскільки воно дозволяє зменшити витрати на матеріал і виробництво, підвищуючи ефективність виробничого процесу.

Розрахований економічний ефект від вибору цього способу становить 6780 грн, що підтверджує доцільність використання штампованих заготовок у серійному виробництві.

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5. Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 1.5.1 – Проектний маршрут механічної обробки деталі

№ п/п операції	Назва і зміст операції	Верстат	Притсрій
1	2	3	4
005	Заготівельна	—	—
010	Покращення (гартуванням і високим відпуском)	—	—
115	Токарна з ЧПК (чорнова обробка з ліва) <i>1.Підрізка торця 17</i> <i>2.Точити поверхню 35</i> <i>3.Точити фаску 15</i>	16Б16Т1	Трьохкулачковий патрон 7100-0008 ГОСТ 2675-81
020	Токарна з ЧПК (чорнова обробка з права) <i>1.Підрізка торця 2</i> <i>2.Точити поверхню 3</i> <i>3.Точити фаску 1</i> <i>4.Точити поверхню 4</i> <i>5.Підрізка торця 6</i> <i>6.Точити поверхню 5</i> <i>7. Точити поверхню 35</i> <i>8. Точити фаску 7</i>	16Б16Т1	Трьохкулачковий патрон 7100-0008 ГОСТ 2675-81
025	Токарно-гвинторізна <i>1.Точити начисто поверхню 5</i> <i>2.ценструвати поверхню 21</i> <i>3.Свердлити поверхню 21</i> <i>4.Зенкувати фаску 20</i> <i>5.Розвірчувати поверхню 21</i>	16Б05П	Трьохкулачковий патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-81
030	Горизонтально-фрезерна (Фрезерувати лиски 9 10)	6Р81	Спец пристрій
035	Вертикально-свердлильна <i>1.Свердлити отвір 22</i> <i>2.Цекувати поверхню 25</i> <i>3.Зенкувати фаску 14</i> <i>4.Свердлити отвір 26</i> <i>5.Нарізка різьби 23</i>	2Н125	Спец пристрій

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
040	Вертикально-свердлильна 1.Свердлити отвір 14 2.Цекувати поверхню 18 3. Цекувати поверхню 12 4.Свердлити отвір 19 5.Нарізка різьби 13	2Н125	Спец пристрій
045	Вертикально-свердлильна 1.Свердлити отвір 27 28 2.Зенкувати фаску 29 30 3. Свердлити отвір під різьбу 31 32 4.Зенкувати фаску 33 34 5.Нарізка різьби 31 32	2Н125	Кондуктор
050	Притирка (разом з деталлю фб 8.352.050)	—	—
055	Контрольна	Стіл ВТК	—

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6. Розробка операційної технології
1.6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку
і визначення технологічних розмірів.

Ø 20c11_(-0,11 / -0,24)

Таблиця 8

Технологічні операції і переходи обробки окремих поверхонь	Шорсткість Ra	Квалітет точності	Припуск (мм)	Розрахунковий розмір	Допуск в мкм	Практичні розміри (мм)		Граничні припуски в мкм	
						max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заготовка				23,2	1400	24,6	23,2		
Токарна чорнова чистова	6,3	12	2,56	20,64	440	21,08	20,64	3520	2560
	3,2	11	0,9	19,74	130	19,87	16,74	1210	90
								4730	3460

Перевірка: 1400-130=1270
 4730-3460=1270

Ø 5H7^(+0,012)

Таблиця 9

Технологічні операції і переходи обробки окремих поверхонь	Шорсткість Ra	Квалітет точності	Припуск (мм)	Розрахунковий розмір (мм)	Допуск в мкм	Практичні розміри (мм)		Граничні припуски в мкм	
						max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заготовка	6.3								
Свердління Розвірчування	6,3	12	4,712	4,712	300	4,712	4,412	5880	3000
	0,8	7	0,3	5,012	12	5,012	5,000		

Перевірка: 5880-3000=2880
 300-12=2880

Вибираємо діаметр свердла для свердління отвору під різьбу M12x1,5-H7 .
 Для даної різьби діаметр свердла становитиме 10,5 мм. (ст. 505 [8].)

Вибираємо діаметр свердла для свердління отвору під різьбу M6x1-H7 .
 Для даної різьби діаметр свердла становитиме 4.95 мм. (ст. 505 [8].)

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Зображаємо графічно схему розміщення полів допусків для розміру $\varnothing 20c11_{-0,24}^{-0,11}$

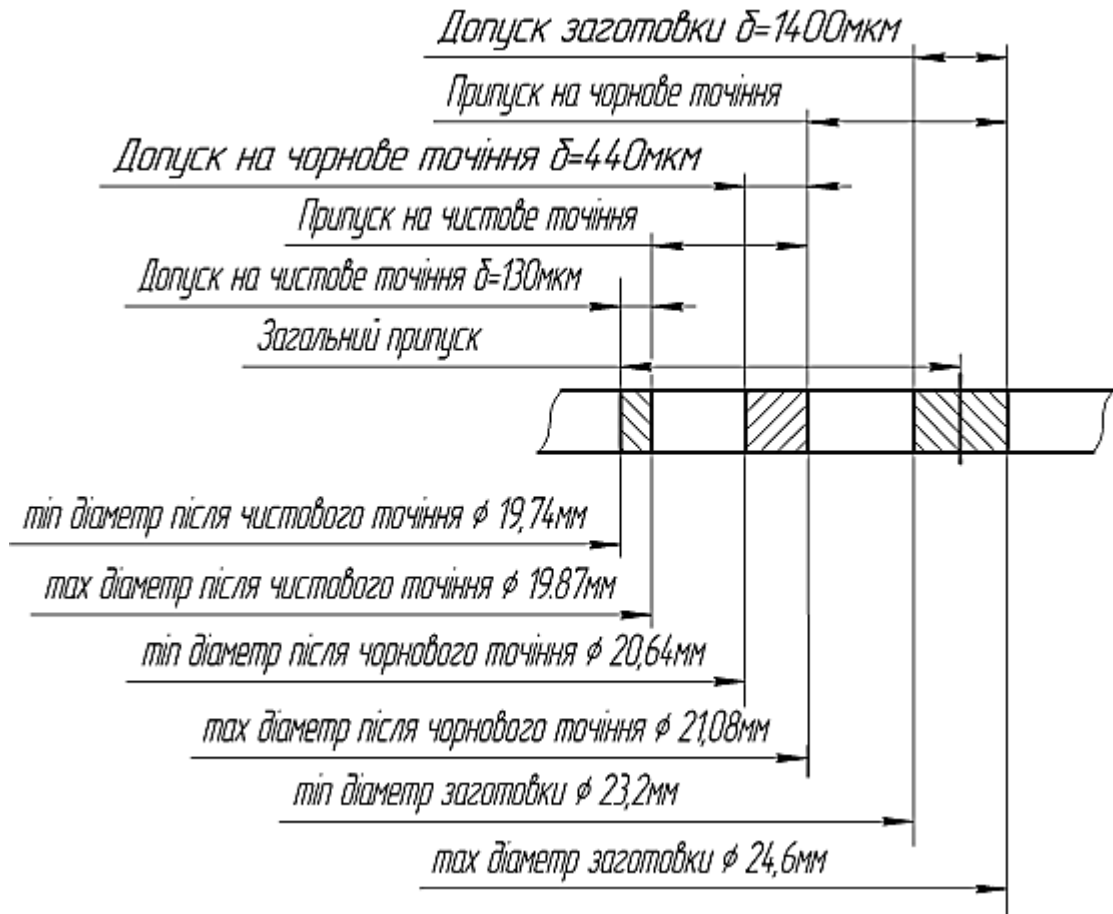


Рис.1.6.1 – Схема розташування полів допусків і припусків на обробку поверхні розміром $\varnothing 20c11_{-0,24}^{-0,11}$

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6.2. Розрахунок режимів різання та норм часу

Визначення режимів різання.

Визначення режимів різання на дві різнохарактерні операції:

Розробка технологічного процесу механічної обробки.

Операція 015 Токарна з ЧПК.

Пристрій – Трьохкулачковий патрон 7100-0008 ГОСТ 2675-81

Операція складається із наступних технологічних переходів:

Перехід 1

Вибираємо ріжучий інструмент, його матеріал та геометричні параметри.

Різець контурний 2103-0695 ГОСТ 1956-90

Січення різця 20:20

1. Визначаємо глибину різання:

$$t=1,7\text{мм}$$

2. Визначаємо величину подачі :

$$S_T=0,5-0,7 \quad K=1 \quad (\text{к1 ст36[12]})$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата: $S=0.6 \text{ мм/об.}$

3. Знаходимо швидкість різання:

$$V_T=82 \text{ мм/хв} \quad K=1,0. \quad (\text{ст 44-45 л1 К6 [12]})$$

Отже таблична швидкість рівна швидкості різання

4. Визначаємо частоту обертів шпінделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82}{3.14 \cdot 57,8} = 451,8 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата $n = 500 \text{ хв}^{-1}$

6. Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V_\delta = \frac{\pi D n_\delta}{1000} = \frac{3.14 \cdot 57,8 \cdot 500}{1000} = 90,7 \text{ м/хв}$$

7. Знаходимо потужність різання:

$$N_{\text{різ}}=2,4 \text{ кВт. (ст48 К7 [12])}$$

8.Провіряємо достатню потужність приводу верстата:

$$N_{\text{дв}}=6,3 \text{ кВт; } \eta = 0,8 \text{ Повинна використовуватися рівність}$$

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{дв} \cdot \eta \geq N_{різ};$$

$$6,3 \cdot 0,8 \geq 2,4;$$

$$5,04 \geq 2,4;$$

Отже обробка можлива

8. Визначаємо величину машинного часу по формулі:

$$T_{маш} = \frac{l + \Delta + y}{S \cdot n} \cdot i, \text{ де } \Delta + y = 3,5 \text{ величина перебігу та врізання (ст. 373[12]);}$$

$i=1$ кількість проходів,

$$T_{маш} = \frac{28,9 + 3,5}{0,6 \cdot 500} \cdot 1 = 0,108 \text{ хв}$$

Перехід 2

Вибираємо ріжучий інструмент, його матеріал та геометричні параметри.

Різець контурний 2103-0695 ГОСТ 1956-90

Січення різця 20:20

1. Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{57,8 - 55}{2} = 1,4 \text{ мм}$$

2. Визначаємо величину подачі :

$$S_T = 0,5 - 0,7 \quad K = 1 \quad (\text{к1 ст36[12])}$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата: $S = 0,6$ мм/об.

3. Знаходимо швидкість різання:

$$V_T = 82 \text{ мм/хв} \quad K = 1,0. \quad (\text{ст 44-45 л1 K6 [12]})$$

Отже таблична швидкість рівна швидкості різання

4. Визначаємо частоту обертів шпінделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 73}{3,14 \cdot 57,8} = 402 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата $n = 400 \text{ хв}^{-1}$

6. Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,8 \cdot 400}{1000} = 72,9 \text{ м/хв}$$

7. Знаходимо потужність різання:

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{різ}=2,9\text{кВт. (ст48 К7 [12])}$

8.Провіряємо достатню потужність приводу верстата:

$N_{дв}=6,3\text{ кВт}; \eta = 0,8$ Повинна використовуватися рівність

$N_{дв} \cdot \eta \geq N_{різ};$

$6,3 \cdot 0,8 \geq 2,9 ;$

$5,04 \geq 2,9;$

Отже обробка можлива

8. Визначаємо величину машинного часу по формулі:

$T_{маш} = \frac{l + \Delta + y}{S \cdot n} \cdot i$, де $\Delta + y = 3$ величина перебігу та врізання (ст. 373[12]);

$i=1$ кількість проходів,

$$T_{маш} = \frac{18 + 3}{0,6 \cdot 400} \cdot 1 = 0,087\text{хв}$$

Перехід 3

Вибираємо ріжучий інструмент, його матеріал та геометричні параметри.

Різець контурний 2103-0695 ГОСТ 1956-90

Січення різця 20:20

1. Визначаємо глибину різання:

$t=0,5\text{мм}$

2. Визначаємо велечину подачі :

$S_T=0,5-0,7 \quad K=1$ (к1 ст36[12])

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата: $S=0.6\text{ мм/об.}$

3. Знаходимо швидкість різання:

$V_T=82\text{ мм/хв} \quad K=1,0.$ (ст 44-45 л1 К6 [12])

Отже таблична швидкість рівна швидкості різання

4. Визначаємо частоту обертів шпінделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82}{3.14 \cdot 57,8} = 446\text{хв}^{-1}$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата $n = 400\text{хв}^{-1}$

6. Знаходимо дійсну швидкість різання:

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_o = \frac{\pi D n_o}{1000} = \frac{3.14 \cdot 57,8 \cdot 400}{1000} = 72,5 \text{ м/хв}$$

7. Знаходимо потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = 2,0 \text{ кВт. (ст 48 К7 [12])}$$

8. Провіряємо достатню потужність приводу верстата:

$$N_{\text{дв}} = 6,3 \text{ кВт; } \eta = 0,8 \text{ Повинна використовуватися рівність}$$

$$N_{\text{дв}} \cdot \eta \geq N_{\text{різ}};$$

$$6,3 \cdot 0,8 \geq 2,0;$$

$$5,04 \geq 2,0;$$

Отже обробка можлива

8. Визначаємо величину машинного часу по формулі:

$$T_{\text{маш}} = \frac{l + \Delta + y}{S \cdot n} \cdot i, \text{ де } \Delta + y = 2 \text{ величина перебігу та врізання (ст. 373 [12]);}$$

$i=1$ кількість проходів,

$$T_{\text{маш}} = \frac{0,5 + 2}{0,6 \cdot 400} \cdot 1 = 0,010 \text{ хв}$$

Операція 030 Горизонтально-фрезерна

Пристрій – Спецпристрій

Операція складається із наступного технологічного переходу:

Перехід 1

Вибираємо ріжучий інструмент, його матеріал та геометричні параметри.

Вибираємо дві однакові дискові фрези.

Фреза 2440-0211 ГОСТ 9474-73

Діаметр фрези $D=100$ кількість зубів $z=16$ Матеріал: P18

1. Визначаємо глибину різання:

$$t = 29 \text{ мм} \quad i = 2$$

i - кількість проходів,

$$t = 14,5 \text{ мм}$$

2. Визначаємо величину подачі на зуб.

$$\text{Вона становить: } S_z = 0,06 - 0,1 \text{ мм/зуб (ст. 309 К175 [12])}$$

Приймаємо $S_z = 0,06 \text{ мм/зуб}$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

3. Визначаємо період стійкості інструменту: $T_m = 130 \text{ хв}$ (таблиця 1 ст 203 [12])

Коефіцієнт часу різання для обох фрез буде однаковий.

$$\lambda = \frac{I}{L_{p.x}} = \frac{28.5657}{28.5657} = 1$$

4. Знаходимо швидкість різання:

$$V_{\text{різ}} = 43,5 \text{ м/хв} \quad (\text{ст. 310 [12]})$$

5. Знаходимо число обертів фрези за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 43,5}{3.14 \cdot 100} = 138,5 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата і приймаємо: $n = 140 \text{ хв}^{-1}$

6. Знаходимо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 140}{1000} = 43,96 \text{ м / хв.}$$

7. Визначаємо хвилину подачу за формулою:

$$S_{XB} = S_z \cdot z \cdot n \text{ мм / хв.}$$

де S_z – подача на зуб фрези; z – кількість зубів у фрези;

$$S_{XB} = 0,06 \cdot 16 \cdot 140 = 134,4 \text{ мм / хв.}$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата $S_{XB} = 130 \text{ мм/хв}$

8. Визначаємо потужність різання: $N_{\text{різ}} = 1,5$. (ст. 312 [12]).

9. Провіряємо достатню потужність приводу верстату:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta$$

$$N_{\text{різ}} \leq 5,5 \cdot 0,85$$

$$1,5 \leq 4,7.$$

Отже обробка можлива.

11. Визначаємо величину машинного часу за формулою:

$$T_{\text{маш}} = \frac{L}{S_{\text{хв}}} \cdot i \quad \text{де } L = l + \Delta + y = 28,56 + 38 = 66,56 \text{ мм}$$

$\Delta + y = 38 \text{ мм}$ – величина перебігу та врізання (ст. 377 п 4 л 5 [12]).

$i = 2$ – кількість проходів

$$T_{\text{маш}} = \frac{66,56}{140} \cdot 2 = 0,950 \text{ хв.}$$

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засоби технологічного оснащення

Для зручності усі дані заносимо в таблицю

Таблиця 3. – Засоби технологічного оснащення

№	Назва операції. Зміст переходу	Засоби технологічного оснащення
1	2	3
005	Заготівельна	
010	Покращення (гартуванням і високим відпуском)	
015	Токарна з ЧПК (чорнова обробка з ліва) А. Установити і закріпити деталь. 1.Підрізка торця 17 згідно програми 2.Точити поверхню 35 згідно програми 3.Точити фаску 15 згідно програми Б.Зняти деталь	Патрон 7100-0008 ГОСТ 2675-81 Різець контурний 2103-0695 ГОСТ 1956-90 Різець контурний 2103-0695 ГОСТ 1956-90 Різець контурний 2103-0695 ГОСТ 1956-90
020	Токарна з ЧПК (чорнова обробка з права) А. Установити і закріпити деталь. 1.Підрізка торця 2 згідно програми 2. Точити поверхню 3 згідно програми 3.Точити фаску 1 згідно програми 4. Точити поверхню 4 згідно програми 5. Підрізка торця 6 згідно програми 6. Точити поверхню 5 згідно програми 7. Точити поверхню 35 згідно програми 8. Точити фаску 7 згідно програми Б. Зняти деталь	Патрон 7100-0008 ГОСТ 2675-81 Різець 2100-1905 Т5К10 ГОСТ 26611-85 Різець 2100-1507 Т5К10 ГОСТ 26611-85 Різець 2100-1905 Т5К10 ГОСТ 26611-85 Різець 2100-1905 Т5К10 ГОСТ 26611-85 Різець 2100-1507 Т5К10 ГОСТ 26611-85 Різець 2100-1507 Т5К10 ГОСТ 26611-85 Різець 2100-1905 Т5К10 ГОСТ 26611-85

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведена таблиця режимів різання

Таблиця 10

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	D (B) мм	t мм	L мм	i	табличне значення режимів різання			прийняті значення режимів різання				Література
							S _{мм/об} мм/хв	V _{м/хв}	n ₁ хв.	S _{мм/об}	V _{м/хв}	n ₁ хв.	N кВт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
015	1	Точити пов. 17 згідно програми	57,8	1,7	28,9+3,5	1	0,6	82	451,8	0,6	90,7	500	2,4	К1 ст36 [12]; ст.44-45 л1 К6[12]; ст. 48 К7 [12]; ст373 [12]
	2	Точити пов. 35 згідно програми	57,8	1,4	18+3	1	0,6	73	402	0,6	72,9	400	2,9	
	3	Точити пов. 15 згідно програми	57,8	0,5	0,5+2	1	0,1	82	446	0,1	72,5	400	2,0	
020	1	Точити пов. 2 згідно програми	11	1,5	5,5+2	1	0,4	48	1389	0,4	48,3	1400	1,0	К1 ст36 [12]; ст.44-45 л1 К6[12]; ст. 48 К7[12]; ст373 [12]
	2	Точити пов. 3 згідно програми	11	1,4	5,8+2	1	0,4	48	1389	0,4	48,3	1400	1,0	
	3	Точити пов. 1 згідно програми	8,2	0,8	0,8+2	1	0,1	30	1167	0,1	30,8	1200	1,2	
	4	Точити пов. 4 згідно програми	22,8	3,6	1,5+2	2	0,4	82	1146	0,4	85,9	1200	1,2	
	5	Точити пов. 6 згідно програми	57,8	1,5	17,5+2	1	0,4	182	1003	0,4	181,4	1000	1,1	
	6	Точити пов. 5 згідно програми	27,08	1,08	2+2	1	0,4	68	951	0,4	71,5	1000	1,1	
	7	Точити пов. 35 згідно програми	57,8	1,4	11+3	1	0,6	73	402	0,6	72,9	400	2,9	
	8	Точити пов. 7 згідно програми	55	0,5	0,5+2	1	0,1	186	1077	0,1	172,7	1000	1,2	
025	1	Точити начисто пов. 5	20	0,45	2+2	1	0,23	108	1666	0,23	103,6	1600	1,0	ст. 39 К3 [12]; ст.41 К5 [12]; ст. 81 К36 [12];
	2	Центрувати пов. 21	3,5	1,75	2+2	1	0,15	12	1091	0,15	10,91	1000	0,8	
	3	Свердли пов. 21	4,7	2,35	47+2,5	1	0,15	18,5	1253	0,15	17,7	1200	0,8	
	4	Зенкувати фаску 20	6,3	0,8	0,8+0,5	1	0,2	18,5	935	0,2	17,8	900		
	5	Розвірчувати пов. 21	5	0,3	47+8	1	0,7	14,3	910,8	0,7	14,13	900		
030	1	Фрезерувати пов. 9 10	100	29	28,56+38	2	0,06	43,5	138,5	0,06	43,96	140	5,5	ст.309 [12]; таб. 1 ст. 203[12]; ст.310 [12]; ст. 312 [12]; ст. 377 п. 4 л. 5 [12];
035	1	Свердли пов. 22	10,5	2,25	16+4	1	0,28	24	749	0,28	23,0	700	1,2	ст. 103 К41 [12]; ст. 117 [12]; ст. 106 К43 [12]; ст. 370 л2 [12]; ст. 125 К62 [12]; ст.559 [8];
	2	Цекувати пов. 25	10,5	5,25	4+1	1	0,2	27	818	0,2	26,3	800		
	3	Зенкувати пов. 24	12,5	1	1+1	1	0,2	27	687,8	0,2	23,5	600		
	4	Свердли пов. 26	2	1	7,5+2	1	0,06	10	1592	0,06	9,42	1500	0,8	
	5	Нарізка різьби 23	12	1,5	10	1	1,5	10	303,3	1,5	9,8	300		
040	1	Свердли пов. 14	10,5	5,25	18+4	1	0,28	24	749	0,28	23,0	700	1,2	ст. 103 К41 [12]; ст. 117 [12]; ст. 106 К43 [12];ст. 370 л2 [12]; ст. 125 К63 [12]; ст. 125 К62 [12]; ст.559 [8];
	2	Цекувати пов. 18	10,5	5,25	4+1	1	0,2	27	818	0,2	26,3	800		
	3	Цекувати пов. 12	18	9	1,5+1	1	0,2	27	477	0,2	22,6	400		
	4	Свердли пов. 19	2	1	5,5+2	1	0,06	10	1592	0,06	9,42	1500	0,8	
	5	Нарізка різьби 13	12	1,5	12	1	1,5	10	303,3	1,5	9,8	300		
045	1	Свердли пов. 27 - 28	8,5	4,25	29+5	2	0,20	24,5	917	0,20	24	900	0,8	ст. 103 К41 [12]; ст. 374 [12]; ст. 113 [12]; ст. 106 К42[12]; ст. 107 К44 [12]; ст. 125 К62 [12]; ст.559 [8]; ст. 110 К46[12];
	2	Зенкувати фаску 29 - 30	10,5	1	1+1	2	0,20	12,0	363,9	0,20	13,1	400		
	3	Свердли пов. 31 - 32	5	2,5	15+2	2	0,9	13,3	847	0,9	12,5	800	1,1	
	4	Зенкувати фаску 33 - 34	8	1	1+0,5	2	0,16	12,0	477,7	0,16	12,5	500		
	5	Нарізка різьби 31 - 32	6	1	10	2	1	8	514,7	1	7,7	500		

БР.ПМ - 574.00.000 ПЗ

Арк.

Розрахунок основного часу

Таблиця 11

№ операції	№ переходу	Розрахункова формула	L (мм)	i	n (хв ⁻¹)	S мм/хв мм/об	Тм (хв)	Література
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	1	$T_M = \frac{l + \Delta + \gamma \cdot i}{S \cdot n}$	28,9+3	1	500	0,6	0,108	с. 373 [12]
	2		,5	1	400	0,6	0,087	с. 373 [12]
	3		18+3 0,5+2	1	400	0,1	0,010	с. 373 [12]
020	1	$T_M = \frac{l + \Delta + \gamma \cdot i}{S \cdot n}$	5,5+2	1	1400	0,4	0,013	с. 373 [12]
	2		15,8+2	1	1400	0,4	0,031	с. 373 [12]
	3		0,8+2	1	1200	0,1	0,023	с. 373 [12]
	4		1,5+2	2	1200	0,4	0,014	с. 373 [12]
	5		17,5+2	1	1000	0,4	0,048	с. 373 [12]
	6		2+2	1	1000	0,4	0,01	с. 373 [12]
	7		11+3	1	400	0,6	0,058	с. 373 [12]
	8		0,5+2	1	1000	0,1	0,025	с. 373 [12]
025	1	$T_M = \frac{l + \Delta + \gamma \cdot i}{S \cdot n}$	2+2	1	1600	0,23	0,010	с. 373 [12]
	2		2+2	1	1000	0,15	0,026	с.374 [12]
	3		47+2,5	1	1200	0,15	0,275	с.374 [12]
	4		0,8+0,	1	900	0,2	0,007	с.374 [12]
	5		5 47+8	1	900	0,7	0,087	с.374 [12]
030	1	$T_M = \frac{L}{S \cdot x \cdot v} \cdot i$	28,56 +38	2	140	130	0,950	с.377 п4 л5 [12]
035	1	$T_M = \frac{l + \Delta + \gamma \cdot i}{S \cdot n}$	16+4	1	700	0,28	0,028	с.374[12]
	2		4+1	1	800	0,2	0,031	с.374[12]
	3		1+1	1	600	0,2	0,016	с.374[12]
	4	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} + \frac{L}{n_1 \cdot S} \cdot i$	7,5+2	1	1500	0,06	0,15	с.374[12]
	5		10	1	300	1,5	0,039	
040	1	$T_M = \frac{l + \Delta + \gamma \cdot i}{S \cdot n}$	18+4	1	700	0,28	0,091	с.374[12]
	2		4+1	1	800	0,2	0,031	с.374[12]
	3		1,5+1	1	400	0,2	0,031	с.374[12]
	4	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} + \frac{L}{n_1 \cdot S} \cdot i$	5,5+2	1	1500	0,06	0,083	с.374[12]
	5		12	1	300	1,5	0,047	
045	1	$T_M = \frac{l + \Delta + \gamma \cdot i}{S \cdot n}$	29+5	2	900	0,20	0,377	с.374[12]
	2		1+1	2	400	0,20	0,05	с.374[12]
	3		15+2	2	800	0,9	0,046	с.374[12]
	4	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} + \frac{L}{n_1 \cdot S} \cdot i$	1+0,5	2	500	0,16	0,036	с.374[12]
	5		10	2	500	1	0,046	

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7 Визначення норм часу.

Операція 030

Розрахунок штучно-калькуляційного часу для обробки деталі масою 0,57 кг на горизонтально-фрезерному верстаті. Деталь кріпиться в спеціальному пристрої.

Обробка чорнова, вимірний інструмент штангенциркуль, партія деталей 2000 штук.

1. З попередніх розрахунків беремо основний час на дану операцію, він становить: $T_M = 0,95 \text{ хв}$.

2. Знаходимо величину допоміжного часу на операцію:

2.1. Визначаємо час на зняття і установку деталі:

$$t_{уст} = 0,27 \text{ хв} \quad (\text{К9 п1 ст. 43 [13]}).$$

2.2. Знаходимо часи зв'язані з переходами.

$$t_{пер} = 0,30 \text{ хв} \quad (\text{К31 п3 ст. 108 [13]});$$

2.3. Знаходимо часи які не ввійшли в комплекс:

$$t_{нк1} = 0,07 \text{ хв} \quad (\text{К31 п15 ст 109 [13]});$$

$$t_{нк2} = 0,07 \text{ хв} \quad (\text{К31 п16 ст 109 [13]});$$

$$t_{нк3} = 0,06 \text{ хв} \quad (\text{К31 п19 ст 109 [13]});$$

$$\sum t_{нк} = t_{нк1} + t_{нк2} + t_{нк3} = 0,07 + 0,07 + 0,06 = 0,2 \text{ хв}$$

2.4. Знаходимо час на вимірювання:

$$t_{вим} = 0,10 \text{ хв} \quad (\text{К86 Л7 п158 ст 191 [13]});$$

Шукаємо коефіцієнт періодичності контрольних вимірів на операцію. В нашому

випадку він буде однаковий

$$k = 0,8 \quad (\text{К87 Л1 ст 200 [13]});$$

Таким чином час на вимірювання буде становити:

$$t'_{вим} = t_{вим} \cdot k = 0,10 \cdot 0,8 = 0,08 \text{ хв}$$

2.5. Знаходимо величину допоміжного часу без поправочного коефіцієнта, який

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від величини партії деталей:

$$t'_{\text{дон}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t'_{\text{вим}} + \sum t_{\text{нк}}$$

$$t'_{\text{дон}} = 0,27 + 0,30 + 0,08 + 0,2 = 0,85 \text{ хв}$$

2.6. Знаходимо величину поправкового коефіцієнта в залежності від величини партії деталей. Поправковий коефіцієнт на допоміжний час в залежності від величини партії дорівнює:

$$k = 1,0 \text{ (К1 ст31[13])};$$

2.7. Знаходимо величину допоміжного часу:

$$t_{\text{дон}} = t'_{\text{дон}} \cdot k = 0,85 \cdot 1,0 = 0,85 \text{ хв}$$

3. Визначаємо величину оперативного часу

$$t_{\text{опер}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{дон}} = 0,95 + 0,85 = 1,8 \text{ хв}$$

4. Знаходимо час на обслуговування робочого місця:

де a - процент від оперативного часу $a = 3,5$ (К32 ст 110[13])

$$t_{\text{обс}} = \frac{a \cdot t_{\text{опер}}}{100} = \frac{3,5 \cdot 1,8}{100} = 0,063 \text{ хв}$$

5. Знаходимо час на відпочинок та особисті потреби:

ϵ - процент від оперативного часу. $\epsilon = 4$ К88 с.203 [13]

$$t_{\text{відп}} = \frac{\epsilon \cdot t_{\text{опер}}}{100} = \frac{4 \cdot 1,8}{100} = 0,072 \text{ хв}$$

6. Знаходимо величину штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{опер}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 1,8 + 0,063 + 0,072 = 1,935 \text{ хв}$$

7. Знаходимо величину підготовчо-заключного часу:

$$t'_{\text{нз}} = 16 \text{ хв} \text{ (К32 п2 ст.110 [13])};$$

$$t''_{\text{нз}} = 7 \text{ хв} \text{ (К32 п24 ст.111 [13])};$$

$$t_{\text{нз}} = t'_{\text{нз}} + t''_{\text{нз}} = 16 + 7 = 23 \text{ хв}.$$

8. Визначаємо величину штучно-калькуляційного часу:

де n – величина партії деталей

$$t_{\text{шт.к}} = \frac{t_{\text{нз}}}{n} + t_{\text{шт}} = \frac{23}{2000} + 1,93 = 1,941 \text{ хв}$$

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведена таблиця норм часу

Таблиця 12

№ операції	Назва операції	Модель верстага	з точн; хв.	$\frac{Tnз}{n}$, хв.	Туст; хв.	Тпер; хв.	Твим; хв.	Тобс; хв.	Твідп; хв.	Тшт; хв.	Тшт.к; хв.	Література
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
015	Токарна з ЧПК	16Б16Т1	0,205	24/2000	0,25	0,43	0,256	0,047	0,047	1,285	1,297	К1 л1 п2 ст.32[13]; К18 п41 ст.66[13]; К18 п3 ст.64[13]; К18 л4 п68 ст.69[13]; К86 л7 п158 ст.191[13]; К86 л1 ст.200[13]; К1 ст.31[13]; К88 ст.203[13];
020	Токарна з ЧПК	16Б16Т1	0,222	24/2000	0,25	1,01	0,648	0,112	0,112	3,044	3,056	К2 л1 п2 ст.32[13]; К18 п41 ст.66[13]; К18 п2 ст.64[13]; К18 л4 п68 ст.69[13]; К86 л7 п158 ст.191[13]; К86 л1 ст.200[13]; К1 ст.31[13]; К88 ст.203[13];
025	Токарно-гвинторізна	16БО5П	0,405	24/2000	0,25	0,72	0,368	0,091	0,091	2,465	2,477	К18 л1 п2 ст.64[13]; п68 ст.69[13]; К18 п3 ст.64[13]; К86 л7 п158 ст.191[13]; К86 л1 ст.200[13]; К1 ст.31[13]; К88 ст.203[13];
030	Горизонтально-фрезерна	6Р81	0,95	23/2000	0,27	0,30	0,08	0,063	0,072	1,935	1,941	К9п1 ст. 43 [13]; К31 п3 ст.108 [13]; К31 п15 ст 109 [13]; К86 л7 п158 ст 191[13]; К87 л1 ст 200 [13]; К1 ст31[13]; К32 ст 110[13]; К88 с.203 [13]; К32 п2 ст.110 [13]
035	Вертикально-свердлильна	2Н125	0,264	20/2000	0,10	0,35	0,159	0,132	0,132	3,577	3,587	К16 л1 п2 ст54[13]; К28 л2 п10 ст.96[13]; К86 л7 п158 ст191[13]; К87 л1 ст200[13]; К1 ст31[13]; К28 п2ст100 [13]
040	Вертикально-свердлильна	2Н125	0,083	20/2000	0,12	0,35	3,075	0,134	0,134	3,626	3,636	К16 л1 п6 ст54[13]; К27 л1 п5 ст.96[13]; К28 л2 п10 ст.96[13] К86 л7 п158 ст191[13]; К87 л1 ст200[13]; К1 ст31[13]; К28 п2 ст100 [13]
050	Вертикально-свердлильна	2Н125	0,555	22/2000	0,10	0,45	3,113	0,243	0,243	6,574	6,575	К16 л1 п6 ст54[13]; К27 л1 п5 ст.96[13]; К28 л2 п10 ст.96[13] К86 л7 п158 ст191[13]; К86 л1 п7 ст185[13]; К87 л1 ст200[13]; К1 ст31[13]; К28 п2 ст100 [13]

БР.ПМ-574.00.000 ПЗ

Арк.

2.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Пристрій для механічної обробки

2.1.1 Призначення, будова і робота пристрою

Пристрій призначений для встановлення на робочий стіл горизонтально-фрезерного верстата. Він фіксується на столі своєю нижньою площиною за допомогою шпонки та двох болтів, що забезпечує його надійне закріплення під час роботи.

Основними складовими частинами пристрою є:

- Плита, яка є основою конструкції та до якої за допомогою болтів прикріплений корпус пристрою.
- Корпус, на якому встановлена призма для фіксації заготовки під час виконання технологічної операції.
- Призма, що служить опорною базою для заготовки, дозволяючи їй займати точне положення перед обробкою.
- Ричаг, розташований на корпусі, який отримує механічне зусилля від поршнів пневмосистеми.
- Пружина, призначена для повернення ричага у вихідне положення після завершення затискання. Це забезпечує зручність роботи оператора та автоматизує процес розтискання заготовки.
- Пневмокамера, що виступає в ролі приводу затискного механізму.

Принцип роботи пристрою

Процес закріплення та звільнення заготовки відбувається за рахунок пневматичного приводу.

1. Затиск заготовки:

- Заготовку встановлюють у спеціально передбачене гніздо на корпусі пристрою, після чого вона додатково фіксується в призмі.
- У пневмокамеру подається стиснене повітря, що створює необхідний тиск і приводить у рух поршень зі штоком.

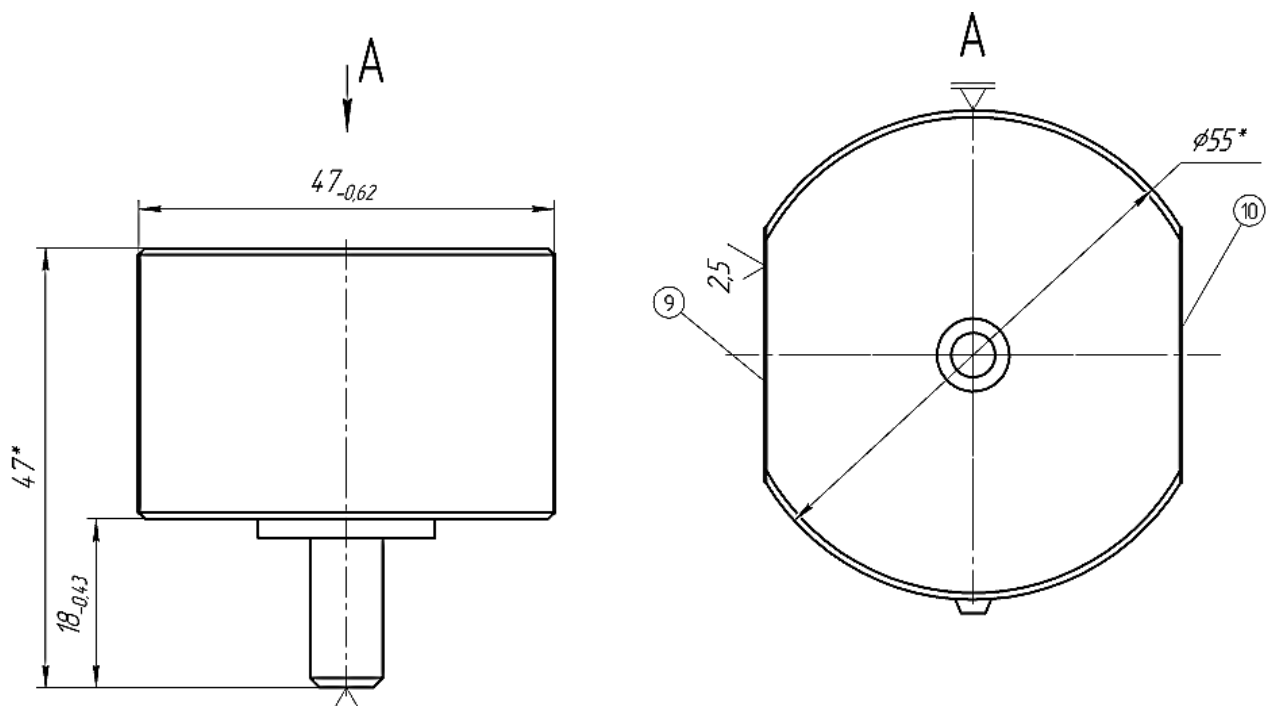
					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Шток передає зусилля на ричаг, який, у свою чергу, притискає заготовку до базової поверхні, надійно фіксуючи її для подальшої обробки.

2. Розтискання заготовки:

- Після завершення операції тиск у пневмокамері стравлюється.
- Пружина, яка знаходиться у зачепленні з корпусом і ричагом, повертає ричаг у вихідне положення.
- У результаті цього затискне зусилля зникає, і оброблена заготовка вивільняється, що дозволяє оператору легко її забрати.

Завдяки використанню пневмоприводу забезпечується швидке та ефективно затискання і розтискання заготовок, що підвищує продуктивність роботи верстата. Конструкція пристрою є простою, надійною та зручною у використанні, що робить його оптимальним для автоматизації процесів фрезерної обробки.



					БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2 Визначення сили затиску

Під час фрезерування на оброблювану деталь впливають різноманітні силові фактори, серед яких основну роль відіграють осьова сила та крутний момент. Осьова сила виникає внаслідок контактної взаємодії ріжучого інструмента з матеріалом деталі та спрямована вздовж осі шпинделя. Водночас крутний момент є наслідком опору матеріалу різанню та передається через ріжучі леза фрези, забезпечуючи процес видалення шару металу.

На рисунку 6 представлено схему розподілу цих силових навантажень, яка демонструє їхній вплив на робочу зону під час фрезерування. Це дозволяє краще зрозуміти характер силових взаємодій та оцінити їхній вплив на точність і якість обробки деталі.

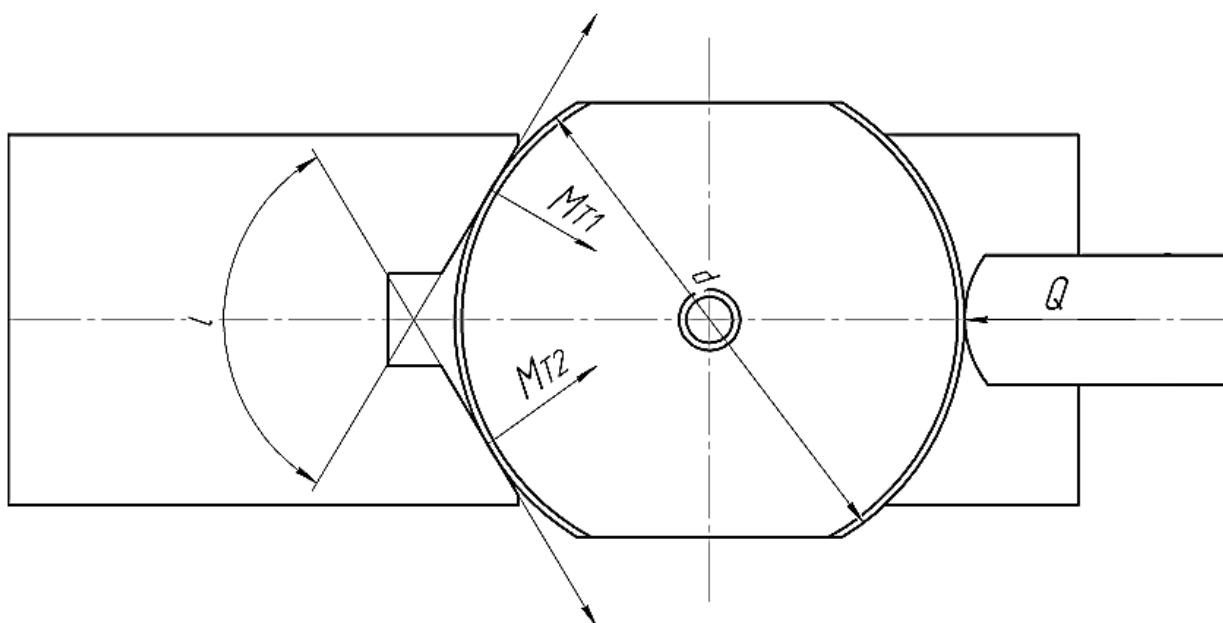


Рисунок 6. Схема до розрахунку сил затиску

$$M_{кр} \cdot k = M_{T1} + M_{T2}$$

$$M_{T1} = Q \cdot \frac{d}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin l/2}\right) \cdot f$$

$$M_{T2} = Q \cdot f \left(\frac{d}{2}\right)$$

де Q - сила затиску; d - діаметр деталі ($d=55$); f – коефіцієнти тертя в місцях контакту ($f=0.1-0.15$); l – кут призми рівний 120° ; K – коефіцієнт запасу

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{M_{кр} \cdot k}{\frac{d}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin l/2}\right) \cdot f}$$

Визначаємо коефіцієнт запасу.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу рівний 1.5,

K_1 – коефіцієнт враховує випадкові нерівності деталі – 1.0,

K_2 – коефіцієнт враховує затуплення інструменту – 1.0,

K_3 – коефіцієнт враховує перервне різання – 1.2,

K_4 – коефіцієнт враховує стабільність затиску – 1.3,

K_5 – коефіцієнт враховує зручність затискного механізму – 1.0,

K_6 – коефіцієнт враховує повертаючи моменти – 1.0, [16], с.91

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34;$$

$$Q = \frac{7,056 \cdot 2,34 \cdot 1000}{\frac{55}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin 60}\right) \cdot 0,15} = \frac{16511,976}{27,5 \cdot 2,15 \cdot 0,15} = \frac{16511,976}{8,86875} = 1861,81H \approx 186,181кз$$

2.1.3 Вибір типу затискача та його конструктивних розмірів

Для обраної схеми базування та конструктивних особливостей деталі найбільш раціональним рішенням для її надійного закріплення є використання важільного механізму. Такий механізм відзначається простотою виготовлення та експлуатації, забезпечує ефективний розподіл зусиль затиску, а також дозволяє гнучко регулювати їхню величину залежно від вимог технологічного процесу. Завдяки своїй конструкції, важільний механізм здатний передавати значні зусилля затиску, що сприяє стабільному утриманню деталі під час обробки. Окрім цього, він забезпечує можливість оперативного налаштування для зменшення або збільшення затискного зусилля відповідно до конкретних виробничих потреб.

На рисунку 7 представлено схему важільного механізму, який рекомендовано застосовувати для закріплення цієї деталі. Запропонована

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкція дає змогу оптимізувати процес фіксації, підвищити точність та надійність позиціонування, що в кінцевому підсумку позитивно впливає на якість обробки виробу.

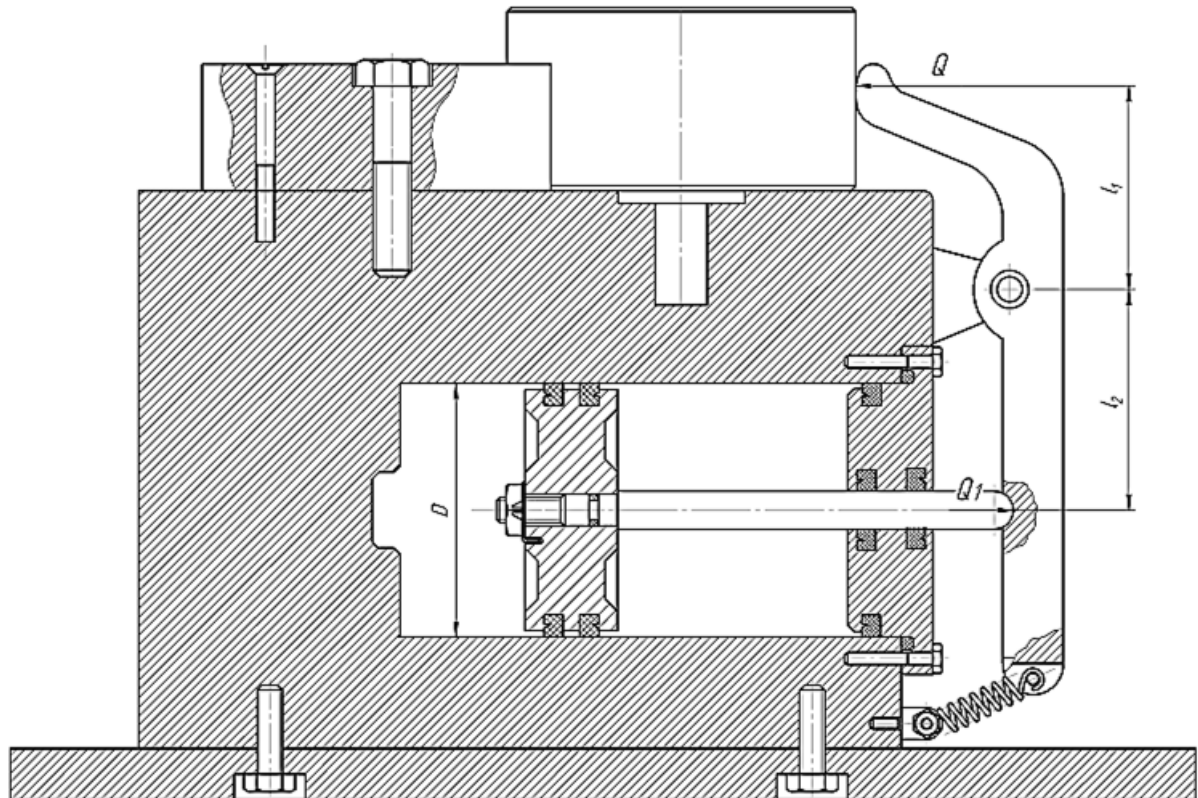


Рис. 7 Схема важільного механізму

Для даної схеми:

$$Q \cdot l_1 = Q_1 \cdot l_2; \quad Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho \cdot \eta \cdot P_n;$$

Де: Q_1 – зусилля рушія; $\eta = 0,75$ – механічний коефіцієнт корисної дії; l_1, l_2 – плечі важеля. $\rho = 0,4-0,6$ тиск повітря; $P_n =$ - Сила пружини

Необхідна сила рушія:

$$Q_1 = \frac{Q \cdot l_1}{l_2}; \quad \text{де: } l_1 = 32,5 \text{ мм } l_2 = 35 \text{ мм}$$

$$Q_1 = \frac{1861,81 \cdot 32,5}{35} = \frac{60508,825}{35} = 1728,82 \text{ Н} \approx 172,882 \text{ кг}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ

Розрахунок конструктивних параметрів рушія.

Для рушія важливим є підбір оптимальних конструктивних параметрів з урахуванням навантажень, умов експлуатації та ККД.

Так, як необхідне зусилля рушія є 1728,82Н, то в якості рушія доцільно використовувати пневмоциліндр. Діаметр штока приймаємо в залежності від діаметра циліндра.

Визначаємо діаметр циліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}},$$

де Q_1 – зусилля рушія; $\eta = 0,75$ – механічний коефіцієнт корисної дії; $\rho = 0,4-0,6$ тиск повітря.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1728,82}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,75}} = \sqrt{\frac{6915,28}{0,942}} = \sqrt{7341,0615711253} = 85,679$$

Отже діаметр штока в залежності від циліндра дорівнює -25мм.

2.2. Конструювання та розрахунок ріжучого інструменту

Розрахунок та конструювання спірального свердла під різьбу М12

1.Згідно з попередніх даних для різьби М12х1.5-Н7 діаметр свердла становить 10,5 мм

2.Визначаємо режими різання згідно попередніх розрахунків.

2.1 Вибираємо подачу $S=0,28$ мм/об

2.2 Вибираємо швидкість різання $V=23,0$ м\хв

2.3 глибину різання $t = \frac{D}{2} = \frac{10,5}{2} = 5,2$ мм

3. Осьова складова сили різання:

$$P_0 = 9,81 C_p D^{x_p} S_0^y K_{m_p}$$

$$C_p=68 \quad X_p=1 \quad Y_p=0,7 \quad K_{m_p}=1 \quad \text{Т 32 ст.281 [7]}$$

$$P_0 = 9,81 \cdot 68 \cdot 10,5^1 \cdot 0,28^{0,7} \cdot 1 = 2873,2Н$$

4.Момент сил опору різанню (крутний момент):

					БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = 9.81 C_m D^q S^y K_{m_m}$$

$$C_m = 0,0345 \quad q = 2 \quad y = 0.8 \quad K_{m_m} = 0.845 \quad \text{Т 32 ст.281 [7]}$$

$$K_{m_m} = \left(\frac{\sigma_6}{75} \right)^{0,75} = 0,845$$

$$M_{кр} = 9.81 \cdot 0,0345 \cdot 10,5^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,845 = 11,696$$

5. Визначаємо номер конуса Морзе хвостовика:

Осьову складову сили різання P_x можна розкласти на дві сили: Q - яка діє

нормально до твірної конуса: $Q = \frac{P_x}{\sin \theta}$, де θ - кут конусності хвостовика, і

силу R , що діє в радіальному напрямку і яка зрівноважує реакцію на протилежній точці поверхні конуса.

Сила Q створює дотичну складову T сили різання; з врахуванням коефіцієнт ту тертя поверхні конуса об стінки втулки μ

$$T = \mu Q = \frac{\mu P_x}{\sin \theta}$$

Момент тертя між хвостовиком і втулкою

$$M_m = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0.04 \Delta \theta)$$

Прирівнюємо момент тертя до максимального моменту сил опору різанню, тобто до моменту, який створюється при роботі затупленим свердлом і який збільшується до 3 раз в порівнянні з моментом, прийнятим при нормальній роботі свердла.

$$3M_{кр} = M_m = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0.04 \Delta \theta)$$

Середній діаметр конуса хвостовика

$$d_{cp} = \frac{D_1 + d_2}{2}, \text{ або } d_{cp} = \frac{6M_{кр} \sin \theta}{\mu P_x (1 - 0.04 \Delta \theta)}, \text{ де } M_{кр} = 8,225 \text{ Н}\cdot\text{м} - \text{момент опору сил}$$

різанню; $\mu = 0,096$ – коефіцієнт тертя сталі по сталі; кут θ для більшості конусів Морзе рівний $\approx 1^\circ 30'$; $\sin 1^\circ 30' = 0.02618$; $\Delta \theta = 5'$ - відхилення кута конуса;

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 11,396 \cdot 0.02618}{0.096 \cdot 2873,2 \cdot (1 - 0.2)} = \frac{6,4155}{183} = 0.082 \text{ м} \approx 8,2 \text{ мм}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

По ГОСТ 25557-82 вибираємо найближчий більший конус:

Конус Морзе 1, $D=12,065$ мм $D_1=12,2$ мм $d_2=9,0$ мм $d_{3\max}=8,7$ мм

$l_{3\max}=62,0$ мм

$l_{4\max}=65,5$ мм $a=3,5$ мм $bh13=5,2$ мм $c=8,5$ мм $e_{\max}=13,5$ мм $R=5,0$ мм $R_1=1,2$ мм

$v=0,06$ мм

Т62 ст.189 [14]

6. Вибираємо розміри свердла по ГОСТ 10903-77:

Свердло 2301-0032

$L=168$ мм $l=87$ мм КМ 1

7. Визначаємо геометричні і конструктивні параметри робочої частини свердла.

Згідно нормативів знаходимо форму загострення однократна,

$\phi=118$ $l=3$ мм $b=2,5$ мм $H=77,2$ мм

8. Товщина серцевини свердла знаходимо в залежності від діаметра свердла:

$K=2,02$ мм

Вибираємо потовщення серцевини в напрямку до хвостовика. Значення 1.4-

1.8 мм на 100 мм довжини. Приймаємо потовщення 1.5 мм

9. Зворотня конусність свердла на 100 мм довжини робочої частини повинна

скла дати: 0,04-0,1 мм Приймаємо 0.05 мм

10. Вибираємо ширину ленточки f і висоту затилка K :

$f=1,4$ мм $K=0,4$ мм Т63 ст.194 [14]

11. Визначаємо ширину пера:

$V=0,58D$; $V=0,58 \cdot 10,5=6,09$ мм

12. Визначаємо геометричні елементи профілю фрези для фрезерування

канавки свердла:

Великий радіус профілю

$$R_0 = C_R C_r C_\phi D,$$

$$\text{де } C_R = \frac{0,026 \cdot \phi^3 \sqrt{\phi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{118}}{29^\circ 30'} = \frac{15,04}{29} = 0,51 \text{ мм};$$

$$C_r = \left(\frac{0,14D}{d_c} \right)^{0,044} = \left(\frac{0,14 \cdot 10,5}{2,02} \right)^{0,044} = 0,986 \text{ мм};$$

$$D_{\phi\phi} = 13\sqrt{D} = 13 \cdot \sqrt{10,5} = 42 \text{ мм};$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

$$C_\phi = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9} = \left(\frac{13 \cdot \sqrt{10,5}}{39} \right)^{0,9} = 1,1 \text{ мм};$$

$$R_0 = 0,51 \cdot 0,979 \cdot 10,5 = 5,242 \text{ мм}$$

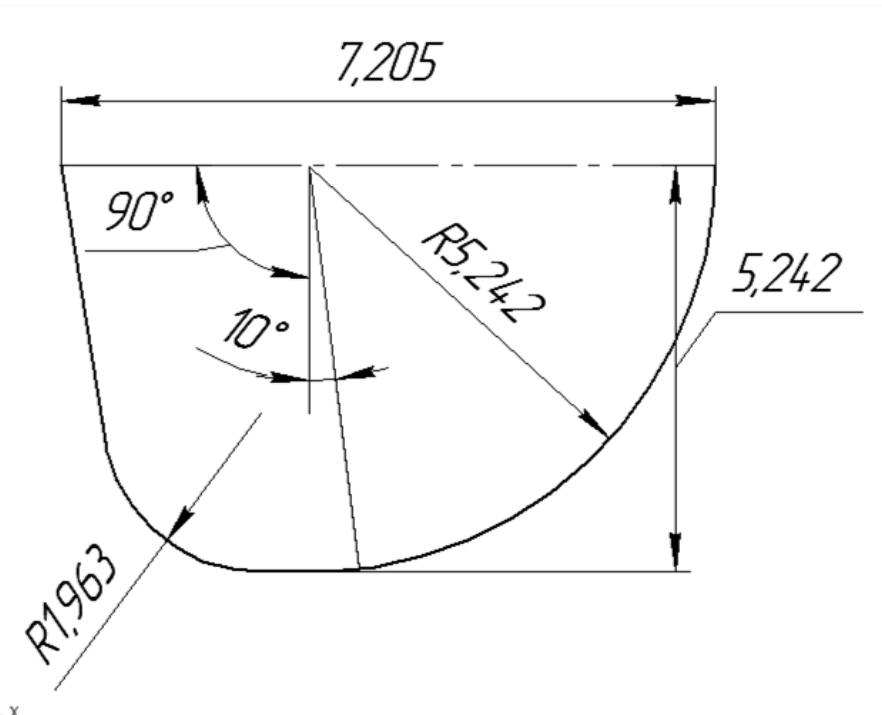
Менший радіус профілю

$$R_k = C_k D = 0,187 \cdot 10,5 = 1,963 \text{ мм}$$

$$C_x = 0,015 \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 29^{0,75} = 0,187$$

$$B = R_0 + R_k = 5,242 + 1,963 = 7,205 \text{ мм}$$

Профіль канавкової фрези



13. По знайдених розмірах будуюмо профіль канавочної фрези. Встановлюємо основні технічні вимоги і допуски на розміри свердла (по ГОСТ 885-77). Граничні відхилення діаметрів свердла $D = 10,5h9_{(-0,043)}$. Допуск на загальну довжину і довжину робочої частини свердла дорівнює подвоєному допуску по 14-му квалітету з симетричним розміщенням граничних відхилень $\left(\pm \frac{IT14}{2} \right)$ по ГОСТ 25347-82. Граничні відхилення розмірів конуса хвостовика встановлюють по ГОСТ 2848-75 (ступінь точності АТ8). Радіальне биття робочої частини свердла відносно осі хвостовика не повинно перевищувати 0,13 мм. Кути $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$; $2\phi_0 = 70^\circ \pm 5^\circ$. Кут нахилу гвинтової канавки $29^\circ 30' \pm 2^\circ$.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

Граничні відхилення розмірів підточки перемички ріжучої частини свердла +0,5 мм. Твердість робочої частини свердла 63...66 HRC₃, лапки хвостовика свердла 32...47 HRC₃.

14. Виконуємо креслення свердла

2.3. Конструювання і розрахунок одного вимірною контролюючого інструменту чи пристрою.

Визначаємо виконавчі розміри калібр пробки для отвору $\varnothing 5H7^{(+0,012)}$

1. Визначаємо найбільший і найменший граничні розміри отвору

$$D = 5H7^{(+0,012)}$$

$$D_H = 5\text{мм}$$

$$ES = 0,012$$

$$EI = 0$$

$$D_{\max} = D_H + ES = 5 + 0,012 = 5,012\text{мм}$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 5 + 0 = 5\text{мм}$$

2. Вибираємо дані для визначення розмірів калібрів:

$$Z, Z_1 = 2\text{мкм} \quad Y = 1,5\text{мкм} \quad H, H_1 = 2,5\text{мкм} \quad a, a_1 = 0\text{мкм} \quad H_p = 1\text{мкм} \quad T2\text{ст.8}$$

[15]

3. Знаходимо найбільший і найменший розмір прохідного (ПР) калібр-пробки:

$$PP_{\max} = D_{\min} + z + \frac{H}{2} = 5 + 0,002 + \frac{0,0025}{2} = 5,002 + 0,00125 = 5,0032\text{мм}$$

$$PP_{\min} = D_{\min} + z - \frac{H}{2} = 5 + 0,002 - \frac{0,0025}{2} = 5,002 - 0,00125 = 5,0007\text{мм}$$

На кресленні проставляємо розмір $(5,0032_{-0,0025})$

4. Знаходимо найбільший і найменший розмір непрохідного (НЕ) калібр-пробки:

$$HE_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 5,012 + \frac{0,0025}{2} = 5,012 + 0,00125 = 5,0132\text{мм}$$

$$HE_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2} = 5,012 - \frac{0,0025}{2} = 5,012 - 0,00125 = 5,0107\text{мм}$$

На кресленні проставляємо розмір $(5,0132_{-0,0025})$

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Знаходимо граничний розмір зношеної калібр-пробки :

$$D_{\min} - Y = 5.0 - 0.0015 = 4,9985 \text{ мм}$$

6. Виконуємо схему розміщення полів допусків калібр-пробки:

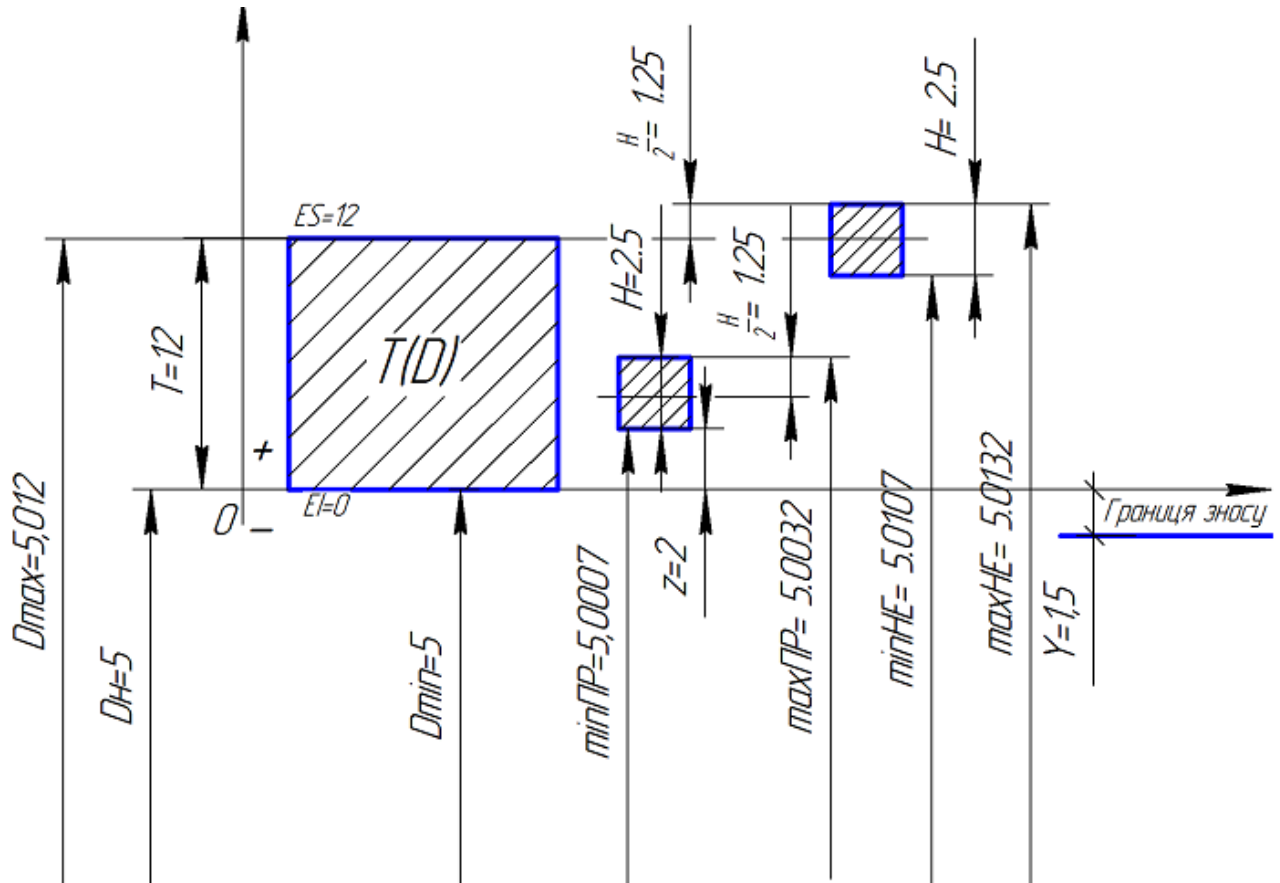


Схема розміщення полів допусків для отвору $\varnothing 5H7^{(+0,012)}$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ				

3. Аналізом міцності спірального свердла методом скінченних елементів діаметром 10,5 мм

Мета аналізу: Визначити напружено-деформований стан спірального свердла діаметром 10,5 мм при роботі за заданих параметрів свердління під різьбу M12×1,5-H7, використовуючи метод скінченних елементів (МСЕ) для побудови 3D-моделі, навантаження та обмежень.

Початкові умови

Геометричні параметри свердла (основні)

- Діаметр $D = 10,5$ мм
- Довжина $L = 168$ мм
- Довжина робочої частини $l = 87$ мм
- Конус Морзе №1
- Кут загострення $\varphi = 118^\circ$

Матеріал

- Інструментальна сталь (наприклад, Р6М5 або аналог)
- Модуль пружності $(E) = 2,1 \times 10^5$ МПа
- Коефіцієнт Пуассона $(\nu) = 0,3$
- Границя міцності $\sigma = 1200 \dots 1400$ МПа
- Границя плинності $\sigma = 1100$ МПа (усереднено)

Виконання

Перед початком чисельного аналізу необхідна точна геометрична модель. Вона має відповідати фактичним розмірам і формі інструмента (канавки, серцевина, кут загострення, хвостовик тощо).

- Відкрий Part → Створи тіло свердла:
 - $\varnothing = 10.5$ мм, довжина $L = 168$ мм
 - Створи гвинтову канавку (Coil) з кроком за ГОСТ
 - Додай конус Морзе №1 (можна з таблиці стандартних форм)
- Збереги модель.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ				

Перехід у модуль аналізу: "Stress Analysis"

FEM-аналіз в Inventor реалізований на базі прямого методу скінченних елементів, де тіло розбивається на сітку елементів, а розв'язуються рівняння рівноваги для кожного вузла.

- Перейди до вкладки "Environments" → "Stress Analysis"
- Створи нове дослідження: "Static Analysis"

Призначення матеріалу

Потрібно задати фізико-механічні характеристики матеріалу для обчислення напружень:

- Модуль Юнга E
- Границя міцності σ
- Границя плинності σ
- Коефіцієнт Пуассона ν

Клікни правою кнопкою по "Material" → вибери HSS (High-Speed Steel) або створи новий.

Застосування обмежень

Щоб уникнути помилок у розрахунках, потрібно правильно зафіксувати об'єкт. Фіксація симулює затиск свердла у шпинделі.

- Виділи хвостовик → застосуй "Fixed" constraint
 - Заблокуй всі ступені свободи

Задання навантажень

Свердло зазнає осьового навантаження та крутного моменту, які імітують сили різання.

- Виділи торцеву частину ріжучої кромки:
 - Застосуй "Force" уздовж осі: Pz
- Застосуй "Torque" на зовнішню циліндричну поверхню: Mmax

Побудова сітки (Mesh)

Мережа (mesh) — це розбиття тіла на дрібні елементи. Якість і розмір сітки впливають на точність аналізу.

					БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вибери "Mesh Settings" → встанови середній розмір елемента (наприклад, 0.5 мм)
- Натисни "Generate Mesh"

Проведення розрахунку

Після побудови сітки та задання граничних умов система рівнянь автоматично розв'язується.

- Натисни "Run Simulation"
- Дочекайся завершення розрахунку

Результати

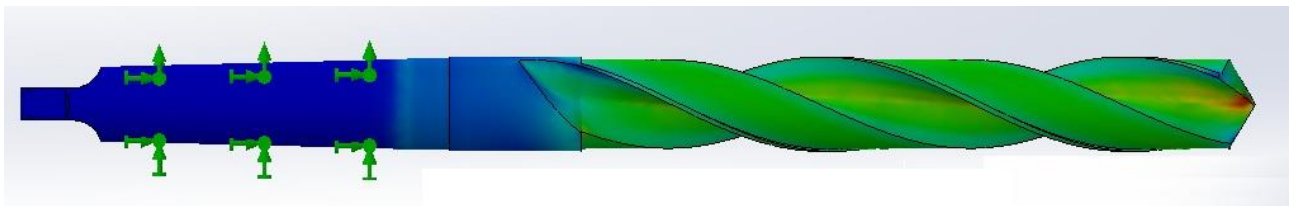


Рисунок – Розподіл напружень

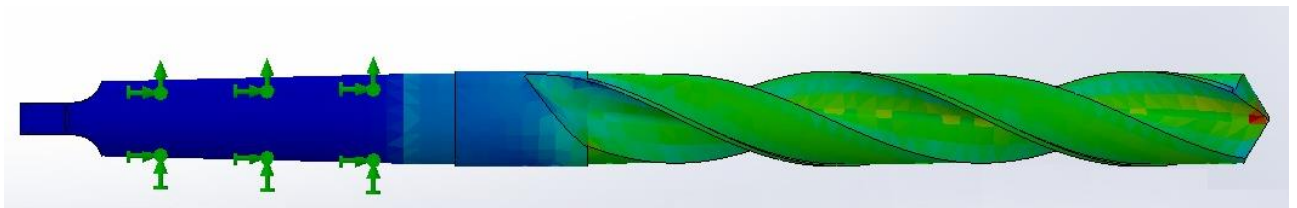


Рис – Розподіл еквівалентних напружень..

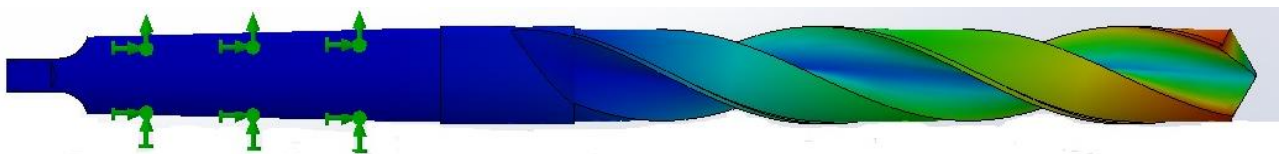


Рис – Розподіл переміщень..

Висновки

У результаті проведеного дослідження міцності спірального свердла діаметром 10,5 мм методом скінченних елементів в середовищі Autodesk Inventor встановлено, що конструкція інструмента є достатньо надійною для роботи в умовах свердління отворів під різьбу M12×1,5. При моделюванні

					БР.ПМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реальних умов навантаження — осьової сили та крутного моменту — напруження, що виникають у тілі свердла, не перевищують граничних значень допустимих напружень для інструментальної сталі. Максимальні еквівалентні напруження за критерієм Мізеса склали близько 89 МПа, що в понад 12 разів менше від границі плинності матеріалу. Отримані результати свідчать про значний запас міцності, малу деформацію (менше 0,005 мм) та достатню жорсткість конструкції. Аналіз також показав, що найбільш навантаженими є зони переходу між гвинтовою канавкою та тілом свердла, що є типовим для інструментів такого типу. Таким чином, геометричні параметри свердла та обраний матеріал забезпечують його ефективну й безпечну експлуатацію в умовах типового механічного оброблення.

					БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1 Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М. П - 14. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 50 с.

2 П.І. Войтенко Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Технологія машинобудування” для спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування – Івано-франківськ: Факел, 2000. – 77с.

3 Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання технологічної частини дипломного проекту спеціальності 1201 – технологія машинобудування. – Івано-Франківськ: ІФІНГ, 1990.–58с.

4 Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020 – 120 с.

5.Холоша В.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. / В.І. Холоша, В.В. Проців, О.О. Богданов ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 133 с.

6 ДСТУ 7505-80. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

7 Проектування оснастки. Методичні вказівки до виконання розрахункових та контрольних робіт для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2000. – 110 с.

					БР.ПІМ- 574.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

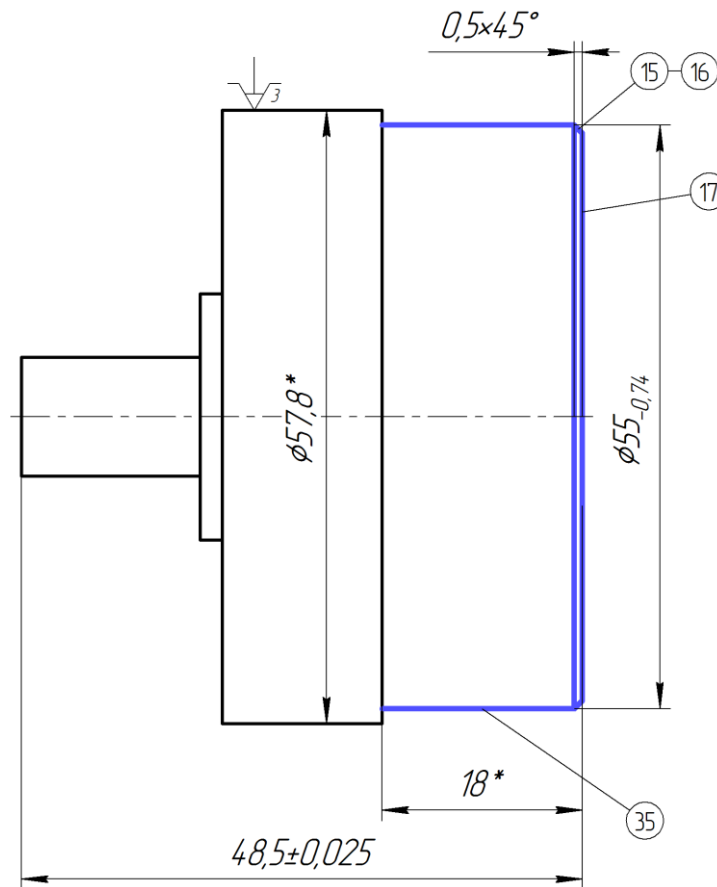
Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив			
Перевірів			
Н. контр.			

Фб 8.034.104

Корпус

015



6,3
✓(✓)

* Розмір для довідок

КЕ

Дубл.														
Взамін														
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
Розробив														
Перевірів														
Н. контр.														015

- | | |
|------------|-------------|
| №1 M3 | №14 X5500 |
| №2 M43 | №15 Z-1800 |
| №3 S5 | №16 X5900~ |
| №4 T1 | №17 Z-1800 |
| №5 F60 | №18 F10 |
| №6 Z0 | №19 Z0 |
| №7 X-3000~ | №20 X-5450~ |
| №8 Z0 | №21 X5450 |
| №9 X0 | №22 Z500 |
| №10 M42 | №23 X3800~* |
| №11 S4 | №24 Z900~ |
| №12 Z0 | №25 M5 |
| №13 X5500 | №26 M30 |