Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Добровольський Віктор Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі " Диск ИА 11165-50В" для умов серійного типу виробництва.
(назва роботи)

Прикладна механіка
(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

_____ Добровольський В. О.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Костюк Назар Олегович
(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-2024 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологія виготовлення деталі " Диск ИА 11165-50В " для умов серійного 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 “ Диск ИА 11165-50В ”.

Мета роботи – розробити технологію виготовлення деталі Диск ИА 11165-50В, який дозволить зменшити витрати на її виготовлення, також розробити конструкцію спеціального верстатного пристрою для базування та закріплення деталі на одній з механообробних операцій.

Для виконання поставленого завдання в роботі було описано призначення та проведено аналіз технічних вимог до деталі, а також оцінено технологічність конструкції. На основі результатів аналізу і рекомендацій технічної літератури визначено спосіб отримання заготовки, створено проектний маршрут технології виготовлення деталі із застосуванням верстатів з ЧПК, розраховано припуски, режими різання та норми часу. В конструкторській частині розроблено конструкцію верстатного і контрольного пристрою з усіма необхідними розрахунками, а також описано конструкцію різального інструменту. У науково-дослідній частині методом скінченних елементів у SolidWorks Simulation було досліджено слабку ланку пристрою. У додатках надано всю необхідну технологічну документацію.

Результати цієї роботи можуть бути застосовані в машинобудівній галузі. Отримані висновки та розроблені рекомендації здатні сприяти покращенню виробничих процесів і підвищенню ефективності в машинобудуванні.

Ключові слова: деталь, заготовка, технологічний процес, операція, інструмент, обладнання, режими різання, швидкість різання, сила різання, пристрій, сила затискання.

Студент: Добровольський В. О.

SUMMARY

qualifying bachelor's thesis: "Technology of manufacturing the part " Disk IA 11165-50V" for serial production conditions."

Calculation and explanatory note: pages, figures, tables, references, sheets f. A4 applications.

Graphic part: sheets of A1 format.

The object of research is the technological process of machining.

Subject of research - detail " Disk IA 11165-50V"

Objective: To develop the technology for manufacturing the part " Disk IA 11165-50V" which will reduce production costs, and to design a special machine fixture for positioning and securing the part during one of the machining operations.

To achieve the set objective, the work describes the purpose and analyzes the technical requirements for the part, as well as evaluates the manufacturability of the design. Based on the analysis results and technical literature recommendations, the method for obtaining the blank was determined, a project route for the technology of manufacturing the part using CNC machines was created, and allowances, cutting modes, and time norms were calculated. In the design section, the construction of the machine tool and control fixture was developed with all necessary calculations, and the design of the cutting tool was described. In the research section, the weak link of the device was studied using the finite element method in SolidWorks Simulation. The appendices provide all the necessary technological documentation.

The results of this work can be applied in the machine-building industry. The conclusions and developed recommendations can contribute to improving production processes and increasing efficiency in machine building.

Keywords: part, blank, technological process, operation, tool, equipment, cutting modes, cutting speed, cutting force, fixture, clamping force.

Student: Dobrovolsky V.O.

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

_____ В.Г. Панчук

«____» _____2024 року

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

Добровольський Віктор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі "Диск ИА 11165-50В" для умов серійного типу виробництва.

керівник роботи Костюк Назар Олегович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "30" травня 2024 року № 330/7

2. Строк подання студентом роботи 15.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Робоче креслення деталі "Диск ИА 11165-50В"
2. Тип виробництва – серійний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Конструкторсько-технологічний аналіз
2. Проектування технології виготовлення деталі
3. Проектування технологічної оснастки
4. Науково-дослідна

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1.Креслення деталі і заготовки
2. Карти технологічних налагоджень
3. Складальне креслення пристрою або вузла
4. Креслення контрольного пристроя
5. Науково-дослідна

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Костюк Н. О. доцент кафедри		
	комп'ютеризованого машинобудування		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз		
2	Проектування технології виготовлення		
	деталі		
3	Проектування технологічної оснастки		
4	Науково – дослідна		
5	Пояснювальна записка		
6	Графічна частина		

Студент _____ Добровольський В. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _Костюк Н.О.
(підпис) (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 Проектування верстатного пристрою
2.1.1 Опис призначення, конструкції і принципу роботи пристрою
2.1.2 Розрахунок потрібної сили затиску заготовки в пристрої
2.1.3 Розрахунок конструктивних параметрів рушія
2.1.4 Розрахунок пристрою на точність
2.2 Пристрій контрольний
2.3 Розрахунок різального інструменту
3 Науково - дослідна
Перелік використаних джерел
Додатки

Вступ

Розвиток сучасного машинобудування безпосередньо пов'язаний із підвищенням ефективності виробничих процесів та оптимізацією технологій виготовлення деталей. Однією з важливих складових цього процесу є створення нових методів та вдосконалення існуючих технологій для виготовлення високоякісних деталей у серійному виробництві. Тема даної бакалаврської роботи присвячена розробці технології виготовлення деталі "Диск" для умов серійного типу виробництва.

Деталь є ключовим елементом у конструкції складних технічних систем, що визначає її високу відповідальність та вимоги до якості виготовлення. Серійне виробництво таких деталей вимагає ретельного планування та вибору оптимальних технологічних процесів, що забезпечують стабільність якості продукції при мінімальних виробничих витратах.

Основною метою цієї роботи є розробка раціональної технології виготовлення деталі у серійних умовах, що включає вибір матеріалу, розробку технологічного процесу, обґрунтування режимів обробки та вибір обладнання. Зокрема, робота охоплює аналіз сучасних методів механічної обробки, таких як точіння, фрезерування, свердління, шліфування, а також використання комп'ютеризованих систем управління виробництвом (CAD/CAM/CAE-системи).

У процесі розробки технології виготовлення деталі "Диск" особлива увага приділялася питанням забезпечення якості поверхні, точності геометричних розмірів та мінімізації залишкових напружень. Для цього були використані передові методи обробки та контролю, такі як автоматизовані системи контролю якості та безконтактні методи вимірювання.

Впровадження запропонованої технології виготовлення деталі у серійне виробництво дозволить значно підвищити ефективність виробничого процесу, знизити витрати на виготовлення, підвищити якість продукції та скоротити час виготовлення. Таким чином, результати даної роботи можуть бути корисними для підприємств машинобудівної галузі, що займаються серійним виробництвом високоякісних деталей.

Розробка даної технології також має важливе значення у контексті підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на світовому ринку, оскільки забезпечення високої якості продукції при низьких витратах є одним з ключових факторів успіху у сучасних умовах глобальної конкуренції.

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 «Диск ИА11165-50В» є важливим елементом газопровідної запірної арматури, зокрема вентилів. Виготовляється вона із сталі марки 20, що забезпечує необхідні експлуатаційні характеристики та повністю відповідає призначенню деталі. Сталь 20 має високу зносостійкість і забезпечує тривалий термін служби деталі навіть у жорстких умовах експлуатації.

Конструкція диска включає робочу поверхню з направкою, що значно збільшує його термін служби шляхом зменшення зносу під час роботи. Це дозволяє забезпечити стабільну і надійну роботу вентилів у газопроводах. Центр деталі містить глухий отвір, який не може бути замінений на наскрізний через конструктивні особливості диска. Цей отвір виконує важливу функцію центрування деталі у вузлі, що забезпечує її правильне позиціонування та стабільність роботи всього механізму.

На периферії диска виконано наскрізний Т-подібний паз, який служить для кріплення деталі у вузлі. Цей паз дозволяє надійно фіксувати диск і забезпечує його стабільну роботу в умовах високих навантажень. Важливо зазначити, що диск повинен мати певну твердість, яка забезпечується властивостями матеріалу без необхідності додаткових термічних або хімічно-термічних обробок (ТО і ХТО).

У разі відсутності сталі 20 можлива заміна її аналогами, такими як сталь 20Г або 20ХН. Ці матеріали мають схожі властивості та широко використовуються у машинобудуванні для виготовлення дисків, кришок, шпильок, осей та інших відповідальних деталей. Використання альтернативних сталей дозволяє зберегти високі експлуатаційні характеристики деталі та забезпечити її надійну роботу.

Хімічний склад сталі 20 наведено у таблиці 1, де вказані основні елементи, що входять до складу матеріалу. До складу сталі 20 входять залізо (Fe), вуглець (C), марганець (Mn), кремній (Si), сірка (S) та фосфор (P). Ці елементи забезпечують необхідні механічні властивості, такі як міцність, пластичність та твердість, які наведені у таблиці 2. Механічні властивості включають межу міцності, межу текучості, відносне подовження та твердість по Брінеллю (НВ).

Важливою особливістю стали 20 є її здатність до обробки різанням, що дозволяє виготовляти деталі високої точності. Це є ключовим фактором у виготовленні дисків, де необхідна висока точність розмірів та поверхневої якості. Крім того, сталь 20 добре піддається зварюванню, що дозволяє використовувати її для виготовлення зварних конструкцій.

Деталь «Диск» має важливе значення для забезпечення надійної роботи газопровідних систем. Завдяки використанню сталі 20 та її аналогів, можливо забезпечити високу якість і тривалу службу диска без додаткових обробок. Це робить дану деталь економічно вигідною та технічно ефективною для серійного виробництва.

Хімічний склад сталі 20 Таблиця1

C %	Si %	Mn %	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			Не більше, %					
0.18-0.22	0.17-0.37	0.50-0.80	0,055	0.04	0.035	0.25	0.25	0.08

ст. 65 [11]

Механічні властивості сталі 20 Таблиця 2

Марка матеріалу	Твердість по Брінелю НВ, не більше	Границя міцності при розтягу, σв МПа	Межа текучості, σт МПа	Відносне видовження, δ, %
Сталь 20	182	520	205	22

ст. 66 [11]

Таким чином, конструкція та матеріал «Диск ИА11165-50В» забезпечують його надійність, довговічність та відповідність вимогам сучасних газопровідних систем. Важливість цієї деталі підкреслює необхідність ретельного підбору матеріалів і методів обробки для досягнення найкращих результатів у виробництві та експлуатації.

БР.ПМ – 54.00.000

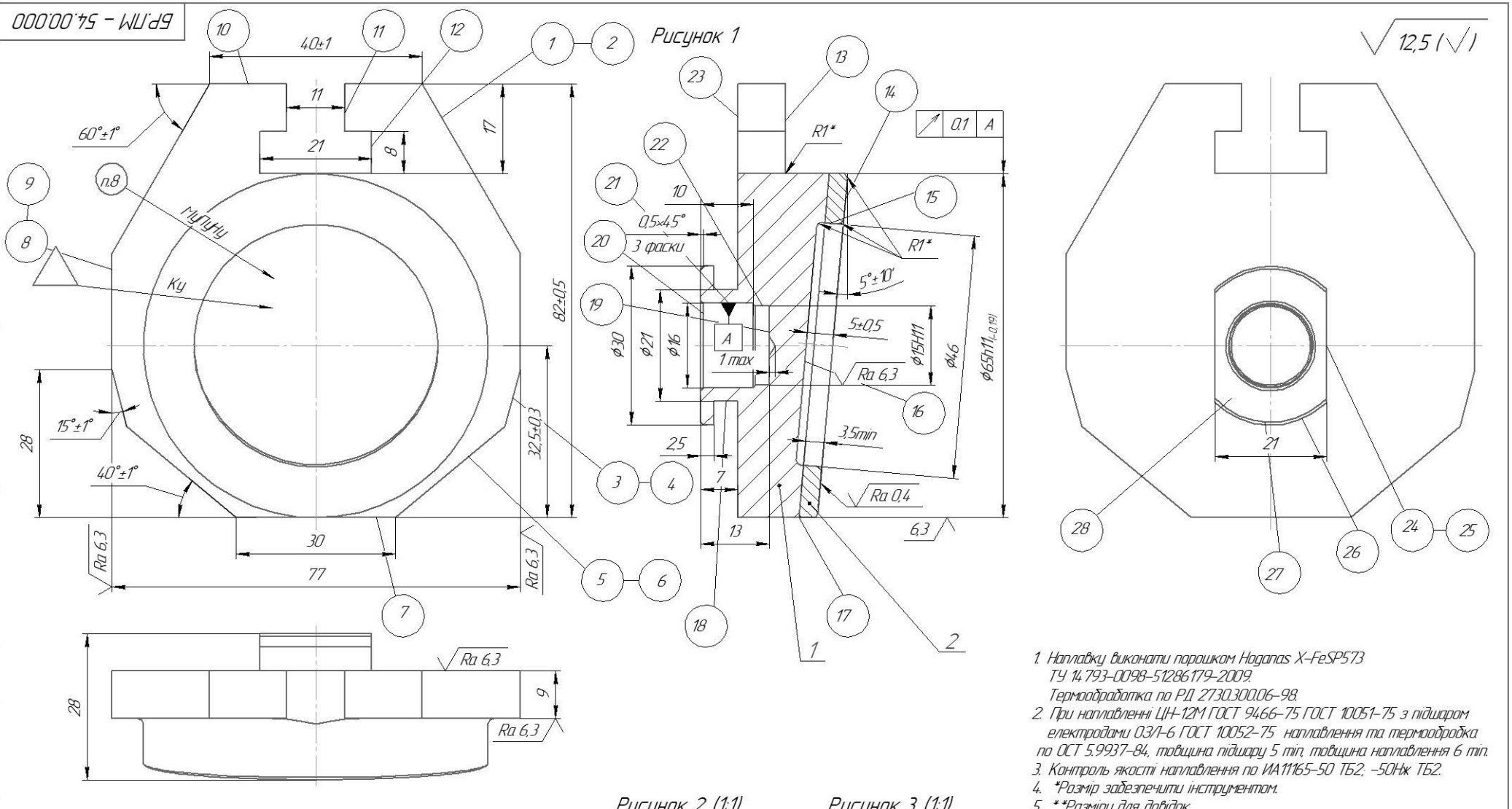


Рисунок 2 (1:1)
інше див. Рис. 1

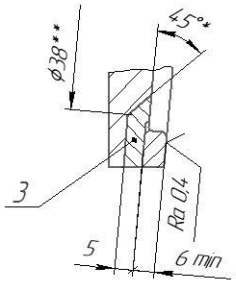
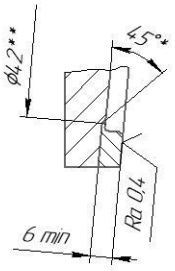


Рисунок 3 (1:1)
інше див. Рис. 1



Позначення	Рис.	Для деталі поз. 1			Застосування
		Матеріал	Контроль якості матеріалу	Вимоги до заготовок	
ИА11165-50В	1 або 2	Сталь 20 ГОСТ 1050-88	ИА11165-50 ТБ1	по Гр. IV СТ ЦКБА 010-2004	ИА11165-50
-01	1 або 3	Сталь 08Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	ИА11165-50Нж ТБ1	по Гр. IV и Гр. VII СТ ЦКБА 010-2004	ИА11165-50-01

1. Наплавку виконати порошком Hoganas X-FeSP573 ТУ 14.793-00198-51286179-2009. Термообработка по РД 273.0300.06-98.
2. При наплавленні ЦН-12М ГОСТ 9466-75 ГОСТ 10051-75 з підшаром електродами ОЗЛ-6 ГОСТ 10052-75 наплавлення та термообробка по ОСТ 5.9937-84, товщина підшару 5 min, товщина наплавлення 6 min.
3. Контроль якості наплавлення по ИА11165-50 ТБ2; -50Нж ТБ2.
4. *Розмір забезпечити інструментом.
5. **Розміри для довідок.
6. $H14,\ h14,\ \pm\frac{IT14}{2}$.
7. Невказані шорсткості поверхонь деталі поз. 1 Ra ≤ 12,5 мкм.
8. Маркувати шрифтом 3-Пр3 ГОСТ 26.008-85.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ – 54.00.000			
Разраб.		Добровольський			Диск	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Костюк Н. О.				0,1	0,52	2:1
Т.контр.		Костюк Н. О.				Лист	Листов 1	
Реценз.					Сталь 20 ГОСТ 1050-88	ІФНТУНГ		
Н.контр.		Костюк Н. О.						
Утв.		Панчук В. Г.						

Копировал Формат А2

Перв. примен. ИА11165-50В
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

1.1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

Забезпечення високої точності, необхідної шорсткості поверхонь і точного взаємного розташування елементів є критично важливими факторами при виготовленні деталі "Диск ИА 11165-50В" в умовах серійного виробництва.

Таблиця 1.1.3- Технічна характеристика поверхонь деталі – Диск ИА11165-50В

№ пов.	Поверхня, конфігурація, призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет Точності	Точність форми	Шорсткість, Ra
1	2	3	4	5	6
1 - 2	Площинна кутова поверхня	60^0	14	—	12,5
3 - 4	Площинна кутова поверхня	15^0	14	—	12,5
5 - 6	Площинна кутова поверхня	40^0	14	—	12,5
7	Зовнішня площинна поверхня	30	14	—	12,5
8 - 9	Зовнішня площинна поверхня	9	14	—	6,3
10	Зовнішня площинна поверхня	9	14	—	12,5
11	Поверхня паза	11	14	—	12,5
12	Поверхня паза	21	14	—	12,5
13	Торцева поверхня	9	14	—	12,5
14	Торцева поверхня	5^0	14	—	0,4
15	Внутрішня циліндрична поверхня	Ø46	14	—	12,5
16	Внутрішня торцева поверхня	3,5	14	—	12,5
17	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø65	11	⌰ 0.1 A	12,5
18	Канавка	Ø21	14	—	12,5
19	Внутрішня торцева поверхня	3	14	—	12,5
20	Внутрішня фаска	$0,5x45^0$	14	—	12,5
21	Внутрішня циліндрична поверхня	Ø16	14	—	12,5
22	Внутрішня циліндрична поверхня	Ø15	11	—	6,3
23	Торцева поверхня	9	14	—	12,5
24 - 25	Лиски	21	14	—	12,5
26	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø30	14	—	12,5
27	Зовнішня фаска	$0,5x45^0$	14	—	12,5
28	Зовнішня торцева поверхня	28	14	—	12,5

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Диск» відноситься до категорії деталей, які мають форму тіла обертання. Креслення цієї деталі виконано відповідно до всіх технологічних вимог, що підтверджується низкою факторів. Насамперед, дотримано правило розмірного ланцюга, яке забезпечує точність виготовлення та збирання. У кресленні присутні всі необхідні розрізи, перерізи та вигляди, що забезпечує повне розуміння конструкції деталі.

Усі розміри на кресленні зазначені чітко, включаючи необхідні параметри шорсткості поверхонь. Зокрема, вказано загальну шорсткість з Ra = 12,5 мкм. Також зазначені технологічні параметри, які включають радіуси заокруглення для виходу інструменту, що важливо для забезпечення якісної обробки поверхонь та уникнення дефектів.

Однією з важливих характеристик деталі є осьовий отвір, який виконаний глухим. Заміна його на наскрізний отвір неможлива через особливості конструкції деталі, що вимагає спеціального підходу до виготовлення та забезпечення відповідних механічних властивостей.

На кресленні також вказано загальну шорсткість поверхонь і граничні відхилення, такі як H14, h14, ±IT14/2, що дозволяє забезпечити точність виготовлення деталі та її надійність у експлуатації. Твердість деталі досягається завдяки використанню механічних та фізичних властивостей матеріалу, що забезпечує необхідні характеристики для її функціонування в умовах реальної експлуатації.

Додатково варто зазначити, що креслення виконано з урахуванням всіх сучасних вимог до технологічної документації. Це включає чітке позначення всіх необхідних елементів та параметрів, які дозволяють виготовити деталь без додаткових уточнень. Важливим аспектом є те, що креслення забезпечує можливість виготовлення деталі з високою точністю та мінімальними допусками, що важливо для її подальшого використання у складних механічних системах.

Таким чином, креслення деталі «Диск» відповідає всім необхідним вимогам і забезпечує повне розуміння конструкції та технології виготовлення цієї деталі. Усі зазначені параметри та характеристики дозволяють досягти високої якості та надійності готового виробу, що є критично важливим для його використання у відповідальних вузлах та агрегатах.

Для визначення технологічності деталі ми використовуємо три основні показники: коефіцієнт уніфікації, точність виготовлення та шорсткість поверхонь. Ці показники дозволяють всебічно оцінити, наскільки деталь відповідає вимогам сучасного виробництва і наскільки її виготовлення є економічно вигідним та технологічно доцільним.

Коефіцієнт уніфікації відображає ступінь стандартизації деталей, що дозволяє зменшити витрати на виробництво за рахунок використання стандартних компонентів та збільшити взаємозамінність деталей. Високий коефіцієнт уніфікації є важливим показником технологічності, оскільки він сприяє зниженню витрат на виготовлення і обслуговування.

Другий важливий показник – це точність виготовлення. Вона характеризується відповідністю фактичних розмірів деталей до заданих розмірів і допусків, що є критично важливим для забезпечення надійної та безперебійної роботи механізмів. Висока точність виготовлення забезпечує тривалу експлуатацію деталей без необхідності частих ремонтів або заміни.

Третій показник – шорсткість поверхонь, яка визначає якість обробки поверхонь деталей. Низька шорсткість свідчить про високий рівень технологічної культури виробництва, що забезпечує зменшення тертя між деталями та знижує зношування під час їх експлуатації.

Для наочності та зручності аналізу, усі дані щодо коефіцієнта уніфікації, точності та шорсткості зведені у таблицю 3. Ця таблиця дозволяє легко порівняти різні параметри і зробити обґрунтовані висновки щодо загальної технологічності деталі. У таблиці представлені всі необхідні розрахунки, які базуються на конкретних вимірюваннях та нормативних значеннях, що забезпечує точність і об'єктивність оцінки.

Таблиця 3 є важливим інструментом для комплексного аналізу технологічності деталі. Вона допомагає виявити сильні та слабкі сторони конструкції і технологічного процесу виготовлення, а також зробити необхідні коригування для досягнення оптимальних результатів. Завдяки цьому, ми можемо забезпечити високий рівень якості та ефективності виробництва.

Розрахунок технологічності деталі «Диск» Таблиця 3

№ поверхні	Точність, квалітет	Шорсткість, клас	Уніфіковані поверхні
1 - 2	14	12,5(3)	2
3 - 4	14	12,5(3)	2
5 - 6	14	12,5(3)	2
7	14	12,5(3)	-
8 - 9	14	6,3 (4)	2
10	14	12,5(3)	-
11	14	12,5(3)	-
12	14	12,5(3)	-
13	14	12,5(3)	-
14	14	0,4 (8)	-
15	14	12,5(3)	-
16	14	12,5(3)	-
17	11	12,5(3)	-
18	14	12,5(3)	-
19	14	12,5(3)	-
20	14	12,5(3)	-
21	14	12,5(3)	-
22	11	6,3 (4)	-
23	14	12,5(3)	-
24 - 25	14	12,5(3)	2
26	14	12,5(3)	-
27	14	12,5(3)	-
28	14	12,5(3)	-

1. Визначаємо коефіцієнт уніфікації:

$K_y = \frac{Q_{y\sum}}{Q_\sum}$; де $Q_{y\sum}$ - Сума уніфікованих поверхонь, $Q_\sum$ - загальна кількість поверхонь.

$K_y = \frac{10}{28} = 0.38 \succ 0.6$, де $0,6$ – мінімальний показник уніфікації.

Значить деталь по даному показнику не технологічна.

Визначаємо коефіцієнт точності:

$Km = 1 - \frac{1}{A_{ср}}$; де $A_{ср} = \frac{\sum Ani}{\sum n}$; де $\sum Ani$ - сума добутку кількості поверхонь одного квалітету на даний квалітет, $\sum n$ - загальна кількість поверхонь.

$A_{ср} = \frac{26 \cdot 14 + 2 \cdot 11}{28} = 13,78$,

$Km = 1 - \frac{1}{13,78} = 0.93 \succ 0.8$ де

$0,8$ – мінімальний показник точності.

Значить деталь по даному показнику технологічна.

2. Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$Kш = \frac{1}{Б_{ср}}$; де $Б_{ср} = \frac{\sum Бni}{\sum n}$; де $\sum Бni$ - сума добутку кількості поверхонь одного класу шорсткості на даний клас, $\sum n$ - загальна кількість поверхонь.

$Б_{ср} = \frac{1 \cdot 8 + 3 \cdot 4 + 24 \cdot 3}{28} = 3,28$, де $Kш = \frac{1}{3,28} = 0,30 \succ 0,16$;

$0,16$ – мінімальний показник шорсткості.

Значить деталь по даному показнику технологічна.

Ця деталь є технологічною за двома ключовими показниками: точністю виготовлення та шорсткістю поверхні. Це свідчить про те, що її виготовлення не є складним процесом і може бути здійснене з високою ефективністю.

Показник точності вказує на те, що всі розміри і геометричні параметри деталі відповідають заданим допускам і стандартам. Висока точність виготовлення забезпечує правильну посадку і взаємодію з іншими компонентами, що є критично важливим для надійної та безперебійної роботи механізму, до якого входить ця деталь. Завдяки високій точності можна уникнути проблем, пов'язаних з неточностями в розмірах, що знижує ризик виходу з ладу або передчасного зношування.

Шорсткість поверхні, як інший важливий показник, характеризує якість обробки деталей. Низька шорсткість означає, що поверхні деталі оброблені дуже ретельно, що зменшує тертя і зношування при експлуатації. Це також полегшує збирання і покращує загальну продуктивність системи, в яку інтегрована ця деталь.

Таким чином, завдяки відповідності цим двом показникам – точності і шорсткості – можна зробити висновок, що деталь є технологічною і не потребує складних технологічних процесів для її виготовлення. Це означає, що виробництво такої деталі є економічно вигідним і не вимагає значних витрат ресурсів, часу та спеціальних знань. Технологічність деталі за цими параметрами сприяє підвищенню ефективності виробничого процесу, зменшенню кількості браку і забезпеченню високої якості готових виробів.

1.3 Визначення програми випуску деталей і величини виробничої партії.

Серійний тип виробництва характеризується виготовленням великої кількості різноманітних виробів у великих партіях. Це означає, що підприємства, які працюють за серійним типом, виготовляють продукцію великими об'ємами, забезпечуючи стабільний і високий рівень випуску. Середньо-серійне виробництво, зокрема, відзначається використанням як універсального, так і спеціального обладнання, а іноді навіть спеціалізованого.

Основні характеристики серійного виробництва включають:

- Оснастка: у більшості випадків використовується універсальна оснастка, проте іноді застосовують спеціальну. Особливо часто використовуються універсально-збірні технологічні пристосування (УЗД). В нашому випадку для всіх операцій, крім токарних, використовується спеціальна оснастка.
- Ріжучий та вимірювальний інструмент: зазвичай використовується стандартизований інструмент, але частково застосовується і спеціалізований. Для нашої деталі ріжучий інструмент спеціалізований для обробки канавок, а вимірювальний інструмент спеціальний для контролю проміжних розмірів деталі, включаючи спеціальні шаблони для перевірки фасок та канавок.
- Кваліфікація робітників: не потребується висока кваліфікація, оскільки робітники закріплені за виконанням однієї операції протягом тривалого часу. Для обробки даної деталі, зазвичай, достатньо третього розряду кваліфікації робітника.

Для визначення партії деталей враховують масу деталі та тип виробництва. У нашому випадку, програма випуску для середньо-серійного типу виробництва і масою деталі 0,52 кг становить N = 10000 штук на рік (згідно зі ст. 24 табл. 3 [1]).

Партія деталей визначається за формулою:

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

де n – операційна партія, t – необхідний запас заготовок, для середньо-серійного типу виробництва t = 5.

$Ф_у$ – число робочих днів у році, приймаємо $Ф_у$ = 251 дні.

Підставимо наші значення у формулу:

$$n = \frac{10000 \cdot 5}{251} = 199 \text{ шт.}$$

Отже, ми приймаємо партію рівною 200 штук. Це забезпечить оптимальне використання виробничих потужностей та ресурсів, а також відповідатиме вимогам до якості та ефективності виготовлення даної деталі.

1.4 Вибір способу отримання заготовки

Вибір методу отримання заготовок для виготовлення деталей є важливим етапом у проектуванні технологічного процесу. Це рішення впливає на якість кінцевого продукту, витрати на виробництво та продуктивність процесу. Для деталі типу "диск" оптимальними методами отримання заготовок є прокат та штамповка в закритих плоских штампах.

Прокат є одним з найбільш розповсюджених і ефективних методів отримання заготовок. Цей процес полягає у проходженні металевої заготовки між обертовими валками, що дозволяє надати матеріалу необхідну форму і розміри. Прокат забезпечує високу якість заготовок завдяки однорідній структурі матеріалу та високій точності розмірів. Це важливо для деталей типу "диск", оскільки прокатні заготовки мають рівномірну щільність і механічні властивості, що зменшує ризик дефектів під час подальшої обробки.

Штамповка в закритих плоских штампах є ще одним важливим методом отримання заготовок, особливо для деталей складної форми та високих вимог до точності. Цей метод полягає у формуванні заготовки шляхом стиснення металу в спеціально виготовлених штампах. Використання закритих штампів забезпечує високу точність розмірів та якість поверхні заготовок. Оскільки деталь "диск" не є великою за розмірами, для її виготовлення використовується кувально-штампувальний прес (КГШП), який забезпечує високу продуктивність і точність процесу.

Для підвищення точності розмірів і зменшення шорсткості поверхні штампувальних заготовок застосовуються додаткові методи обробки, такі як холодне калібрування та плоске чи об'ємне прогладжування (чеканка).

- Холодне калібрування**:** Цей метод передбачає обробку заготовки під низькими температурами для досягнення необхідних розмірів та форми. Холодне калібрування дозволяє підвищити точність розмірів і покращити механічні властивості матеріалу.

- Плоске та об'ємне прогладжування (чеканка)**:** Це процес механічної обробки, який дозволяє зменшити шорсткість поверхні заготовок. Чеканка забезпечує високу якість поверхні, що є важливим для подальшої обробки деталей типу "диск".

Розрахунок і вибір заготовок . Для остаточного вибору заготовки необхідно провести детальні розрахунки, які включають аналіз витрат матеріалу, часу та енергії, а також враховують вимоги до точності і якості кінцевого продукту. Ці розрахунки дозволяють визначити оптимальний метод отримання заготовок, який забезпечить найкращий баланс між якістю та економічною ефективністю.

Отримані результати розрахунків заносяться в таблицю 4, де детально описуються всі параметри заготовок, включаючи розміри, точність, шорсткість поверхні, а також технологічні параметри процесу виготовлення. Таблиця 4 служить основним інструментом для оцінки та вибору найбільш підходящого методу отримання заготовок, що забезпечує високу якість і продуктивність виробничого процесу.

Вибір заготовки для деталі «диск» таблиця 4

Штамповка	Прокат
1	2

Штамповка

Вибираємо КГШП. Форма штампа плоска.

1. Вибираємо точність штамповки – Т3, с.28 [2].
2. Визначаємо теоретичну масу штамповки, $C_p = C_д \cdot K_p$, де $C_д$ - маса деталі, K_P - коефіцієнт – 1.5, тоді $C_p = 0{,}52 \cdot 1{,}5 = 0{,}78кг$
3. Визначаємо групу сталі – М1, для сталі з вмістом вуглецю до 0,35 с.8 [2].

4 Визначаємо степінь складності штамповки для цього знаходимо об'єм квадрату і його масу за формулою $M_к = a \cdot b \cdot l \cdot \rho$, де a, b і l – габаритні розміри деталі з коефіцієнтом 1,05, ρ - густина матеріалу -7,8 т/м^3 тому формула має вигляд:

$M_ц = (28 \cdot 1{,}05 \cdot 77 \cdot 1{,}05 \cdot 82 \cdot 1{,}05) \cdot 7{,}8 \cdot 10^{-6} = 1{,}59кг$. Визначаємо степінь складності за формулою $C = \frac{C_д}{M_ц} = \frac{0{,}52}{1{,}59} = 0{,}32$.

Прокат

1. Вибираємо заготовку звичайної точності вирізаної з листового прокату товщиною 32 мм

2. Складаємо таблицю припусків та допусків на виготовлення прокату.

Таблиця 4.2

№ пов	Розмір	Припуск	допуск		прийнятий розмір
			+	-	
10 - 7	82	5х2	2	2	92 ± 2
8 - 9	77	5х2	2	2	87 ± 2
14-28	28	1,5+1,5	0,5	1,4	$32^{+0,5}_{-1,4}$

3. Визначаємо технічні вимоги згідно ГОСТ 2590-71

3.1 Відхилення від площинності до 0,3 мм

3.2 Допустима кривизна до 0,25мм

3.3 Допустима кривизна різу 2мм

Продовження табл. 4

1	2
Степінь складності – С3 с.30 [2]. 5. Знаходимо вихідний індекс – 10 с.10 [2]. 6. Конфігурація штампа плоска . 7. Припуски на розміри штамповки с.13 т.3[2]. на габаритні та діаметральні розміри: $28+1{,}5\cdot 2=31мм$ $82+1{,}7\cdot 2=85{,}4мм$ $77+1{,}7\cdot 2=80{,}4мм$ $65+1{,}7\cdot 2=68{,}4мм$ $30+1{,}5\cdot 2=33мм$ на довжини штамповки: $7+1{,}5\cdot 2-1{,}5=7мм$ $9+1{,}5+1{,}5=12мм$ 8. Мінімальні радіуси заокруглення с.15 т.7 [2]. R=2,0мм. 9. Визначаємо допуски с.17-19 т.8 [2]. на розміри: $Ø\ 33^{+1,1}_{-0,5}$ $Ø 68{,}4^{+1,3}_{-0,7}$, $31^{+1,1}_{-0,5}$, $85{,}4^{+1,3}_{-0,7}$ $80{,}4^{+1,3}_{-0,7}$, $7^{+1,1}_{-0,5}$, $12^{+1,1}_{-0,5}$.	4. Визначаємо масу прокату за формулою: $M_п = a\cdot b\cdot l\cdot \rho,$ де a і b – розміри заготовки, l - довжина заготовки, ρ - густина матеріалу. Маса прокату становить: $M_п = 92\cdot 87\cdot 32\cdot 7{,}8\cdot 10^{-6} = 2{,}00кг.$ 5. Заходимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою $K=\frac{M_д}{M_п}=\frac{0{,}52}{2{,}00}=0{,}26$. 6. Визначаємо собівартість прокату за формулою: $S_з=\left(\frac{C}{1000}\cdot M_п\right)-(M_п-M_д)\cdot \frac{S_в}{1000}$, де С – вартість 1т прокату (14200 грн.), $S_в$ - вартість 1т стружки (2600грн). $S_з=\left(\frac{14200}{1000}\cdot 2{,}00\right)-(2{,}00-0{,}52)\cdot\frac{2600}{1000}=24{,}55грн.$ Виконуємо креслення заготовки

Продовження табл. .4

1

11. Визначаємо масу штамповки. Згідно програми теоретична маса штамповки становить 0,68 кг

12. Заходимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою: $K = \frac{M_д}{M_з} = \frac{0{,}52}{0{,}68} = 0{,}77$.

13. Розрахунки заносимо в таблицю Таблиця 4,1

№	Розмір	Припуск	допуск		прийнятий розмір
			+	-	
26	Ø28	1,5х2	1,1	0,5	$Ø33^{+1,1}_{-0,5}$
11	Ø65	1,5х2	1,3	0,7	$Ø68{,}4^{+1,3}_{-0,7}$
14-28	28	1,5+1,5	1,1	0,5	$31^{+1,1}_{-0,5}$
10 - 7	82	1,7+1,7	1,3	0,7	$85{,}4^{+1,3}_{-0,7}$
8 - 9	77	1,7+1,7	1,3	0,7	$80{,}4^{+1,3}_{-0,7}$
28 - 23	7	1,5-1,5	1,1	0,5	$7^{+1,1}_{-0,5}$
13 - 23	9	1,5+1,5	1,1	0,5	$12^{+1,1}_{-0,5}$

14. Визначаємо собівартість заготовки і виконуємо креслення: $S_з = \left(\frac{C}{1000} \cdot M_з\right) - (M_з - M_д) \cdot \frac{S_в}{1000}$, де С – вартість 1т заготовки (18200 грн), $S_в$ - вартість 1т стружки (2600грн).

$$S_з = \left(\frac{18200}{1000} \cdot 0{,}52\right) - (0{,}68 - 0{,}52) \cdot \frac{2600}{1000} = 9{,}05 грн.$$

2

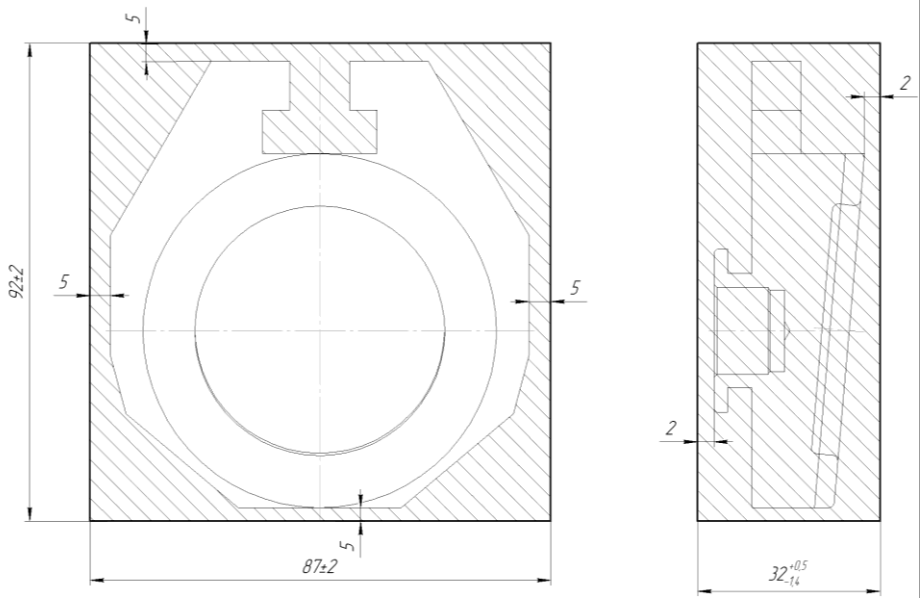


Рисунок 2 - прокат

1	2

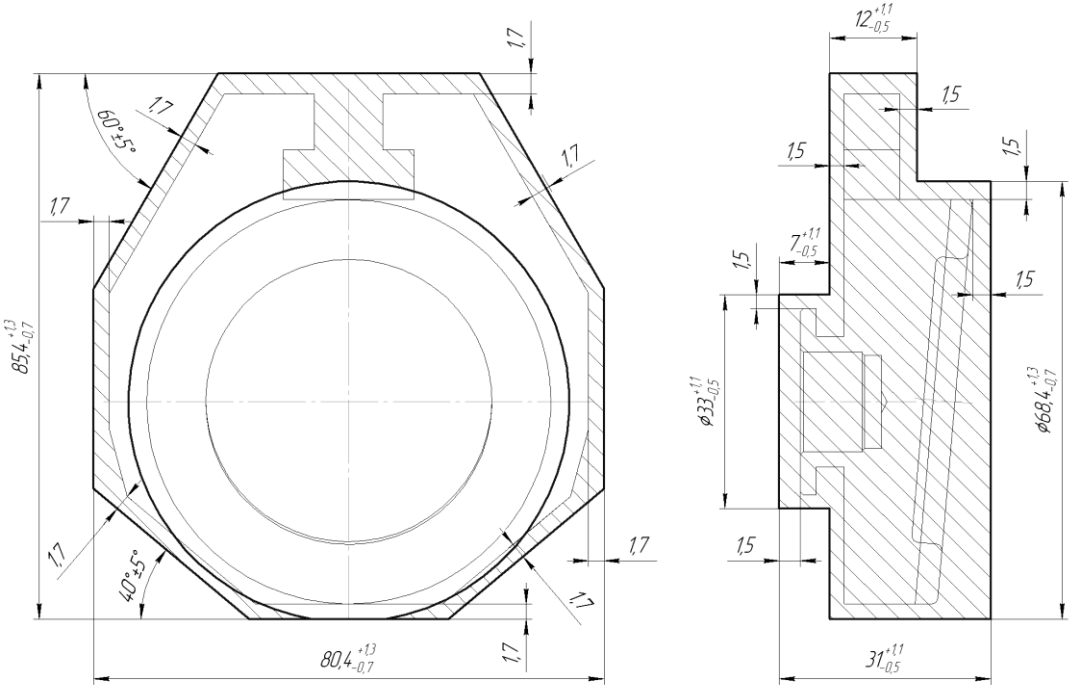


Рисунок 1 - Штамповка

13. Технічні умови на виготовлення заготовки штамповки

13.1 Радіуси закруглень R=2

13.2 Гранична величина зміщення по верхній роз’єму до 0.2

13.3 Допустима величина заусенця по контуру пуансона 1,0

13.4 Граничні , відхилення від прямолінійності 0,5

13.5 Допуск радіусів закруглень 0.5

13.6 Штампувальні нахили 5^0

Порівняльну характеристику заготовок заносимо таблицю 5

Порівняльна характеристика заготовок таблиця 5

Показники	Штамповка	Прокат
1	2	3
Маса заготовки (кг)	0,68	2,00
Коефіцієнт використання металу	0,77	0,26
Собівартість 1-ї заготовки (грн.)	9,05	24,55

Вибір методу отримання заготовок є критично важливим етапом у виробничому процесі. Для деталі типу "диск" оптимальними є прокат та штамповка в закритих плоских штампах, які забезпечують високу точність і якість заготовок. Додаткові методи обробки, такі як холодне калібрування та чеканка, дозволяють підвищити точність розмірів і зменшити шорсткість поверхні. Розрахунки та аналіз, проведені для вибору заготовок, заносяться в таблицю 4, що дозволяє прийняти обґрунтоване рішення та забезпечити ефективність виробничого процесу.

Крім того, варто зазначити, що коефіцієнт використання металу при штампуванні на 51% вищий, ніж при прокатці. Це означає, що при штампуванні значно зменшуються втрати матеріалу, що робить цей метод більш економічно вигідним. Додатково, вартість штампування нижча, ніж прокату, що також впливає на загальну економічну ефективність виробничого процесу. Враховуючи всі ці фактори, ми обираємо заготовку, виготовлену методом штампування. Це рішення дозволяє знизити витрати, підвищити продуктивність і забезпечити високу якість кінцевого продукту.

1.5. Розробка маршруту обробки деталі

Процес розробки маршруту обробки деталі "Диск" для умов серійного типу виробництва є багатокроковим і вимагає врахування ряду факторів, які впливають на кінцеву якість продукції, ефективність виробництва та економічні показники.

Вибір матеріалу

Першим етапом є вибір матеріалу для виготовлення деталі "Диск". Матеріал обирається з урахуванням вимог до міцності, зносостійкості та інших експлуатаційних характеристик деталі. Наприклад, для виробництва дисків може використовуватися легована сталь або алюмінієві сплави.

Визначення технологічних операцій

Маршрут обробки включає ряд технологічних операцій, які виконуються послідовно. Для серійного виробництва важливо оптимізувати цей маршрут, щоб забезпечити максимальну продуктивність при збереженні необхідної якості продукції.

1. Різання матеріалу: на цьому етапі заготівка відділяється від основного матеріалу (прокатного листа або прутка). Використовуються такі методи, як лазерне різання, плазмове різання або механічна обробка.
2. Токарна обробка: ця операція включає формування основних геометричних параметрів деталі. Вона включає обробку зовнішніх і внутрішніх поверхонь диска, нарізання різьби та інших елементів.
3. Фрезерування: на цьому етапі проводиться обробка плоских і криволінійних поверхонь, створення отворів та пазів.
4. Термічна обробка: для підвищення міцності і зносостійкості деталі проводиться загартування та відпускання. Це дозволяє досягти необхідних механічних властивостей.
5. Шліфування: остаточна обробка поверхонь для досягнення високої точності розмірів та якості поверхні.

Вибір обладнання

Для кожної технологічної операції вибирається відповідне обладнання, яке забезпечує високу продуктивність і точність. Це можуть бути токарні верстати з ЧПУ, фрезерні центри, шліфувальні верстати і термічні печі.

Контроль якості

На кожному етапі обробки проводиться контроль якості для забезпечення відповідності готової деталі вимогам технічної документації. Використовуються методи неруйнівного контролю, такі як ультразвуковий, магнітопорошковий і інші.

Автоматизація та оптимізація

Для умов серійного виробництва важливим є впровадження автоматизованих систем управління виробництвом (АСУП) і використання передових технологій, таких як робототехніка і автоматизовані системи контролю якості, що дозволяють підвищити продуктивність і знизити витрати.

Розробка маршруту обробки деталі "Диск" для серійного виробництва є складним процесом, який включає вибір матеріалу, визначення технологічних операцій, вибір обладнання, контроль якості та впровадження автоматизації. Це забезпечує високу продуктивність, економічність та якість готової продукції.

Таблиця 1.5.1 – Проектний маршрут механічної обробки деталі

№ опе-рації	Назва та зміст операції	Модель верстату	Пристрій
1	2	3	4
005	Заготівельна	-	-
010	Токарна з ЧПК (обробка правого торця під наплавку)	16К20Ф3	Пристрій спеціальний
015	Гальванічна (наплавлення правого торця порошком Hoganas X-FeSP573 ТУ 14793-0098-51286179-2009)	-	-
020	Термічна (Відпуск по РД 2730.300.06-98)		
025	Токарна з ЧПК (обробка правого торця, поверхні, що наплавлені)	16К20Ф3	Пристрій спеціальний
030	Токарна з ЧПК (чистова обробка деталі з ліва)	16К20Ф3	Пристрій спеціальний
035	Токарна з ЧПК (чистова обробка деталі з права)	16К20Ф3	Пристрій спеціальний
040	Фрезерна з ЧПК (обробка деталі по контуру)	6Р11Ф3-1	Пристрій спеціальний
045	Фрезерна з ЧПК (обробка Т-подібного пазу)	6Р11Ф3-1	Пристрій спеціальний
050	Фрезерна з ЧПК (обробка лисок на Ø28)	6Р11Ф3-1	Пристрій спеціальний
055	Плоскошліфувальна (обробка правого торця	3Е711	Пристрій спеціальний
060	Контрольна	-	-

Цей маршрут обробки забезпечує оптимальне використання обладнання і ресурсів для виготовлення деталі "Диск" у серійному виробництві. Початкові етапи включають заготівельні роботи та наплавлення матеріалу на правий торець, що створює основу для подальших операцій. Токарні операції з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) забезпечують високу точність обробки правого та лівого торців, а також поверхонь, що наплавлені. Фрезерні операції дозволяють обробити деталь по контуру та виконати необхідні пази і лиски. Завершальна шліфувальна операція забезпечує необхідну якість поверхні. Контрольна операція гарантує відповідність готової деталі технічним вимогам.

Цей підхід дозволяє досягти високої продуктивності, якості та економічності виробництва, що є ключовими факторами для серійного типу виробництва

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

Досягнення необхідної точності та якості оброблюваних деталей, зокрема деталей типу "диск", вимагає виконання ретельно спланованого технологічного процесу механічної обробки. Під час цього процесу з поверхні деталі знімається шар металу, відомий як припуск. Для деталей типу "диск" особливо важливо правильно визначити розміри та кількість припусків, адже це впливає на кінцеву якість продукції, її експлуатаційні характеристики та економічну ефективність виробництва.

Надмірні припуски призводять до низки негативних наслідків. По-перше, це спричиняє перевитрати матеріалу, що збільшує вартість виготовлення деталей. У випадку дисків, які часто виготовляються з дорогих матеріалів, таких як легована сталь або спеціальні сплави, це може значно підвищити собівартість продукції. По-друге, надмірні припуски потребують введення додаткових технологічних переходів, що ускладнює процес обробки, збільшує його трудомісткість, витрати різального інструменту та електроенергії. Це також може вплинути на термін служби обладнання, оскільки воно працює з підвищеними навантаженнями.

Використання надмірних припусків може призвести до того, що буде повністю знято найбільш зносостійкий поверхневий шар заготовки. Для дисків, які часто піддаються високим механічним навантаженням та тертю, це може значно знизити їх експлуатаційні характеристики та термін служби.

Недостатні припуски, у свою чергу, не забезпечують повного видалення дефектних поверхневих шарів, що може призвести до отримання неякісних поверхонь та збільшення кількості бракованих деталей. Для дисків це особливо критично, оскільки будь-які дефекти можуть призвести до втрати балансу, підвищення вібрацій та інших негативних явищ під час експлуатації.

Тому оптимальне визначення припусків на обробку та технологічних допусків на розміри заготовок на всіх етапах виробничого процесу є надзвичайно важливим. Це включає точне визначення припусків для токарних, фрезерних,

шліфувальних та інших видів обробки, що забезпечує досягнення необхідної точності та якості оброблених поверхонь.

Зокрема, для деталей типу "диск" слід враховувати особливості обробки таких поверхонь, як зовнішні та внутрішні торці, контурні поверхні, отвори та пази. Використання сучасних технологій, таких як обробка на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК), дозволяє досягти високої точності та повторюваності обробки, що є критичним для серійного виробництва дисків.

Таким чином, оптимальне визначення припусків та технологічних допусків на всіх етапах обробки деталей типу "диск" має велике техніко-економічне значення. Це дозволяє забезпечити високу якість продукції, знизити витрати на матеріали та обробку, а також підвищити ефективність та надійність виробничого процесу.

Розрахунок припусків на обробку зовнішньої поверхні 8 – Ø65 h11($_{-0.19}$).

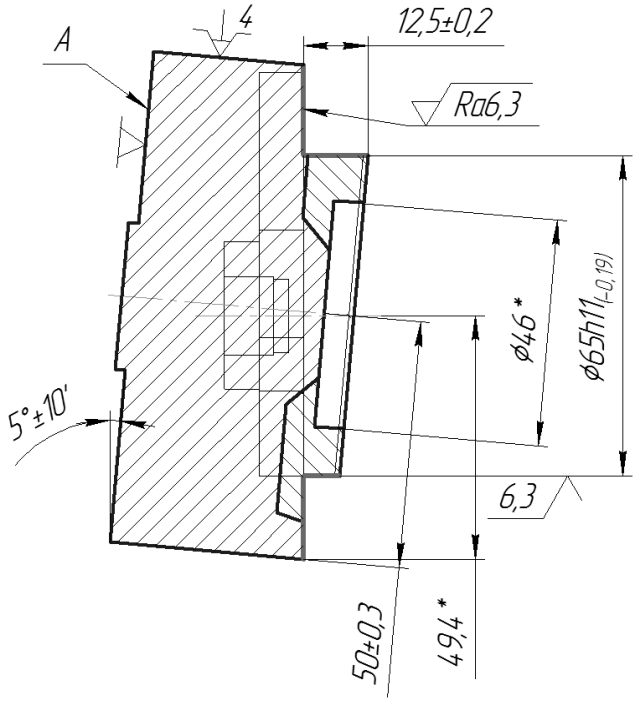
Отримання заготовки – штампування на ГКМ.

Клас точності Т3.

Точність оброблюваної пов. 11 квалітет.

Габарити оброблюваної пов. ∅65х12,5 мм.

Схема установки при обробці:



Технологічний маршрут:

- Чорнове точіння (h14);
- Чистове точіння (h11).

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2 \cdot z_{\min i} = 2 \cdot (R_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1});$$

де R_{i-1} - висота мікро нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} - глибина дефектного шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} - сумарне відхилення розміщення поверхні;

Заготовка $(R + h)$ = 160+250=410 мкм. ([3], ст.63)

Сумарне відхилення:

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{ö}^2 + \rho_{ñì}^{\ 2}};$$

де короблення поверхні $\rho_к = \Delta_к \cdot l = 1 \cdot 15 = 15мкм = 0{,}015мм$ ([3], ст.71)

$\Delta_{ê}$ - удільна кривизна заготовки;

$$\rho_ц = \sqrt{\left(\frac{\delta_з}{2}\right)^2 + 0{,}25^2} = \sqrt{\left(\frac{2{,}0}{2}\right)^2 + 0{,}25^2} = 1{,}03мм;$$

$\delta_ç$ - допуск на поверхні базові;

$\rho_{ñì}$ = 1мм; ([3], ст.89)

$$\rho = \sqrt{0.015^2 + 1{,}03^2 + 1^2} = 1{,}44мм;$$

Остаточне просторове відхилення:

після чорнового точіння ρ_1=0,06х1440=86,4мкм;

після чистового точіння $\rho_2 = 0.04 \cdot 1440 = 57{,}6мкм$;

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо, користуючись основною формулою

$2 \cdot z_{\min i} = 2 \cdot (R_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1})$;

Мінімальний припуск

під чорнове точіння $2 \cdot z_{\min 1} = 2 \cdot (160 + 250 + 1440) = 2 \cdot 1850мкм$;

під чистове точіння $2 \cdot z_{\min 3} = 2 \cdot (20 + 50 + 87{,}6) = 2 \cdot 157{,}6мкм$;

Розрахунковий розмір $d_д$

$$d_{p2} = 64{,}81 + 0.315 = 65{,}125 мм;$$
$$d_{pз} = 65{,}125 + 3{,}70 = 68{,}825 мм;$$

Найбільші граничні розміри :

$$d_{\max 2} = 64{,}81 + 0.19 = 65 мм;$$
$$d_{\max 1} = 65{,}125 + 0.74 = 65{,}865 мм;$$
$$d_{\max з} = 68{,}825 + 2{,}0 = 70{,}825 мм;$$

Граничні значення припусків $z^{їð}_{\max}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів і $z^{їð}_{\min}$ - як різницю найменших граничних розмірів попереднього і теперішнього переходів:

$$2 \cdot z^{np}_{\max 2} = 65{,}865 - 65 = 0{,}865 мм;$$
$$2 \cdot z^{np}_{\max 1} = 70{,}825 - 65{,}865 = 4{,}96 мм;$$
$$2 \cdot z^{np}_{\min 2} = 65{,}125 - 64{,}81 = 0{,}315 мм;$$
$$2 \cdot z^{np}_{\min 1} = 68{,}825 - 65{,}125 = 3{,}70 мм;$$

Загальні припуски $z_{0\min}$ і $z_{0\max}$ розраховуємо, сумуючи проміжні припуски:

$$2 \cdot z_{0\min} = 0{,}315 + 3{,}70 = 4{,}015 мм;$$
$$2 \cdot z_{0\max} = 0{,}865 + 4{,}96 = 5{,}825 мм;$$

На інші поверхні деталі припуски і допуски приймаємо по ГОСТ 7505-74 і записуємо їх значення в таблицю.

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий розмір		Допуск TD, мкм	Граничні розміри, мм		Граничне значення припуску, мкм	
	Rz	h	ρ		2Zmin, мкм	dmin, мм		dmin	dmax	$2Z^{ðð}_{\min}$	$2Z^{ðð}_{\max}$
Заготовка	160	250				68,825	2000	68,825	70,825		
Точіння:											
чорнове	50	50	1440		3700	65,125	870	65,125	65,865	3700	4960
чистове	20	50	88		315	64,810	190	64,810	65,00	315	865

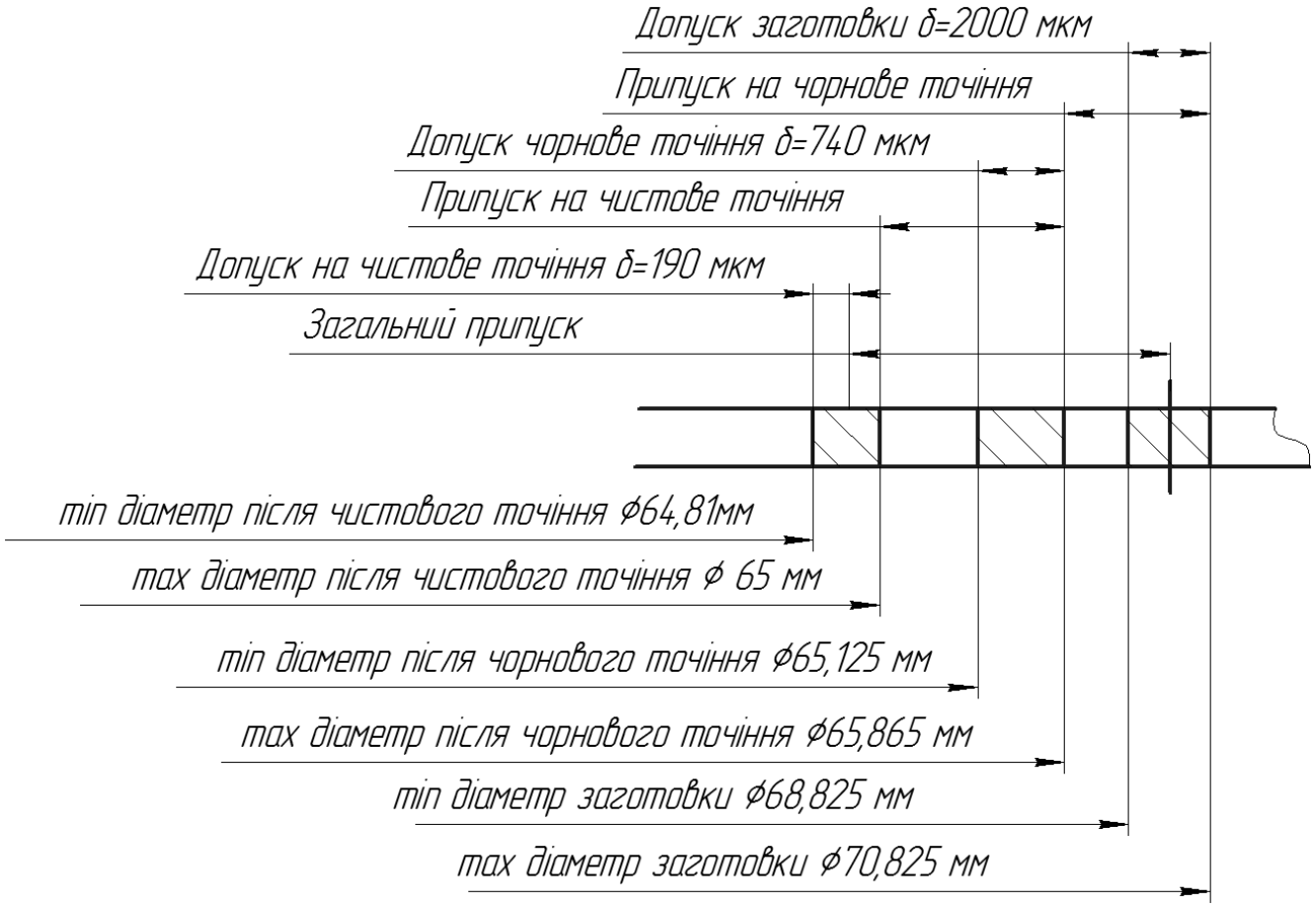


Рисунок 3 - Схема розміщення полів допусків для розміру Ø65 $h11(_{-0.190})$

Оптимізація технологічних переходів і відповідних припусків є критично важливою для досягнення необхідної точності та якості обробки деталей типу "диск". Правильне визначення припусків на кожному етапі механічної обробки дозволяє зменшити витрати матеріалів, знизити трудомісткість процесу, забезпечити високу точність оброблених поверхонь та зменшити собівартість продукції. Ефективне управління припусками та допусками сприяє підвищенню якості готових виробів і оптимізації всього виробничого процесу.

1.6.2. Розрахунок режимів різання та норм часу

Розрахунок режимів різання та норм часу є критично важливим для забезпечення ефективності та якості механічної обробки деталей. Це складний процес, який вимагає врахування численних параметрів та умов, що впливають на кінцевий результат.

Основні параметри режимів різання включають швидкість різання, подачу та глибину різання. Швидкість різання визначає відстань, яку проходить точка на ріжучій кромці інструменту за одиницю часу, і впливає на утворення стружки, знос інструменту та якість обробленої поверхні. Подача визначає відстань, на яку переміщується різальний інструмент відносно заготовки за один оберт шпинделя або за одиницю часу. Вона впливає на товщину стружки та навантаження на інструмент і заготовку. Глибина різання – це товщина шару матеріалу, що знімається за один прохід інструменту, і вона впливає на потужність, необхідну для обробки, та міцність інструменту.

Час різання є важливим параметром, що визначає тривалість виконання технологічної операції. Він залежить від довжини оброблюваної поверхні, подачі та частоти обертання шпинделя. Час різання є основою для розрахунку норм часу, які включають підготовчо-заключний час, основний час, допоміжний час та час на технічне обслуговування та організаційні перерви.

Підготовчо-заключний час включає операції, пов'язані з підготовкою обладнання, інструменту та матеріалів до початку обробки, а також завершальні операції після обробки. Основний час витрачається безпосередньо на виконання обробки заготовки, включаючи перехід між різними технологічними операціями. Допоміжний час включає заміну інструменту, контроль якості, налаштування обладнання та інші операції, що не входять до основного часу, але є необхідними для виконання обробки. Час на технічне обслуговування та організаційні перерви враховує обслуговування обладнання, перерви для відпочинку працівників та технічні огляди.

Сумарний час на виконання операції визначається як сума всіх цих складових і є важливим параметром для планування виробничого процесу. Оптимальний розрахунок режимів різання та норм часу дозволяє забезпечити високу продуктивність праці, ефективне використання матеріалів та обладнання, а також досягнення необхідної якості оброблених поверхонь.

Таким чином, розрахунок режимів різання та норм часу є важливим етапом планування та виконання механічної обробки деталей. Від правильного визначення цих параметрів залежить продуктивність виробництва, економічність процесів та якість кінцевої продукції. Використання систематичного підходу до розрахунку дозволяє оптимізувати виробничі процеси та знизити витрати на виготовлення продукції.

Визначення режимів різання.

Проводимо розрахунок режимів різання на токарну операцію (точіння поверхні Ø65 h11($_{-0.19}$) Операція 035 Токарна з ЧПК

При обробці цієї поверхні на верстаті 16К20Ф3 . Для обробки вибираємо Різець 2103-0007 Т5К10 ГОСТ 18879-73:

Різець правий прохідний упорний з пластиною із твердого сплаву;

Січення державки 25*16;

Загальна довжина різця 140 мм;

Радіус округлення 1 мм;

Довжина робочої частини 15 мм;

Кут врізання 10^0;

Головний кут в плані 90^0;

Допоміжний кут в плані 10^0;

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ м/хв.;}$$

де C_v, m, x, y – показники степенем і коефіцієнти при точінні;

T=50 (T=Тм*К; Тм=50; К=Lріз/Lроб.ходу=1)– період стійкості в хв.;

t – глубина різання мм; S – подача.

$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ev}$ - поправочний коефіцієнт швидкості різання , який враховує вплив механічний властивостей, стану поверхні заготовки, марки матеріалу і ін. на швидкість різання. ([7], ст. 262-275)

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_v} = 0.7 \cdot \left(\frac{750}{520}\right)^{1} = 1{,}27; \quad K_{iv} = 0{,}8; \; K_{ev} = 1{,}4; \quad K_v = 1{,}27 \cdot 0.8 \cdot 1.4 = 1{,}42;$$

Чорнове точіння

Глибина t=2,4 мм; Подача S=0,4 мм/об; C_v=350; m=0,2; x=0,15; y=0,35;

$$V = \frac{350}{50^{0.2} \cdot 2{,}4^{0.15} \cdot 0.4^{0.35}} = 193 \text{м/хв};$$

Чистове точіння

Глибина t=0,501 мм; Подача S=0,25 мм/об;

C_v=450; m=0,2; x=0,15; y=0,2;

$$V = \frac{420}{50^{0.2} \cdot 0.501^{0.15} \cdot 0.25^{0.2}} = 281 \text{м/хв};$$

Частота обертання шпинделя $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$ об/хв.;

Чорнове точіння $n = \frac{1000 \cdot 193}{3.14 \cdot 70{,}5} = 871$

Чистове точіння $n = \frac{1000 \cdot 281}{3.14 \cdot 65{,}8} = 1360$

Оскільки частота обертання шпинделя верстата 16К20Ф3 не перевищує 2000 об/хв. , приймаємо:

Чорнове точіння n=800 об/хв. ;

Чистове точіння n=1250 об/хв. ;

Уточнюємо швидкість різання

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \text{ м/хв};$$

Чорнове точіння $V = \frac{800 \cdot 3.14 \cdot 70{,}5}{1000} = 177 \text{м/хв.}$;

Чистове точіння $V = \frac{1250 \cdot 3.14 \cdot 65{,}8}{1000} = 258$ м/хв.;

Визначаємо силу різання при точінні крім чистового, оскільки там зусилля різання незначне.

$$P_z=10\cdot C_{pz}\cdot t^{x}_{pz}\cdot S^{y}_{pz}\cdot V^{n}_{pz}\cdot K_{iz},$$

де C_{pz} =300, x=1.0; y=0.75; n= -0.15 - показники степенем і коефіцієнти при точінні;

$K_{iz}=K_м\cdot K_\varphi\cdot K_r\cdot K_\gamma\cdot K_h=\left(\frac{590}{750}\right)^{0.75}\cdot 0,83\cdot 1\cdot 1\cdot 1=0,83$ - поправочний коефіцієнт сили різання;

Чорнове точіння $P_z=10\cdot 300\cdot 2,4^{1}\cdot 0,4^{0,75}\cdot 177^{-0,15}\cdot 0,83=2627$ Н;

Чистове точіння $P_z=10\cdot 300\cdot 0,501^{1}\cdot 0,3^{0,75}\cdot 258^{-0,15}\cdot 0,83=218$ Н;

Визначаємо крутний момент різання M=Pzxd/2;

Чорнове точіння M=2627x70,5/2=92601 Н/мм;

Чистове точіння M=218x65,8/2=7172 Н/мм;

Визначаємо потужність різання $N=\frac{P_z\cdot V}{1020\cdot 60}$;

Чорнове точіння N=2627x177/1020x60=7,59 кВт;

Напівчистове точіння N=218x258/1020x60=1,01 кВт;

Оскільки потужність електродвигуна верстата складає 10 кВт, то на даному верстаті цілком можливо (виходячи з параметрів потужності) провести обробку деталі.

Визначаємо основний технологічний час $T_o=\frac{l+\Delta+Y}{n\cdot s}i,$

де $\Delta+Y=3мм$ – величина перебігу та врізання ([8], ст..299)

i – кількість проходів, i = 1.

Чорнове точіння To=((12,5+4)/800x0,4)x1=0,05 хв;

Чистове точіння To=((12,5+4)/1250x0,25)x1=0,05 хв;

Таким чином, визначення режимів різання є критично важливим для успішного виконання механічної обробки. Воно забезпечує оптимізацію виробничих процесів, зниження витрат та підвищення якості кінцевої продукції, що є основними цілями сучасного виробництва.

Зведення таблиці режимів різання

Таблиця №9

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	Д (В) мм	t мм	L мм	і/а	табличне значення режимів різання			прийняті значення режимів різання				Література
							S мм/об	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
010	1	Точити торець 14	68,4	1,7	36	1	0,4	112	521	0,4	107	500	2,0	с.36 к 1 [6],
	2	Точити канавку на торці 14	68,4	3,5	12	3	0,4	112	521	0,4	107	500	3,1	с .44-45 к 6 [6],
														с. 48 к 7 [6],
025	1	Точити торець 14	68,4	1,5	36	1	0,25	92	428	0,25	86	400	1,8	с.36 к 1 [6],
	2	Свердлити отвір 15	25	12,5	17	1	0,3	24	306	0,3	25	315	4,2	с. 103 к 41 [6],
	3	Розточити отвір 15 , 14	46	2,5	27	2	0,2	88	609	0,2	72	500	2,8	с. 104-105 к 42[6],
														с.106 к43[6],
														с .117 к53[6],
030	1	Точити пов. 28	31	1,5	20	1	0,35	112	1151	0,35	97	1000	1,8	с.36 к 1 [6],
	2	Точити пов. 26, 25	31	1,5	11	1	0,35	108	1110	0,35	97	1000	1,8	с .44-45 к 6 [6],
	3	Точити пов. 23	106	1,5	43	1	0,4	112	336	0,4	105	315	1,8	с. 48 к 7 [6],
	4	Точити канавку 18	28	4,5	8	1	0,12	78	887	0,12	70	800	3,1	с. 63 к 18 [6],
	5	Свердлити пов. 22	14,5	7,25	20	1	0,35	24	611	0,35	25	630	3,6	с.64 К19 [6],
	6	Зенкерувати пов. 22	15	0,25	17	1	0,5	24	509	0,5	23	500	1,0	с.36 к 1 [6],
	7	Розточити пов. 21 , 20	16	0,5	14	1	0,25	102	2030	0,25	100	2000	1,0	с .44-45 к 6 [6],
														с. 48 к 7 [6].
035	1	Точити пов. 13	70,5	2,4	16,5	1	0,4	177	800	0,4	177	800	7,59	с.36 к 1 [6],
	2	Точити пов. 17	106	1,5	24	1	0,4	112	336	0,4	110	315	2,2	с .44-45 к 6 [6],
	3	Точити пов. 13	65,8	0,5	16,5	1	0,25	218	1255	0,25	218	1250	1,01	с. 48 к 7 [6],
														с. 63 к 18 [6],
														с.64 К19 [6],

Продовження таблиці 9

040	1	Фрезерувати деталь по контуру пов. 1 -1 10	20	1,7	268	1	180	115	1831	160	100	1600	2,2	с.209 к 108 [6] с.212 к 109 [6] с.214-215 к.111 [6] с.378 [6]
045	1 2	Фрезерувати паз 11 Фрезерувати поз 12	11 21	4,5 8	17 25	3 1	140 108	62 62	1795 940	125 100	55 53	1600 800	1,6 2,3	с.209 к 108 [6] с.212 к 109 [6] с.214-215 к.111 [6] с.378 [6]
050	1	Фрезерувати лиси 24 -25	20	3,5	26	2	180	115	1831	160	100	1600	2,9	с.209 к 108 [6] с.212 к 109 [6] с.214-215 к.111 [6] с.378 [6]
055	1	Шліфувати пов. 14	250	0,01	0,5	-	0,01	30	2675	0,01	30	2675	1,86	с.303 т.56 [7]

Засоби технологічного оснащення

Засоби технологічного оснащення є невід'ємною частиною сучасного виробничого процесу, що забезпечує ефективну та якісну обробку деталей. До цих засобів належать різноманітні інструменти, пристрої, машини та обладнання, які використовуються на всіх етапах виробництва. Високоякісне технологічне оснащення дозволяє значно підвищити продуктивність праці, забезпечити точність та надійність обробки, а також знизити витрати на виробництво. Сучасні засоби оснащення включають комп'ютеризовані верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), автоматизовані системи контролю якості та роботизовані комплекси для виконання складних технологічних операцій. Впровадження таких засобів сприяє зменшенню людського фактору, що мінімізує ймовірність помилок та підвищує рівень безпеки на виробництві.

Серед різноманіття засобів технологічного оснащення, важливе місце займають інструменти для механічної обробки, такі як різці, свердла, фрези та шліфувальні круги. Вони виготовляються з високоякісних матеріалів, таких як швидкорізальна сталь, твердосплавні та керамічні композити, що забезпечує їх довговічність і високу продуктивність. Правильний вибір та використання цих інструментів дозволяє досягти високої точності обробки, зменшити знос інструменту та підвищити ефективність виробничих процесів.

Важливу роль відіграють також пристрої для закріплення та фіксації заготовок, які забезпечують стабільність і точність обробки. Вони включають патрони, лещата, оправки та інші фіксуючі засоби, які повинні мати високу жорсткість та точність виготовлення. Використання таких пристроїв дозволяє уникнути деформацій заготовок під час обробки та забезпечити повторюваність результатів.

Автоматизовані системи контролю якості є ще одним важливим елементом технологічного оснащення. Вони включають координатно-вимірювальні машини (КВМ), лазерні сканери, оптичні системи та інші високоточні вимірювальні пристрої, які дозволяють здійснювати контроль параметрів деталей з високою

точністю та швидкістю. Інтеграція таких систем у виробничий процес дозволяє оперативно виявляти та коригувати відхилення від заданих параметрів, що значно підвищує якість продукції.

Не менш важливим є використання систем автоматизованого проектування (CAD) та комп'ютерного моделювання (CAM) для розробки та оптимізації технологічних процесів. Ці системи дозволяють створювати детальні 3D-моделі деталей і вузлів, аналізувати їх механічні властивості, оптимізувати маршрути обробки та вибирати найкращі режими різання. Використання CAD/CAM систем значно скорочує час на розробку нових виробів та впровадження їх у виробництво, підвищуючи загальну ефективність підприємства.

Роботизовані комплекси для виконання технологічних операцій стають все більш поширеними у сучасному виробництві. Вони дозволяють автоматизувати рутинні та небезпечні операції, такі як зварювання, фарбування, складання та пакування. Роботи можуть працювати безперервно з високою точністю та продуктивністю, що значно підвищує ефективність виробничих процесів та знижує витрати на персонал.

Таким чином, засоби технологічного оснащення відіграють ключову роль у забезпеченні конкурентоспроможності підприємства та якості кінцевої продукції. Впровадження сучасних технологій та обладнання дозволяє значно підвищити продуктивність, точність та надійність виробничих процесів, що є запорукою успіху у сучасних умовах ринку. Усі дані заносимо в табл.

Засоби технологічного оснащення

№	Назва операції та зміст переходу	Технологічне оснащення
005	Заготівельна	
010	Токарна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Точити торець 14 під наплавку	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
	2. Точити уступ на торці під наплавку	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
015	Гальванічна (виконати наплавку порошком Hoganas X-FeSP573 ТУ 14793-0098-51286179-2009)	
020	Термічна (Відпустити деталь по РД 2730.300.06-98)	
025	Токарна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Точити торець 14 в розмір 30 на прохід	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
	2. Свердлити отвір Ø25 на глибину 5,5 мм	Свердло 2301-0098 ГОСТ 10903-77, Втулка 6100-0147 ГОСТ 13598-68
	3. Розточити пов. 15, 16 до Ø 46 на глибину 5,5 мм	Різець 2141-0008 Т5К10 ГОСТ 18883-73
030	Токарна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1.Точити пов. 28 в розмір 28,5 мм на прохід	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78

Продовження таблиці №

	2. Точити пов. 25 та 26 до Ø 30 на довжину 7 мм	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
	3. Точити пов. 23 в розмір 7 на прохід	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
	4. Точити канавку 18 до Ø 21 шириною 4,5 мм	Різець спеціальний
	5. Свердлити пов. 22 до Ø12,5 мм глибиною 14 мм	Свердло 2301-0072 ГОСТ 10903-77, Втулка 6100-0148 ГОСТ 13598-68
	6. Зенкерувати пов. 22 до Ø 15Н11 глибиною 13 мм	Зенкер 2320-2568 ГОСТ 12489-71, Втулка 6100-0148 ГОСТ 13598-68
	7. Розточити пов. 20, 21 до Ø 16 глибиною 10 мм	Різець 2141-0008 Т5К10 ГОСТ 18883-73
035	Токарна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Точити поверхню 13 до Ø 65,8 на довжину 12,5начорно	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
	2. Точити поверхню 17 в розмір 9 на прохід	Різець 1506.2194-1221-01 Т5К10 СТП 1979-78
	3. Точити поверхню 13 до Ø 65,8 на довжину 12,5начорно	Різець 1506.2194-1221-01 Т15К6 СТП 1979-78
040	Фрезерна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Фрезерувати деталь по контуру поверхні 1 -10 шириною 9 мм глибиною 1,7 мм	Фреза 2223-0296 ГОСТ 17026-71. Втулка 6103-0004 ГОСТ 13790-68
045	Фрезерна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Фрезерувати паз 11 шириною 11 мм на глибину 17 мм на прохід	Фреза 2223-0287 ГОСТ 17026-71. Втулка 6103-0004 ГОСТ 13790-68

Продовження таблиці №

	2. Фрезерувати паз 12 шириною 21 мм глибиною 8 мм на прохід	Фреза 2252-0304 ГОСТ 7063-72. Втулка 6103-0004 ГОСТ 13790-68
050	Фрезерна з ЧПК	
	А Встановити та закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Фрезерувати дві лиски пов. 24 – 25 в розмір 21 мм на прохід	Фреза 2223-0296 ГОСТ 17026-71. Втулка 6103-0004 ГОСТ 13790-68
055	Плоскошліфувальна	
	А. Встановити і закріпити деталь	Пристрій спеціальний
	1. Поверхню 14 в розмір 28 на прохід з шорсткістю 0,4 мкм	Шліфувальний круг ПП 250х40х76 24А 32-Н СМ1 6 К5 35м/с 1клА ГОСТ 2224-83
060	Контрольна	

Розрахунок основного часу

Розрахунок основного часу є критично важливим етапом у плануванні механічної обробки деталей, оскільки він визначає час, безпосередньо витрачений на обробку заготовки. Цей параметр залежить від довжини оброблюваної поверхні, подачі інструменту та частоти обертання шпинделя, що дозволяє оптимізувати продуктивність процесу. Від точності розрахунку основного часу (див. таблиця 10) залежить ефективність використання обладнання та ресурси, що впливає на загальну вартість виробництва та якість кінцевої продукції.

Основний час

Таблиця №10

№ 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
010	1 2	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} i$	36 12	1 3	500 500	0,4 0,4	0,18 0,18	С. 19 [6]
025	1 2 3	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} i$	36 17 27	1 1 2	400 315 500	0,25 0,3 0,2	0,36 0,18 0,54	С. 19 [6]
030	1 2 3 4 5 6 7	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} i$	20 11 43 8 20 17 14	1 1 1 1 1 1 1	1000 1000 315 800 630 500 2000	0,35 0,35 0,4 0,12 0,35 0,5 0,25	0,06 0,03 0,34 0,08 0,09 0,06 0,03	С. 19 [6]
035	1 2 3	$T_M = \frac{L}{n \cdot S} i$	16,5 24 16,5	1 1 1	800 315 1250	0,4 0,4 0,25	0,05 0,19 0,05	С. 19 [6]
040	1	$T_M = \frac{L}{S} i$	268	1	1600	160	1,68	С. 19 [6]
045	1 2	$T_M = \frac{L}{S} i$	17 21	3 1	1600 800	125 100	0,41 0,21	С. 19 [6]
050	1	$T_M = \frac{L}{S} i$	26	2	1600	160	0,33	С. 19 [6]
055	1	$T_M = \frac{HLh}{1000 \cdot V_\partial S_в S_{позд} q} \cdot K$	0,5	-	2675	0,01	1,78	С. 19 [6]
						Всього:	6,81	

1.7 Визначення норм часу.

Визначення норм часу є важливим етапом у плануванні та організації виробничих процесів, оскільки воно дозволяє оцінити тривалість виконання різних операцій і забезпечити оптимальне використання ресурсів. Норми часу визначаються для кожної операції окремо та включають кілька основних складових: підготовчо-заключний час, основний час, допоміжний час і час на технічне обслуговування та організаційні перерви.

Підготовчо-заключний час охоплює всі операції, пов'язані з підготовкою робочого місця, налаштуванням обладнання, встановленням та зняттям заготовок, а також інші підготовчі дії. Цей час є постійним для кожної серії виробів і не залежить від кількості оброблюваних деталей.

Основний час безпосередньо витрачається на виконання технологічних операцій, таких як токарна, фрезерна або шліфувальна обробка. Основний час розраховується на основі довжини оброблюваної поверхні, подачі інструменту та частоти обертання шпинделя. Він є змінною величиною і визначає тривалість обробки однієї деталі або партії деталей.

Допоміжний час включає операції, що супроводжують основний процес, такі як заміна інструменту, контроль якості обробки, очищення робочої зони, налаштування та регулювання обладнання. Допоміжний час залежить від складності обробки та вимог до якості продукції.

Час на технічне обслуговування та організаційні перерви передбачає витрати часу на технічне обслуговування обладнання, планові огляди, перерви для відпочинку працівників та інші організаційні заходи. Цей час зазвичай визначається як відсоток від основного часу і враховується при плануванні виробничих циклів.

Сумарний час на виконання операції визначається як сума всіх складових:

Розрахунок норм часу є важливим для оптимізації виробничих процесів, оскільки дозволяє забезпечити рівномірне завантаження обладнання, мінімізувати простої та підвищити продуктивність праці. Визначення точних норм часу сприяє

покращенню планування виробництва, зниженню виробничих витрат і підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

Сучасні методи визначення норм часу включають використання комп'ютерних систем планування та управління виробництвом (ERP-системи), які автоматизують процес збору даних, аналізу та розрахунку норм часу. Це дозволяє підвищити точність розрахунків, знизити ймовірність помилок і оперативно реагувати на зміни у виробничому процесі.

Таким чином, визначення норм часу є невід'ємною частиною ефективного управління виробництвом, що забезпечує оптимальне використання ресурсів, підвищення продуктивності та якості продукції, а також зниження виробничих витрат.

Розраховуємо норми часу на плоскошліфувальну операцію 055,

на верстат мод. 3Е711.

1. З попередніх розрахунків беремо основний час на дану операцію, він становить 1,78 хв.
2. Визначаємо допоміжний час.

   Знаходимо час на установлення та зняття деталі:

   $t_{УСТ} = 1{,}3 хв.$ к13 п27 с.51 [7].

   Знаходимо допоміжний час:

   $t_{доп} = t'_{доп} + t_{УСТ} = 0{,}55 + 1{,}3 = 1{,}85 хв.$ к48 п22 с135 [7].

   Визначаємо величину коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей: $\kappa = 1{,}0$ к1 с.31 [7].

   Допоміжний час на операцію буде становити: $t_{доп} = t'_{доп} \cdot \kappa = 1{,}85 \cdot 1{,}0 = 1{,}85 хв.$
3. Визначення оперативного часу: $t_{опер} = t_{осн} + t_{доп} = 1{,}78 + 1{,}85 = 3{,}63 хв.$
4. Визначення часу на обслуговування робочого місця:

$t_{обсл} = \frac{a \cdot t_{опер}}{100} = \frac{7 \cdot 3{,}63}{100} = 0{,}25 хв.$, де a - процент від оперативного часу. К49 с. 136 [7].

5. Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби:

$t_{відп} = \frac{в \cdot t_{опер}}{100} = \frac{4 \cdot 3{,}63}{100} = 0{,}15 хв.$

де $_в$ - процент від оперативного часу К88 с.203[7].

6. Знаходимо величину штучного часу:

$$t_{шт} = t_{опер} + t_{обс} + t_{відп} = 3{,}63 + 0{,}15 + 0{,}25 = 4{,}03 хв.$$

7. Визначаємо величину підготовчо-заключного часу:

$t'_{пз} = 8 хв$ к49 п1 с136 [7].;

$t''_{пз} = 7 хв$ к49 п9 с136 [7].;

$$t_{пз} = t'_{пз} + t''_{пз} = 8 + 7 = 15 хв.$$

8. Визначаємо величину штучно-калькуляційного часу:

$t_{шт.к} = \frac{t_{пз}}{n} + t_{шт} = \frac{15}{200} + 4{,}03 = 4{,}11 хв.$, де n – партія деталей.

Готові дані розрахунку норм часу заносяться в таблицю 11, що дозволяє структуровано представити інформацію та забезпечити її зручне використання в подальшому плануванні та контролі виробничих процесів.

Зведена таблиця рахунку норм часу

Таблиця №11

№ операції	Назва операції	Модель верстата	з tосн;хв.	$\frac{Tпз}{n}$, хв.	Туст; хв.	Тпер; хв.	Твим; хв.	Тобс; хв.	Твідп; хв.	Тшит; хв.	Тшт.к; хв.	Літе-ретура
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
010	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	0,36	24/200	0,28	0,24	0,08	0,04	0,04	1,00	1,12	к19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. к19 с.70 [8].
025	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	1,08	24/200	0,28	0,36	0,12	0,07	0,07	1,98	2,10	к19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. к19 с.70 [8].
030	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	0,67	24/200	0,24	0,58	0,42	0,08	0,08	2,07	2,19	к19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. к19 с.70 [8].
035	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	0,29	24/200	0,24	0,44	0,28	0,05	0,05	1,35	1,47	к19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. к19 с.70 [8].
040	Фрезерна з ЧПК	6Р11Ф3-1	1,68	32/200	0,32	0,16	0,22	0,11	0,09	2,58	2,74	к33 п1 с.112 [7] к33 п24 с.47 [7] к87 л1 с.200 [7]
045	Фрезерна з ЧПК	6Р11Ф3-1	0,62	32/200	0,28	0,32	0,14	0,06	0,05	1,47	1,63	к33 п1 с.112 [7] к33 п24 с.47 [7] к87 л1 с.200 [7]
050	Фрезерна з ЧПК	6Р11Ф3-1	0,33	24/200	0,32	0,24	0,08	0,05	0,04	1,06	1,18	к11 п9 с.46 [7] к33 п1 с.112 [7] к33 п24 с.47 [7] к87 л1 с.200 [7]
055	Плоскошліфувальна	3Е711	1,78	15/200	1,85			0,25	0,15	4,03	4,11	к13 п27 с.51 [7] к48 п22 с135 [7] к1 с.31 [7] К49 с. 136 [7] К88 с.203[7]

2.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектування верстатного пристрою

2.1.1 Опис призначення, конструкції і принципу роботи пристрою.

Деталь диск встановлюється на губку до упору в опору 1 на палець 2. За допомогою ключа провертається вісь 5 , яка в свою чергу заставляє рухатись втулки 7 у зустрічному напрямку за допомогою лівої та правої різьб на вісі та втулках, втулки передають переміщення штовхачам 8, які в свою чергу переміщують губки 9, які виконують закріплення деталі. Розтиск деталі відбувається аналогічно, тільки провертати вісь 5 потрібно у зворотному напрямку тоді втулки 7 будуть рухатись в протилежних напрямках, що спричинить через штовхачі 8 розтискання губок 9.

Спосіб налагодження пристрою.

Спосіб налагодження пристрою включає ретельне налаштування всіх його елементів відповідно до технічних вимог та параметрів обробки, що забезпечує стабільну та точну роботу в процесі виробництва. Налагодження проводиться за допомогою спеціалізованих інструментів та методик, що дозволяють мінімізувати похибки та досягти високої якості готової продукції.

В нашому випадку після встановлення та закріплення деталі для першої оброблюваної деталі інструмент виставляють у відповідне положення за допомогою упору, який встановлюється в пристрої за допомогою пальця і може провертатися відносно нього після виставлення інструменту. Для забезпечення точного позціонування упору відносно пристрою упор постійно повинен впиратися до вісі і тим самим ми точно будемо виставляти інструмент відносно пристрою у вертикальному положенні, після цього його надійно закріплюють в даному положенні та проводять обробку, в процесі виготовлення партії деталей можна проводити коректування положення встановленого інструменту.

2.1.2 Розрахунок потрібної сили затиску заготовки в пристрої

Розрахунок потрібної сили затиску заготовки при фрезерній обробці деталі типу "диск" є важливим для забезпечення її надійного кріплення і запобігання зсуву під час роботи. Для досягнення високої точності та якості обробки, враховуються характеристики матеріалу диска, тип фрезерування та параметри різання, що дозволяє визначити оптимальну силу затиску. Занадто слабке затискання може призвести до вібрацій і зсувів, що негативно впливають на якість обробки та можуть спричинити пошкодження як інструменту, так і деталі. Занадто сильне затискання може викликати деформації заготовки, особливо якщо диск виготовлений з м’яких або крихких матеріалів. Використання точних розрахунків і моделей дозволяє підвищити ефективність виробничого процесу та забезпечити високу якість кінцевої продукції. Це також допомагає знизити витрати на ремонт обладнання та скоротити час простоїв, забезпечуючи стабільність і надійність виробничого циклу.

Визначаємо складову сили різання P_z

$$P_z = \frac{10 C_P t^X S_Z^y B^n Z}{D^q n^W} K_{MP} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 8{,}0^{0.9} \cdot 0{,}04^{0{,}8} \cdot 21^{1.1} \cdot 10}{21^{1.1} \cdot 1.25^{-0.13}} \cdot 1.1 = 579H$$

Під час фрезерування розділяємо загальну силу на горизонтальну та вертикальну складову при симетричному фрезеруванні, які можна визначити з відношення: горизонтальна складова рівна P_Z , вертикальна $0{,}6P_Z$ тому Горизонтальна складова $P_h = P_Z = 579$Н, Вертикальна складова $P_v = 0.8 \cdot 579 = 463H$ ст. 56 [3]

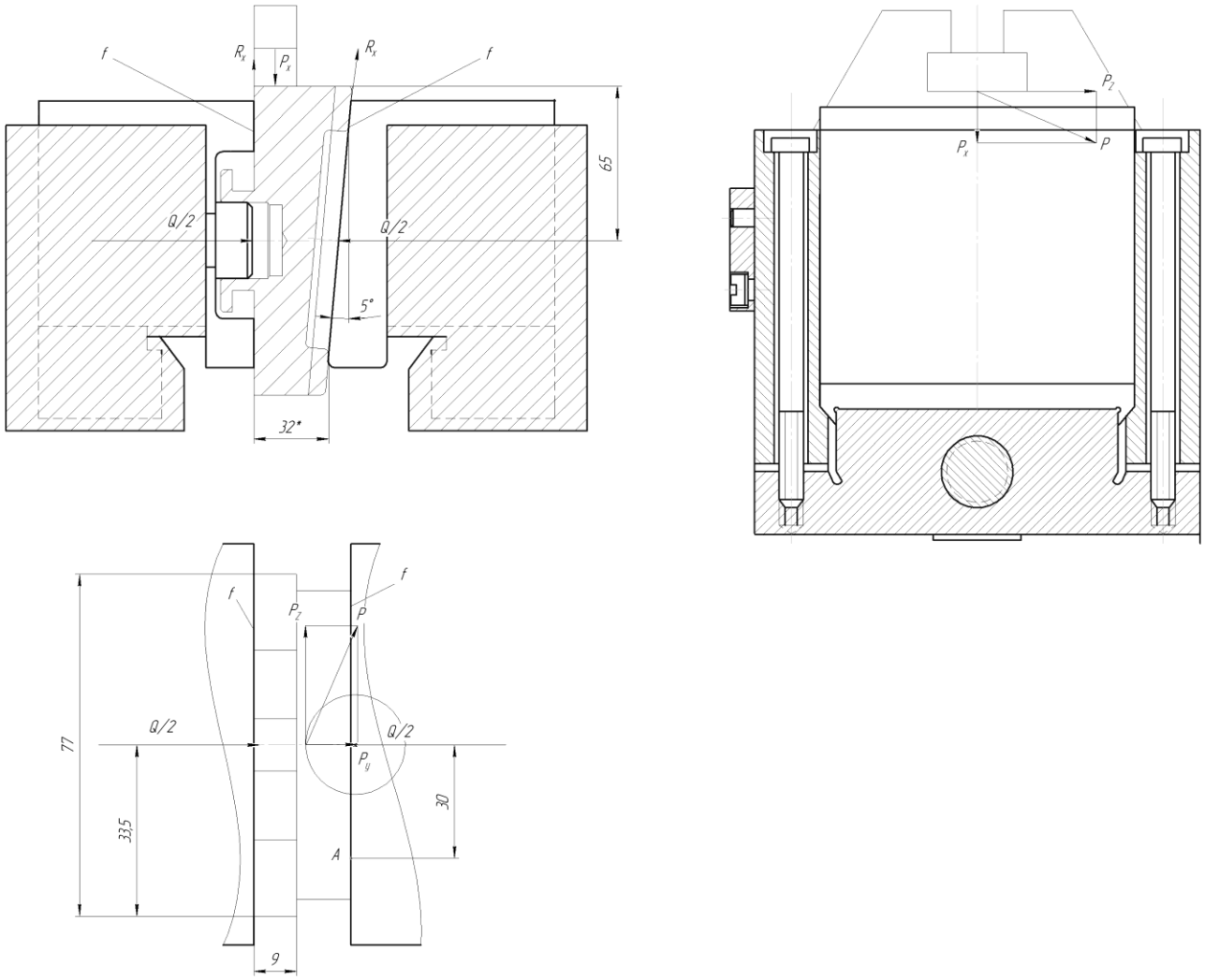


Рисунок 5 – Схема дії сил

Складаємо рівняння рівноваги

$$\sum M_A;\ \sum M_A = P_Z \cdot 0.065 + P_y \cdot 0.030 - \frac{Q}{2} \cdot 0.009 = 0,$$

Складаємо рівняння рівноваги з врахуванням поправочного коефіцієнта.

$$f \cdot \cos 5^0 \cdot \frac{Q}{2} \cdot 0.009 = Kf\left(P_Z \cdot 0.065 + P_y \cdot 0.030\right)$$

де f – коефіцієнти тертя в місцях контакту враховуємо кут нахилу губки;

К – коефіцієнт запасу

Визначаємо коефіцієнт запасу.

$$К = К_0К_1К_2К_3К_4К_5К_6,$$

де $К_0$ – гарантований коефіцієнт запасу рівний 1.5,

$К_1$ – коефіцієнт враховує випадкові нерівності деталі – 1.0,

$К_2$ – коефіцієнт враховує затуплення інструменту – 1.0,

$К_3$ – коефіцієнт враховує перервне різання – 1.25,

$К_4$ – коефіцієнт враховує стабільність затиску – 1.3,

$К_5$ – коефіцієнт враховує зручність затискного механізму – 1.0,

$К_6$ – коефіцієнт враховує провертаючи моменти – 1.0, [1], с.91

К = 1,5·1·1·1,25·1,3·1·1 = 2,43;

f = 0.16, тоді

$$Q = \frac{K \cdot f \cdot cos5^0 \cdot (P_H \cdot 0.065 + P_v \cdot 0.030)}{2 \cdot 0{,}009} = \frac{2.43 \cdot 0.16 \cdot \cos 5^0 \cdot (579 \cdot 0.065 + 463 \cdot 0.030)}{2 \cdot 0{,}009} = 923H$$

Вибір типу затискача та його конструктивних розмірів

Вибір типу затискача та його конструктивних розмірів для верстатного пристрою є критично важливим для забезпечення стабільної та надійної фіксації заготовки під час обробки. При виборі затискача враховуються тип оброблюваного матеріалу, форма та розміри заготовки, а також режими обробки, такі як швидкість і сила різання. Конструктивні розміри затискача мають відповідати вимогам до міцності та жорсткості, щоб запобігти деформаціям та зсувам заготовки під впливом робочих навантажень. Важливо також враховувати ергономічні аспекти та зручність використання затискача для швидкого й ефективного налаштування верстатного пристрою. Використання сучасних інженерних програмних засобів дозволяє точно розрахувати оптимальні розміри та параметри затискача, що підвищує ефективність і безпеку виробничого процесу.

Для заданої схеми базування, конструкції деталі доцільно застосовувати різьбове закріплення заготовки.

Визначаємо мінімальний діаметр різьби з умова міцності на розтяг

$$\sigma_P = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \le [\sigma_P];$$

де F=923 Н – зусилля, яке працює на розтяг; d - діаметр різьби, мм;

$[\sigma_P]$ - допустимі напруження розтягу для сталі 45 ГОСТ 1050-88 $[\sigma_P] = 80$ мПа,

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot [\sigma_P]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 923}{3{,}14 \cdot 80}} = 3{,}8 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо d=18 мм.

Умова міцності на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{d \cdot \delta} \le [\sigma_{зм}],$$

де $[\sigma_{зм}]$ - допустиме напруження зминання, мПа; $[\sigma_{зм}] = 170$мПа.

δ - довжина згвинчування.

Отже, за (3.6) $\delta = \frac{F}{d \cdot [\sigma_{зм}]} = \frac{923}{18 \cdot 170} = 0{,}3$ мм.

Мінімальне число витків

$h = \frac{\delta}{P} = \frac{0{,}3}{1} = 0{,}3$, приймаємо n_{min}=12,

де P=1 – крок різьби. Приймаємо довжину різьбової втулки l=12 мм.

2.1.3. Розрахунок конструктивних параметрів рушія.

Розрахунок конструктивних параметрів рушія включає визначення основних характеристик рушія, таких як потужність, швидкість, крутний момент та ефективність, що дозволяє забезпечити його оптимальну роботу в заданих умовах. Враховуються також геометричні параметри, матеріали та методи виготовлення, що впливають на міцність і надійність конструкції. Важливим аспектом є моделювання і аналіз динамічних навантажень, які виникають під час роботи рушія, щоб запобігти передчасному зносу або поломці. Використання сучасних інженерних програмних засобів дозволяє точніше проводити розрахунки і оптимізувати конструкцію для підвищення її ефективності та довговічності.

Розрахунок початкової сили рушія та його конструктивно-розмірні параметри:

Визначаємо силу на ручці затискача за формулою:

$$W = Q\frac{r_{ср}}{L} tg(\alpha + \varphi_3),$$

де $\varphi_3 = arctgf_3 = arctg0.15 = 8.5^\circ$

$r_{ср} = 9{,}701/2 \approx 4{,}85 мм$, згідно ГОСТ 24705-81

$$\alpha = arctg\frac{P_{HP}}{\pi d_{cp}} = arctg\frac{1}{9{,}701\cdot\pi} = 1.08^{\circ}$$

Визначаємо довжину ручки ключа:

$$L = Q\frac{r_{cp}}{W}tg(\alpha + \varphi_3)$$

Де W – мускульна сила затиску в умовах нашого типу виробництва приймаємо 20Н

$$L = 923\frac{4{,}85}{20}tg(1{,}95^{\circ} + 8.5^{\circ}) = 42мм$$

Згідно ГОСТ 2839-80 приймаємо ключ 7814-0412

при L =100 мм – довжина ручки ключа.

$$W = 923\frac{4{,}85}{100}tg(1{,}95^{\circ} + 8.5^{\circ}) = 10{,}1H$$

2.1.4.Розрахунок пристрою на точність

При застосуванні даної схеми обробки, похибка розмірів 21, 11 та 16 не визначається точністю самого верстатного пристрою, а залежить виключно від точності виготовлення інструменту, який використовується для обробки. Це означає, що будь-які відхилення в цих розмірах можуть бути скориговані лише шляхом вдосконалення параметрів та якості виробництва інструменту. Що стосується довжини паза, то похибка дорівнює нулю завдяки фрезеруванню на один прохід, що забезпечує високу точність та стабільність обробки цього елемента. Похибка в розмірі 17 визначається як максимальний зазор між отвором і пальцем, який може виникати під час обробки або складання.

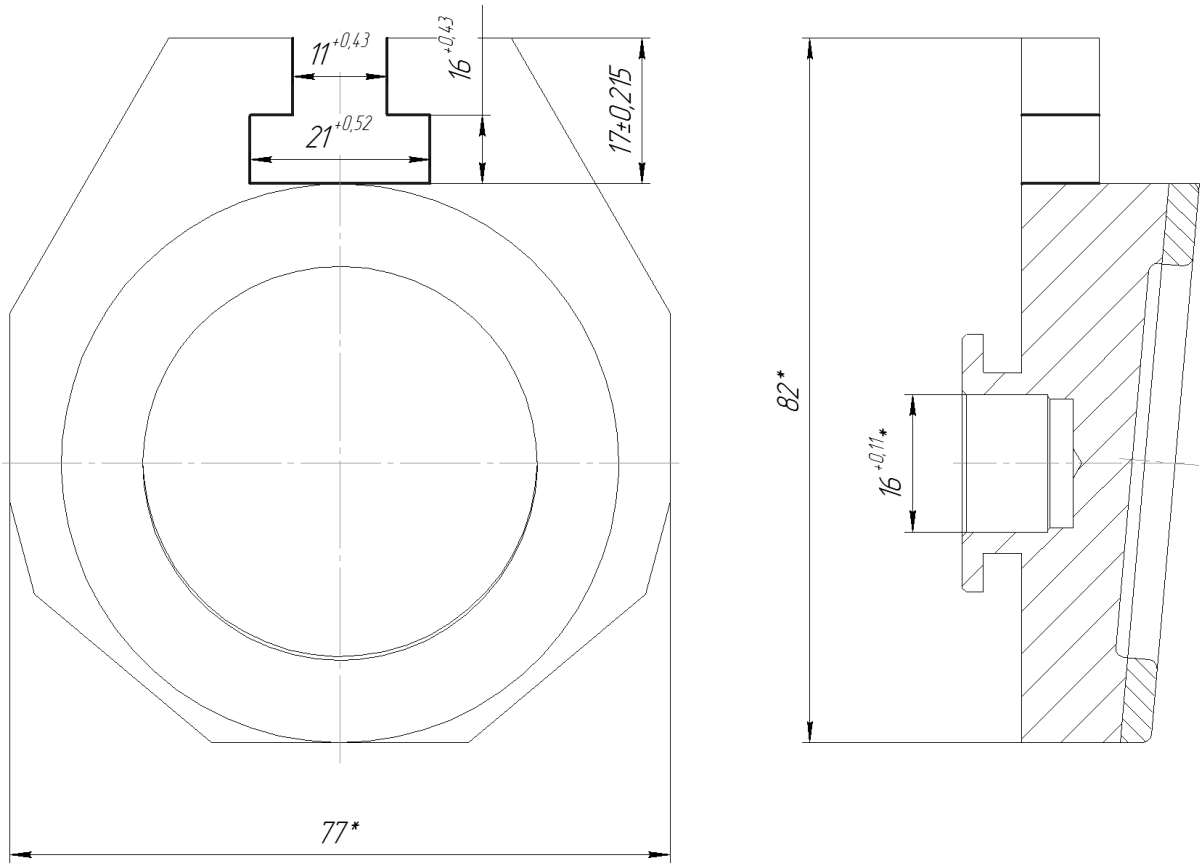


Рисунок 6 – схема верстатного пристрою для розрахунку на точність

Визначаємо макс. зазор за формулою:

S=ES-ei = 0,11-(-0,027)=0,137 мм

Похибку пристрою розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_{пр} = T - \kappa\sqrt{(\kappa_1\varepsilon_б)^2 + \varepsilon_з^{\,2} + (\kappa_2\omega)^2 + \varepsilon_в^2 + \varepsilon_н}$$

Де $К_1$=1,2; $К_1$=0,75; $К_2$=0,8;

$$\omega = \varepsilon_{гт} + \varepsilon_t + \varepsilon_{ВПІД} + \varepsilon_{знош.інстр.} = 0{,}02 + 0 + 0{,}01 + 0 = 0{,}03мм$$

Т=0,43 мм

$\varepsilon_{з.}$=0, – напрямок сили затиску співпадає з напрямом проставленого розміру.

$\varepsilon_{пр.}$=0,05 – похибка від неточності виготовлення рухомих та нерухомих елементів пристрою;

$\varepsilon_{б}$ =0,137 – похибки контролюючих розмірів

$\varepsilon_{н.}$=0,05 – похибка наладки;

$\varepsilon_{г.т..}$=0,05 – похибка геометричної точності;

$\varepsilon_{t.}$=0 – похибка від температурного фактору;

$\varepsilon_{в}$ = 0,05 – похибка верстату

$\varepsilon_{ВПІД}$=0,05 – жорсткість системи ВПІД.

$\varepsilon_{знош.інстр.}$ =0 – інструмент гострий.

$$\varepsilon_{пр} = 0{,}43 - 1{,}2\sqrt{(0{,}75 \cdot 0{,}137)^2 + 0 + (0{,}8 \cdot 0{,}1)^2 + 0{,}05^2 + 0{,}05^2} = 0{,}252мм$$

Таким чином, точність обробки за даною схемою визначається не лише конструкцією верстатного пристрою, але й значною мірою залежить від точності виготовлення інструменту та правильності його налаштування. Використання точних інструментів і високоякісного обладнання дозволяє знизити загальну похибку обробки, забезпечуючи високу якість кінцевої продукції.

2.2. Розрахунок контрольного пристрою

2.2.1 Опис та принцип роботи пристрою

Для забезпечення безвідмовної роботи деталей протягом довгого часу важливо досягти високої точності виконання основних робочих поверхонь, особливо в їх діаметральних розмірах та розміщенні. Ця точність є критичною для зменшення зносу та підвищення надійності роботи механізмів. Процес контролю якості передбачає переважно суцільну перевірку лінійного розміщення та радіального биття циліндричних поверхонь деталей, що можна виконувати за допомогою багатомірного контрольного пристрою.

На корпусі 5, за допомогою гвинтів 17, закріплена гідропластова оправка, на якій кріпиться деталь. Радіальне положення деталі фіксується за допомогою гідропласту. Після встановлення деталі на втулку 9 до упору по торцю, гвинт 8 загвинчується до заданої сили (20 Н) на ключі. Під дією руху штовхача гідропласт розтискає втулку 9, створюючи силу тертя, яка не дозволяє деталі провернутися під час вимірювання. Розтиск деталі відбувається у зворотному порядку: гвинт 8 розгвинчується, і втулка 9 повертається у своє звичайне положення, що дозволяє зняти деталь.

Після закріплення деталь провертається за допомогою ручки 1 через корпус 3. На стійках 12 розміщена вісь 13, на якій закріплені індикатори типу ИГ-2. Вони слугують для перевірки перпендикулярності та биття контрольованої деталі. Деталі надають один-два оберти, і відраховують максимальні показники ИГ-2, які визначають величину биття. Похибка пристрою при даній схемі установки дорівнює похибці вимірювання для індикатора, що становить 0,005 мм. Таким чином, цей пристрій відповідає умовам точного вимірювання і забезпечує надійну фіксацію та перевірку деталей. Додатково, використання гідропластової оправки значно підвищує точність і стабільність процесу, зменшуючи вплив зовнішніх факторів на результати вимірювання.

2.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Основною метою такого розрахунку є визначення та мінімізація похибок, що можуть виникати під час вимірювання параметрів деталей. Враховується вплив таких факторів, як жорсткість конструкції, точність виготовлення елементів пристрою, а також можливі деформації під дією навантажень.

У процесі вимірювання радіального биття зовнішньої поверхні деталі можуть виникати різні похибки, які впливають на точність результатів. Основними з них є похибка базування та похибка вимірювання. Похибка базування виникає через неточне встановлення деталі в контрольному пристрої, що може бути спричинено як конструктивними недоліками пристрою, так і механічними деформаціями під час фіксації. Похибка вимірювання, у свою чергу, пов'язана з точністю інструментів, які використовуються для визначення радіального биття, а також з людським фактором при знятті показань.

Допуск на відхилення від радіального биття поверхні деталі встановлений на рівні T=0,1 мм, що є критичним параметром для забезпечення високої якості продукції. З урахуванням цього допуску, розрахунок контрольного пристрою проводиться з особливою увагою до мінімізації похибки базування. Похибка базування залежить від допуску на обробку деталі (T=0,19 мм), який контролюється на етапі виготовлення.

$$\varepsilon_{пр} = T - 1.2 \cdot \sqrt{\varepsilon_б + \varepsilon_в} \ ,$$

де $\varepsilon_б$ – похибка при базуванні;

$$\varepsilon_б = ITP = 0 мм$$

$\varepsilon_в$ – похибка при вимірюванні,

$$\varepsilon_в = \frac{1}{2}\Delta = \frac{1}{2} \cdot 0.005 = 0.0025 \text{ мм};$$

де Δ – розподільна здатність мікрометра $\Delta = 0{,}005 мм$;

$$\varepsilon_{пр} = 0{,}1 - 1.2 \cdot \sqrt{0{,}02^2 + 0{,}0025^2} = 0{,}516 мм$$

Отже похибка контрольного пристрою не повинна перевищувати величину $\varepsilon_{пр} = 0.516мм$. Таким чином, під час вимірювання радіального биття зовнішньої поверхні деталі важливо не тільки враховувати похибки базування та вимірювання, але й забезпечити відповідність конструкції контрольного пристрою жорстким вимогам точності. Це дозволить досягти високої якості кінцевої продукції, зменшуючи відсоток браку та підвищуючи ефективність виробничих процесів.

2.3.Розрахунок різального інструменту

Проектування та розрахунок різального інструменту, такого як свердло діаметром 15 мм, є важливим етапом у забезпеченні високоякісної обробки матеріалів. Першим кроком у проектуванні свердла є визначення його основних геометричних параметрів, таких як довжина, кут загострення, кут гвинтової лінії, а також форма ріжучих кромок. Ці параметри визначаються залежно від матеріалу, який буде оброблятися, і вимог до точності та якості отвору. Наприклад, для обробки сталі може використовуватися свердло з кутом загострення 118°, тоді як для м'яких матеріалів краще підходить кут 135°.

Другим етапом є вибір матеріалу для виготовлення свердла. Найчастіше використовуються швидкорізальні сталі (HSS) або твердосплавні матеріали, які забезпечують високу міцність і зносостійкість інструменту. Важливо також враховувати покриття свердла, такі як титанове чи алюмінієве, що може значно підвищити його довговічність і ефективність.

Розрахунок режимів різання є наступним важливим кроком. Для свердла діаметром 15 мм необхідно визначити оптимальну швидкість різання, подачу та глибину різання. Наприклад, для обробки сталі рекомендована швидкість різання може становити близько 25-30 м/хв, а подача – 0,2-0,3 мм/об. Ці параметри дозволяють забезпечити ефективну та стабільну роботу інструменту без перегріву та передчасного зносу.

Окрім цього, важливо врахувати вплив охолоджуючої рідини, яка використовується для зменшення температури на ріжучій кромці та запобігання утворенню задирок. Правильний вибір і подача охолоджувача можуть значно підвищити якість обробки та подовжити термін служби свердла.

Таким чином, проектування та розрахунок свердла діаметром 15 мм включає аналіз геометричних параметрів, вибір матеріалу, розрахунок режимів різання та врахування охолодження. Цей комплексний підхід дозволяє створити інструмент, що забезпечує високу якість обробки, ефективність та довговічність у різноманітних виробничих умовах.

Розрахунок та конструювання спірального свердла Ø15

1. Вибираємо діаметр свердла 15 згідно ГОСТ 10903-77

2. Визначаємо режими різання. Режими різання визначені попередньо в технологічній частині.

Подача S = 0,28 мм/об; швидкість різання V = 81м/хв; частота обертання $n=1440хв^{-1}$.

3. Визначаємо осьову силу різання згідно формули:

$P_x = 9,81 C_p \cdot D^{x_p} \cdot S^{y_P} \cdot K_{M_P}$. Згідно таблиці 32 с.281 [ ] знаходимо коефіцієнти

$\boldsymbol{C_P = 68,}$ $\boldsymbol{X_P = 1.0,}$ $\boldsymbol{Y_P = 0.7}$ $K_{M_P} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{650}{750}\right)^{0,75} = 0,898$, тоді

$$P_X = 9,81 \cdot 68 \cdot 15^{1,0} \cdot 0,28^{0,7} \cdot 0,898 = 3686H$$

4. Момент сил опору різання (крутний момент)

$$\boldsymbol{M_{CP} = 9.81 C_M D^{Z_M} S^{Y_M} K_{M_M}}.$$

Згідно таблиці 32 с.281 [ ] знаходимо коефіцієнти для формули:

$$C_M = 0.0345, \quad Z_M = 2,0, \quad Y_M = 0,8, \quad K_{M_M} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{650}{750}\right)^{0,75} = 0,898.$$

Тоді $M_{CP} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 15^2 \cdot 0,28^{0.8} \cdot 0,898 = 24,7 Нм$.

5. Визначаємо номер конуса хвостовика (рис). Момент тертя між хвостовиком та втулкою рівний:

$$\boldsymbol{M_{TP} = \frac{\mu P_X \left(D_1 + d_2\right)}{4 \sin\theta}\left(1 - 0.4\Delta\theta\right).}$$

Прирівнюємо момент тертя до максимального моменту сил опору різанню, тобто до моменту який створюється при роботі затупленим свердлом, який збільшиться в 3 рази в порівнянні з розрахованим моментом.

$$\boldsymbol{3M_{CP} = M_{TP} = \frac{\mu P_X \left(D_1 + d_2\right)}{4 \sin\theta}\left(1 - 0.4\Delta\theta\right).}$$

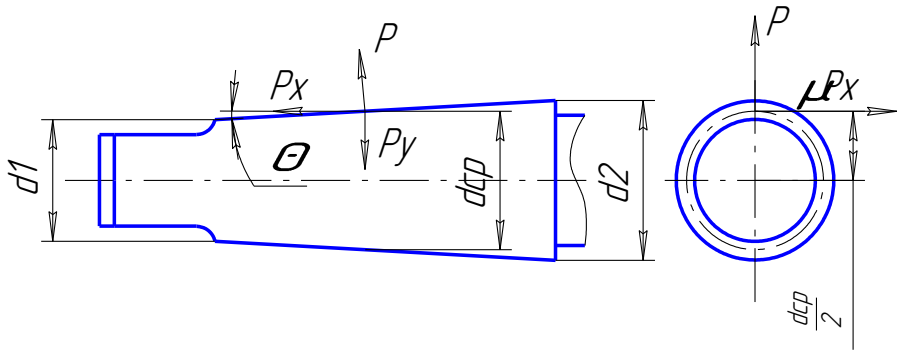


Рисунок 3.1 Схема сил, діючих на конічний хвостовик свердла.

Середній діаметр конуса хвостовика $d_{ср} = \frac{D_1 + d_2}{2}$ або $d_{ср} = \frac{6M_{ср}\sin\theta}{\mu P_X(1-0.04\Delta)}$, де $M_{ср}$ – 24,7 Нм, P_X – 3686 Н, μ – коефіцієнт тертя сталі по сталі рівний 0,096, θ = 1°26’16” – половина кута конуса, Δθ = 5’ – відхилення кута конуса.

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 24,7 \sin 1^{\circ}26'16''}{0,096 \cdot 3686 \cdot (1-0,2)} = 0,0137м = 13,7мм.$$

По ГОСТ 2847-67 вибираємо блищий більший конус, тобто конус Морзе №2 з лапкою з наступними основними конструктивними розмірами: D_1=18,0 мм, d_2= 14,0 мм, l_4 = 80,0 мм. Інші розміри вказані на кресленні.

6. Визначаємо довжину свердла. Загальна довжина свердла може бути прийнята по ГОСТ 10903-64 і проставляємо на кресленні.

7. Визначаємо геометричні і конструктивні параметри ріжучої частини свердла. Згідно нормативів знаходимо форму загострення нормальну, кут нахилу гвинтової канавки ω = 30°. Кут між ріжучими кромками 2φ = 118°. Задній кут α = 11°. Кут нахилу поперечної кромки ψ = 55°. Знаходимо крок гвинтової канавки за формулою

$$H = \frac{\pi D}{tg\omega} = \frac{3,14 \cdot 15}{tg30^{\circ}} = 81,58мм$$

8. Товщина серцевини свердла знаходимо в залежності від діаметра свердла $d_c = (0,14-0,25)D = 2,1...3,75$ мм і приймаємо 3,0 мм. Потовщення серцевини до хвостовика складає 1,4 – 1,8 мм, приймаємо потовщення 1,5 мм на 100 мм довжини.

9. Зворотна конусність свердла на 100 мм довжини робочої частини знаходиться в межах 0,05 – 0,12, ми приймаємо 0,08.

10. Вибираємо ширину ленточки і висоту затилування по спинці і вибираємо по табл. 59 с. 124 [ ], в залежності від діаметра свердла $f_0 = 1,0\,мм \quad K = 0,4\,мм$.

11. Ширина пера $B = 0,58D = 0,58 \cdot 15 = 8,7\,мм$

12. Геометричні елементи профілю фрези для фрезерування канавки свердла визначають графічним або аналітичним способом. Скористаємось спрощеним аналітичним способом.

Великий радіус профілю

$$\boldsymbol{R_0 = C_R C_r C_\Phi D,}$$

де

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi\sqrt[3]{2\varphi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{118}}{30} = 0,493;$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot D}{d_c}\right)^{0,044} = \left(\frac{0,14 \cdot 15}{3,0}\right)^{0,044} = 0,984.$$

$$C_\Phi = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_\Phi}\right)^{0,9}.$$

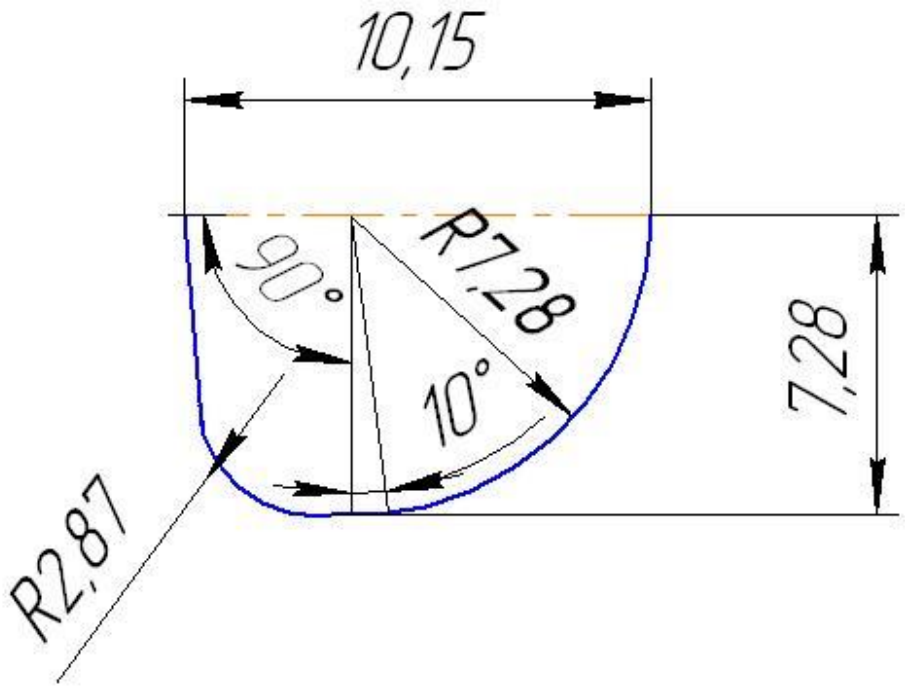
при діаметрі фрези, рівному $\boldsymbol{D_\Phi = 13\sqrt{D}}$, величина $\boldsymbol{C_\Phi = 1.}$

А значить, $R_0 = 0,493 \cdot 0,984 \cdot 1 \cdot 15 = 7,28мм$

Менший радіус профілю $\boldsymbol{R_k = C_k D,}$ де $C_k = 0,015\omega^{0.75} = 0,015 \cdot 30^{0.75} = 0,191.$

Значить, $R_k = 0,191 \cdot 15 = 2,87мм$. Ширина профілю $B = R_0 + R_k = 7,28 + 2,87 = 10,15мм.$

13. По знайденим розмірам будуємо профіль канавкової фрези рис. . Встановлюємо основні технічні вимоги і допуски на свердло по ГОСТ 2034-64. Граничні відхилення діаметрів свердла по ГОСТ 885-64. $D = 15_{-0,043}$ мм.



Профіль канавкової фрези

Радіальне биття робочої частини свердла відносно вісі хвостовика не повинна перевищувати 0,15 мм. Граничні відхилення кутів $2\varphi = 118 \pm 2^{\circ}$. Граничні відхилення кута нахилу гвинтової канавки $\omega = 30_{-2^{\circ}}$. Твердість робочої частини свердла HRC 62…65. Твердість лапки хвостовика свердла HRC 30…45.

14. Виконуємо робоче креслення свердла.

Таким чином, спроектоване свердло діаметром 15 мм відповідає всім вимогам високоякісного різального інструменту, забезпечуючи надійність, ефективність та довговічність у різноманітних умовах експлуатації. Використання сучасних методів проектування та розрахунку дозволяє створити інструмент, що відповідає найвищим стандартам якості, сприяючи підвищенню продуктивності та зниженню виробничих витрат.

3. Науково-дослідна

Дослідження слабкої ланки пристрою методом скінченних елементів у SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation – це інтегрований модуль для аналізу методом скінченних елементів (МСЕ), що дозволяє інженерам і конструкторам проводити детальний аналіз механічних систем і конструкцій безпосередньо в середовищі SolidWorks. Використання SolidWorks Simulation значно спрощує процес проектування і оптимізації виробів, зменшуючи необхідність фізичного тестування і тим самим знижуючи витрати і час на розробку.

Основи методу скінченних елементів

Метод скінченних елементів (МСЕ) – це числовий метод, що використовується для розв'язання диференціальних рівнянь, які описують поведінку фізичних систем. Основна ідея методу полягає у розбитті складної геометрії на простіші елементи, що називаються скінченними елементами. Ці елементи можуть бути тетраедральними, гексаедральними, трикутними або іншими типами, залежно від конкретного застосування.

Кожен скінченний елемент описується набором вузлів, у яких визначаються невідомі величини, такі як переміщення, напруження та деформації. Система рівнянь, яка описує взаємодію між цими елементами, формується і розв'язується для отримання бажаних результатів.

Можливості SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр інструментів для аналізу різних типів механічних навантажень і умов. Основні можливості включають:

1. Статичний аналіз: Визначення напружень, деформацій і факторів безпеки в конструкціях під дією статичних навантажень.
2. Динамічний аналіз: Вивчення поведінки конструкцій під дією часових навантажень, включаючи власні частоти і модальні форми коливань.
3. Тепловий аналіз: Аналіз температурних полів і теплових потоків у конструкціях, що дозволяє оцінити теплові навантаження і вплив температурних градієнтів.

4. Аналіз втоми: Оцінка довговічності конструкцій під дією циклічних навантажень, що дозволяє передбачити термін служби виробу.
5. Оптимізація конструкції: Автоматичний пошук оптимальних параметрів конструкції для досягнення найкращих характеристик міцності, жорсткості і маси.

Процес проведення аналізу

Процес проведення аналізу у SolidWorks Simulation складається з кількох основних етапів:

1. Створення геометричної моделі: Початковим кроком є створення або імпорт 3D моделі досліджуваного виробу. Важливо, щоб модель була геометрично правильною і повною.
2. Задання матеріальних властивостей: Вибір матеріалів для кожного компонента моделі. SolidWorks Simulation містить велику бібліотеку матеріалів з параметрами, які можна редагувати або додавати нові матеріали.
3. Побудова сітки скінченних елементів: Розбиття моделі на скінченні елементи. Розмір і тип елементів впливають на точність і швидкість розрахунків.
4. Задання граничних умов і навантажень: Визначення умов закріплення і прикладення навантажень. Це можуть бути механічні сили, моменти, тиск, температурні зміни тощо.
5. Проведення розрахунків: Запуск процесу розрахунків, у ході якого SolidWorks Simulation вирішує систему рівнянь і генерує результати.
6. Аналіз результатів: Отримання та інтерпретація результатів у вигляді епюр напружень, деформацій, температурних полів тощо. Це дозволяє виявити критичні зони і оцінити поведінку конструкції під навантаженням.
7. Оптимізація конструкції: На основі аналізу результатів можуть бути запропоновані зміни для підвищення міцності, зниження ваги або

поліпшення інших характеристик. SolidWorks Simulation дозволяє автоматично знаходити оптимальні рішення.

Переваги використання SolidWorks Simulation

1. Інтеграція з SolidWorks: SolidWorks Simulation є повністю інтегрованим з основним середовищем SolidWorks, що дозволяє швидко переходити від проектування до аналізу без необхідності експортувати модель у зовнішні програми.
2. Швидкість і точність: Використання МСЕ дозволяє швидко і точно визначати напружено-деформований стан конструкцій, що значно зменшує потребу у фізичних прототипах і тестуваннях.
3. Зниження витрат: Аналіз у віртуальному середовищі зменшує витрати на матеріали і виготовлення прототипів, а також скорочує час на розробку виробів.
4. Покращення якості виробів: Оптимізація конструкцій за допомогою SolidWorks Simulation дозволяє створювати більш надійні і довговічні вироби, що відповідають високим стандартам якості.

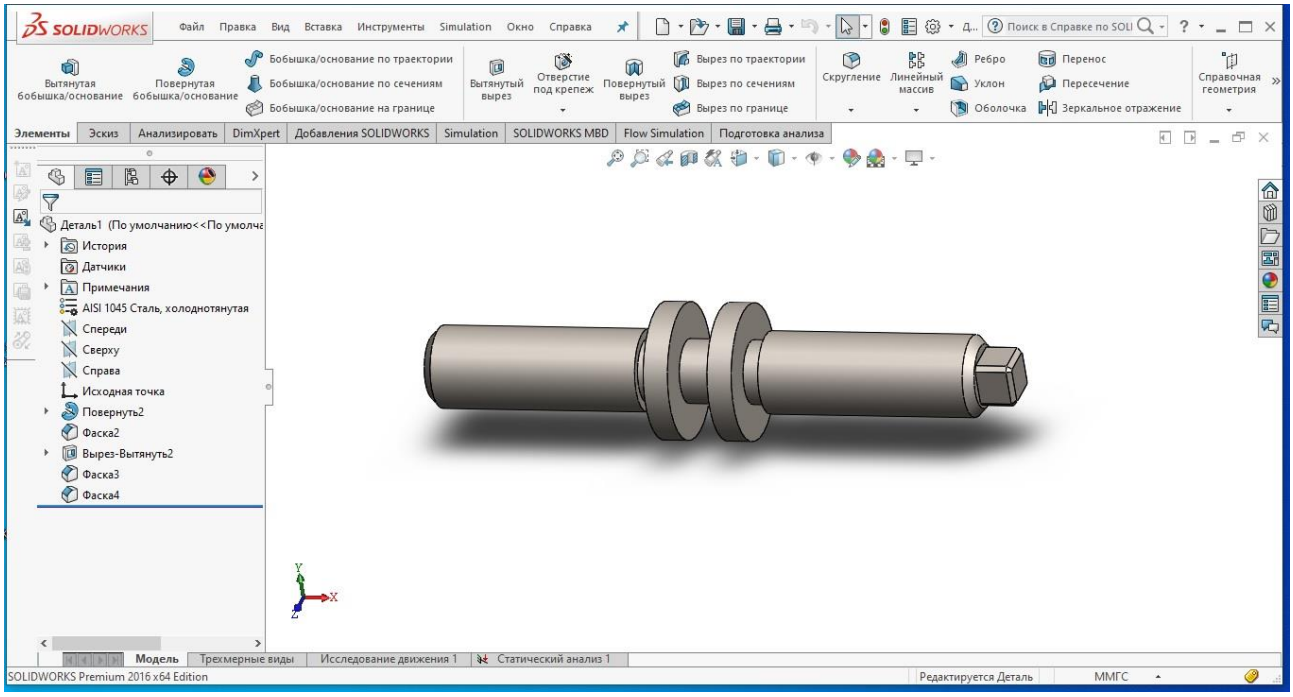
SolidWorks Simulation є потужним інструментом для інженерів і конструкторів, що дозволяє ефективно проводити аналіз і оптимізацію механічних систем і конструкцій. Використання методу скінченних елементів у цьому програмному середовищі забезпечує високу точність результатів і дозволяє значно скоротити час і витрати на розробку нових виробів. Завдяки інтерфейсу, що легко освоюється, і широкому спектру можливостей, SolidWorks Simulation стає незамінним інструментом у сучасному машинобудуванні та проектуванні.

Послідовність виконання

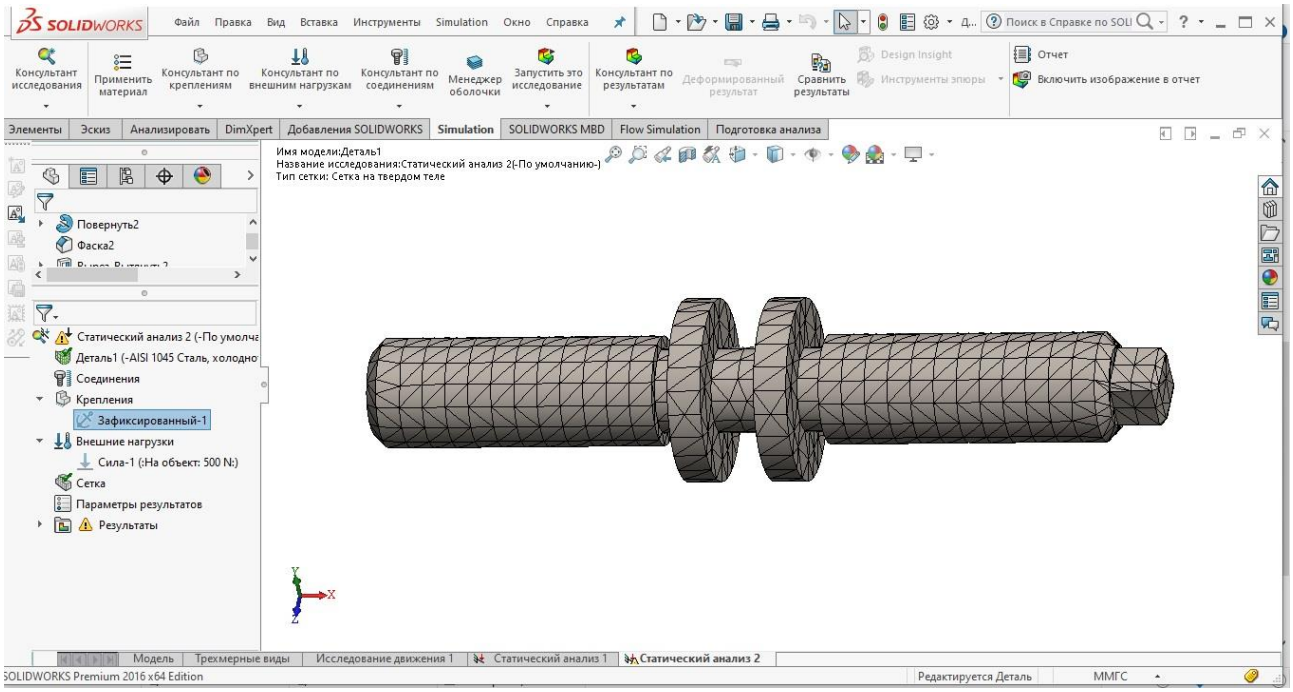
1. Створення геометричної моделі:
2. Задання матеріальних властивостей:
3. Задання граничних умов та навантажень:
4. Побудова сітки скінченних елементів:
5. Проведення аналізу:

6. Інтерпретація результатів:

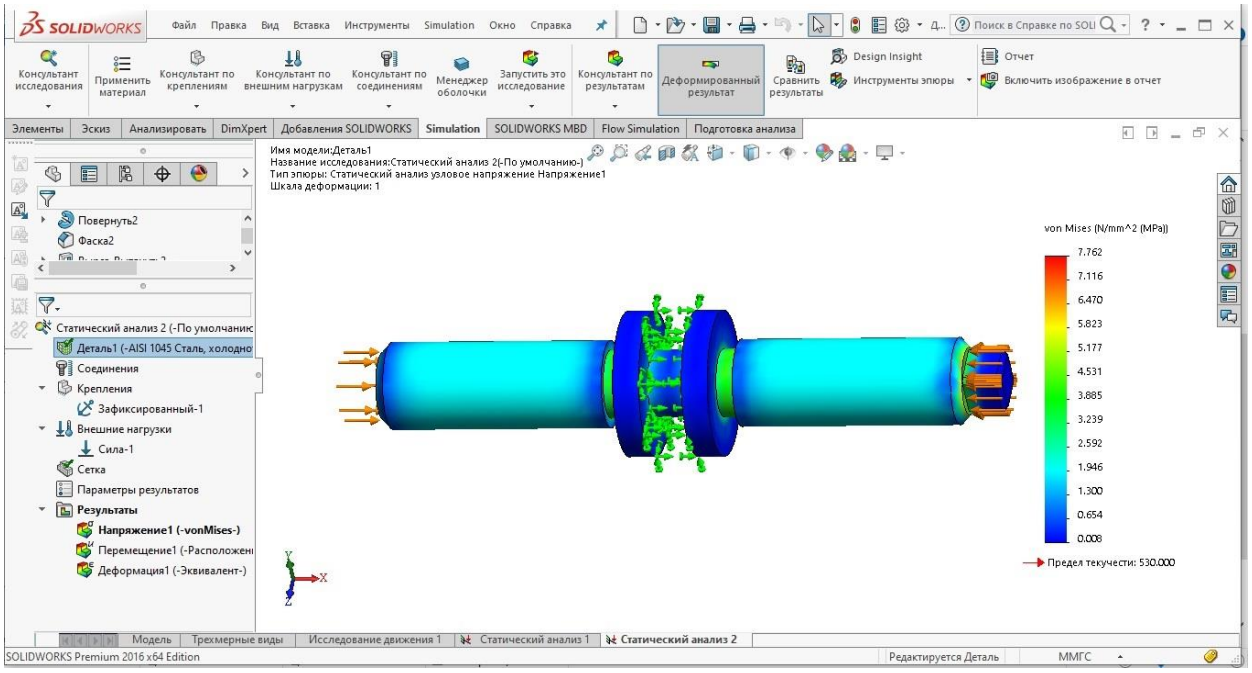
7. Оптимізація конструкції:



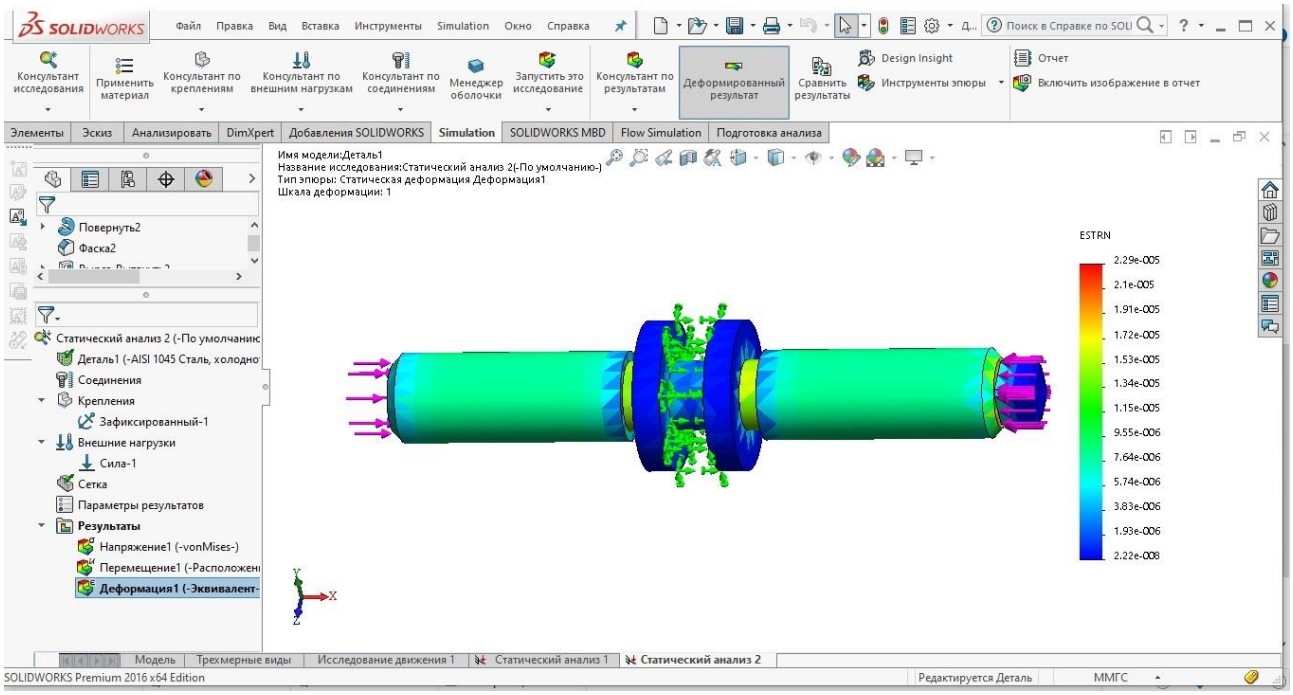
Просторова 3D модель



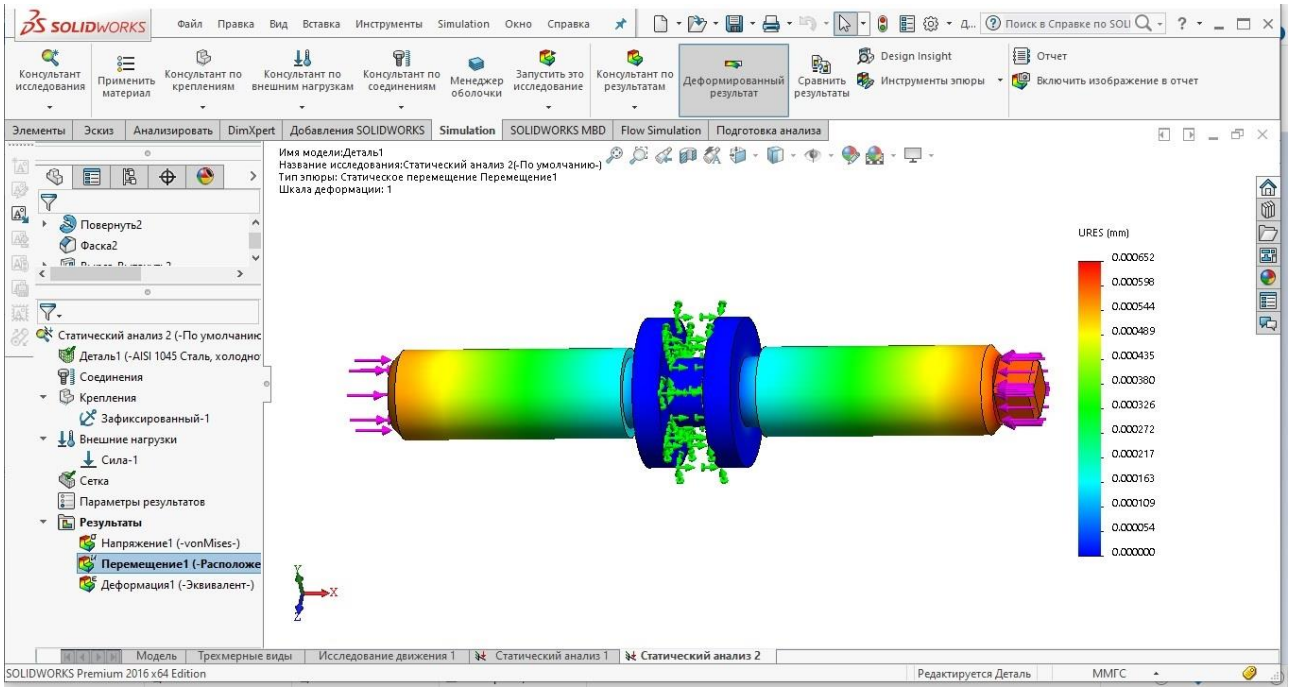
Побудова сітки



Епюра напружень за Мізесом



Епюра деформацій



Епюра переміщень

Список використаних джерел

1. Сторож Б.Д., Войтенко П.В. – Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування» - Івано-Франківськ: Факел, 2000р. – 78 с.
2. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т., Т.1/ Під ред. А. Г. Косилової та Р. К. Мещерякова – 4-е вид., перероб. та доп. – М.: Машинобудування, 1985, 496 с.
3. Руденко П.А. – Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – Київ: Вища школа, 1993 – 414 с.
4. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсове проектування з технології машинобудування. – Мінськ: Вища школа, 1985, 256 с.
5. ГОСТ 7505-89. Поковки сталеві штамповки. Допуски, припуски і ковальські напуски.
6. Руденко П.О. та ін. Проектування і виробництво заготовок у машинобудуванні, - Київ: Вища школа, 1991. - 247 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т., Т.2/ Під ред. А. Г. Косилової та Р. К. Мещерякова – 4-е вид., перероб. та доп. – М.: Машинобудування, 1985, 496 с.
8. Проектування верстатних пристосувань В.Н. Нарушкін Мінськ: Вища школа, 1965.
9. Барановський Ю.В. – Режими різання металів. Довідник – М: Машинобудування, 1972р., 408 с.
10. Загальномашинобудівні нормативи часу допоміжного, на обслуговування робочого місця та підготовчо-заключного для технічного нормування верстатних робіт. Довідник – М: Машинобудування, 1974р., 453 с.
11. ГОСТ 7505-89.

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			
	Інв. №	Підпис	Дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІФНТУНГ

ІФНТУНГ

“УЗГОДЖЕНО” _____

“ЗАТВЕРДЖУЮ” _____

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

ИА11165-50В

Диск

Перевірив:

Розробив: Добровольський

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

						Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

	1	2

Розробив				ІФНТУНГ	ИА11165-50В	
Перевірив						
				Диск	Н	
Н. контр.						

М01	Сталь 20 ГОСТ 1050-88										
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ	НВ 182
М02	09503х	кг	0,52	1	0,75	0,77	4128хх	Штамповка 80,4х85,4х31	1	0,68	

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції	Позначення документу
Б	Код найменування операції					См Проф. Р Уп Кр Ковд Он Оп Кшт Тп.з Тшт
Р						ПИ D або B L t i S N V
01	хх	хх	хх	005	Заготівельна	
02						
03	хх	хх	хх	010	Токарна з ЧПК	ІТБ 20140.00001 60140.00001
04					16К20Ф3	2 18217 4 10 1 1 1 200 1 24 1,00
05						
06	хх	хх	хх	015	Гальванічна	
07						
08	хх	хх	хх	020	Термічна	
09						
10	хх	хх	хх	025	Токарна з ЧПК	ІТБ 20140.00002 60140.00002
11					16К20Ф3	2 18217 4 10 1 1 1 200 1 24 1,98
12						
13	хх	хх	хх	030	Токарна з ЧПК	ІТБ 20140.00003 60140.00003
14					16К20Ф3	2 18217 3 10 1 1 1 200 1 24 2,07
15						
16	хх	хх	хх	035	Токарна з ЧПК	ІТБ 20140.00004 60140.00004
17					16К20Ф3	2 18217 3 10 1 1 1 200 1 24 1,35
МК						

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	
													2	2	

| | | | | | | | | | | | | | | |

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

						Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

Дубл.						
Взамін						
Підпис						
Розробив				ІФНТУНГ	ИА11165-50В	
Перевірив						
				Диск		055
Н. контр.						

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
Плоскошліфувальна	Сталь 20 ГОСТ 1050-88	182 НВ	кг	0,52	Штамповка 80,4х85,4х31	0,68	1

Обладнання, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	$T_д$	Тп.з	Тшт.	МОР
3Е711	-	1,78	1,85	15	4,03	Емульсія

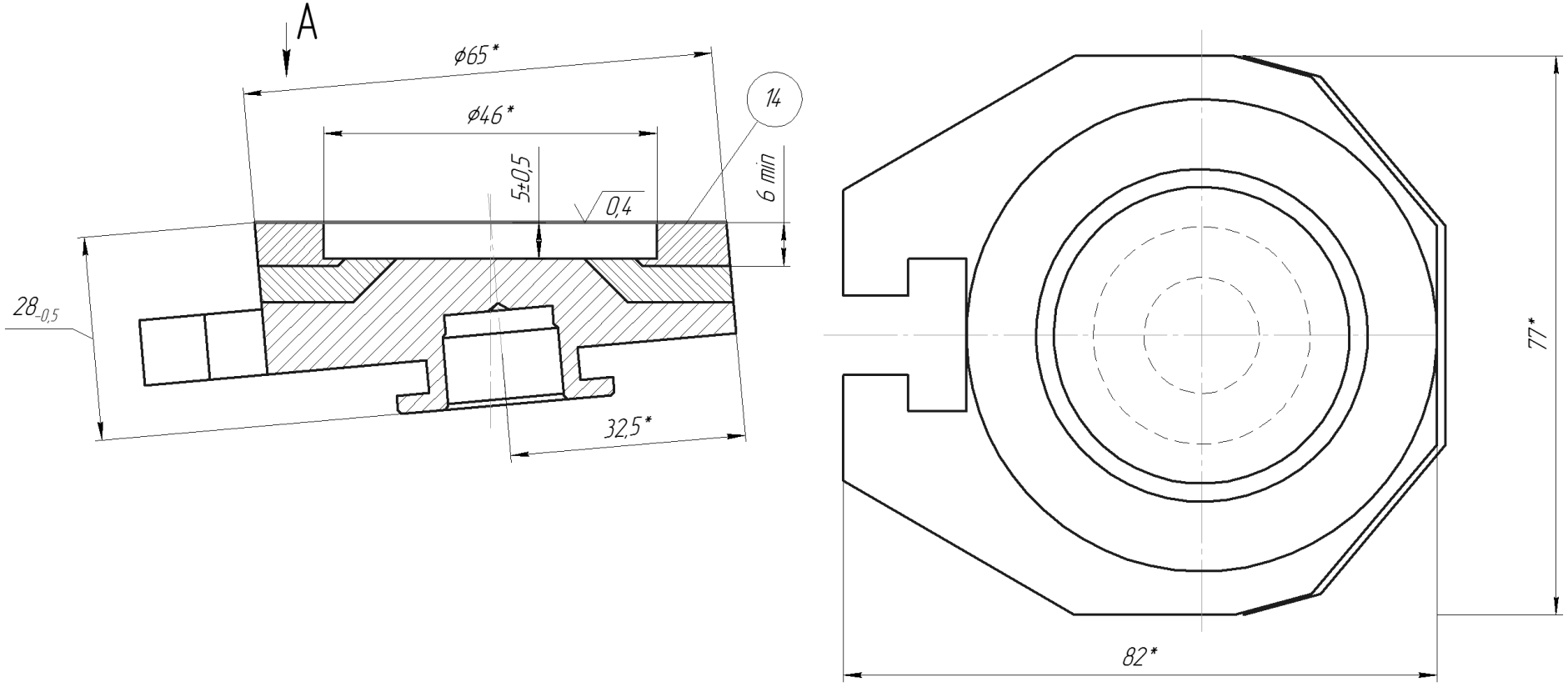
Р		ПН	Dабо В	L	t	i	s	n	v	T_O	$T_{шт}$
01			мм	мм	мм		мм/об	хв.$^{-1}$	м/хв	хв	хв
02	А. Встановити і закріпити деталь										
03	369114 Пристрій спеціальний										
О04	1. Шліфувати пов. 14 в розмір $28_{-0,5}$ з шорсткістю 0,4 мкм										
Т05	398110 Шліфувальний круг ПП 250х40х76 24А 32-Н СМ1 6 К5 35м/с 1клА ГОСТ 2224-83, Штангенциркуль ШЦ-1 – 0,05 ГОСТ 166-92										
Р06			250	0,5	0,01	-	0,01	2675	30	1,78	4,03
07											
08	Б. Зняти деталь										
09											
10	Контроль: Робітник 100%,										
11	Майстер 30%										
12											
13											
14											
15											
16											
17											

ОК	

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

				Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

Дубл.							
Взамін.							
Підпис							
Розробив				ІФНТУНГ	ИА11165-50В		
Перевірив							
				Диск			055
Н. контр.							



* Розмір для довідок

КЕ	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
				Розрахунково-пояснювальна записка		
				Комплект технологічної документації		
			БР.ПМ-54.00.000 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	БР.ПМ-54.00.001	Опора	1	
		2	БР.ПМ-54.00.002	Палець	2	
		3	БР.ПМ-54.00.003	Плита	1	
		4	БР.ПМ-54.00.004	Шпонка	2	
		5	БР.ПМ-54.00.005	Вісь	1	
		6	БР.ПМ-54.00.006	Кришка	2	
		7	БР.ПМ-54.00.007	Втулка	2	
		8	БР.ПМ-54.00.008	Штовхач	2	
		9	БР.ПМ-54.00.009	Губка	2	
		10	БР.ПМ-54.00.010	Втулка	2	
		11	БР.ПМ-54.00.011	Плита	1	
		12	БР.ПМ-54.00.012	Кільце	1	
				Стандартні вироби		
		13		Болт М6х32 ГОСТ 15589-70	8	
		14		Болт М8х4032 ГОСТ 15589-70	2	
		15		Шайба 8 ГОСТ 10450-78	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Добровольський		
Пров.		Костюк Н. О.		
Реценз.				
Н.контр.		Костюк Н. О.		
Утв.		Панчук В. Г.		

БР.ПМ-54.00.000

Пристрій фрезерний

Лит.	Лист	Листов
	1	1

ІФНТУНГ

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
A1			БР.ПМ-54.00.000 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	БР.ПМ-54.00.001	Ручка	1	
		2	БР.ПМ-54.00.002	Плита	1	
		3	БР.ПМ-54.00.003	Корпус	1	
		4	БР.ПМ-54.00.004	Втулка	1	
		5	БР.ПМ-54.00.005	Корпус	1	
		6	БР.ПМ-54.00.006	Диск	1	
		7	БР.ПМ-54.00.007	Кронштейн	1	
		8	БР.ПМ-54.00.008	Гвинт	1	
		9	БР.ПМ-54.00.009	Втулка	1	
		10	БР.ПМ-54.00.010	Заглушка	1	
		11	БР.ПМ-54.00.011	Регулятор	1	
		12	БР.ПМ-54.00.012	Стійка	2	
		13	БР.ПМ-54.00.013	Вісь	1	
		14	БР.ПМ-54.00.014	Тримач	1	
		15	БР.ПМ-54.00.015	Упор	2	
				Стандартні вироби		
		16		Гвинт М4х10 ГОСТ13434-68	4	
		17		Гвинт М8х20 ГОСТ13434-68	6	
		18		Гвинт М10х10 ГОСТ13434-68	6	
		19		Індикаторна головка ИГ-1 ГОСТ 17522-76	3	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Добровольський		
Пров.		Костюк Н. О.		
Реценз.				
Н.контр.		Костюк Н. О.		
Утв.		Панчук В. Г.		

БР.ПМ-54.00.000

Пристрій контрольний

Лит.	Лист	Листов
	1	2

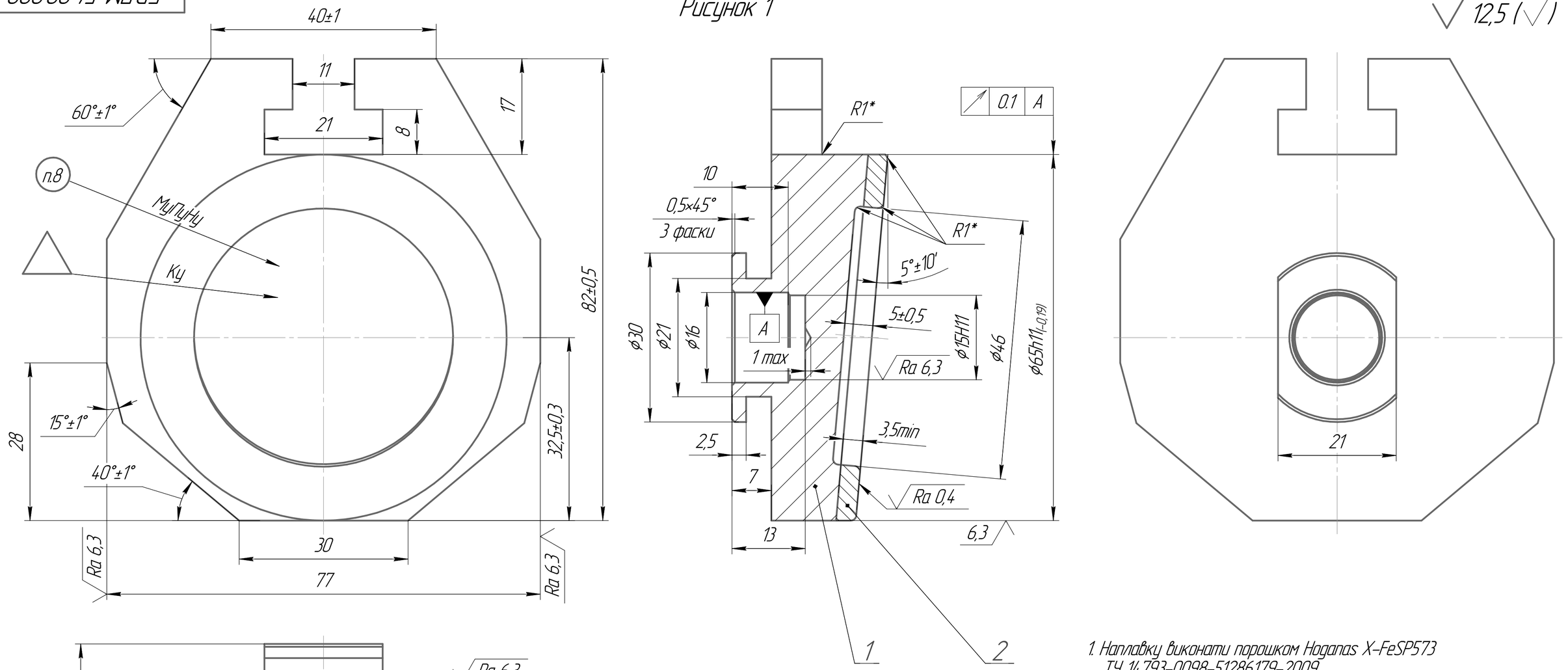
ІФНТУНГ

Копировал

Формат А4

БР.ПМ-54.00.000

Рисунок 1



1. Наплавку виконати порошком Hoganas X-FeSP573 ТУ 14.793-0098-51286179-2009. Термообробку по РД 2730.300.06-98.
2. При наплавленні ЦН-12М ГОСТ 9466-75 ГОСТ 10051-75 з підшаром електродами ОЗЛ-6 ГОСТ 10052-75 наплавлення та термообробка по ОСТ 5.9937-84, товщина підшару 5 мм, товщина наплавлення 6 мм.
3. Контроль якості наплавлення по ИА11165-50 ТБ2; -50Нж ТБ2.
4. *Розмір забезпечити інструментом.
5. **Розміри для довідок.
6. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
7. Невказані шорсткості поверхонь деталі поз. 1 Ra ≤ 12,5 мкм.
8. Маркувати шрифтом 3-Пр3 ГОСТ 26.008-85.

Позначення	Рис.	Для деталі поз. 1			Застосування
		Матеріал	Контроль якості матеріалу	Вимоги до заготовок	
ИА11165-50В	1 або 2	Сталь 20 ГОСТ 1050-88	ИА11165-50 ТБ1	по Гр. IV СТ ЦКБА 010-2004	ИА11165-50
-01	1 або 3	Сталь 08Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	ИА11165-50Нж ТБ1	по Гр. IV и Гр. VII СТ ЦКБА 010-2004	ИА11165-50-01

Рисунок 2 (1:1) інше див. Рис. 1

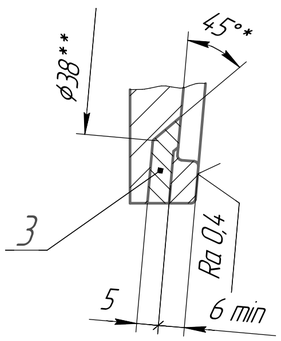
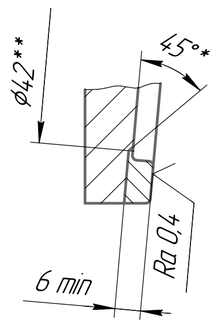


Рисунок 3 (1:1) інше див. Рис. 1



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ-54.00.000			
Разраб.	Добровольський				Диск	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.	Костюк Н. О.					O_1	0,52	2:1
Т.контр.	Костюк Н. О.				Складальне креслення	Лист	Листов 1	
Реценз.					–	ІФНТУНГ		
Н.контр.	Костюк Н. О.							
Утв.	Панчук В. Г.							

Перев. примен. ИА11165-50В

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

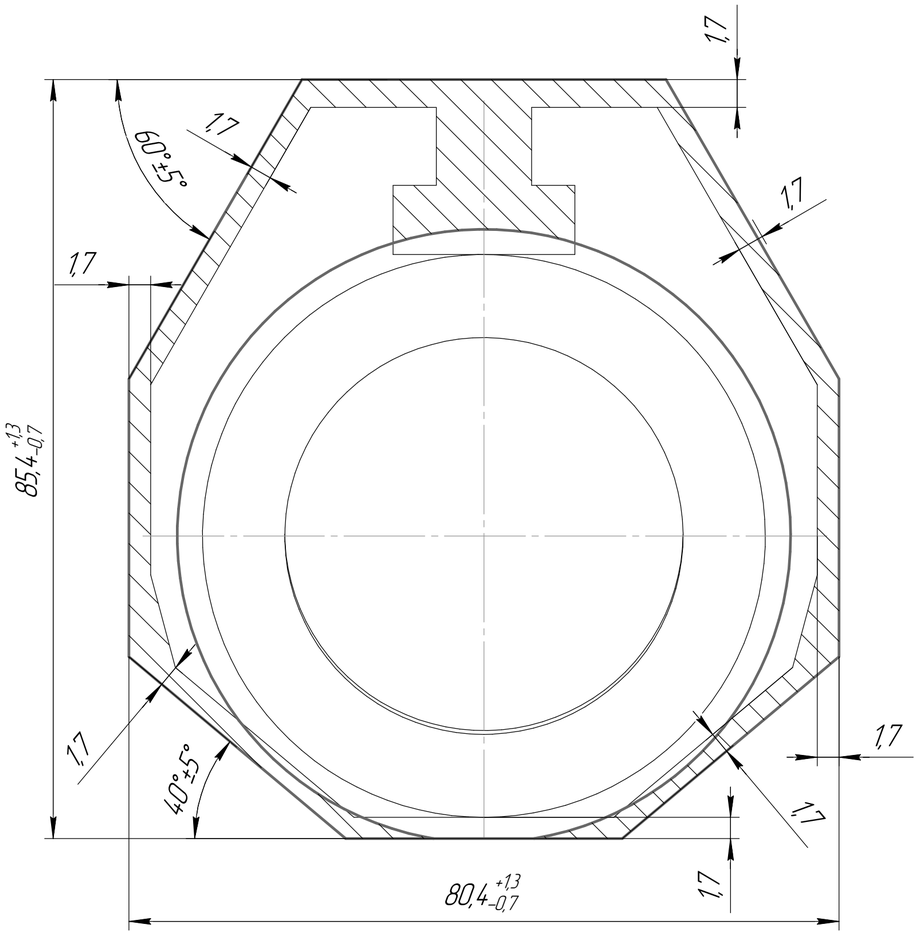
Взам. инв. №

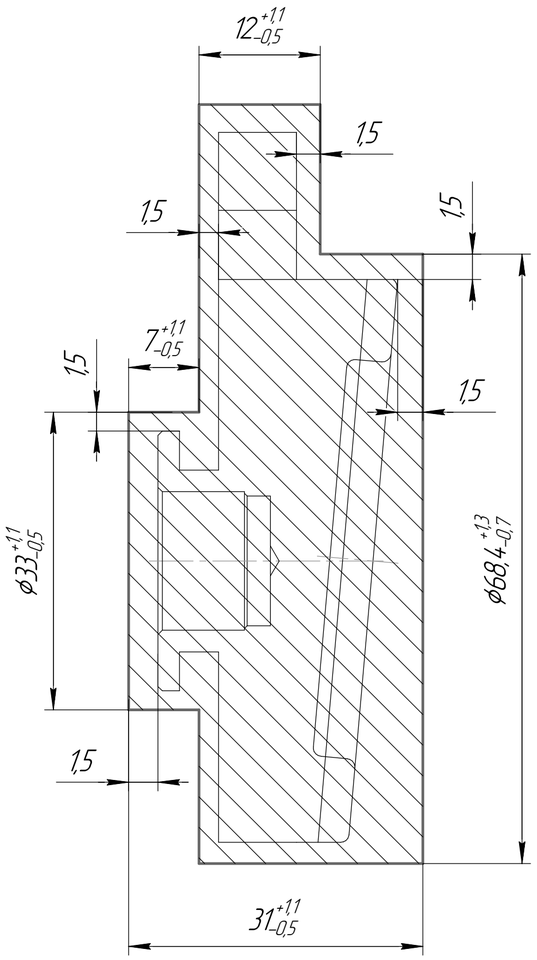
Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А2





1. Вихідний індекс 10.
2. Радіуси закруглень R=2,0
3. Гранична величина зміщення по верхній роз'єму до 0,2 мм
4. Допустима величина заусенця по контуру пуансона 1,0 мм
5. Граничні, відхилення від прямолінійності 0,5
6. Допуск радіусів закруглень 0,5
7. Штампувальні нахили 5°

					БР.ПМ – 54.00.000		
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата	Штамповка	Лит.	Масса 0,68 / Масштаб 2:1
Разраб.		Добровольський				Лист	Листов 1
Пров.		Костюк Н. О.					
Т.контр.		Костюк Н. О.					
Реценз.					Сталь 20 ГОСТ 1050-88	ІФНТУНГ	
Н.контр.		Костюк Н. О.					
Утв.		Панчук В. Г.					

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

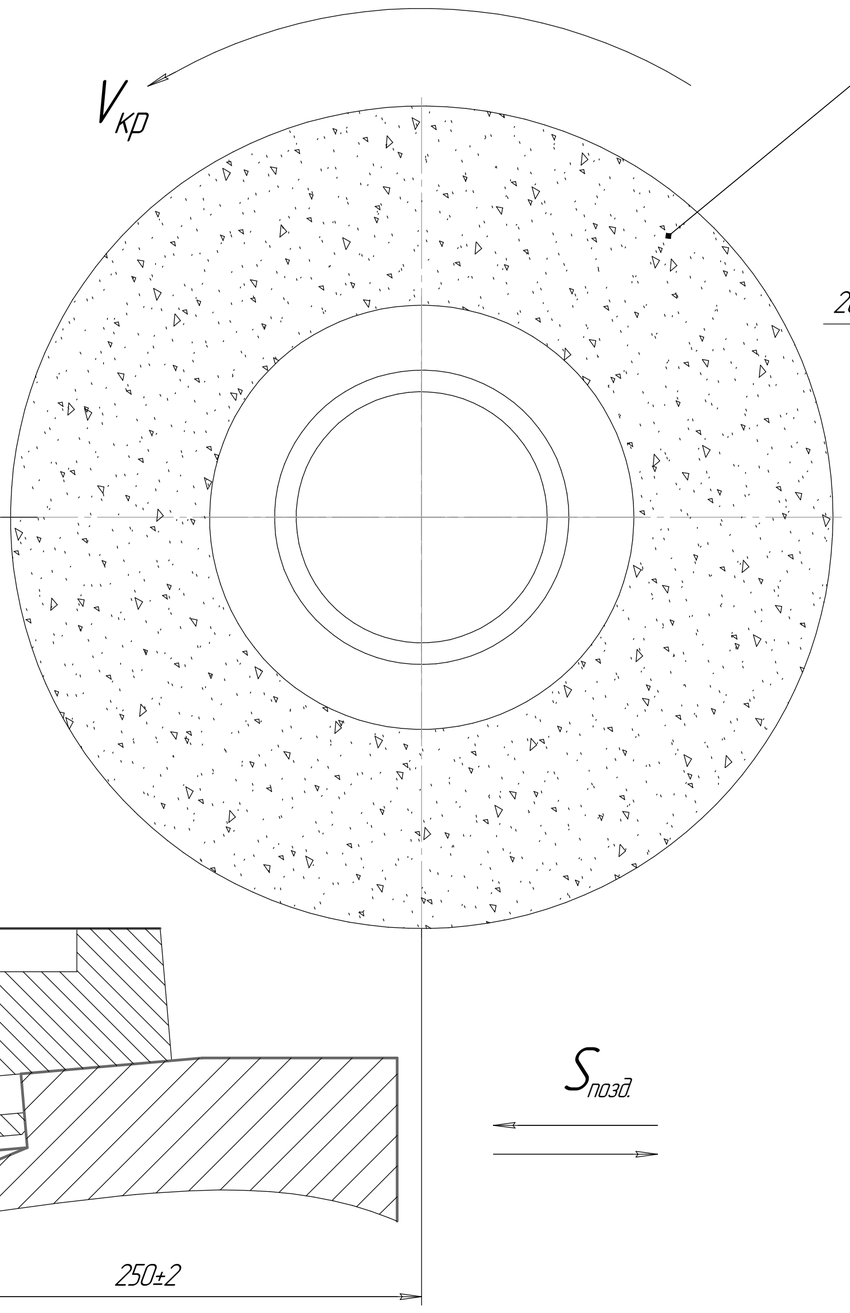
Подп. и дата

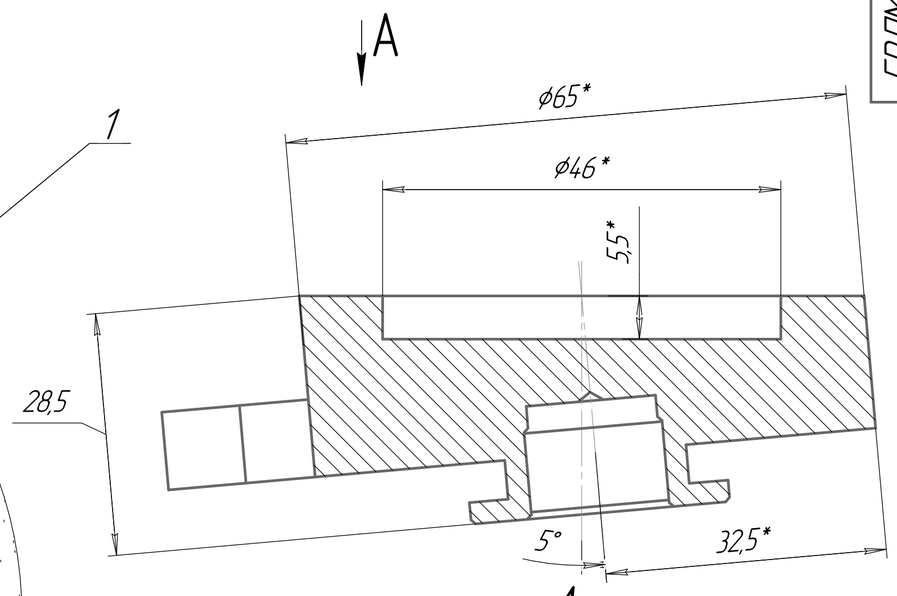
Инв. № подл.

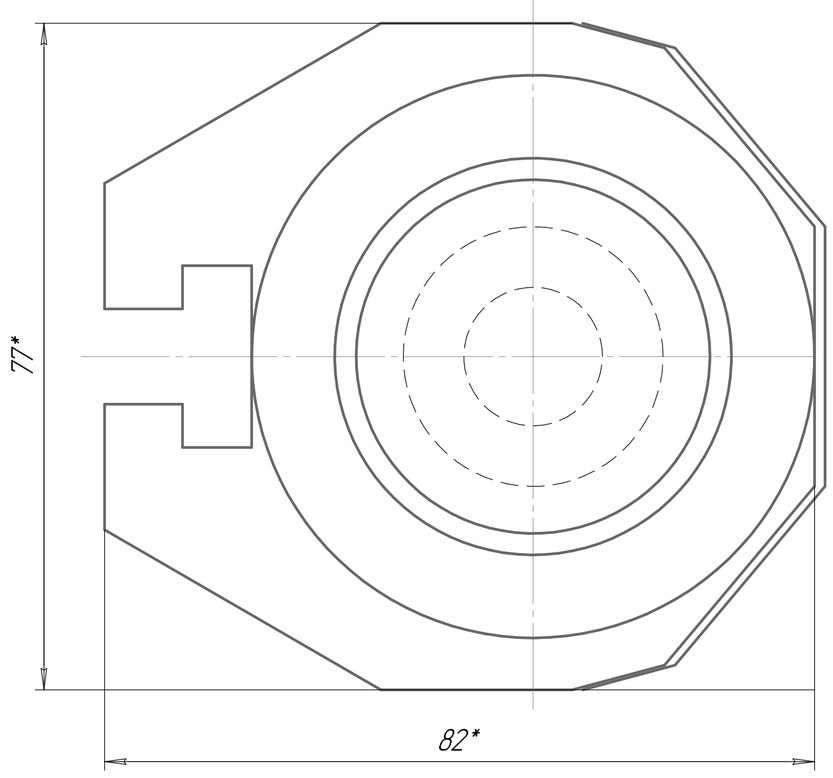
Карта наладки в конструктивному виконанні до моделі верстату 3Е711

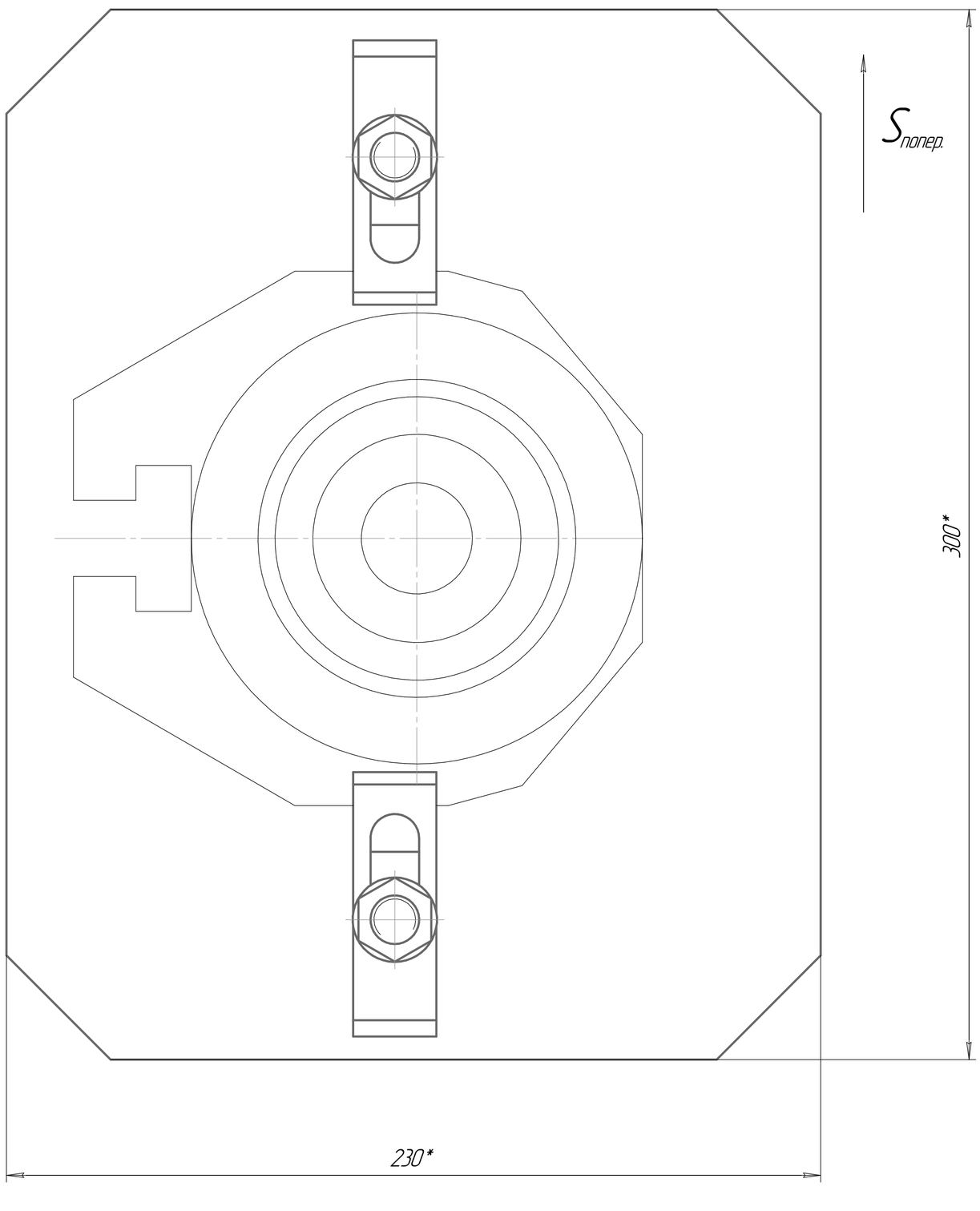
БР.ПМ – 54.00.000

Деталь до обробки

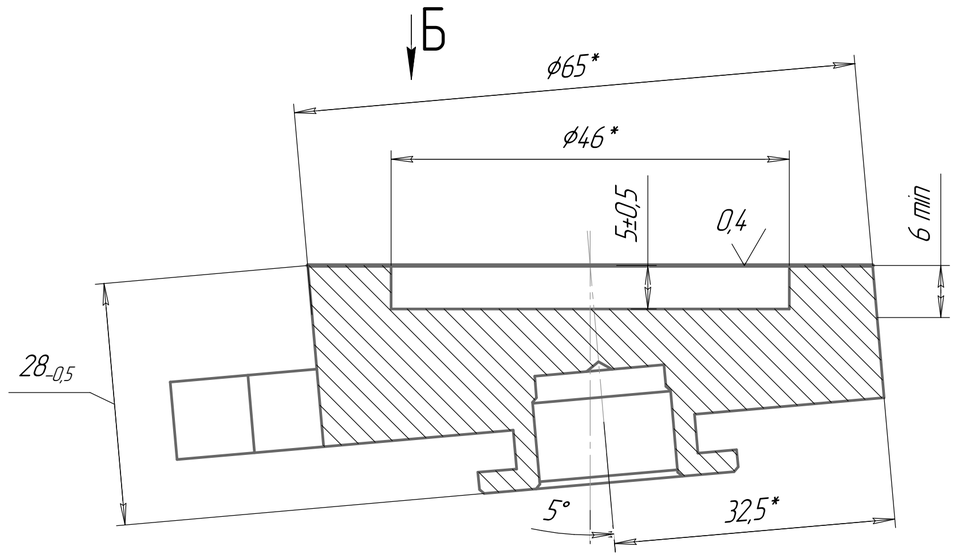


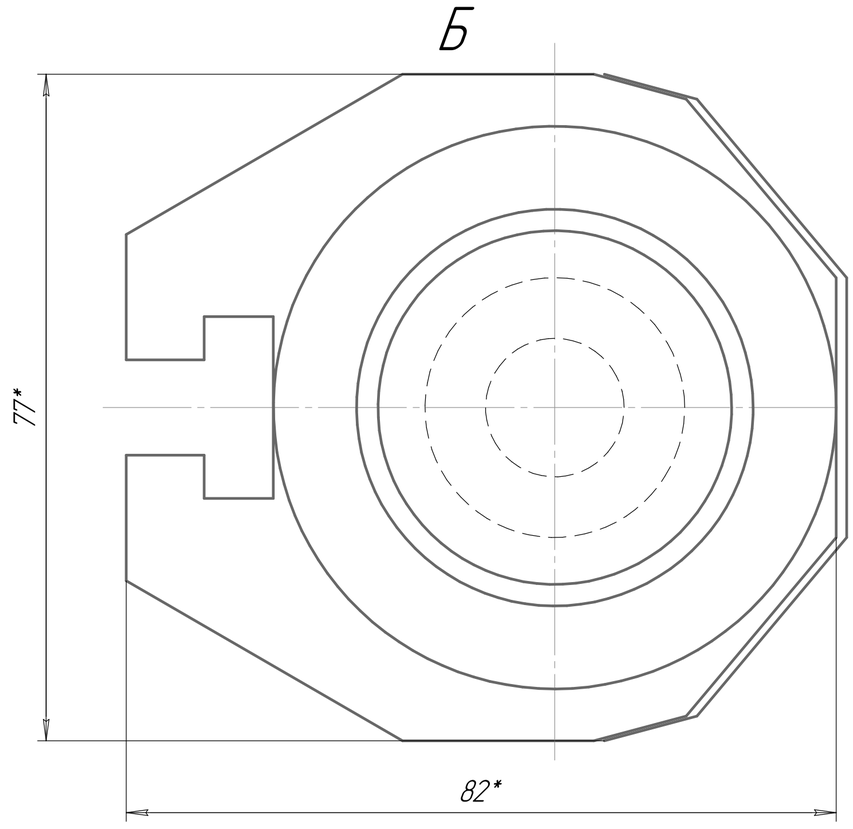






Деталь після обробки





* Розмір для довідок

055 Круглошліфувальна шліфувати пов. 14	Круглошліфуальний 3Е711	Пристрій спеціальний Оправка 6222-0035 ГОСТ 13785-68	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.05 ШГОСТ 166-87								1,78	1,85			
				1	Шліфувальний круг ПП 250х40х76 24А 32-Н СМ1 6 К5 35м/с 1кл А ГОСТ 2224-83										
						0,01	2,5	30	2675						
Найменування і короткий зміст операції.	Обладнання (тип і модель)	Пристрій і допоміжний інструмент.	Вимірний інструмент.	№ п/п на карті	Найменування і короткий зміст	t (мм)	S (м/хв)	V (м/хв)	n (хв⁻¹)	To (хв)	Tд (хв)				
				Ріжучий інструмент.											

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Добровольський		
Пров.		Костюк Н. О.		
Т.контр.		Костюк Н. О.		
Реценз.				
Н.контр.		Костюк Н. О.		
Утв.		Панчук В. Г.		

БР.ПМ – 54.00.000

Карта наладки

Лит.	Масса	Масштаб
	–	1:1

Лист	Листов

–

ІФНТУНГ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

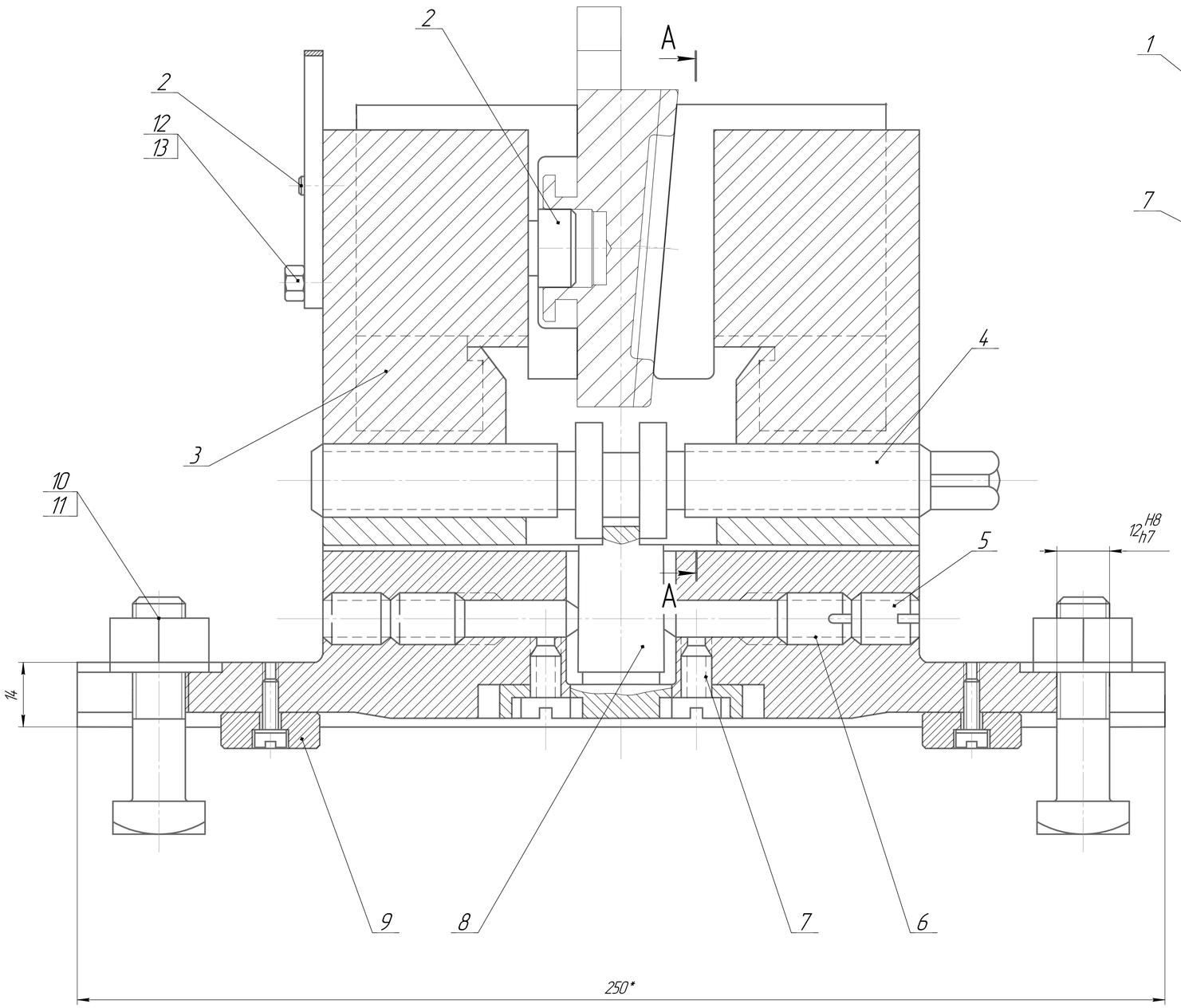
Подп. и дата

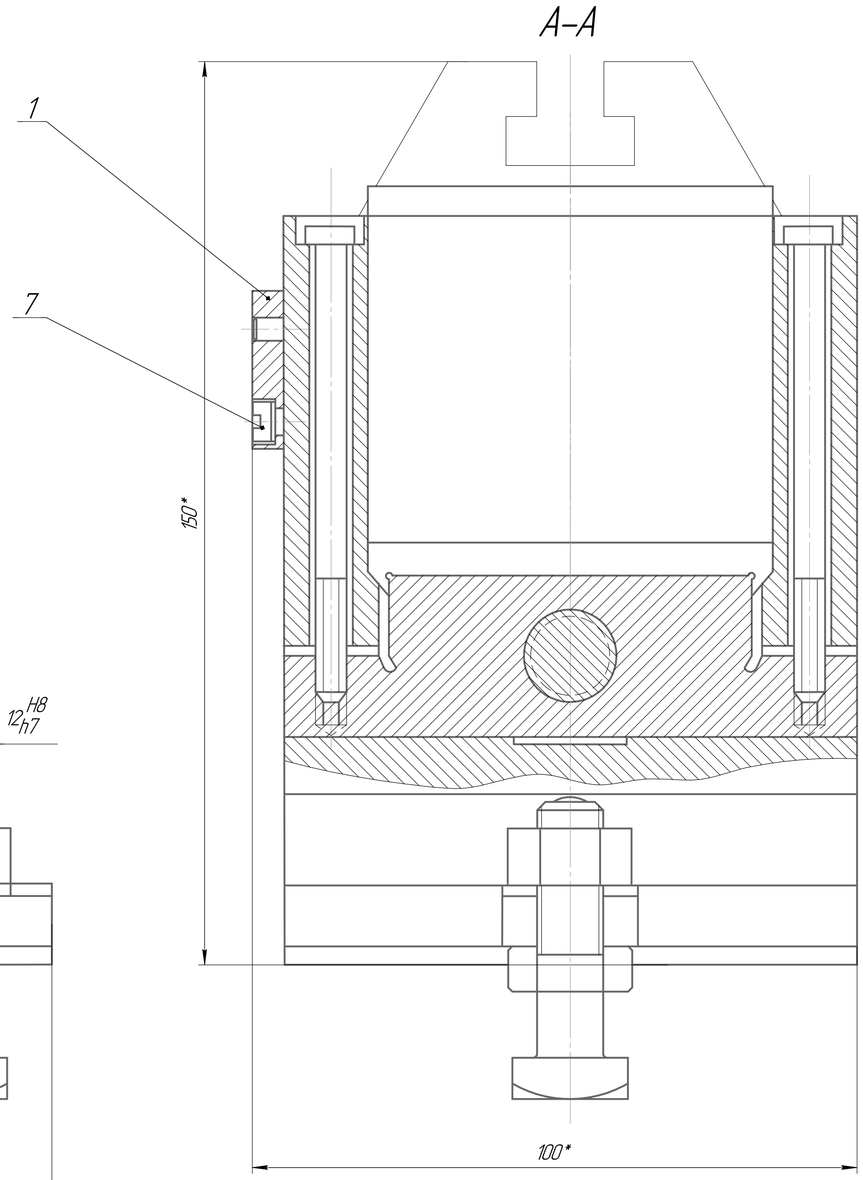
Инв. № подл.

Копировал

Формат А1

БР.ПМ – 54.00.000





1. Пристрій призначений для вертикально-фрезерного верстату з ЧПК моделі 6Р11Ф3-1.
2. * Розмір для довідок.

					БР.ПМ – 54.00.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Добровольський			Пристрій фрезерний	Лит. / Масса / Масштаб: – / 2:1
Пров.		Костюк Н. О.				Лист 1 / Листов 1
Т.контр.		Костюк Н. О.				
Реценз.					–	ІФНТУНГ
Н.контр.		Костюк Н. О.				
Утв.		Панчук В. Г.				

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

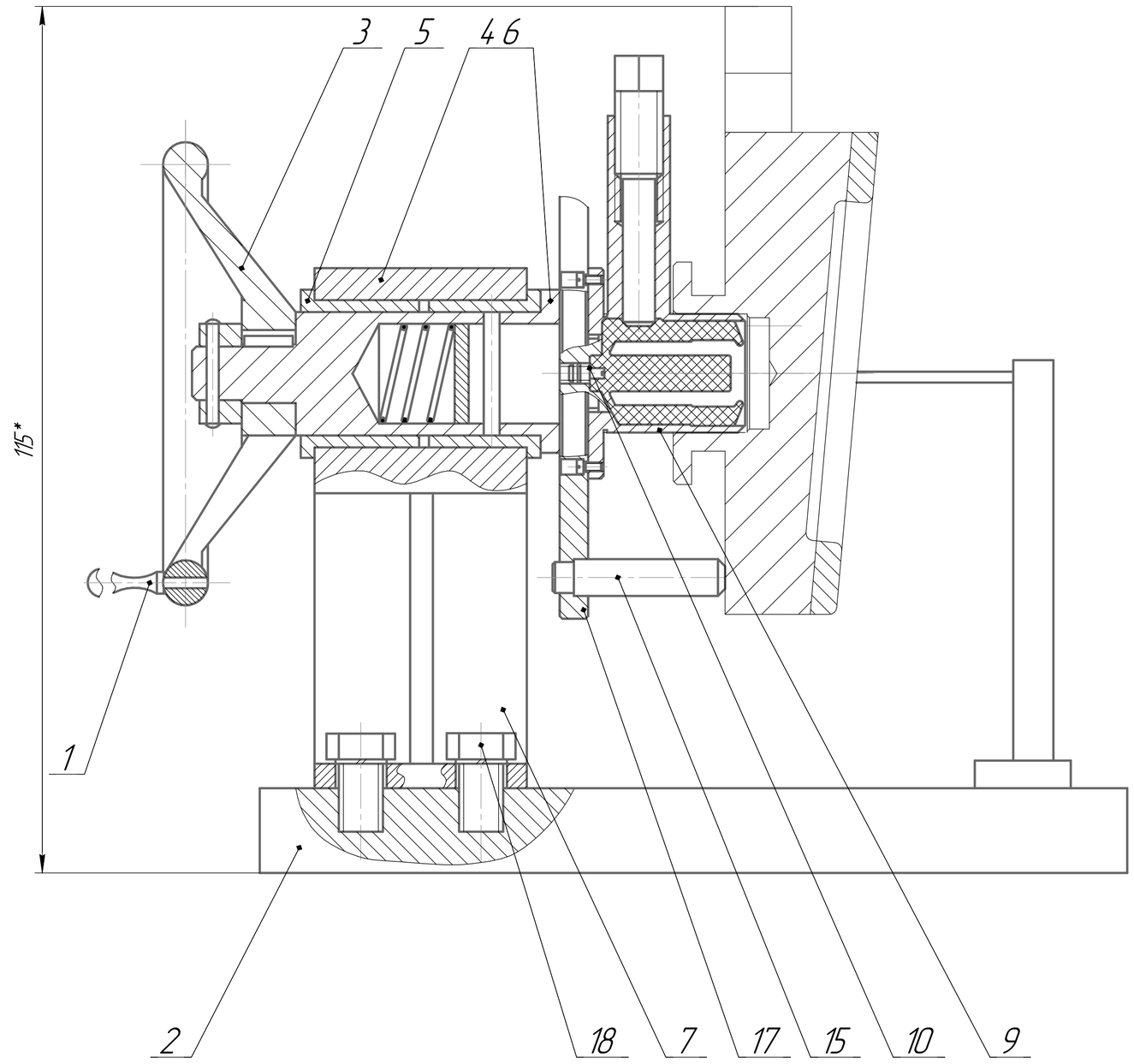
Инв. № дубл.

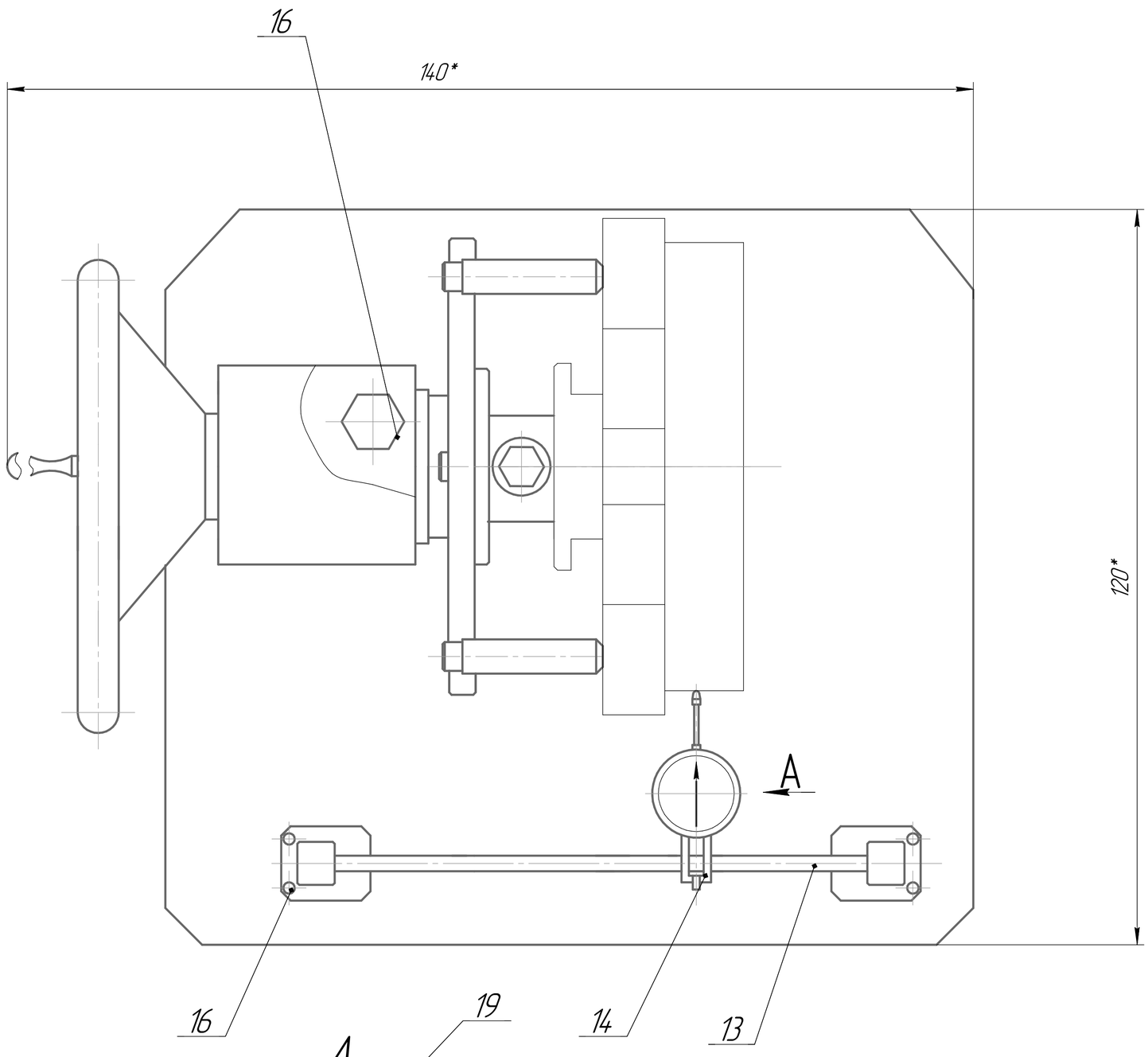
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

БР.ПМ – 54.00.000





1. Пристрій для контролю торцового тарадіального биття.
2. Присирій може поміщати до 3 індикаторів одночасно.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Добровольський		
Пров.		Костюк Н. О.		
Т.контр.		Костюк Н. О.		
Реценз.				
Н.контр.		Костюк Н. О.		
Утв.		Панчук В. Г.		

БР.ПМ – 54.00.000

Пристрій контрольний

Лит.	Масса	Масштаб
Н	–	2:1

Лист 1 Листов 1

–

ІФНТУНГ

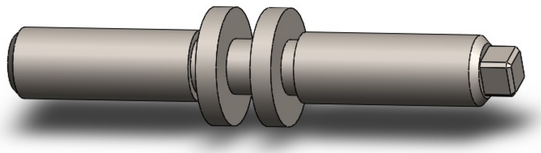
Копировал

Формат А1

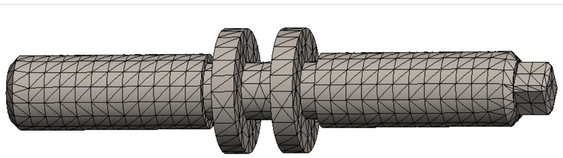
Дослідження слабкої ланки пристрою методом скінченних елементів у SolidWorks Simulation

Послідовність виконання

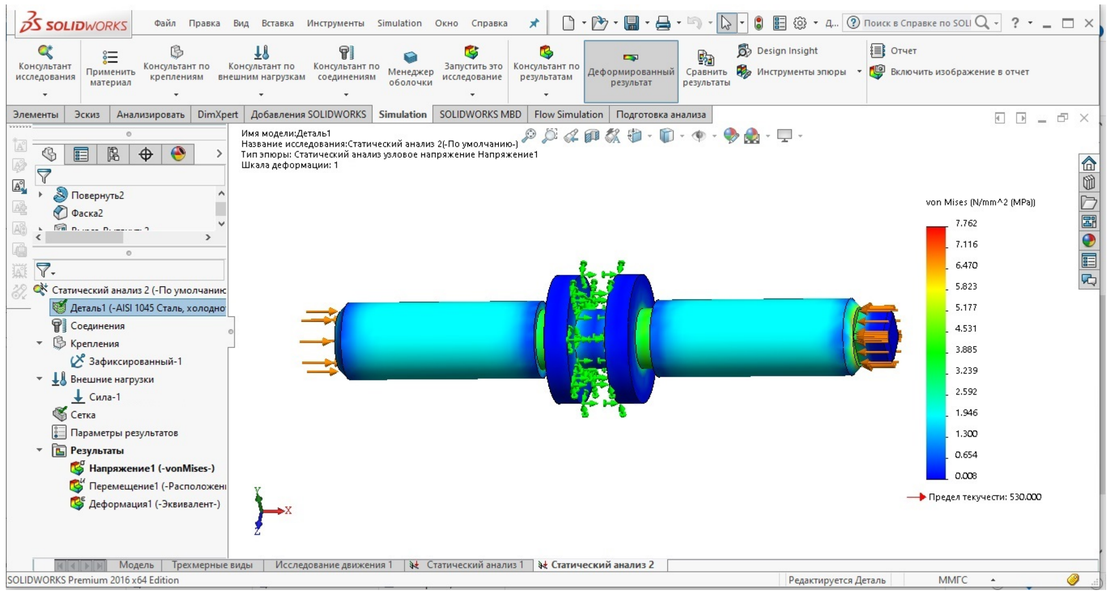
1. Створення геометричної моделі:
2. Задання матеріальних властивостей:
3. Задання граничних умов та навантажень:
4. Побудова сітки скінченних елементів:
5. Проведення аналізу:
6. Інтерпретація результатів:
7. Оптимізація конструкції:



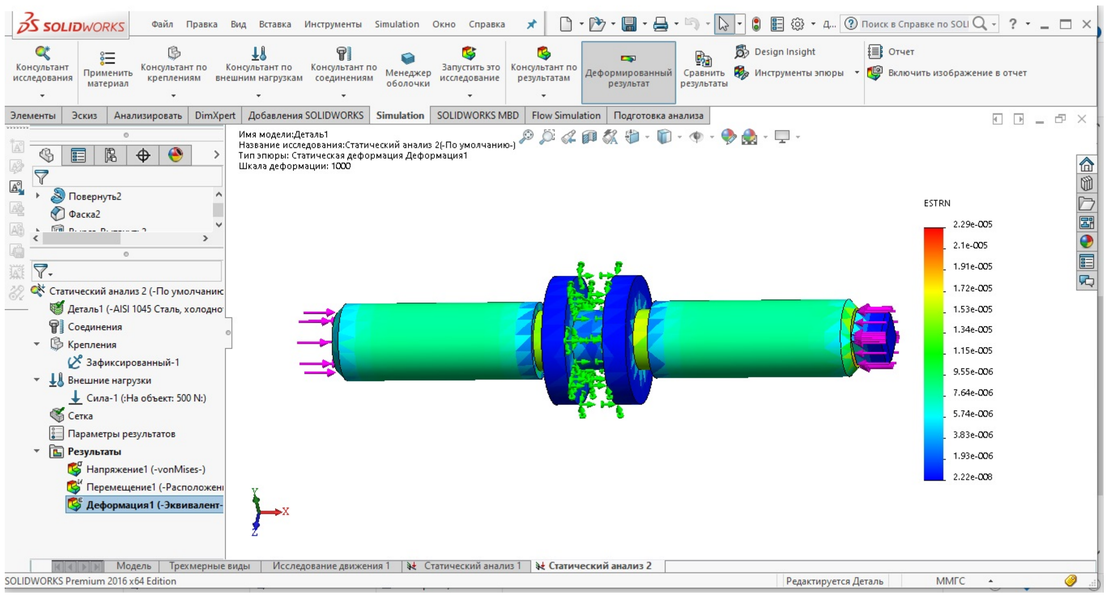
Просторова 3D модель



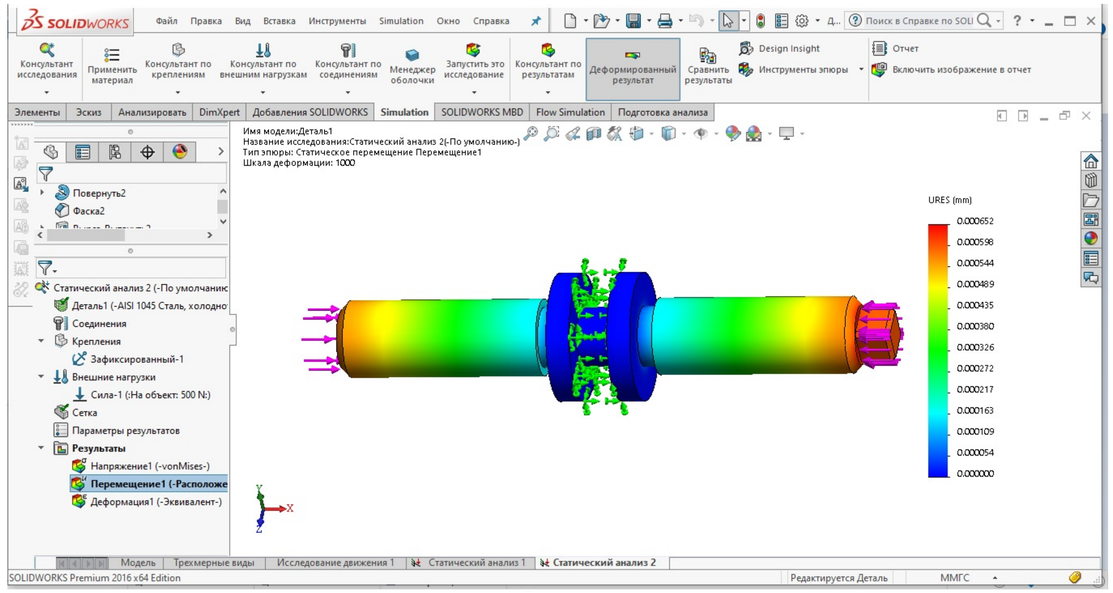
Побудова сітки



Епюра напружень за Мізесом



Епюра деформацій



Епюра переміщень

						БР.ПМ-54.00.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Добровольський			Науково-дослідна	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Костюк Н.О.					–	1:1
Т.контр.		Костюк Н.О.				Лист	Листов 1	
Реценз.					–	ІФНТУНГ		
Н.контр.		Костюк Н.О.						
Утв.		Панчук В.Г.						
					Копировал	Формат А1		

Перед. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.