

Міністерство освіти і науки України  
Державний університет "Житомирська політехніка"  
Кафедра механічної інженерії

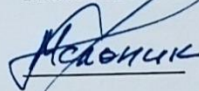
«На правах рукопису»

УДК 621.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

механічної інженерії



(підпис)

Мельник О.Л.

(прізвище, ініціали)

БАКАЛАВРСЬКА  
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
(ОПІ «Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг»)

на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення вал-  
шестерні редуктора конічного одноступеневого».

МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00 -ПЗ

Студент групи

ПМК-27

(шифр групи)

Цмех Денис Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

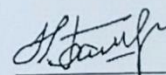


(підпис)

Керівник

к.т.н., доц. Балицька Наталія Олександрівна

(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)



(підпис)

Житомир 2024

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра механічної інженерії

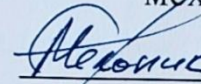
Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

механічної інженерії



Мельник О.Л

(підпис)

(прізвище, ініціали)

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Цмеху Денису Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи** «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення вал-шестерні редуктора конічного одноступеневого»  
**Керівник роботи:** Балицька Наталія Олександрівна, к.т.н., доц.  
**Затверджена наказом по університету** від «04» березня 2024 р. № 300
- 2. Строк подання студентом роботи** - згідно графіку захисту.
- 3. Вихідні дані до роботи:** загальний вигляд вузла; робоче креслення деталі; комплект документація базового технологічного проекту; довідкова література, методичні посібники; типові технологічні процеси; науково-технічна література.
- 4. Перелік завдань, які потрібно вирішити:** провести літературний та аналітичний огляд конструкції вузлів на предмет технології виготовлення вал-шестерні та експлуатаційних умов роботи; розробити технологічний

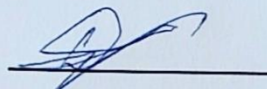
процес виготовлення деталі, виконати статичне дослідження напруженого стану деталей спеціального пристосування; розробити комплект технологічної документації (МК, ОК, ЕК) та конструкторської документації..

### **5. Орієнтовний перелік графічного матеріалу:**

1. Загальний вигляд вузла – 1 арк. презентації (А1); 2. Креслення деталі – 1 арк. презентації (А3); 3. 3D деталі – 1 арк. презентації; 4. Креслення спеціального пристосування – 1 арк. презентації (А1); 5. 3D спеціального пристосування – 1 арк. презентації; 6. Карта наладок – 2 арк. презентації (А2).

**6. Дата видачі завдання 01 березня 2024 року.**

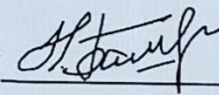
**Студент**

  
(підпис)

Цмех Д.С.

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

  
( підпис )

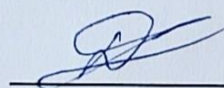
Балицька Н.О.

(прізвище та ініціали)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

| № з/п | Назва етапів бакалаврської роботи                                            | Термін виконання | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|
| 1.    | Виконання загально-технічного розділу                                        | 22.03.24 р.      |          |
| 2.    | Виконання технологічного розділу                                             | 16.04.24 р.      |          |
| 3.    | Виконання конструкторського розділу                                          | 09.05.24 р.      |          |
| 4.    | Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи | 03.06.24 р.      |          |
| 5.    | Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації                 | 04.06.24 р.      |          |
| 6.    | Передзахист кваліфікаційної роботи                                           | 06.06.24р.       |          |
| 6.    | Подання бакалаврської роботи на кафедру                                      | 10.06.24 р.      |          |
| 7.    | Захист кваліфікаційної роботи в ЕК                                           | Згідно графіка   |          |

Студент

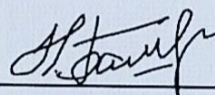


(підпис)

Цмех Д.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

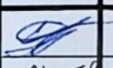
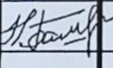


(підпис)

Балицька Н.О.

(прізвище та ініціали)

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення                          | Найменування         | Кіл. | Примітка |
|-------|------|------|-------------------------------------|----------------------|------|----------|
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      | <u>Документація</u>                 |                      |      |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
| A4    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ        | Пояснювальна записка | 1    |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      | <u>Конструкторська документація</u> |                      |      |          |
| A1    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 01           | Вузол 3D             | 1    |          |
| A3    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 07           | Вал-шестеня          | 1    |          |
| A2    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 01           | 3D вал-шестерні      | 1    |          |
| A3    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00           | Заготовка            | 1    |          |
| A3    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 02           | Пристосування        | 1    |          |
| A1    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 02           | Пристосування 3D     | 1    |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      | <u>Технологічна документація</u>    |                      |      |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
| A4    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-МТ        | Маршрутний ТП        | 1    |          |
| A1    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00           | Карта наладки        | 1    |          |
| A1    |      |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00           | Карта наладки        | 1    |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |
|       |      |      |                                     |                      |      |          |

|          |     |               |                                                                                     |      |                                                |  |                                                               |        |
|----------|-----|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------|--------|
|          |     |               |                                                                                     |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ВР                   |  |                                                               |        |
| Зм.      | Арк | № докум.      | Підп.                                                                               | Дата |                                                |  |                                                               |        |
| Разроб.  |     | Цмех Д.С.     |  |      | Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи |  | Лист                                                          | Листів |
| Перевір. |     | Балицька Н.О. |  |      |                                                |  | 5                                                             |        |
| Ч.контр. |     |               |                                                                                     |      |                                                |  | Державний університет «Житомирська політехніка», група ПМК-27 |        |
| Затверд. |     | Мельник О.Л.  |  |      |                                                |  |                                                               |        |

## **АНОТАЦІЯ**

кваліфікаційної роботи бакалавра  
студента факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і  
робототехніки  
групи ПМК-27  
Цмеха Дениса Сергійовича  
на тему:

**«Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення вал-шестерні  
редуктора конічного одноступеневого» – Рукопис.**

Бакалаврська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр», галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг») – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота містить 113 аркушів формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 33 рисунків, 16 таблиць та список літератури з 21 джерел.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі проведено літературний огляд сучасних методів та засобів виготовлення вал-шестерні. Було визначено призначення деталі «вал-шестерня» та її експлуатаційні умови.

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «вал-шестерня», підібрано технологічне обладнання та оснащення, визначені режими різання, виконано технічне нормування та розроблено конструкторсько-технологічну документацію, специфікації та карти наладок.

Було розроблено спеціальне верстатне пристосування для фрезерування шпонкового пазу. Виконано скінчено елементне дослідження напруженого деформованого пристосування засобами САПР

**Ключові слова:** вал-шестерня, пристосування, системи автоматизованого проектування, технологія виготовлення.

## ANNOTATION

Tcmeh D.S. **Design and technological preparation for the manufacture of a single-stage bevel gear shaft of a gearbox**” - Manuscript.

Bachelor's qualification work is presented for the degree of higher education “Bachelor”, field of knowledge 13 “Mechanical Engineering”, specialty 131 “Applied Mechanics” (OPP “High-Tech Computer Engineering”) - State University “Zhytomyr Polytechnic”, Zhytomyr, 2024.

The qualification work contains 113 A4 sheets of explanatory note, including 33 figures, 16 tables and a list of references from 21 sources.

In the bachelor's thesis, a literature review of modern methods and means of manufacturing a shaft gear was conducted. The purpose of the "shaft-gear" part and its operating conditions were determined.

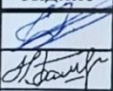
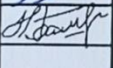
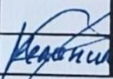
The technological process of manufacturing the “shaft-pinion” part was developed, technological equipment and tooling were selected, cutting modes were determined, technical standardization was performed, and design and technological documentation, specifications and adjustment maps were developed.

A special machine tool fixture for keyway milling was developed. A finite element study of the stressed deformed tooling by means of CAD was performed.

**Keywords:** shaft-gear, fixture, computer-aided design systems, manufacturing technology

## ЗМІСТ

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                 | 10 |
| 1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....                                                                           | 11 |
| 1.1. Літературний огляд функціоналу та експлуатаційних умов деталі вал-шестерня в конічному редукторі..... | 11 |
| 1.1.1. Функціональне призначення вал-шестерні в конічному редукторі .....                                  | 11 |
| 1.1.2 Експлуатаційні умови роботи редуктора конічного одноступеневого .....                                | 15 |
| 1.2.2. Дослідження експлуатаційних характеристик подібних деталей ..                                       | 16 |
| 1.3. Виконання 3D-моделі вузла та 2D-документації .....                                                    | 17 |
| Висновки за розділом.....                                                                                  | 24 |
| 2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....                                                                                | 25 |
| 2.1. Службове призначення та конструкція конічного редуктора.....                                          | 25 |
| 2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі вал-шестерня.....                                           | 26 |
| 2.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....                                          | 32 |
| 2.4. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення.....                                           | 34 |
| 2.5. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі .....                                            | 37 |
| 2.6. Визначення загальних та міжопераційних припусків на обробку деталі .....                              | 40 |
| 2.7. Вибір технологічного обладнання .....                                                                 | 43 |
| 2.8. Розрахунок режимів різання та технічне нормування технологічного процесу.....                         | 55 |
| Висновки за розділом .....                                                                                 | 68 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....                                                                           | 69 |
| 3.1. Проектування та розрахунок спеціальних верстатних пристроїв .....                                     | 69 |

|           |               |          |                                                                                     |      |                                                                                                                |  |  |  |
|-----------|---------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
|           |               |          |                                                                                     |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ                                                                                   |  |  |  |
| Змін.     | Лист          | № докум. | Підпис                                                                              | Дата | <div style="text-align: center; font-weight: bold;">ЗМІСТ</div>                                                |  |  |  |
| Розроб.   | Цмех Д.С.     |          |  |      |                                                                                                                |  |  |  |
| Перевір.  | Балицька Н.О. |          |  |      |                                                                                                                |  |  |  |
| Реценз.   |               |          |                                                                                     |      |                                                                                                                |  |  |  |
| Н. Контр. |               |          |                                                                                     |      |                                                                                                                |  |  |  |
| Затверд.  | Мельник О.Л.  |          |  |      | <div style="text-align: center;"> Державний університет<br/>«Житомирська політехніка»,<br/>група ПМК-27 </div> |  |  |  |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. Статичне дослідження пристосування.....                                    | 70 |
| 3.3. Проектування та розрахунок спеціальних пристроїв технічного контролю ..... | 77 |
| 3.4. Проектування та розрахунок спеціальних засобів технічного контролю .....   | 82 |
| Висновки за розділом .....                                                      | 86 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....                                                         | 87 |
| Перелік посилань.....                                                           | 88 |
| ДОДАТКИ.....                                                                    | 90 |

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## ВСТУП

В даній бакалаврській роботі представлено конструкторсько-технологічну підготовку виготовлення деталі “Валу-шестерні”. Ця деталь входить до складу конічного редуктора для приводу конвеєра.

Конічний редуктор використовується для приводу конвеєрної лінії та тягових шахтних електровозів, де використовуються аналогічні експлуатаційні характеристики. Відмінними особливостями конічно-циліндричних редукторів вважають підвищену безпеку, високу аксіальну та радіальну несучу здатність, високий ККД, що дозволяє віднести їх до енергозберігаючої та надійнішої продукції. Конічна зубчаста передача дозволяє передавати обертання між двома непаралельними валами, що перетинаються під прямим кутом. Конічні передачі дорожчі у виготовленні та складніші у монтажі.

Процес виготовлення деталі «Вал-шестерня», повинен бути прогресивним, економічно ефективним, підвищувати продуктивність праці та гарантувати високу якість виготовлених деталей. Даний технологічний процес також повинен відповідати вимогам безпеки та промислової гігієни.

Цього можна досягти, використовуючи передові методи обробки. До них відносяться верстати з програмним управлінням, спеціальні різальні та вимірювальні інструменти, а також верстати, які гарантують точне позиціонування і надійну фіксацію заготовки.

Очікувані технологічні процеси включають використання верстатів з програмним управлінням, які зменшують трудомісткість виготовлення компонентів, покращують якість обробки та зменшують шкідливі викиди від верстата.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## 1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1. Літературний огляд функціоналу та експлуатаційних умов деталі вал-шестерня в конічному редукторі

#### 1.1.1. Функціональне призначення вал-шестерні в конічному редукторі

Зубчасті колеса служать для передачі крутного моменту від одного вала до другого при заданому передаточному відношенні. Вони поділяються на циліндричні, конічні та черв'ячні [1].

Конічні зубчасті колеса виготовляють з прямим і косим зубом при паралельному розташуванні осей. В окремих випадках конічні колеса з косими зубами служать для передачі руху між валами, розташованими під прямим кутом.

Основні механізми, в яких застосовуються конічні зубчасті колеса: коробки передач автомобілів, редуктори, передні бабки верстатів, коробки подач, передаточні механізми верстатів тощо.

За розмірами зовнішнього діаметра конічні зубчасті колеса поділяються на такі групи: до 50 мм, понад 50 до 200 мм, понад 200 до 300 мм, понад 300 мм.

За технологічними ознаками зубчасті колеса поділяються на [1]:

- циліндричні та конічні без маточини і з маточиною, з гладким або шліцевим отвором (рис. 1.1, а);
- багатовінцеві блокові з гладким або шліцевим отвором (рис. 1.1, б);
- циліндричні, конічні та черв'ячні типу фланця (рис. 1.1, в);
- циліндричні та конічні з хвостовиком (рис. 1.1, г).

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

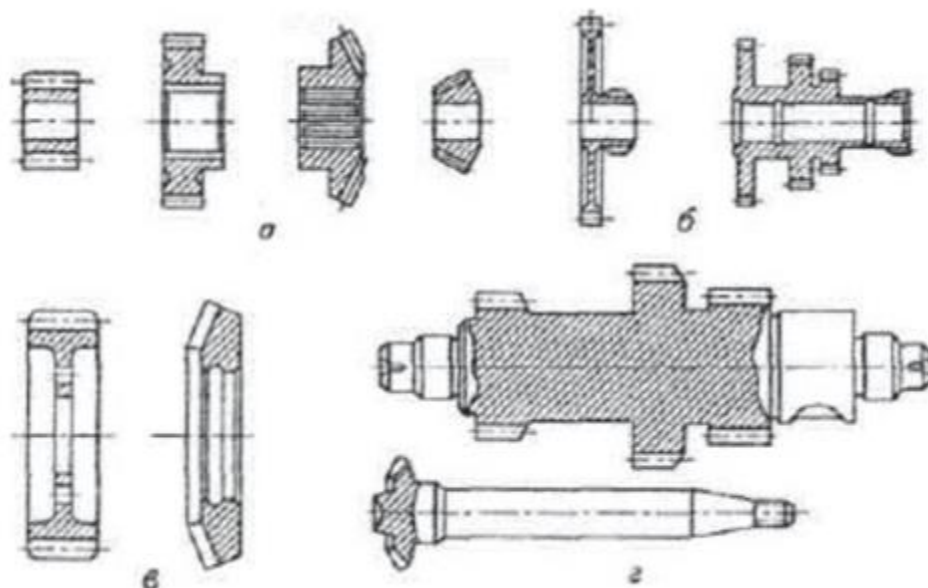


Рис. 1.1. Основні групи зубчастих коліс: а - з маточиною і без маточини; б - багатовінцеві, блокові; в - фланцевого типу; г - вал-шестерні.

Виготовлення вала-шестерні здійснюється з урахуванням його призначення та сфери застосування, що дозволяє вибрати оптимальний варіант термічної обробки, а також визначити необхідні модуль, форму та діаметр.

Під час виробництва проводиться ретельний контроль якості продукції. Жорсткі умови експлуатації обладнання спричиняють швидкий знос всіх конструктивних елементів, включаючи вал-шестерню, що потребує своєчасного ремонту або заміни.

Вал-шестерня є складовою частиною конічного одноступінчатого редуктора і використовується для передачі крутного моменту з швидкохідного вала на тихохідний вал.

**Редуктор** - це механізм, заснований на 1 або більше шестернях зубчастого зачеплення, який включається в привід машини і викликає зменшення крутного моменту зі зменшенням кутової швидкості веденого вала[6].

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 12   |

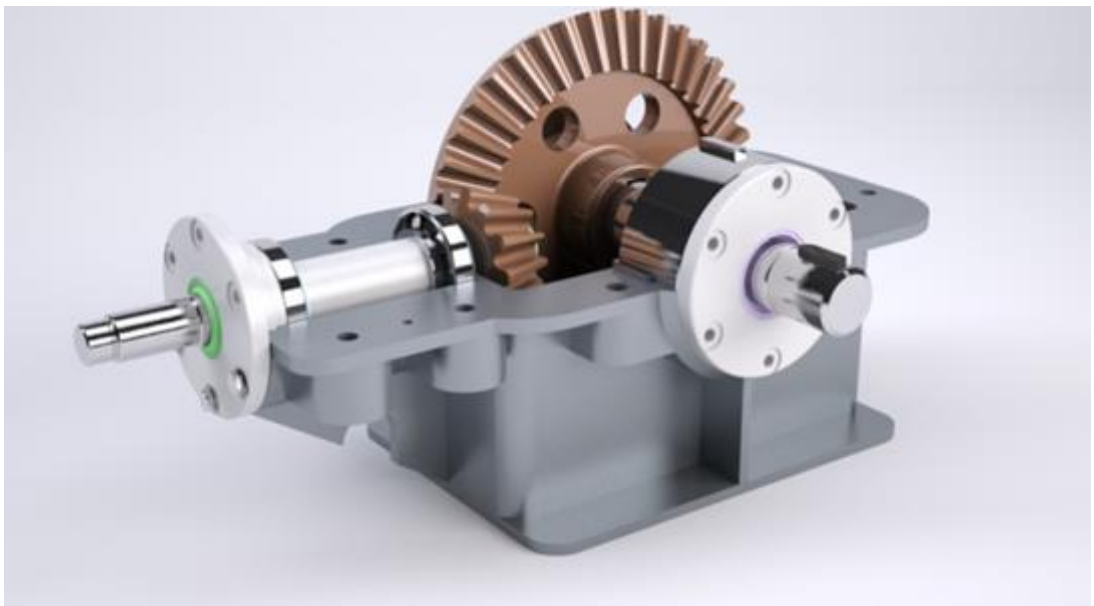


Рис. 1.2 Редуктор конічний одноступеневий [6].

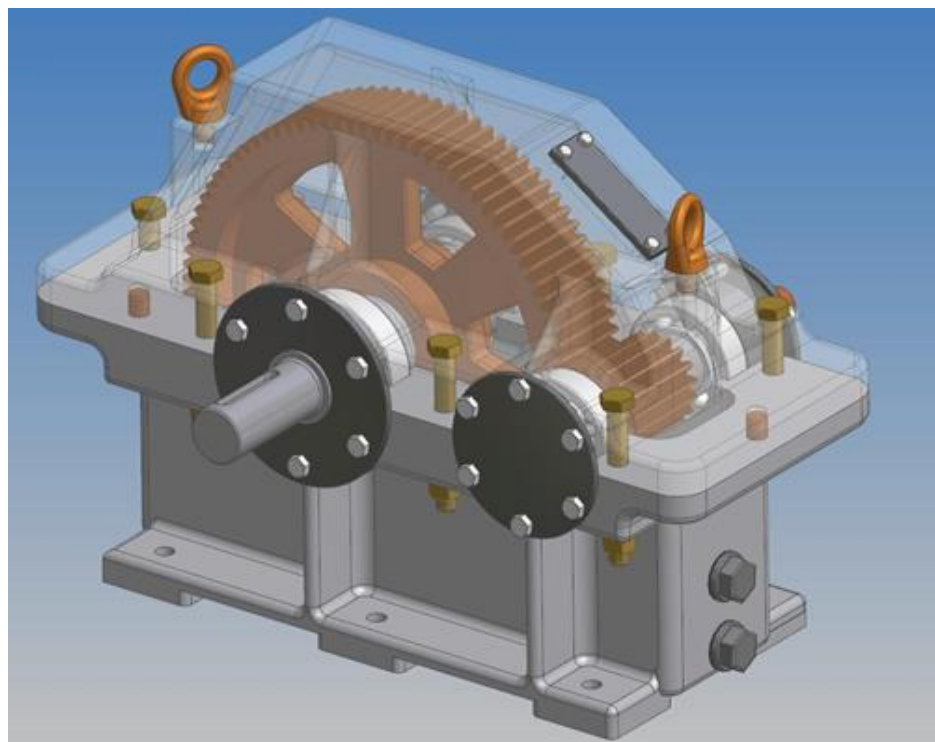


Рис. 1.3. Циліндричний одноступінчастий редуктор [6].

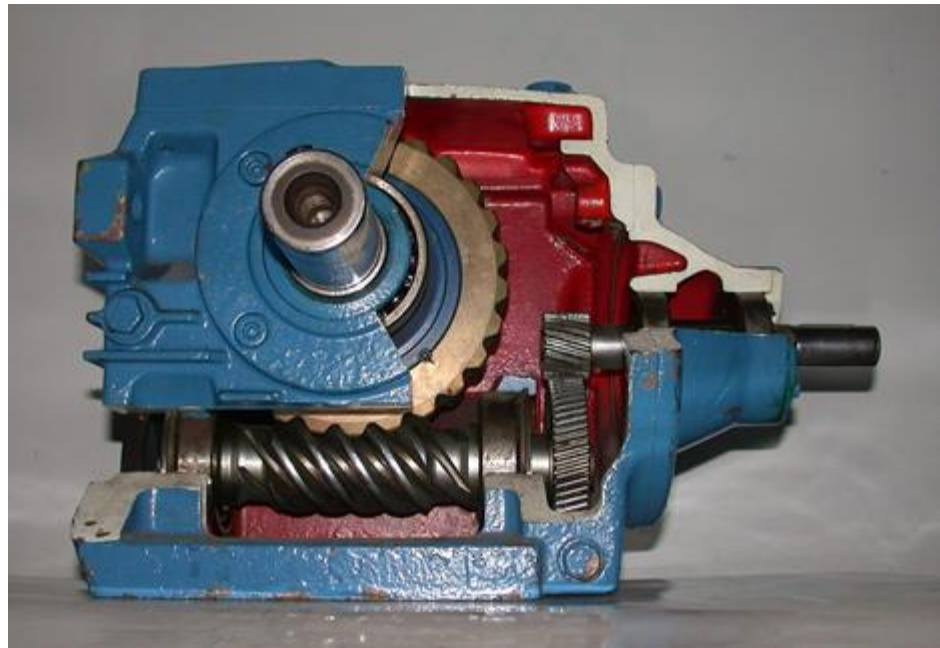


Рис. 1.4. Двоступінчастий циліндрично-черв'ячний редуктор [6].

Конічні редуктори оснащені тільки конічними зубчастими передачами і відрізняються кількістю ступенів і розташуванням валів.

Вал-шестерня працює під дією радіального змінного навантаження, осьового навантаження і крутного моменту. Зуби зубчастого вінця відчують згинальні зусилля, контактний тиск і сили тертя, що призводить до нагрівання і зношування зубів.

Під час експлуатації зуби шестерні зазнають:

- згину при максимальному одноразовому навантаженні,
- згину при багаторазових циклічних навантаженнях, що спричиняє максимальні навантаження в корені зуба і може призвести до втомного руйнування,
- зносу поверхневого шару.

### 1.1.2 Експлуатаційні умови роботи редуктора конічного одноступеневого

При установці та експлуатації редуктора конічного одноступеневого слід дотримуватись наступних вимог:

1. Редуктор має бути належно закріплений до основи, щоб уникнути переміщень або вібрацій під час роботи.
2. Правильне підключення вхідного та вихідного валів до відповідних механізмів є важливим для ефективної передачі крутного моменту.
3. При установці редуктора та під час обслуговування слід проводити наладку валів редуктора, щоб уникнути додаткових навантажень та передчасного зношування.
4. Для довготривалої роботи слід дотримуватися номінальних навантажень, рекомендованої частоти обертання та тривалості роботи для запобігання перегріву, вказаних виробником, щоб уникнути поломок та передчасного зносу.
5. Регулярно перевіряти рівень мастила і, за потреби, доливати або змінювати його. Використання рекомендованого типу мастила є критично важливим для забезпечення довготривалої роботи редуктора.
6. Регулярна перевірка стану шестерень, підшипників, ущільнень та інших компонентів редуктора для виявлення і усунення ознак зносу чи пошкоджень.
7. Контроль рівня вібрації та шуму може вказувати на необхідність обслуговування або ремонту.

Дотримання цих умов експлуатації допомагає забезпечити надійну і тривалу роботу конічного одноступеневого редуктора, знижуючи ризик поломок і зупинок виробничого процесу.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

### 1.2.2. Дослідження експлуатаційних характеристик подібних деталей

Вивчення експлуатаційних характеристик деталей типу вал-шестерня є важливим кроком у забезпеченні їх надійності, довговічності та ефективності. Основні характеристики можна класифікувати наступним чином:

1. Міцність. Здатність витримувати максимальні навантаження без руйнування. Це включає статичну міцність (витримування постійних навантажень) та динамічну міцність (витримування змінних навантажень).
2. Твердість. Опір матеріалу до пластичної деформації та зносу. Висока твердість дозволяє деталям краще витримувати абразивний знос і удари.
3. Ударна в'язкість. Здатність матеріалу протистояти раптовим ударам або динамічним навантаженням.
4. Зносостійкість. Здатність матеріалу протистояти зносу при терті. Зносостійкість є критично важливою для довговічності деталей.
5. Коефіцієнт тертя. Визначає ефективність передачі потужності та впливає на енергоспоживання та тепловиділення у вузлі.
6. Точність виготовлення. Відхилення від заданих геометричних розмірів та форми. Це включає допуски на розміри, форму і розташування зубців шестерні та вала.
7. Поверхнева шорсткість. Рівень гладкості поверхні, що впливає на тертя та знос деталей.
8. Щільність. Впливає на масу деталей, що важливо для конструкцій, де критичним є співвідношення маси та міцності.
9. Теплопровідність. Здатність матеріалу відводити тепло, що виникає в результаті тертя та інших механічних процесів.
10. Стійкість до втоми. Здатність матеріалу витримувати багаторазові циклічні навантаження без утворення тріщин та руйнування.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

11. Крутний момент. Максимальний крутний момент, який може передавати вал-шестерня без виникнення пластичних деформацій або руйнування.

12. Швидкість обертання. Діапазон робочих швидкостей, при яких вал-шестерня працює ефективно та без вібрацій.

Сучасні інженерні підходи дозволяють покращувати ці характеристики за допомогою новітніх матеріалів, технологій обробки та конструктивних рішень, що забезпечує високу продуктивність та надійність деталей вал-шестерня в різних галузях застосування.

### 1.3. Виконання 3D-моделі вузла та 2D-документації

У комп'ютерній графіці 3D-моделювання — це процес створення математичної репрезентації тривимірної поверхні об'єкта за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення [5]. Результатом цього процесу є 3D-модель, яка може бути представлена у вигляді програмного коду, відображена у графічному ядрі програми, а також у вигляді двовимірного зображення, створеного через рендеринг. 3D-моделі можуть бути створені вручну або автоматично (за допомогою макроса), зокрема за допомогою 3D-сканера.

3D-моделі представляють тривимірний об'єкт за допомогою набору точок у 3D-просторі, з'єднаних різними геометричними об'єктами, такими як трикутники чи лінії. Існують різні математичні підходи для створення однієї і тієї ж моделі, які інтегровані в програмне забезпечення. Кожен з цих алгоритмів має свої особливості. На сьогоднішній день всі алгоритми можна розділити на чотири категорії:

1. Сплайнове моделювання (термін «сплайн» стосується кривих різних типів):

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

- NURBS — поверхні, які визначаються кривими, на які впливають контрольні точки.

- Патчі і криві Безьє — простий тип NURBS.

- Бі-сплайни (Bi-spline) — спеціальний тип сплайнів, які можуть швидко обчислюватися як сума базових функцій.

- Rational.

- Non-uniform (нерівномірні) — дозволяють нерівномірну параметризацію вздовж поверхні.

2. Полігональне моделювання — точки у 3D-просторі, вершини (Vertex), з'єднані лініями (ребрами), утворюють поверхню (Faces) за законами створення геометричних площин. Набір з'єднаних площин називають полігональною сіткою (Polygon mesh). Більшість 3D-моделей створюється як текстуровані багатокутні моделі, оскільки вони гнучкі і швидко рендеряться комп'ютером. Однак, багатокутники є плоскими і можуть лише приблизно передавати вигнуті поверхні, використовуючи багато багатокутників. Процес перетворення гладких поверхонь у багатокутники називається тесселяцією.

3. Моделювання за допомогою сабдивів (Subdivision surfaces) — один із сучасних алгоритмів, який стрімко розвивається і конкурує з попередніми двома.

4. Процедурне моделювання — дозволяє працювати з масштабними проектами, вимагає використання пайплайну, тому застосовується великими студіями комп'ютерної графіки.

Інструменти — професійні програми для 3D-моделювання

-SolidWorks (SolidWorks Corporation) застосовується для дизайну, деталізації та візуалізації продуктів, систем, машин та оснащення. Всі версії включають моделювання, збірки, малювання, листовий метал, зварювані деталі та freeform surfacing functionality. Він також підтримує Visual Basic та C.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

-3ds Max має у своєму арсеналі засоби для створення різноманітних за формою та складністю тривимірних комп'ютерних моделей, як реальних, так і фантастичних об'єктів навколишнього світу. Це досягається за допомогою різних технік і механізмів, включаючи полігональне моделювання, що охоплює Editable Mesh (редаговану поверхню) і Editable Poly (редагований полігон). Цей метод моделювання є поширеним і використовується для створення складних моделей, а також низькополігональних моделей для ігор.

-AutoCAD — це двовимірна і тривимірна система автоматизованого проєктування і креслення, яка надає повний набір інструментів для комплексного тривимірного моделювання, включаючи твердотільне, поверхнєве і полігональне моделювання. AutoCAD дозволяє досягти високоякісної візуалізації моделей за допомогою рендеринга mental ray. У програмі також реалізовано управління тривимірним друком (можливість відправити результат моделювання на 3D-принтер) та підтримка хмар точок (можливість працювати з результатами 3D-сканування). Проте, слід зазначити, що відсутність тривимірної параметризації не дозволяє AutoCAD конкурувати з машинобудівними САПР, такими як Inventor, SolidWorks та іншими.

-Inventor (Autodesk) — це 3D САПР для створення і дослідження поведінки цифрових прототипів виробів і деталей. Розробником є компанія Autodesk. Програма призначена для 3D дизайну механіки, емуляції продукту та створення інструментаріїв.

У цій кваліфікаційній роботі буде використовуватись програмне забезпечення SolidWorks (Dassault Systèmes).

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

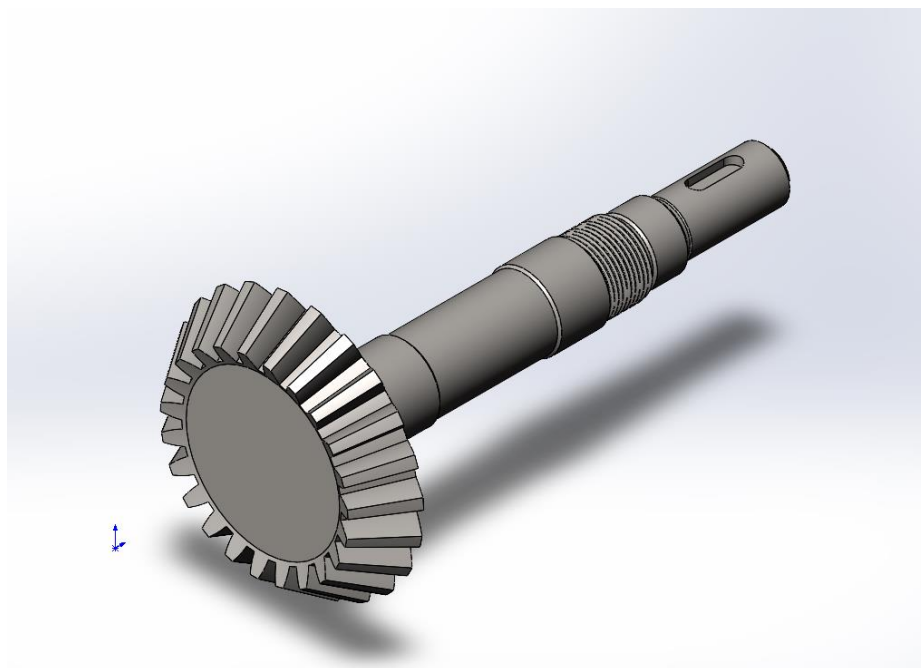


Рис.1.5. Вал шестерня

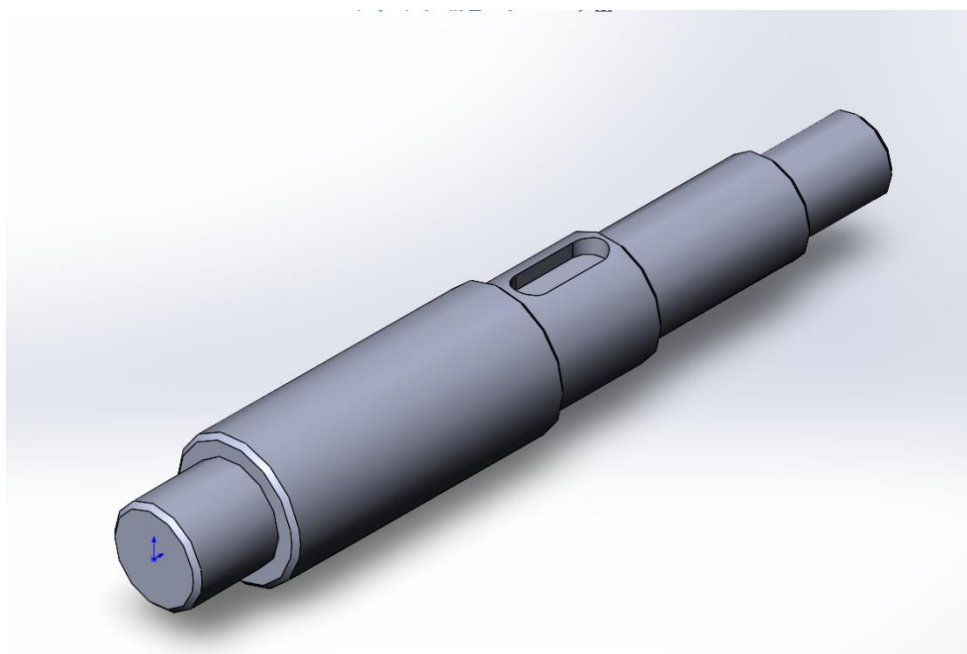


Рис.1.6. Вал

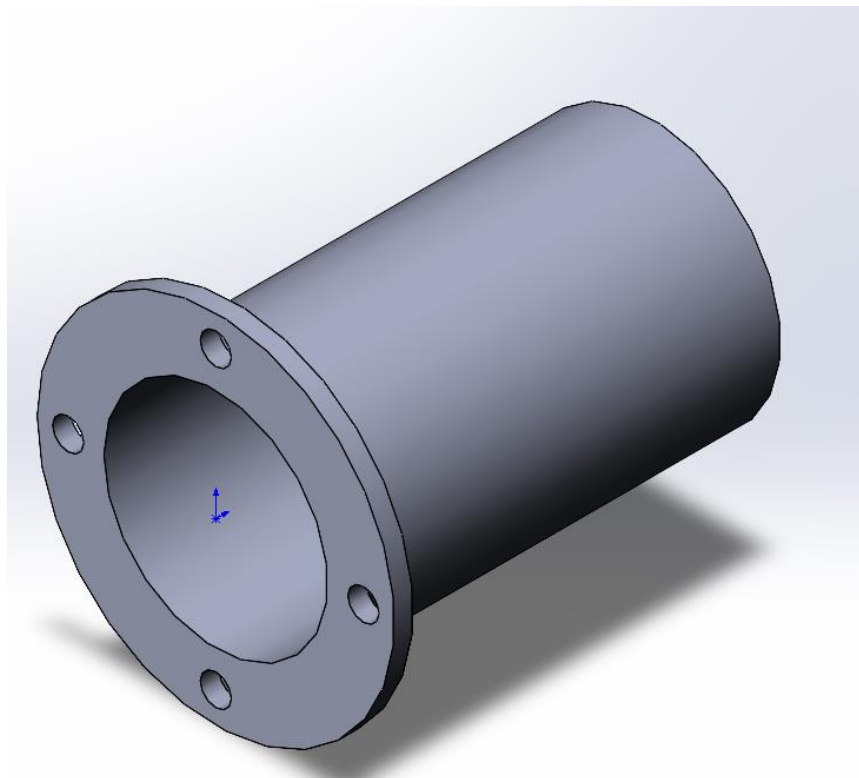


Рис.1.7. Стакан

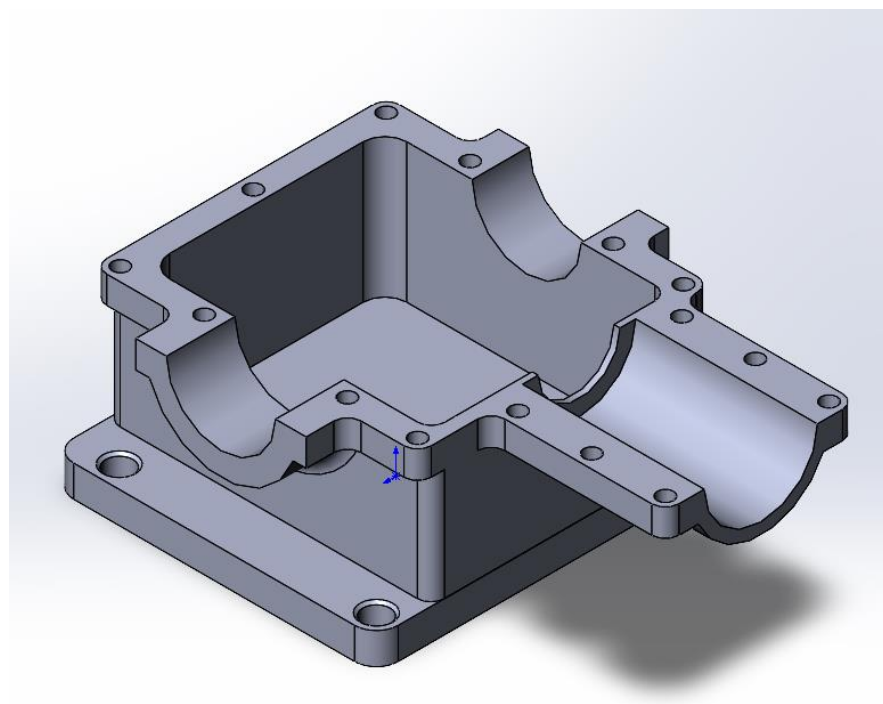


Рис.1.8. Корпус редуктора

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 21   |

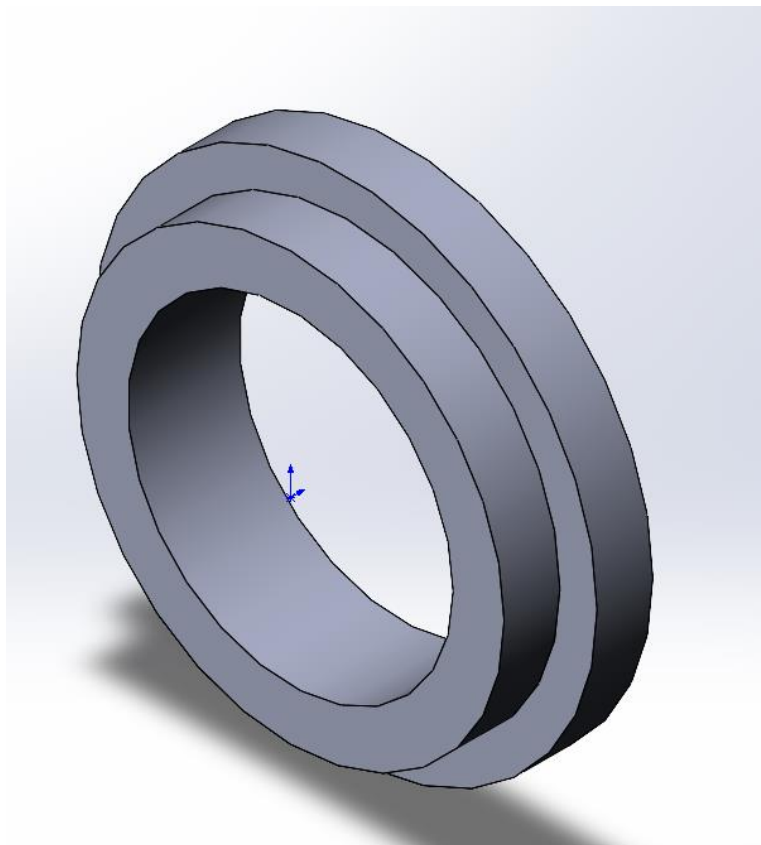
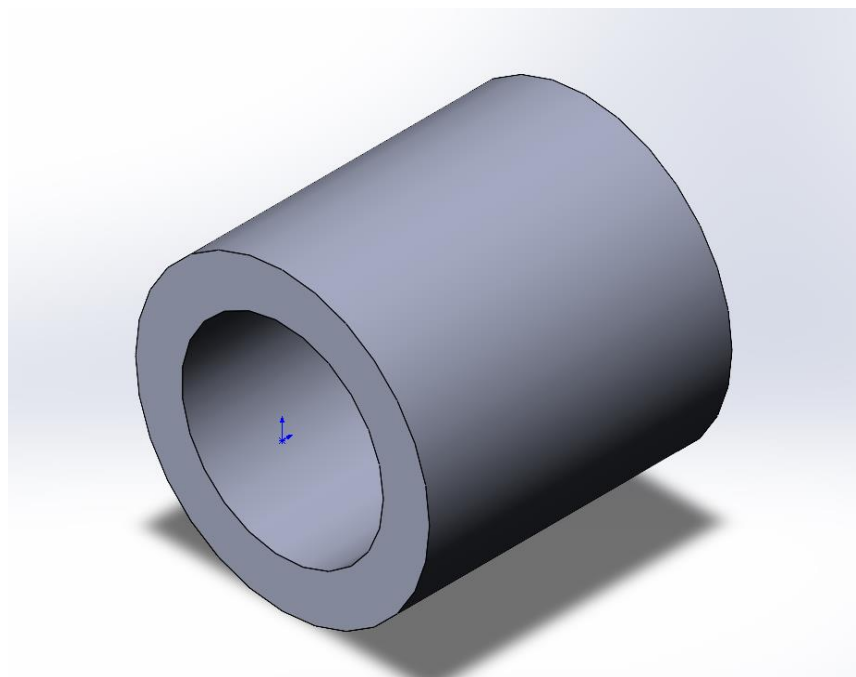


Рис.1.9. Шайба упорна



=

Рис.1.10. Втулка розпірна

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

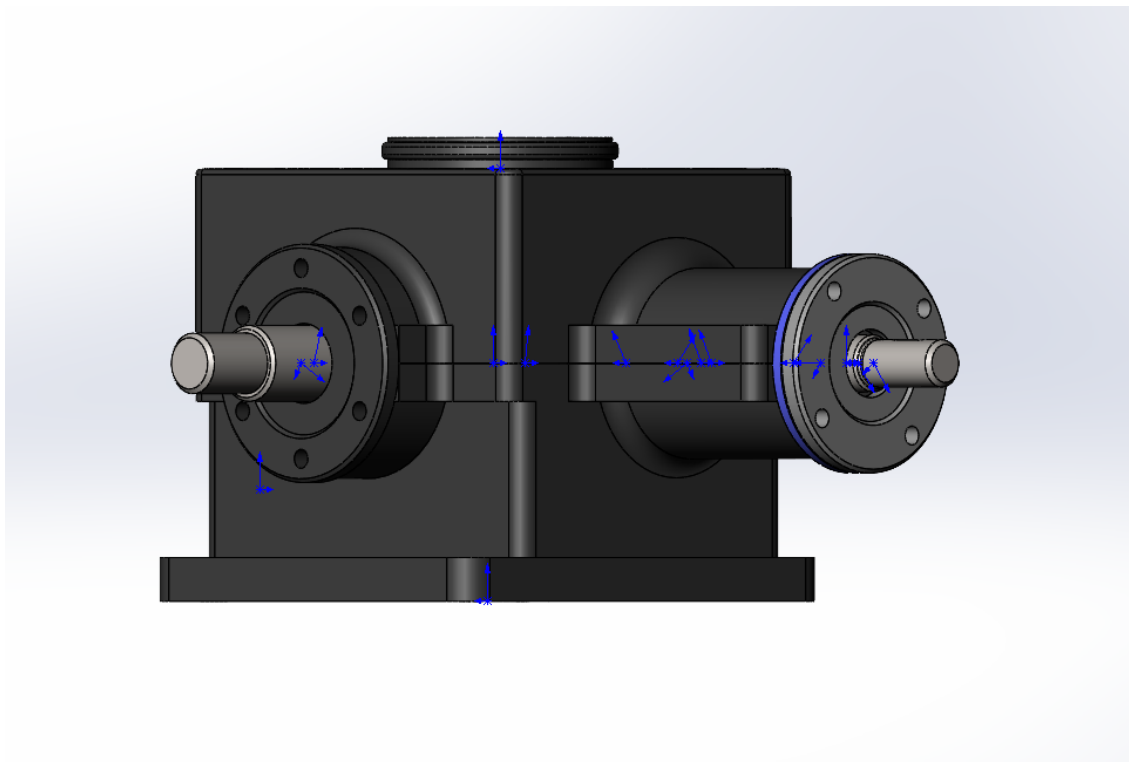


Рис.1.11. Модель конічного редуктора

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## Висновки за розділом

В даному розділі було проведено літературний огляд функціоналу та експлуатаційних умов роботи вал-шестерні у конічному редукторі. Визначено функціональне призначення деталі вал-шестерня в конічному редукторі.

Наведені основні експлуатаційні характеристики деталі вал-шестерня. Проведено літературний огляд сучасних інженерних рішень в напрямку виготовлення деталі вал-шестерня, а саме: використання композитних матеріалів з високою міцністю та малою вагою, використання порошкової металургії, використання сучасних методів механічної обробки, використання адитивних технологій (3D-друк)

Виконано 3D моделювання редуктора.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## 2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Службове призначення та конструкція конічного редуктора

Конічний редуктор з приводом від електродвигуна із синхронною частотою обертання 3000 об/хв призначений для приводу конвеєрної лінії та тягових шахтних електровозів.

Таблиця 2.1

#### Технічні характеристики конічного редуктора

| Найменування показника                             | Значення показника |
|----------------------------------------------------|--------------------|
| Потужність (P), кВт                                | 12,72              |
| Момент на вихідному валу (T2), Н·м                 | 145                |
| Швидкість на вхідному валу, хв <sup>-1</sup>       | 838                |
| Передавальне чило редуктора                        | 1,6                |
| ККД                                                | 0,97               |
| Об'єм оливи, що заливається, л                     | 5                  |
| Показники двигуна<br>потужність, кВт<br>напруга, В | 15<br>380/660      |

#### Двигун 4AM80B6У3

Редуктор конічний складається з багатьох елементів таких як: вал-шестерня, колеса, вала, корпусу, верхньої кришки, підшипників, маслоутримуючих кілець та кріпильних елементів.

Конічний одноступеневий редуктор. Перед складанням внутрішню порожнину корпусу редуктора очищають і покривають маслостійкою фарбою. На приводний вал надягають маслоутримуючі кільця і кулькові підшипники, попередньо нагріті в маслі до 80...100°C. На ведений вал встановлюють шпонку і напресовують зубчасте колесо до упору в буртик вала, після чого

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 25   |

встановлюють розпірну втулку, маслоутримуючі кільця та кулькові підшипники. Зібрані вали монтують в основу корпусу редуктора і встановлюють кришку корпусу. Стикові поверхні кришки та основи корпусу покривають спиртовим лаком. Кришку центрують за допомогою двох конічних штифтів і закріплюють болтами. У підшипникові камери закладають пластичне мастило та встановлюють кришки підшипників з металевими прокладками для регулювання. У наскрізні кришки перед встановленням вставляють манжетні ущільнення. Зібрані вали перевіряють на плавність обертання вручну і закріплюють кришки гвинтами. Потім встановлюють пробку маслозливного отвору з прокладкою та жезловий вказівник рівня масла. Заливають в корпус масло та закріплюють кришку оглядового люка болтами. Зібраний редуктор обкатують і випробовують на стенді відповідно до технічних умов.

Регулювання роликів конічних підшипників (створення оптимального зазору в підшипниках) здійснюється за допомогою набору тонких металевих прокладок, які встановлюються під фланці кришок підшипників. Регулювання конічного зубчастого зачеплення (забезпечення співпадіння вершин конусів) виконується також за допомогою металевих прокладок, що встановлюються під фланець стакану і фланці кришок підшипників тихохідного валу.

## 2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі вал-шестерня

Вал-шестерня являє собою тіло обертання, відношення довжини до діаметра  $l/d=311/119=2,6$ .

*Аналіз технологічності деталі.*

Показники технологічності поділяються на якісні та кількісні.

До якісних показників належать такі чинники:

- матеріал деталі;
- базування і закріплення;
- простановка розмірів;

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

- допуски форми і розташування;
- взаємозамінність;
- нетехнологічні конструктивні елементи;

До кількісних показників технологічності належать:

- коефіцієнт використання заготовки і матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості;
- собівартість;
- коефіцієнт уніфікації.

Технологічною вважається та конструкція, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці та мінімальною собівартістю.

*Якісна оцінка технологічності конструкції деталі:*

Якісний показник технологічності деталі (матеріал деталі) - сталь 40Х ДСТУ 7806:2015. Матеріал-замінник - сталь 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Хімічний склад сталі наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

#### Хімічний склад

| Хімічний елемент       | %         |
|------------------------|-----------|
| Вуглець (С)            | 0.36-0.44 |
| Кремній (Si)           | 0.17-0.37 |
| Манган (Mn)            | 0.5-0.8   |
| Нікель (Ni), не більше | 0.30      |
| Хром (Cr)              | 0.8-1.1   |
| Мідь (Cu), не більше   | 0.30      |
| Фосфор (P), не більше  | 0.035     |
| Сірка (S), не більше   | 0.035     |

Механічні властивості сталі наведено в таблиці 2.3

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Таблиця 2.3

**Механічні властивості сталі 40Х**

| ДСТУ               | Термообробка,<br>стан постачання                                     | Перетин,<br>мм               | $\sigma_{0,2}$ ,<br>МПа | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\sigma_5$ ,<br>% | $\psi$ ,<br>%  | KCU,<br>Дж/м <sup>2</sup> | НВ      |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------------------------|---------|
| 7806:<br>2015      | Прутки. Латка 860<br>°С, масло.<br>Відпуск 500 °С,<br>вода або масло | 25                           | 780                     | 980                 | 10                | 45             | 59                        |         |
| ISO<br>6892-<br>84 | Поковки:<br>нормалізація                                             | 500-800                      | 245                     | 470                 | 15                | 30             | 34                        | 143-179 |
|                    |                                                                      | 300-500                      | 275                     | 530                 | 15                | 32             | 29                        | 156-197 |
|                    | Загартування ,<br>Відпуск                                            | 500-800                      | 275                     | 530                 | 13                | 30             | 29                        | 156-197 |
|                    |                                                                      | до 100<br>100-300            | 315                     | 570                 | 17<br>14          | 38<br>35       | 39<br>34                  | 167-207 |
|                    | Загартування ,<br>Відпуск                                            | 300-500<br>500-800           | 315                     | 570                 | 12<br>11          | 30<br>30       | 29<br>29                  | 167-207 |
|                    |                                                                      | до 100<br>100-300<br>300-500 | 345<br>345              | 590                 | 18<br>17<br>14    | 45<br>40<br>38 | 59<br>54<br>49            | 174-217 |
|                    | Загартування ,<br>Відпуск                                            | до 100<br>100-300<br>300-500 |                         |                     | 17<br>15<br>13    | 45<br>40<br>35 | 59<br>54<br>49            | 187-229 |
|                    |                                                                      |                              |                         |                     |                   |                |                           |         |
|                    |                                                                      |                              |                         |                     |                   |                |                           |         |
|                    |                                                                      |                              |                         |                     |                   |                |                           |         |
|                    |                                                                      |                              |                         |                     |                   |                |                           |         |
|                    |                                                                      |                              |                         |                     |                   |                |                           |         |

Сталь 40Х – це конструкційна легована сталь. Призначена для виробництва деталей підвищеної міцності, призначена для виготовлення черв'яків, зубчастих коліс, шестерень, валів, осей, шатунних болтів та ін.. Продукція зі сталі 40Х виготовляється відповідно до вимог стандартів ДСТУ 7806.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Технічні вимоги до виготовлення деталі визначаються її функціональним призначенням. Оформлення креслення вал-шестерні загалом відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображено один поздовжній вигляд деталі, що цілком достатньо для тіл обертання. Додатково на кресленні зазначено один переріз і два виносних елементи, а також вказано технічні вимоги.

Проставлення розмірів на деталі чітке і зрозуміле. Усі розміри проставлені з урахуванням суміщення вимірювальної та технологічної бази, отже, за проставленням розмірів деталей технологічна.

На кресленні деталі вказано допуск перпендикулярності, циліндричності, а також допуск биття циліндричної поверхні  $\varnothing 36k6$ ,  $\varnothing 25r6$ . Виконання даних допусків дозволить точно розташувати вал-шестерню в корпусі. Недотримання вимоги призведе до перекосу та відповідно – заїдання вала, збільшення навантаження на підшипникові вузли з послідуочим розбиттям підшипників.

Особливих вимог до твердості деталі немає, задана твердість HB 269...302.

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання, правильної геометрії інструменту, змащувально-охолоджувальною рідиною, а також жорсткістю технологічної системи (верстат, пристосування, інструмент, деталь). Найбільший вплив на висоту мікронерівностей має подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні. Найбільш точну шорсткість мають зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 35k6 - Ra1,6$  мкм. Недотримання вимог шорсткості тягне за собою похибку установки деталей розміщених на валу.

З аналізу технологічності деталі можна зробити висновок, що для заданого типу виробництва вона є технологічною. Хоча деталь має деякі нетехнологічні елементи, їх можна виготовити за допомогою спеціального устаткування, пристосувань і різального інструменту.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Кількісна оцінка технологічності.

Дані для розрахунку коефіцієнта точності та шорсткості основних поверхонь зводяться в таблицю 1.4.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32 \quad (2.1)$$

де  $B_{CP}$  - середня шорсткість поверхонь, мкм.

Коефіцієнт точності визначається за формулою

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{CP}} > 0,8 \quad (2.2)$$

де  $A_{CP}$  - середня точність поверхонь.

Таблиця 2.4

**Зведена таблиця для визначення коефіцієнтів точності та шорсткості**

| Назва<br>поверхні | Кількість | Квалітет | Шорсткість<br>Ra, мкм |
|-------------------|-----------|----------|-----------------------|
| Ø35k6             | 2         | 6        | 1,6                   |
| Ø33               | 1         | 14       | 6,3                   |
| M33x1,5           | 1         | 14       | 3,2                   |
| Ø30d9             | 1         | 14       | 1,6                   |
| Ø25p6             | 1         | 14       | 3,2                   |
| Торці             | 2         | 14       | 6,3                   |

## Продовження таблиці 2.4

|                      |   |    |     |
|----------------------|---|----|-----|
| Фаска 2,5x45 °       | 1 | 14 | 3,2 |
| Фаска 1,5x45 °       | 2 | 14 | 3,2 |
| Фаска 1x45 °         | 3 | 14 | 3,2 |
| Ділильний<br>діаметр | 1 | 14 | 1,6 |
| Шпоночний<br>паз     | 1 | 14 | 2,5 |
| Інші                 | 3 | 14 | 6,3 |

Визначення коефіцієнта шорсткості

$$B_{CP} = (6,3 \cdot 6 + 3,2 \cdot 8 + 2,5 \cdot 1 + 1,6 \cdot 4) / 19 = 3,8$$

$$K_{Ш} = 1 / 3,8 = 0,26$$

Розраховане значення коефіцієнта шорсткості менше рекомендованого ( $0,26 < 0,32$ ), отже, за цим параметром деталь технологічна.

Визначення коефіцієнта точності

$$A_{CP} = (6 \cdot 14 + 3 \cdot 9 + 2 \cdot 6) / 11 = 10,9 \quad (2.3)$$

$$K_{ТЧ} = 1 - 1 / 13,33 = 0,90.$$

Розраховане значення коефіцієнта точності більше за необхідне ( $0,90 > 0,8$ ), отже, за цим параметром деталь технологічна.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Висновок: за отриманими даними загалом деталей технологічна.

### 2.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Тип виробництва – це комплексна характеристика технологічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, яка визначається його спеціалізацією, обсягом і стабільністю номенклатури виробів, а також формою руху виробів між робочими місцями.

Виходячи з річної програми випуску  $N = 1000$  шт. і маси деталі 3 кг. визначається тип виробництва табличним методом, в якому виготовляється деталь – середньосерійний тип виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$N = N_{\text{в}} \cdot m \left(1 + \frac{a}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{b}{100}\right) \quad (2.4)$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,12, 24 дні). Призначаємо 12 днів.

$$N = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,24 \approx 47 \text{ шт}$$

Цей тип виробництва відрізняється обмеженою номенклатурою продукції, яка випускається партіями з певною періодичністю. Серійне виробництво займає проміжне місце між одиничним і масовим виробництвом. У серійному виробництві деталі виготовляються партіями з однотипних і однакових за розмірами виробів, які запускаються у виробництво одночасно.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Основний принцип цього виду виробництва полягає у виготовленні всієї партії (серії) повністю, як при обробці деталей, так і при складанні.

У серійному виробництві, залежно від кількості виробів у серії, їхньої складності та трудомісткості, а також частоти повторюваності серії протягом року, розрізняють дрібносерійне, середньосерійне і великосерійне виробництво.

При середньосерійному типі виробництва використовуються універсальні та спеціалізовані верстати, розташовані відповідно до послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що потребують однакової обробки. У такій же послідовності рухаються і деталі.

Середньосерійне виробництво широко застосовує верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ), обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПУ. Переналаштування верстатів, пристосувань та інструментів, а також перебудова виробничого процесу під час переходу на обробку інших подібних деталей здійснюється завдяки попередній технологічній підготовці.

Кваліфікація робітників у середньосерійному виробництві є вищою, ніж у масовому, але нижчою, ніж в одиничному виробництві. Поряд із висококваліфікованими робітниками, які працюють на складних універсальних верстатах, та наладчиками, працюють оператори середньої кваліфікації, які обслуговують налаштовані верстати.

Технологічну документацію і технічне нормування детально розробляють для найскладніших і найвідповідальніших заготовок, одночасно застосовуючи спрощену документацію та дослідно-статистичне нормування для найпростіших заготовок.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## 2.4. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення

Залежно від матеріалу деталі, типу виробництва, розмірів і конфігурації деталі пропонується метод отримання заготовки: штамповка на горизонтально-кувальній машині (ГКМ).

Переваги штамповки на ГКМ:

- можливість штампування поковок без облоя, що виключає необхідність застосування обрізного преса;
- відсутність штампувальних ухилів на зовнішній поверхні поковки, що дозволяє підвищити коефіцієнт вагової точності (КВТ) і коефіцієнт використання металу (КВМ) при штампуванні;
- виконання робочих інструментів у вигляді вставок в штампах дозволяє підвищити стійкість зношування, а також їх швидку заміну, що зменшує вартість інструменту і всього штампа в цілому;
- можливість виконувати штампування як з мірних заготовок, так і з прутка, що дозволяє зменшити витрати металу.

Недоліки штамповки на ГКМ:

- необхідність застосування прокату підвищеної точності;
- обмежене число форм поковок (циліндричні);
- відносно низька стійкість ставок штампа;
- необхідність очищення проката від окалини;
- відносно висока вартість машини (в 1,5 рази дорожче КГШП аналогічної потужності).

Штамп ГКМ складається з трьох частин: нерухомої і рухомої матриць і рухомого пуансона. Основними операціями при штампуванні на ГКМ є висадка (саду або потовщення частин прутка), прошивка і перфорація. Крім цих операцій ГКМ виконує також пережим, відрізку, гнуття, розплющення, видавлювання та обрізку облоя.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Схема роботи ГKM показана на рис.1. Матриця ГKM має роз'єм. Одна частина матриці рухома, інша нерухома. Пуансон при висадці переміщується в горизонтальному напрямку.

Штампуння проводиться в такій послідовності:

- 1- Пуансон;
  - 2- Упор;
  - 3- Нерухома матриця;
  - 4- Нагрітий пруток;
  - 5- Рухома матриця;
- а )Установка прутка по упору, б) Початок штампуння;
- в) Кінець штампуння; г) Видалення готової поковки.

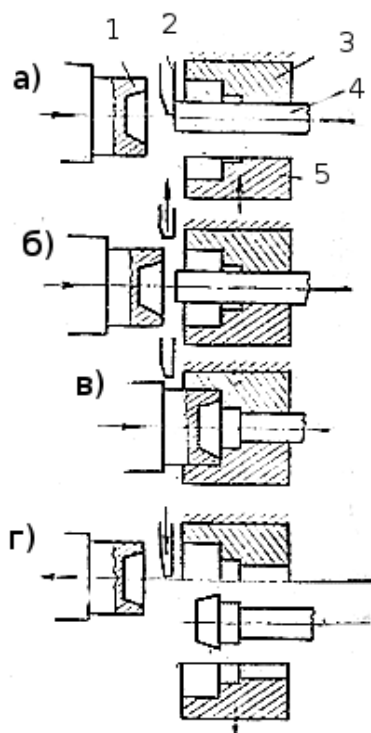


Рис.2.1 Схема роботи горизонтально-кувальної машини:

а )Установка прутка по упору, б) Початок штампуння; в) Кінець штампуння; г) Видалення готової поковки.

Ступінь складності поковки:

- розрахунковий коефіцієнт  $K_p=1,6$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 35   |

.- розрахункова маса поковки

$$m_p = m_d \cdot \kappa_p \quad (2.5)$$

де:  $m_d$  - маса деталі.

$$m_p = 3 \cdot 1,6 = 4,8(\text{кг})$$

Розміри фігури, що описує поковку (циліндр), мм:

- діаметр –  $44 \cdot 1,05 = 46,2$ .

- висота –  $218 \cdot 1,05 = 228,9$ .

де: 1,05 - коефіцієнт.

Об'єм циліндра заготовки розраховується за формулою:

$$V = 2R^2 \cdot H = 2 \cdot 2,31^2 \cdot 22,8 = 383,5 \text{ см}^3 \quad (2.6)$$

Маса циліндра:

$$m_{\text{ц}} = V \cdot \rho = 383,5 \cdot 7,82 = 2,998 \text{ г} = 3 \text{ кг} \quad (2.7)$$

де  $\rho$  - густина сталі 40Х- 7,82 г/см<sup>3</sup>

Розміри фігури, що описує поковку (конус), мм:

- діаметр нижньої основи –  $126,7 \cdot 1,05 = 133$ .

- діаметр верхньої основи –  $89,93 \cdot 1,05 = 94,4$ .

- висота конуса –  $27,07 \cdot 1,05 = 28,4$ .

де: 1,05 - коефіцієнт.

Об'єм конуса заготовки розраховується за формулою:

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) \quad (2.8)$$

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 2,84 \cdot (6,65^2 + 6,65 \cdot 4,72 + 4,72^2) = 290,9 \text{ см}^3$$

$$m_k = V \cdot \rho = 290,9 \cdot 7,82 = 2,274 \text{ г} = 2,3 \text{ кг}$$

Маса фігури, що описує поковку

$$m_\phi = m_\psi + m_k = 3 + 2,3 = 5,3 \text{ кг.} \quad (2.9)$$

Зі співвідношення  $\frac{m_p}{m_\phi} = \frac{3}{5,3} = 0,56$  визначаємо ступінь складності

поковки С2.

Конфігурація поверхні роз'єму штампа плоска П [таблиця 1].

Клас точності поковки Т4 [додаток 1, таблиця 19].

Початковий індекс - 13 [таблиця 2].

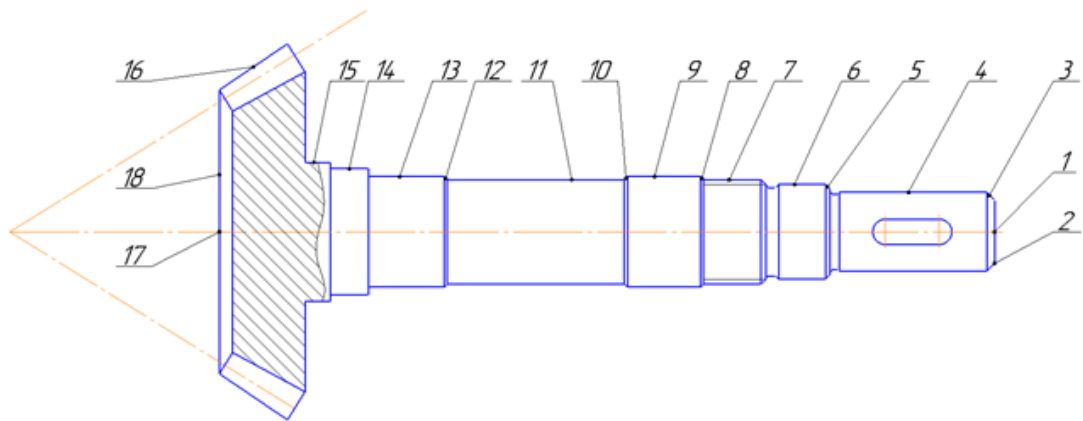
Додаткові припуски, що враховують зміщення по поверхні роз'єму штампа 0,3 мм [таблиця 4], вигнутість і відхилення від площинності та прямолінійності 0,3 мм [таблиця 5].

## 2.5. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

На етапі розробки технологічного маршруту існує безліч різноманітних способів обробки, які забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь деталей, але значно відрізняються за собівартістю та реалізацією, тому є раціональними для різних типів виробництва. Виходячи з цього, одну і ту ж поверхню можна обробляти по-різному, налаштовуючи різні маршрути обробки. Оскільки дипломний проєкт орієнтований на обробку деталей в

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Для визначення необхідної кількості операцій необхідно пронумерувати кожен поверхню заготовки та обрати спосіб обробки.



Таблиця 2.5

| № Елемента        | Назва<br>елемента<br>вала | Розмір                                     | Шорсткість<br>Ra | Операція                                                      |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|
| 2,18              | Торець вала               | 245H14                                     | 6,3              | Заготівельна                                                  |
| 1,17              | Центровий отвір<br>A10    | Ø10                                        | 6,3              | Свердління                                                    |
| 4,6,9,11,13,14,15 | Циліндрична<br>поверхня   | Ø25h9<br>Ø30d9<br>Ø35k6<br>Ø33h14<br>Ø40d9 | 1,6-6,3          | Точіння чорнове,<br>Точіння чистове,<br>Шліфування<br>чистове |

|             |                         |                  |     |                                     |
|-------------|-------------------------|------------------|-----|-------------------------------------|
|             |                         | Ø44              |     |                                     |
| 7           | Різь                    | M33-1,56g        | 3,2 | Точіння чистове,<br>Різьбонарізання |
| 16          | Конічна вал<br>шестерня |                  |     | Зубонарізання                       |
| 3,5,8,10,12 | Фаски                   | 2,5x45°<br>1x45° |     | Точіння чистове                     |

### Оформлення маршруту виготовлення деталі

Виходячи з таблиці 1.5 і використовуючи данні креслення вала складемо маршрут обробки і підберемо до кожної операції обладнання. Отримані результати занесемо в таблицю 1.6. Вибір технологічних баз виконують, виходячи з основних принципів базування. При обробці вал-шестерні, як правило, використовують вісь вала і один з торців.

Таблиця 2.6

### Запропонований технологічний процес.

| Пропонований ТП |                                                                                                                                   |                               |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| №               | Зміст операції                                                                                                                    | Устаткування                  |
| 005             | Заготівельна. Виготовлення штампування                                                                                            | Горизонтально-кувальна машина |
| 010             | Контроль ВТК                                                                                                                      | Стіл ВТК                      |
| 015             | Фрезерно-центрувальна<br>1) фрезерування торців в розмір 245+-1<br>2) Свердління центровочних отворів B5<br>по ДСТУ ISO 2540:2018 | MP-71M                        |
| 020             | Контроль ВТК                                                                                                                      | Стіл ВТК                      |
| 025             | Токарна з ЧПК<br>1)Чорнова обробка                                                                                                | 16K20T1                       |

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 39   |

|     |                                                                                   |                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|     | 2)Напівчистова обробка<br>3)Чистова обробка                                       |                 |
| 030 | Токарна з ЧПК<br>1)Чорнова обробка<br>2)Напівчистова обробка<br>3)Чистова обробка | 16K20T1         |
| 035 | Контрольна ВТК                                                                    | Стіл ВТК        |
| 040 | Термічна<br>Нормалізація до 217 МПа                                               | Електропіч СН 3 |
| 045 | Фрезерна<br>Фрезерування шпонкового пазу                                          | 692Р            |
| 050 | Контрольна ВТК                                                                    | Стіл ВТК        |
| 060 | Зубонарізна<br>Зубонарізання конічної поверхні                                    | 5С276П          |
| 065 | Контрольна ВТК                                                                    | Стіл ВТК        |
| 070 | Круглошліфувальна                                                                 | 3А161           |
| 075 | Контрольна ВТК                                                                    | Стіл ВТК        |

## 2.6. Визначення загальних та міжопераційних припусків на обробку деталі

При обробці заготовок для деталей машин надмірні припуски на обробку можуть призвести до видалення найбільш зносостійких поверхневих шарів оброблюваної деталі. Крім того, такі припуски вимагають введення додаткових технологічних переходів, що збільшує трудомісткість процесів механічної обробки, витрату електроенергії та інструментів, тим самим підвищуючи собівартість. Зменшення припусків на обробку є одним зі способів економії металів і зниження трудомісткості механічних процесів. Однак недостатні припуски не дозволяють видалити дефектні поверхневі шари металу і досягти необхідних параметрів оброблених поверхонь, а в ряді

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

випадків створюють неприйнятні умови для роботи ріжучого інструменту в зоні твердої кірки або окалини. Через недостатні припуски зростає кількість браку, що підвищує собівартість продукції.

Розрахунок припусків та операційних розмірів:

Для розрахунку необхідної кількості матеріалу потрібно призначити припуски та отримати креслення заготовки. Існує два методи визначення припусків: розрахунковий і табличний.

Припуском називається шар металу, який підлягає видаленню з поверхні заготовки в процесі обробки для отримання готової деталі. Розмір припуску визначають як різницю між розміром заготовки та розміром деталі за робочим кресленням. Припуски поділяють на:

загальні - видаляються під час усього процесу обробки;

операційні - видаляються при виконанні окремої операції.

Величина міжопераційного припуску - це різниця розмірів, які отримуються на попередній і даній операції. Загальний припуск позначається заг, розмір заготовки - аз, розмір деталі - ад.

Загальний припуск на обробку буде визначатися:

для зовнішніх поверхонь заг = аз-ад;

для внутрішніх поверхонь заг = ад - аз.

Міжопераційний припуск. Припуск на даній операції  $Z_M$ , розмір, який отримується на попередній операції, - а; розмір, який треба отримати - в:

для зовнішніх поверхонь  $Z_M = a - b$  ;

для внутрішніх поверхонь  $Z_M = a - b$  , тоді загальний припуск на обробку:

$$Z_{\text{заг}} = \sum Z_M \quad (2.10)$$

Фактори, які впливають на величину припуску:

товщина пошкодженого поверхневого шару;

глибина поверхневих нерівностей;

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

неминучі виробничі та технологічні нерівності;  
геометричні погрішності верстата.

Таблиця 2.7

**Припуски та допуски поверхні що обробляються**

| № | Назва поверхні | Розмір, мм | Припуск,<br>мм | Допуск,<br>мм | Розмір<br>заготовки   |
|---|----------------|------------|----------------|---------------|-----------------------|
| 1 | Циліндр        | Ø35        | 2x2,75=5,5     | +0,16         | Ø40,5( $^{+0,16}_0$ ) |
| 2 | Циліндр        | Ø30        | 2x4=8          | +0,16         | Ø40,5( $^{+0,16}_0$ ) |
| 3 | Циліндр        | Ø25        | 2x5,25=10,5    | +0,16         | Ø40,5( $^{+0,16}_0$ ) |

Таблиця 2.8

**Розрахунок міжопераційних припусків**

| План обробки<br>поверхні | Квалітет<br>точності | Шорсткість<br>поверхні,<br>Ra | Міжопераційний<br>припуск, мм | Міжопераційний<br>розмір з<br>відхиленням, мм |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| Заготовка                | h13                  | 40                            | 5,5                           | Ø35k6( $^{+0,018}_{+0,002}$ )                 |
| Точіння чорнове          | h12                  | 12.5                          | 4                             |                                               |
| Точіння<br>напівчистове  | h10                  | 6.3                           | 1                             |                                               |
| Точіння чистове          | k8                   | 3.2                           | 0.3                           |                                               |
| Шліфування               | k6                   | 1.6                           | 0.2                           |                                               |
| Заготовка                | h13                  | 40                            | 8                             | Ø30d9( $^{-0,065}_{-0,117}$ )                 |
| Точіння чорнове          | h12                  | 12.5                          | 6                             |                                               |
| Точіння<br>напівчистове  | h11                  | 3.2                           | 1.5                           |                                               |
| Точіння чистове          | h10                  |                               | 0.3                           |                                               |
| Шліфування               | d9                   | 1.6                           | 0.2                           |                                               |

Продовження таблиці 2.8

| План обробки<br>поверхні | Квалітет<br>точності | Шорсткість<br>поверхні,<br>Ra | Міжопераційний<br>припуск, мм | Міжопераційний<br>розмір з<br>відхиленням, мм |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| Заготовка                | h13                  | 40                            | 10,5                          | Ø25h9( <sup>0</sup> <sub>-0.052</sub> )       |
| Точіння чорнове          | h12                  | 12.5                          | 7,8                           |                                               |
| Точіння<br>напівчистове  | h10                  | 6.3                           | 2,1                           |                                               |
| Точіння чистове          | h9                   | 3.2                           | 0.5                           |                                               |

## 2.7. Вибір технологічного обладнання

При виборі металорізального верстата перевагу слід надавати високопродуктивному обладнанню, орієнтуючись на сучасні верстати вітчизняного та зарубіжного виробництва.

При виборі верстата керуємося такими вимогами:

- можливість виконання необхідних технологічних способів обробки поверхонь, які увійшли до певної операції;
- тип виробництва;
- габарити робочого простору;
- необхідну потужність двигунів;
- кількість інструментів, які можна встановити на верстаті.

### Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-71М

Фрезерні верстати цього типу традиційно використовуються для центрування торців. Їх інше функціональне призначення – двостороннє фрезерування валів різних типів. Під час цього процесу обидва торця виробу

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

обробляються одночасно, після чого здійснюється їх одночасне центрування. Ці операції проводяться для підготовки валів до подальшої обробки.



Рис. 2.3. - фрезерно-центрувальний верстат МР 71-М

Таблиця 2.9

### Основні технічні характеристики верстату МР-71М

| Характеристика                                           | Значення       |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| Найбільший діаметр заготовки, мм                         | 300            |
| Кількість інструментів, які можна установити на верстаті | 6              |
| Найбільша довжина заготовки, мм                          | 500            |
| Мінімальна частота обертання шпинделя, хв-1              | 125            |
| Максимальна частота обертання шпинделя, хв-1             | 712            |
| Електродвигун приводу головного руху, кВт                | 2,8            |
| Габарити верстата, мм                                    | 2640×1450×1720 |
| Вага, кг                                                 | 2800           |

### Токарний верстат з ЧПУ моделі 16K20T1

Токарний верстат з ЧПУ, створений на основі високоточного токарного верстата моделі 16K20T1, призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання за програмою, введеною вручну або записаною на жорсткому диску. На цьому верстаті можна виконувати обробку деталей зі ступінчастим

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 44   |

і криволінійним профілем, включаючи нарізання різьб. Оброблювані деталі виготовляються з легованих, зносостійких, жароміцних і жаростійких сталей, тому верстат повинен мати високу жорсткість. Широкий діапазон частот обертання шпинделя і швидкостей подач з безступеневим регулюванням дозволяє обробляти деталі з чавуну, сталі, алюмінію та інших металів і сплавів. Програмне управління верстата дозволяє обробляти деталі дуже складного профілю з великою кількістю переходів в автоматичному режимі, що економічно вигідно для серійного, дрібносерійного і одиничного виробництва.



Рис. 2.4. - Токарний верстат з ЧПУ моделі 16K20T1

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Таблиця 2.10

**Основні технічні характеристики верстату 16K20T1**

| Характеристика                              | Значення    |
|---------------------------------------------|-------------|
| Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм: |             |
| під час встановлення над станиною-          | 400         |
| під час встановлення над супортом-          | 115         |
| Найбільша довжина оброблення, мм            | 900         |
| Діаметр отвору в шпинделі, мм               | 53          |
| Число одночасно керованих координат         | 2           |
| Частота обертання, шпинделя, об/хв          | 22,4        |
| Подачі, мм/об:                              |             |
| Поздовжні                                   | 0,01        |
| Поперечні                                   | 0,005 — 1,4 |
| Максимальне робоче подавання, мм/хв:        |             |
| Поздовжня                                   | 2000        |
| Поперечна                                   | 1100        |

Продовження таблиці 2.10

|                                                                                    |                |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Швидкість швидких переміщень, мм/хв:                                               |                |
| Поздовжні                                                                          | 6000           |
| Поперечних                                                                         | 5000           |
| Дискретність переміщень, мм:                                                       |                |
| Поздовжні                                                                          | 0,01           |
| Поперечних                                                                         | 0,005          |
| Крок нарізання різі, мм                                                            | 0,01-40,959    |
| Найбільші розміри поперечного перерізу різця, що встановлюється в різцетримачі, мм | 25X25          |
| Потужність головного електродвигуна, кВт                                           | 11             |
| Маса верстата, кг                                                                  | 4000           |
| Габарит верстата (довжина, ширина, висота), мм                                     | 3080X1700X1700 |

Електропіч СН-3

Електропіч СНЗ-3 призначена для проведення різних видів термообробки без вуглецевого шару, в процесі нагрівання під відпал, нормалізацію, загартування або відпустку, в стаціонарних умовах.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |



Рис. 2.5. Електропіч СН-3

Піч має герметичний корпус, фітинги для введення і виведення захисних газів (азоту або аргону), мановакуумметр для контролю величини надлишкового тиску газу (5-20 мм вод.ст.) в печі, а герметизація печі забезпечує низьку витрату робочих газів. Піч оснащена автоматичною системою контролю температури, заснованої на твердотільному безконтактному реле і мікропроцесорному термостаті, який встановлює температуру, час переходу в режим і час перебування в режимі. Доступ до термостата можна отримати за допомогою комп'ютера за допомогою інтерфейсу та доданого програмного забезпечення. Електропіч оснащена автоматикою безпеки, яка спрацьовує при перегріванні печі або її електронних компонентів, а нагрівач відключається при відкритті дверцят. Піч облицьована сучасними енергозберігаючими волокнистими, мікропористими, вогнетривкими і теплоізоляційними матеріалами. Це забезпечує швидкий доступ до заданого температурного діапазону і мінімізує витрати енергії.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Нагрівач (змійовик з матеріалу Superheral) встановлюється в нішах бічних і торцевих стінок печі і в трубах пода. Кінець трубки закріплений в спеціальному пазу кронштейна, виготовленого з вогнетривкої кераміки, що забезпечує надійну експлуатацію і легку заміну нагрівача при необхідності.

Таблиця 2.11.

### Основні технічні характеристики електропечі СН-3

| Характеристика                                                                       | Значення       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Встановлена потужність, кВт                                                          | 80±5           |
| Номінальна напруга мережі, В                                                         | 3×380В, 50Гц   |
| Номінальна температура в робочому просторі печі,                                     | 1250           |
| Розмір робочого простору, мм<br>(ширина×довжина×висота),                             | 800×1500×60    |
| Середовище у робочому просторі                                                       | Захисна        |
| Діапазон автоматичного регулювання температури,                                      | 40÷1250        |
| Стабільність температури в тепловому режимі, що встановився без садка, не гірше,     | ±2             |
| Нерівномірність розподілу температури за об'ємом камери в режимі, що встановився, °С | ± 15           |
| Габаритні розміри, мм (ширина×довжина×висота)                                        | 1900×2500×1850 |
| Розрахункова маса, кг                                                                | 2800           |

## Верстат шпонково-фрезерний вертикальний 692Р

Шпонково-фрезерний верстат 692Р призначений для обробки шпонкових пазів на валах мірними та немірними кінцевими та шпонковими та фрезами.

Верстат може працювати в не автоматичному та напівавтоматичному циклах для обробки за один установ деталі одного шпонкового паза.

Клас точності верстата Н.

Обробка паза проводиться в кілька проходів з подачею на глибину кожного проходу. Після того як буде досягнуто повної глибини паза, стіл з виробом отримує автоматичний рух у бік однієї стінки паза, а потім - у бік іншої на величину, заздалегідь налаштовану спеціальним жорстким упором. Цим досягається точніша ширина і підвищується клас чистоти поверхні стінок паза.



Рис. 2.6. Верстат шпонково-фрезерний вертикальний 692Р

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Таблиця 2.12.

**Основні технічні характеристики верстату 692P**

| Характеристика                                                                              | Значення                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Найменший і найбільший діаметри валу, що встановлюється, мм                                 | 12-75                                                                 |
| Найбільше поздовжнє переміщення фрезерної каретки, мм                                       | 300                                                                   |
| Найбільше поперечне переміщення столу, мм                                                   | 1                                                                     |
| Найбільше настановне переміщення столу (вручну), мм:<br><br>- Поздовжнє<br><br>-Вертикальне | 600<br><br>300                                                        |
| Частота обертання шпинделя, об/хв                                                           | 400; 500; 630;<br>800; 1000;<br>1600;<br>2000; 2500;<br>3150;<br>3750 |
| Подача фрезерної каретки (безступінчасте регулювання), мм/хв.                               | 450-1200                                                              |
| Вертикальна подача гільзи шпинделя на врізання (безступінчасте регулювання), мм/прохід      | 0,05-05                                                               |
| Швидка подача гільзи шпинделя (підведення-відведення), мм/хв.                               | 200                                                                   |

|                                                            |                    |
|------------------------------------------------------------|--------------------|
| Найбільше зусилля поздовжньої подачі фрезерної каретки, кг | 300                |
| Габарити верстата (довжина x ширина x висота), мм          | 2080 x 1640 x 1860 |
| Маса верстата, кг:                                         | 1800               |

### Зубострогальний верстат 5С276П

Верстати моделі 5С276П призначені для чистової та чорнової обробки прямозубих конічних коліс в умовах одиничного та серійного виробництва. Обробка виконується двома зубострогальними різцями методами врізання та обкатки.



Рис. 2.7. Зубострогальний верстат 5С276П

Таблиця 2.13.

**Основні технічні характеристики верстату 5С276П**

| Характеристика                                                                   | Значення       |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Найбільший діаметр колеса, що обробляється, мм                                   | 500            |
| Найбільший зовнішній окружний модуль, мм                                         | 10             |
| Найбільша зовнішня висота зуба, мм                                               | 22             |
| Найбільша середня конусна відстань, мм                                           | 250            |
| Найбільша ширина зубчастого вінця, мм                                            | 80             |
| Найменший кут ділильного конуса, градуси                                         | 5              |
| Число зубів виробу                                                               | 10 - 150       |
| Діаметр конусного отвору шпинделя бабки виробу, мм                               | 100            |
| Відстань від торця шпинделя бабки виробу до центру напівавтомата, мм             | 75 - 375       |
| Тип зубострогальних різців                                                       | 3              |
| Частота подвійних ходів повзунів, дв. хід/хв                                     | 48 - 400       |
| Кутова швидкість подачі обкаткою, град/с                                         | 0,3 - 6,0      |
| Потужність електродвигуна головного руху, кВт                                    | 4,0            |
| Габаритні розміри напівавтомата з окремо розташованими агрегатами, мм, не більше | 3400x3300x1995 |
| Маса напівавтомата, кг, не більше                                                | 9 395          |

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 53   |

## Круглошліфувальний верстат 3А161

Верстат призначений для зовнішнього шліфування циліндричних, конічних та торцевих поверхонь на деталях типу вал, втулка, вісь, фланець, кришка тощо.

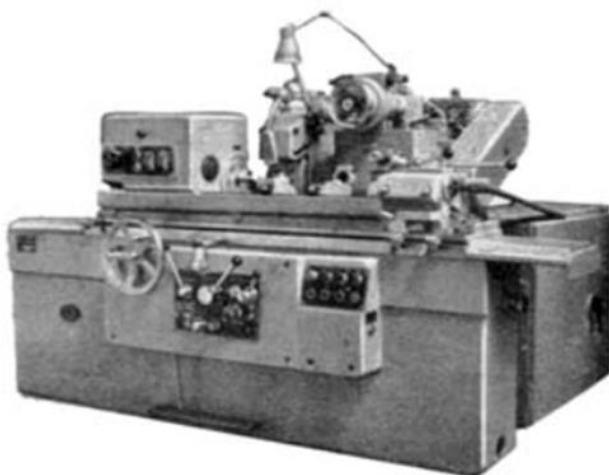


Рис. 2.8. Круглошліфувальний верстат 3А161

Таблиця 2.14.

### Основні технічні характеристики верстату 3А161

| Характеристика                                                                   | Значення |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм                                   | 280      |
| Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм                                    | 1000     |
| Найбільший діаметр шліфування в люнеті, мм                                       | 60       |
| Найбільший діаметр шліфування без люнету, мм                                     | 250      |
| Максимальна довжина шліфування, мм                                               | 900      |
| Відстань від осі шпинделя передньої бабки до дзеркала столу (висота центрів), мм | 150      |
| Максимальний вес заготовки между центрами, кг                                    | 40       |

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| Потужність двигуна, кВт: | 7,5                   |
| Габарити, мм             | 4100 x 2100<br>x 1560 |
| Масса станка, кг         | 4500                  |
| Круглість                | 0,0025 мм             |
| Шорсткість               | $Ra \leq 0,32$        |

## 2.8. Розрахунок режимів різання та технічне нормування технологічного процесу

Операція 015-фрезерно-центрувальна

Верстат фрезерно-центрувальний моделі МР-71М

Перехід 1 Фрезерувати торці

Вихідні дані: різальний інструмент- дві торцеві фрези з пластинами з твердого сплаву

Т15К6, діаметр фрези  $D=160\text{мм}$ , глибина різання  $t=2.5\text{мм}$ , ширина фрезерування  $B=60$ , число зубів фрези  $z=10$ .

Подача при фрезеруванні  $S_z = 0,15\text{мм/зуб}$ .

Обраховуємо довжину робочого ходу:

$$l_{\text{р.ход}} = l_{\text{різ}} + l_2 + l_{\text{дод}}, \quad (2.11)$$

де  $l_{\text{різ}} = 245 \text{ мм}$ ;

$l_2 = 2,5 + 2,5 \text{ мм}$  – врізання;

$l_{\text{дод}} = 0$ .

$$l_{\text{р.ход}} = 245 + 5 + 0 = 250 \text{ мм}.$$

Обраховуємо період стійкості:

$$T_p = K_\phi \cdot (T_{m1} + T_{m2}) \cdot \lambda \quad (2.12)$$

де  $T_m$ - період стійкості,  $T = 240$ хв,

$\lambda$ - коефіцієнт часу врізання

$K_\phi = 0,85$

$$\lambda = \frac{l_{\text{різ.}}}{l_{\text{р.ход}}} = \frac{245}{250} = 0,98 \quad (2.13)$$

Так як  $\lambda > 0,7$ , то коефіцієнт часу різання не враховується

$$T_p = 0,85 \cdot (240 + 240) = 408 \text{ хв.}$$

Визначаємо окружну швидкість фрези  $V$ , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^p} \cdot k_v \quad (2.14)$$

$$V = \frac{332 \cdot 160^{0.2}}{240^{0.2} \cdot 2^{0.1} \cdot 0,15^{0.4} \cdot 60^{0.2} \cdot 10^0} \cdot 0.56 = 150,6 \text{ м/хв}$$

де  $C_v$  і  $q_v, m, x_v, y_v, u_v, p_v$  – відповідно коефіцієнт і показники степеня,

$$C_v = 332, q_v = 0,2, m = 0,2, x_v = 0,1, y_v = 0,4, u_v = 0,2, p_v = 0$$

$k_v$  – поправний коефіцієнт;

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0.56 \quad (2.15)$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

де  $k_{mv}, k_{nv}, k_{uv}$  — коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, який оброблюється, стан поверхні заготовки і матеріал інструмента;

$$k_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_v}\right)^{nv} = \left(\frac{750}{530}\right)^{-0.9} = 0.7 \quad (2.16)$$

$$k_{nv} = 0.8$$

$$k_{uv} = 1.$$

Визначаємо частоту обертання фрези  $n$ , об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 150,6}{3,14 \cdot 160} = 300 \text{ об/хв} \quad (2.17)$$

Коригуємо частоту обертання за паспортами верстата. Для цього з ряду чисел обертів слід вибрати найближче значення згідно з умовою:

$$n \leq n_p \quad (2.18)$$

Прийнято  $n=249$  об/хв

Визначаємо дійсну швидкість різання  $V_d$  :

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 249}{1000} = 125 \text{ м/хв.} \quad (2.19)$$

Визначаємо окружну силу різання  $P_z$ , Н

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^{u,z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (2.20)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 60^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 249^{0,2}} \cdot 0,9 = 1828,4 \text{ Н}$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

де  $C_p, x, y, u, q, w$ - коефіцієнти і показники ступеня,

$$C_p = 825, x = 1, y = 0,75, u = 1,1, q = 1,3, w = 0,2.$$

$S$  – подача на один оберт фрези, мм/об

$K_p$  – коефіцієнт поправочний, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{530}{750}\right)^{0.3} = 0.9 \quad (2.21)$$

де  $n$ -показник степеня,  $n=0,3$ ,

Визначаємо крутний момент на шпинделі  $M$ , Н·м:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{200} = \frac{1828,4 \cdot 160}{200} = 1462,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.22)$$

Обраховуємо хвилинну подачу:

$$Sm = Sz \cdot z \cdot n, \quad (2.23)$$

$$Sm = 0,15 \cdot 10 \cdot 249 = 373,5 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо потужність різання  $N_{рез}$ , кВт

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1000} = \frac{1828,4 \cdot 125}{60 \cdot 1000} = 3,8 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Перевіряємо режим різання по потужності:

$$N_{рез} \leq N_{шп}. \quad (2.25)$$

де  $N_d$  – потужність двигуна, кВт;

$N_{шп}$  – потужність шпинделя, кВт.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta = 13 \cdot 0,75 = 9,75 \text{ кВт}, \quad (2.26)$$

$$3,8 \text{ кВт} \leq 9,75 \text{ кВт}$$

Встановленні режими різання можна здійснювати на даному верстаті.

Обраховуємо основний час обробки фрезою:

$$T_o = \frac{L}{s_m}, \quad (2.27)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу з величинами підводу інструмента

Тоді підставивши отримані значення:

$$T_o = \frac{250}{373,5} = 0,66 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Свердлити центрувальні отвори

Вихідні дані: різальний інструмент – два цетруючих свердла діаметром  $D=4$  мм з швидкорізальної сталі Р6М5

Глибина різання під час свердління  $t$ :

$$t = 0.5 \cdot D = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм.} \quad (2.28)$$

Подача при свердлінні центрувальним свердлом

Вибираємо подачу  $S_0^* = 0.2$  мм/об

Корегуємо вибране значення подачі у відповідності до кінематичних даних верстата. Прийняти найближче значення подачі, виконавши умову:

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

$$S_0 \leq S_0^* \quad (2.29)$$

Прийнято  $S_0=0.2$  мм/об

Визначаємо швидкість різання  $v$ , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v \quad (2.30)$$

$$V = \frac{7 \cdot 4^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 2^0 \cdot 0.2^{0.7}} 0.22 = 4.3 \text{ м/хв}$$

де  $C_v=7, q_v=0.4, m=0.2, x_v=0, y_v=0.7,$

$T=25 \text{ хв};$

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0.7 \cdot 0.8 \cdot 0.4 = 0.22$$

де  $k_{nv} = 0.8;$

$k_{uv} = 0.4.$

$$k_{mv} = C_m \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^{-0.9} = 0.7$$

де  $C_m$  і  $n_v$ - відповідно коефіцієнт враховує групу сталі і показник ступеня ,

$$C_m = 1, n_v = -0.9,$$

Визначаємо частоту обертання свердла  $n$ , об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4.3}{3.14 \cdot 4} = 342 \text{ об/хв}$$

Корегуємо частоту обертання за паспортними даними верстата  
 $n_d=330 \text{ об/хв}.$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Визначаємо дійсну швидкість різання  $v_d$ , м/хв:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 330}{1000} = 4,1 \text{ м/хв};$$

Визначаємо крутний момент при свердлінні  $M_{кр}$ , Н·м

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q S_0^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,77 = 1,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.31)$$

де  $C_M$  і  $q_M, y_M$  - відповідно постійний коефіцієнт і показник степеня  
 $C_M = 0,0345, q_M = 2, y_M = 0,8$ .

$$k_p = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_p} = \left(\frac{530}{750}\right)^{0,75} = 0,77$$

де  $n_p$  - показник степеня,  $n_p = 0,75$ ;

Визначаємо осьову силу під час свердління  $P_0$ ,

$$P_0 = 10 C_p D^q S_0^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,77 = 678,8 \text{ Н} \quad (2.32)$$

де  $C_p$  і  $q_p, y_p$  - відповідно постійний коефіцієнт і показник степеня  $C_p = 68, q_p = 1, y_p = 0,7$ .

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,1 \cdot 330}{9750} = 0,037 \text{ кВт} \quad (2.33)$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Перевіряємо режими різання по потужності:

$$N_{\text{рез}} = 0,037 \text{ кВт} \leq N_{\text{дв}} = 9,75 \text{ кВт}.$$

Встановлені режими різання можна здійснити на даному верстаті.

Обраховуємо основний час обробки при центруванні

$$T_o = \frac{l+l_1}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.34)$$

де  $l_1$  - довжина врізання свердла.

$$l_1 = \frac{d}{2} \text{ctg} \varphi + (0.5 \div 2) = \frac{4}{2} \text{ctg} \varphi + (0.5 \div 2) = 1.4 \text{ мм} \quad (2.35)$$

$$T_o = \frac{9 + 1.4}{0.2 \cdot 330} \cdot 1 = 0.15 \text{ хв}.$$

Операція 070- Круглошліфувальна

Верстат шліфувальний моделі 3А161

Вихідні дані: ріжучий інструмент – шліфувальний круг 600х50х305

14А40ПС1К, глибина шліфування  $t=0,2$ мм, діаметр шліфування  $d=35,2$ мм.

Знаходимо окружну швидкість робочого кола  $v_k = 35$ м/сек ,

Швидкість обертального руху деталі  $v_d = 50$  м/хв,

Визначаємо частоту обертання деталі  $n_{\text{дет}}$ , об/хв,

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 50}{3.14 \cdot 35.02} = 454.6 \text{ об/хв}.$$

Вибираємо радіальну подачу кола на оборот деталі  $S_p = 0.02$  мм/об.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Знаходимо поперечну подачу

Визначаємо ефективну потужність  $N$ , кВт:

$$N = C_n \cdot v_d^r \cdot S_p \cdot d^q \cdot b^z = 0.14 \cdot 50^{0.8} \cdot 0.02 \cdot 35.02^{0.2} \cdot 35^1 = 4.56 \text{ кВт} \quad (2.36)$$

де  $b$ - ширина шліфування,  $b=35$  мм;

$C_n$  і  $r, q, z$ - коефіцієнт постійний і показник ступення,  $C_n=0,14$ ,  $r=0,8$ ,  
 $q=0,2$ ,  $z=1$ .

Перевіряємо режими різання по потужності:  $N \leq N_{\text{шп}}$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 7 \cdot 0,75 = 5,25 \text{ кВт},$$

$$4,56 \text{ кВт} \leq 5,25 \text{ кВт}$$

Встановлені режими різання можна здійснювати на даному верстаті

Таблиця 2.15

### Зведена таблиця режимів різання

| №<br>Назва операції                                     | t, мм | L        | i | T <sub>м</sub> ,<br>хв | S,<br>мм/об | n,<br>об/<br>хв | V, м/хв | S <sub>м</sub> ,<br>мм/хв | T <sub>о</sub> , хв |
|---------------------------------------------------------|-------|----------|---|------------------------|-------------|-----------------|---------|---------------------------|---------------------|
| 015 Фрезерно-центрувальна                               |       |          |   |                        |             |                 |         |                           |                     |
| Перехід 1<br>Фрезерувати торці.<br>245мм.               | 2,5   | 245      | 1 | 408                    | 0,15        | 249             | 125     | 373,5                     | 0,66                |
| Перехід 2<br>Свердлити центровочні<br>отвори діаметром. | 2     | 10,<br>4 | 1 | 25                     | 0,2         | 330             | 4,1     | -                         | 0,15                |

|      |      |          |        |      |                              |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |  |  |  | 63   |

## Продовження таблиці 2.15

| 025 Токарна з ЧПК                         |     |     |   |    |      |      |       |   |       |
|-------------------------------------------|-----|-----|---|----|------|------|-------|---|-------|
| Перехід 1<br>Точити начорно Ø46 до<br>Ø44 | 1   | 220 | 1 | 60 | 0,8  | 1250 | 180,5 | - | 0,22  |
| Перехід 2 Точити<br>начорно Ø44 до Ø41    | 1,5 | 212 | 1 | 60 | 0,8  | 1600 | 221   | - | 0,16  |
| Перехід 3 Точити<br>Начорно Ø41 до Ø36    | 2,5 | 200 | 1 | 60 | 0,8  | 2000 | 205   | - | 0,15  |
| Перехід 4 Точити<br>начорно Ø36 до Ø33    | 1,5 | 56  | 1 | 60 | 0,5  | 2000 | 226   | - | 0,056 |
| Перехід 5 Точити<br>начорно Ø36 до Ø33    | 1,5 | 94  | 1 | 60 | 0,5  | 2000 | 226   | - | 0,094 |
| Перехід 6 Точити<br>начорно Ø36 до Ø31    | 1   | 74  | 1 | 60 | 0,5  | 2000 | 226   | - | 0,074 |
| Перехід 7 Точити<br>начорно Ø31 до Ø26    | 2,5 | 54  | 1 | 60 | 0,5  | 2000 | 194   | - | 0,054 |
| Перехід 8 Точити начисто<br>Ø41 до Ø40    | 0,5 | 14  | 1 | 60 | 0,1  | 2000 | 257   | - | 0,07  |
| Перехід 9 Точити начисто<br>Ø36 до Ø35,4  | 0,3 | 108 | 1 | 60 | 0,1  | 2000 | 226   | - | 0,54  |
| Перехід 10 Точити<br>начисто Ø31 до Ø30   | 0,5 | 22  | 1 | 60 | 0,1  | 2000 | 194   | - | 0,11  |
| Перехід 11 Точити<br>начисто Ø26 до Ø25   | 0,5 | 54  | 1 | 60 | 0,1  | 2000 | 163   | - | 0,27  |
| Перехід 12 Нарізання<br>різби М33х1,5     | 1,5 | 20  | 1 | 60 | 0,15 | 2000 | 207,2 | - | 0,068 |

|      |      |          |        |      |                              |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              |  |  |  | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |  |  |  |      |

| 030 Токарна з ЧПК                                                       |     |         |    |     |      |           |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|---------|----|-----|------|-----------|-------|-------|-------|
| Перехід 1 Чорнове<br>точіння конуса                                     | 2,5 | 31      | 1  | 60  | 0,8  | 500       | 177,4 | -     | 0,07  |
| 045 Фрезерна                                                            |     |         |    |     |      |           |       |       |       |
| Перехід 1<br>Фрезерування<br>шпоночної канавки                          | 0,3 | 25      | 13 | 80  | 0,12 | 2500      | 62,8  | 1200  | 0,26  |
| 060 Зубонарізна                                                         |     |         |    |     |      |           |       |       |       |
| Перехід 1<br>Нарізання профілю<br>зуба                                  | 0,9 | 26      | 11 | 180 | 0,24 | 461.<br>5 | 24    | 0.048 | 63,25 |
| 070 Круглошліфувальна                                                   |     |         |    |     |      |           |       |       |       |
| Перехід 1<br>Шліфувати поверхню<br>$\varnothing 35k6^{+0.018}_{+0.002}$ | 0,2 | 10<br>6 | 1  | -   | 0,02 | 454       | 50    | -     | 4,56  |

Технічне нормування технологічного процесу

Розраховуємо основний (машинний) час обробки:

$$T_o = \sum t_{oi} \quad (2.37)$$

Сумарний основний час на операції:

$$T_o = t_{o1} + t_n = 70,8 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час, для фрезерної операцій 015, за формулою:

|      |      |          |        |      |                              |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |  |  |  | 65   |

$$T_{\text{д}} = T_{\text{вст}} + T_{\text{кв}} + T_{\text{вим}} \quad (2.38)$$

$$T_{\text{д}} = 0,6 + 0,09 + 0,31 = 1 \text{ хв.}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} \quad (2.39)$$

$$T_{\text{оп}} = 0,66 + 1 = 1,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot 0.08 \quad (2.40)$$

$$T_{\text{дод.}} = 1.66 \cdot 0.08 = 0,13 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (2.41)$$

$$T_{\text{шт}} = 1,66 + 0,13 = 1,79 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (2.42)$$

де  $T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-заключний час, що складається з часу:

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 4$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 9$  хв.
- 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв;
- 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $T = 0,20$  хв.

$$T_{пз} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 47$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{шт,к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,12 + \frac{17,35}{47} = 6.63 \text{ хв}$$

Таблиця - 2.16

### Технічні норми часу по операціям

| Код<br>Опр. | Опер.        | $T_o$ ,<br>хв. | Допоміжний, хв. |            |            | $T_d$ ,<br>хв | $T_{оп}$ ,<br>хв | $T_{дод}$ ,<br>хв | $T_{шт}$ ,<br>хв | $T_{пз}$ ,<br>хв | $T_{шт.к}$ ,<br>хв |
|-------------|--------------|----------------|-----------------|------------|------------|---------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
|             |              |                | $T_{уст.}$      | $T_{упр.}$ | $T_{вим.}$ |               |                  |                   |                  |                  |                    |
| 015         | Фрезерна     | 0,66           | 0,6             | 0,09       | 0,31       | 1             | 1,66             | 0,13              | 1,79             | 17,35            | 2,15               |
| 015         | Центрувальна | 0,15           | 0,6             | 0,09       | 0,31       | 1             | 1,15             | 0,09              | 1,24             | 17,35            | 1,6                |
| 025         | Токарна      | 1,86           | 1,6             | 0,28       | 0,84       | 2,72          | 4,58             | 0,36              | 4,94             | 17,35            | 5,3                |
| 030         | Токарна      | 0,07           | 1,6             | 0,28       | 0,31       | 2,19          | 2,26             | 0,18              | 2,44             | 17,35            | 2,8                |
| 045         | Фрезерна     | 0,09           | 0,1             | 0,24       | 0,31       | 0,65          | 0,74             | 0,05              | 0,79             | 17,35            | 1,1                |
| 060         | Зубонарізна  | 63,25          | 25              | 1,6        | 0,47       | 27,07         | 90,32            | 7,22              | 97,54            | 17,35            | 97,9               |
| 070         | Шліфувальна  | 4,56           | 1,7             | 0,06       | 0,2        | 1,96          | 6,52             | 0,52              | 7,04             | 17,35            | 7,4                |

## Висновки за розділом

Даний конічний редуктор з приводом від електродвигуна із синхронною частотою обертання 3000 об/хв призначений для приводу конвеєрної лінії та тягових шахтних електровозів.

Виходячи з умов експлуатації та технічних вимог обрано сталь 40Х та визначено, що дана вал-шестерня являється технологічною деталлю.

Визначено програму випуску та обрано середньо-серійний тип виробництва.

Переглянувши запропоновані варіанти виготовлення заготовки, було обрано найбільш доцільний метод кування на молотах.

Розроблено технологічний маршрут виготовлення деталі. Для поверхонь, що обробляються, розраховані міжопераційні припуски. Обрано технологічне обладнання, виконано розрахунок режимів різання та проведено технічне нормування процесу.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Проектування та розрахунок спеціальних верстатних пристроїв

Відповідно до завдання було виготовлено верстатний пристрій для фрезерної операції 045 на якій відбувається фрезерування шпоночного пазу розмірами  $b=8$ ,  $h=4$ ,  $l=25$ .

На даній операції вал-шестерня базується в опорних призмах і закріплюється важелем. Даний пристрій показаний на рисунку 3.1.

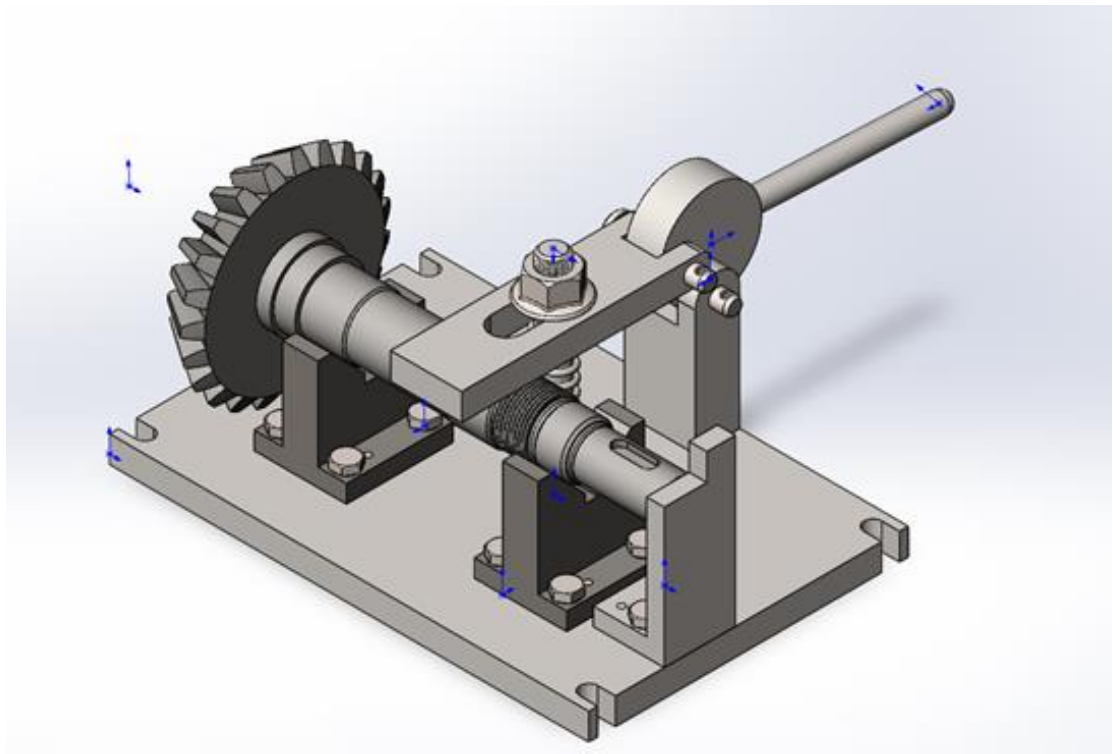


Рис. 3.1.— Розроблений верстатний ексцентриковий пристрій

Спроектований пристрій складається з основи яка кріпиться до верстата, стійки, ексцентрика, рукоятки, притискної планки, стійки з пружиною, упорної стійки, призми.

Рухаючи рукоятку вліво-вправо, ми тим самим здійснюємо обертання кулачка навколо зміщеної осі. Зусилля з кулачка передається на притискну планку, котра здійснює рухи верх, вниз тим самим, здійснює надійне затискання та фіксування деталі в пристрої.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 69   |

Похибка базування вал-шестерні в призмах розміру  $\emptyset 35h14$  дорівнює нулю, так як установча та вимірювальна база співпадають.

Похибка базування буде рівна:

$$E = 0,5 \times TD_{35h14} \times \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha}\right) + \frac{TD_{35h14}}{2} \quad (3.1)$$

де,  $TD_{35h14}$ — допуск на розмір (розмір базової поверхні після токарної обробки).  $TD_{35h14} = -0,62\text{мм}$

$$E = 0,5 \times 0,62 \times \left(1 + \frac{1}{\sin 45}\right) + \frac{0,62}{2} = 0,98\text{мм}$$

Розрахунок необхідного зусилля надійного затискання заготовки. За допомогою рівняння визначаємо необхідну силу затиску.

Переглянувши схожі пристрої та проаналізувавши сили різання при фрезеруванні шпонкового пазу, аналітичним методом обрано силу затиску вал-шестерні в призмах 2000Н.

### 3.2. Статичне дослідження пристосування

Згідно з пунктом 3.1 спеціальне верстатне пристосування для фрезерування шпонкового пазу повинно забезпечувати надійність при необхідній силі затиску 2000Н. Для того щоб перевірити надійність даного пристосування проведемо статичний аналіз навантаження. Перед початком роботи запускаємо програму «SOLIDWORKS» та відкриваємо модель пристосування.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

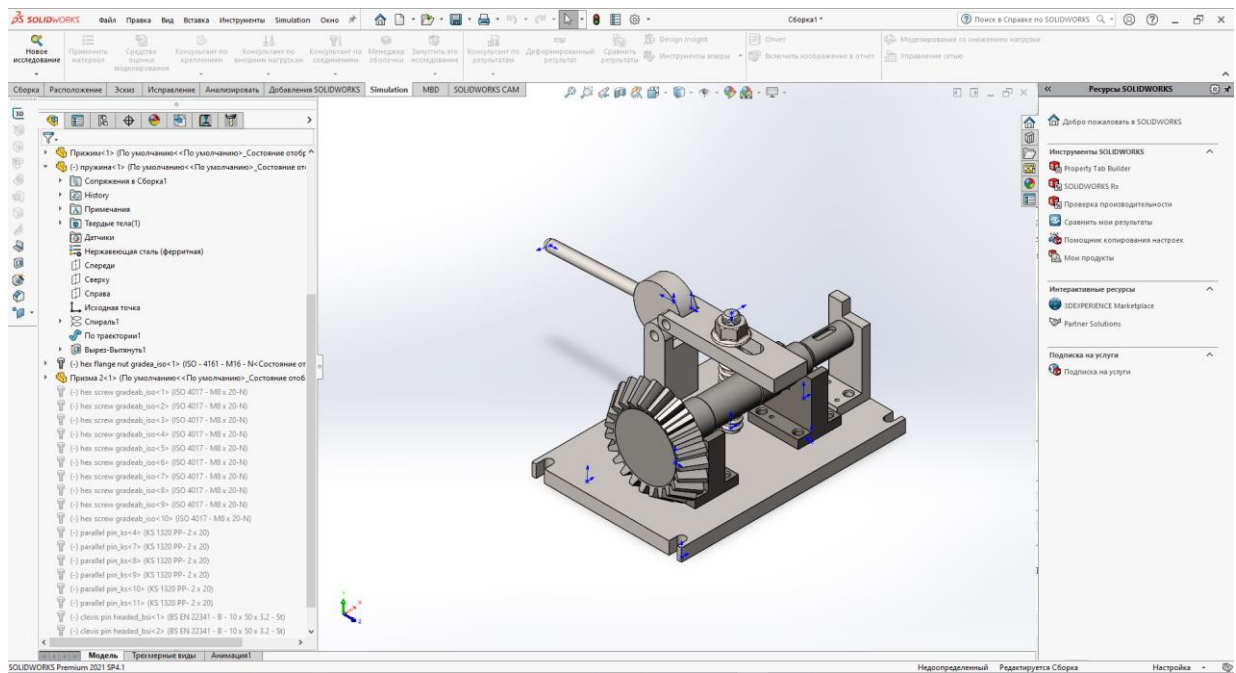


Рис. 3.2. Модель пристосування

Для того щоб почати роботу з пристосуванням та провести статичний аналіз збірки необхідно відкрити вкладку «SOLIDWORKS Add-Ins» (рис 3.3) та обираємо додаток «SOLIDWORKS-Simulation», з активуванням статичного аналізу збірки (рис 3.4) .

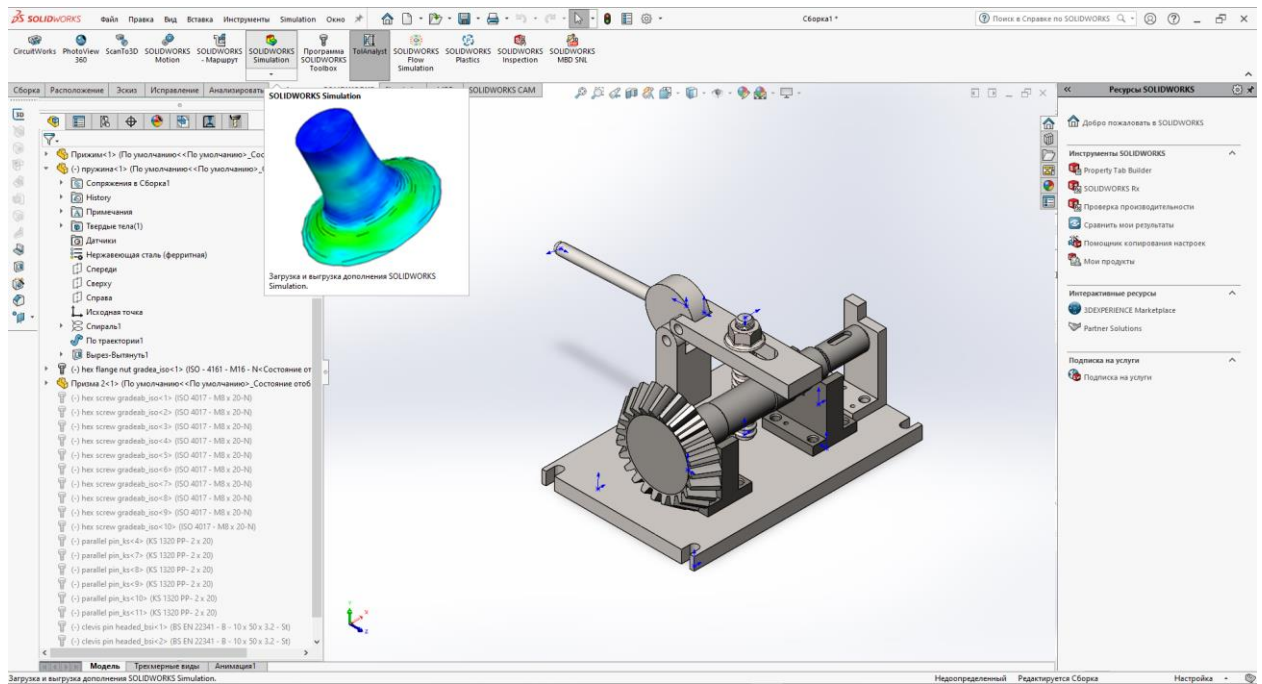


Рис.3.3. Додавання модуля «SOLIDWORKS-Simulation»

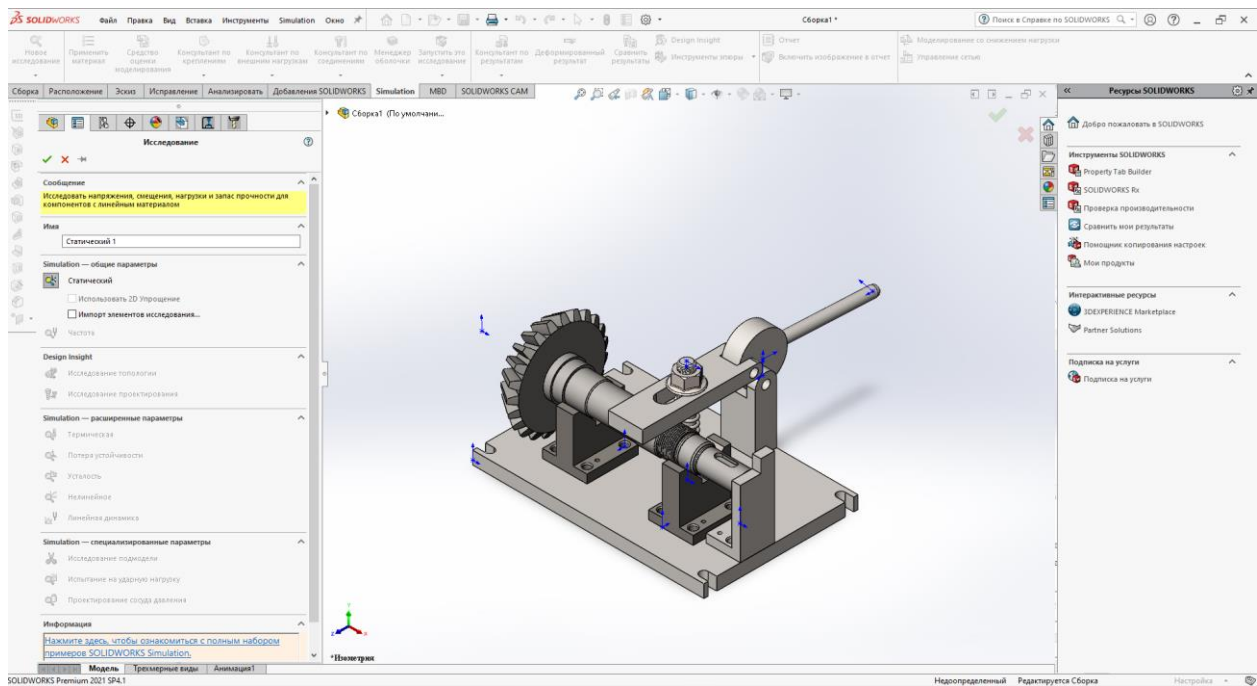


Рис. 3.4. Статичний аналіз збірки

Наступним кроком є перевірка раніше призначеного матеріалу для елементів спеціального верстатного пристосування. Для цього скористаємося командою «Parts». Обираємо деталі збірки, натискаємо «Apply/Edit material» та перевіряємо правильність вказаного матеріалу (рис. 3.5).

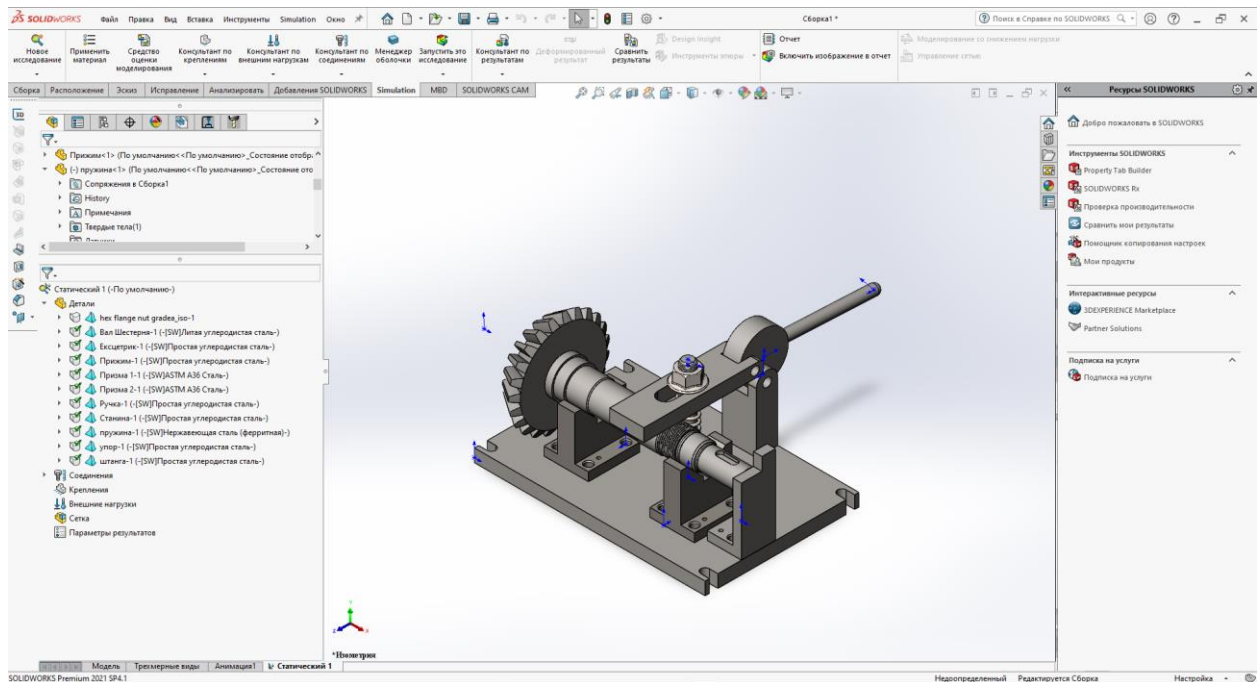


Рис.3.5. Назначення матеріалу деталей пристосування.

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ

Арк.  
72

Наступним кроком вказуємо місця контактів між деталями та обираємо потрібні поверхні скориставшись командою «Connections»- «Local interaction» (рис. 3.6).

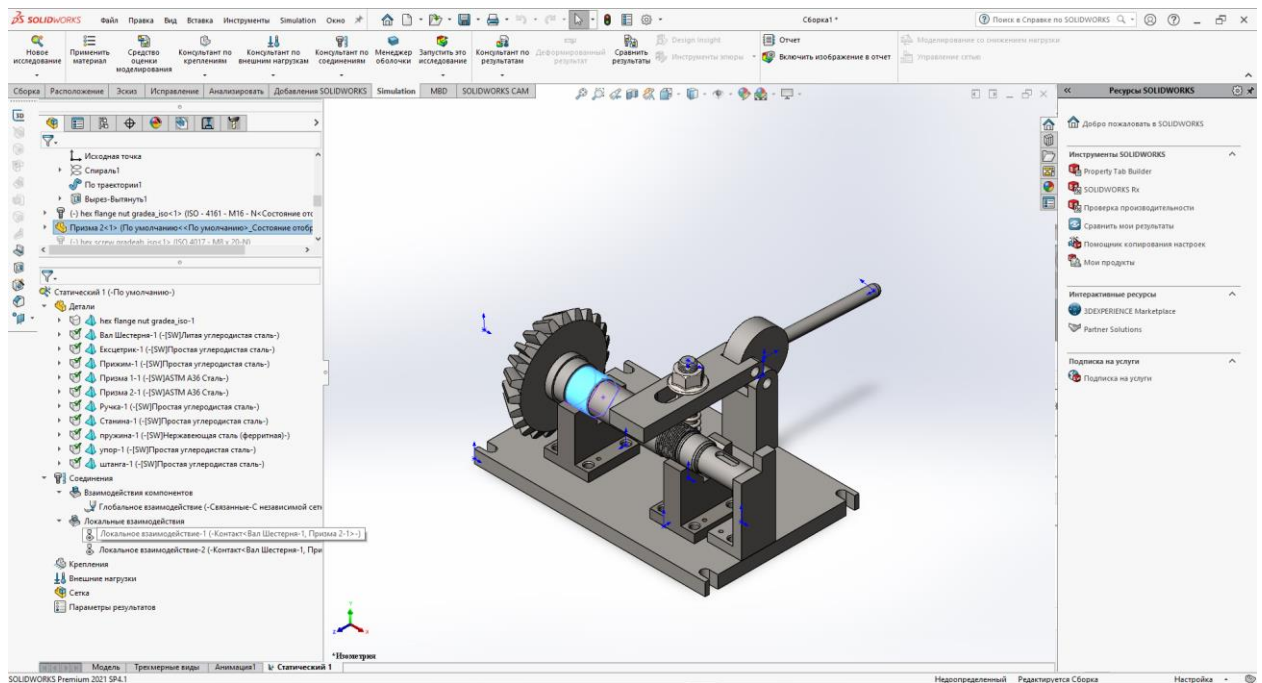


Рис. 3.6. Місця контактів між деталями

Далі потрібно накласти гравітацію на дослідження за допомогою команди «Gravity» (рис. 3.7).

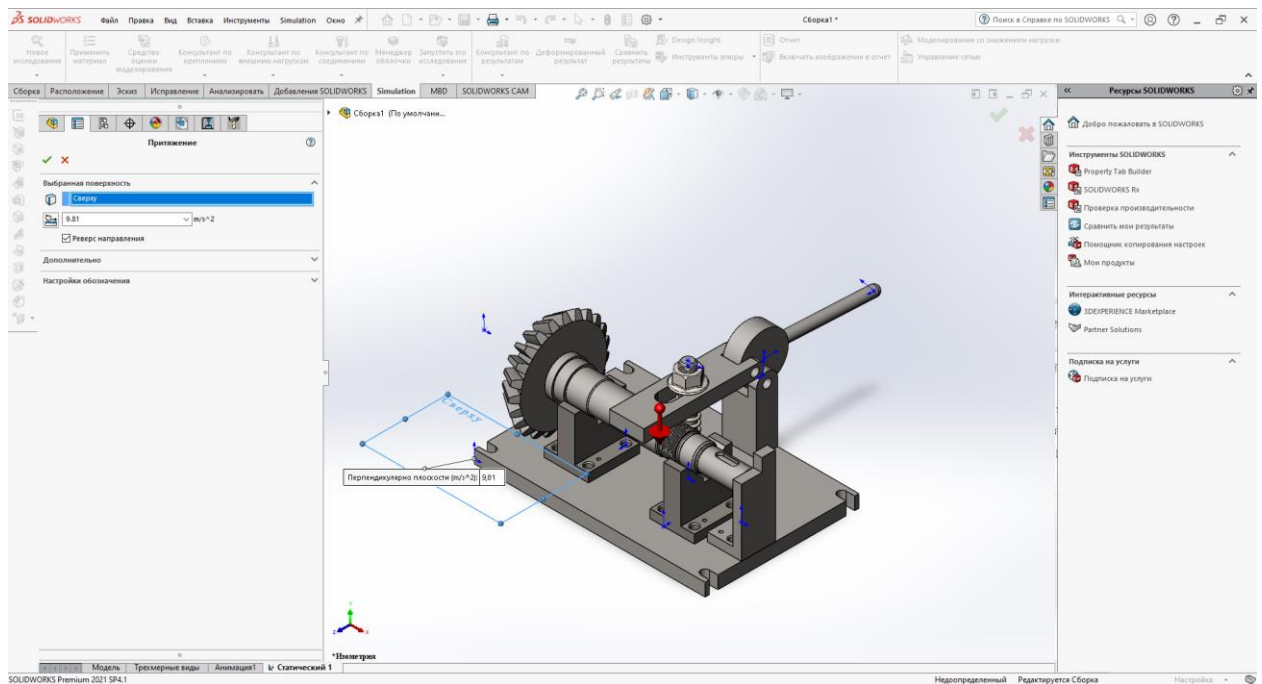


Рис. 3.7. Накладення гравітації

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ

Арк.  
73

Наступним кроком потрібно прикласти силу затиску яку розвиває ексцентрик 2000Н. Силу прикладаємо до гайки яка давить на прижим через шпильку яка в свою чергу з'єднана з ексцентриком (рис.3.8).

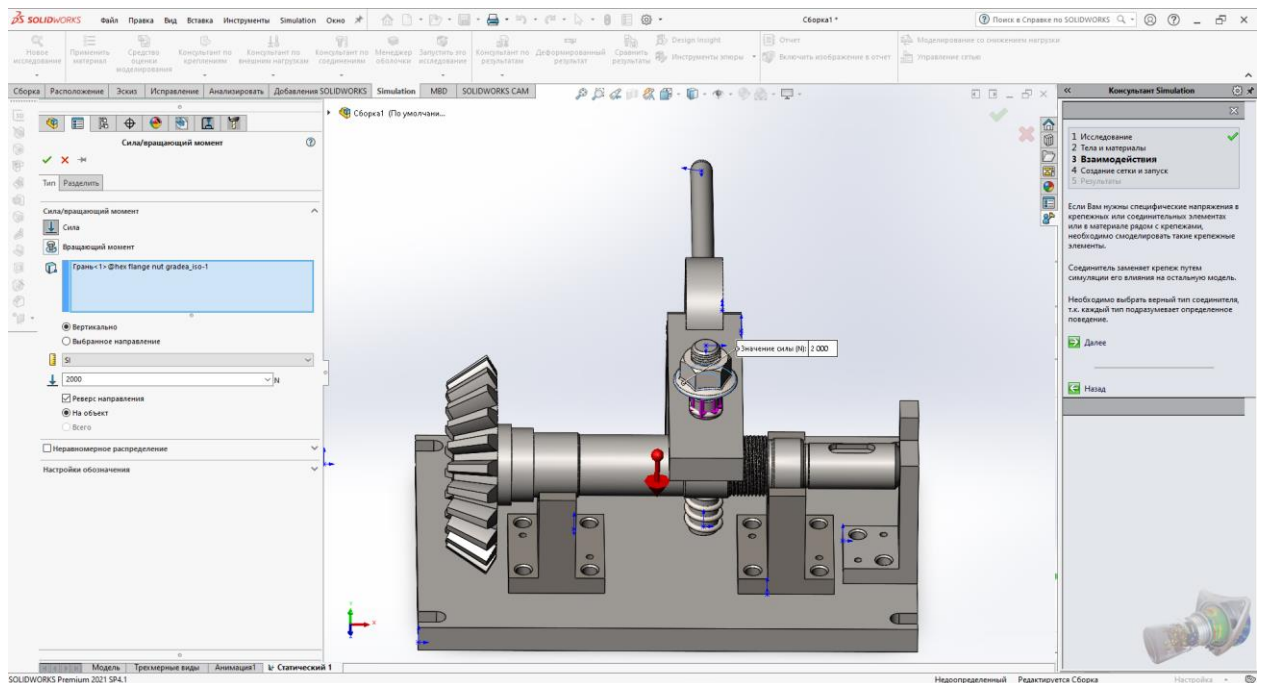


Рис. 3.8. Прикладення сили затиску

Останнім етапом підготовки збірки до статичного аналізу є – закріплення конструкції за допомогою меню «Fixed geometry» (рис. 3.9).

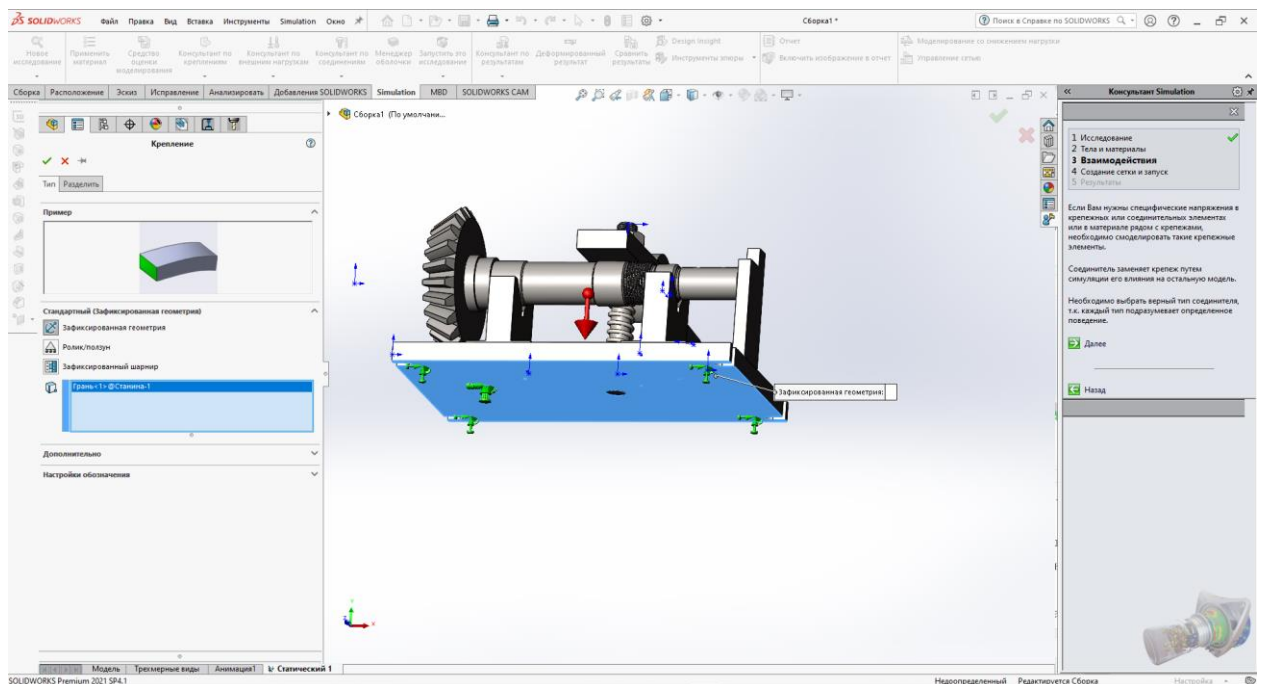


Рис. 3.9. Закріплення конструкції і верстатного пристосування

Для подальшого успішного дослідження потрібно побудувати сітку скінчених елементів. Для побудови сітки будемо використовувати команду «Mesh» - «Create mesh» наведену (рис. 3.10).

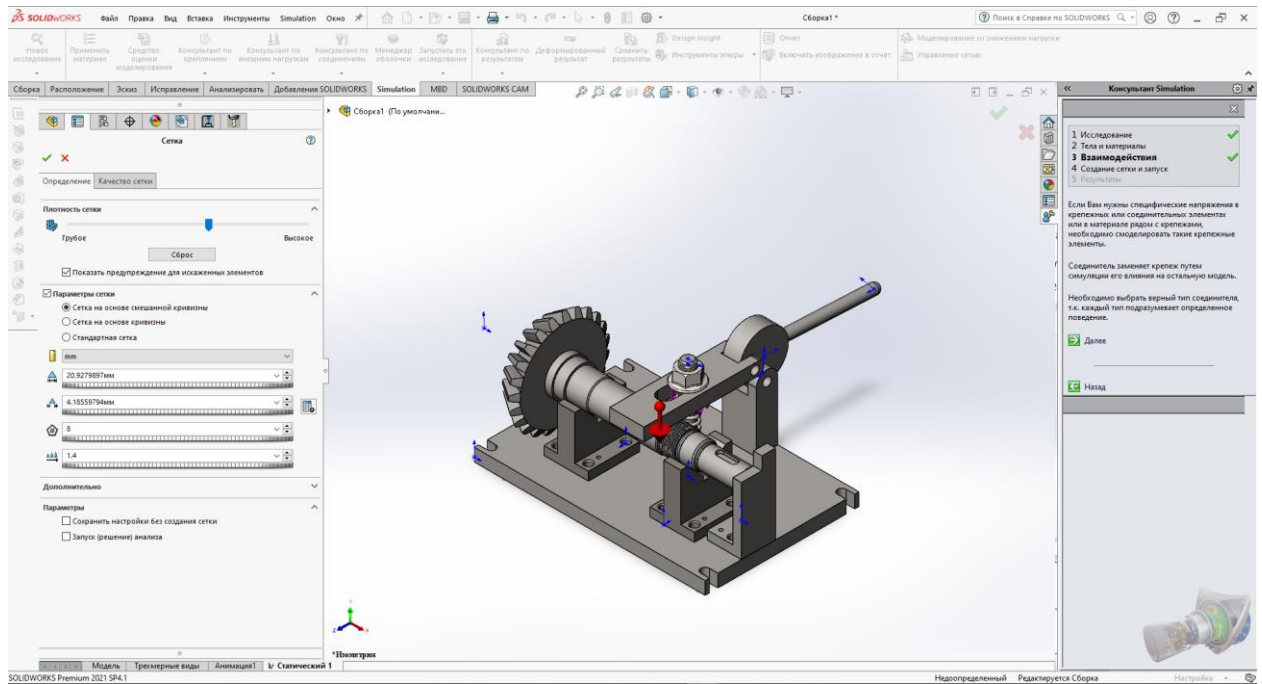


Рис. 3.10 Побудова сітки скінчених елементів

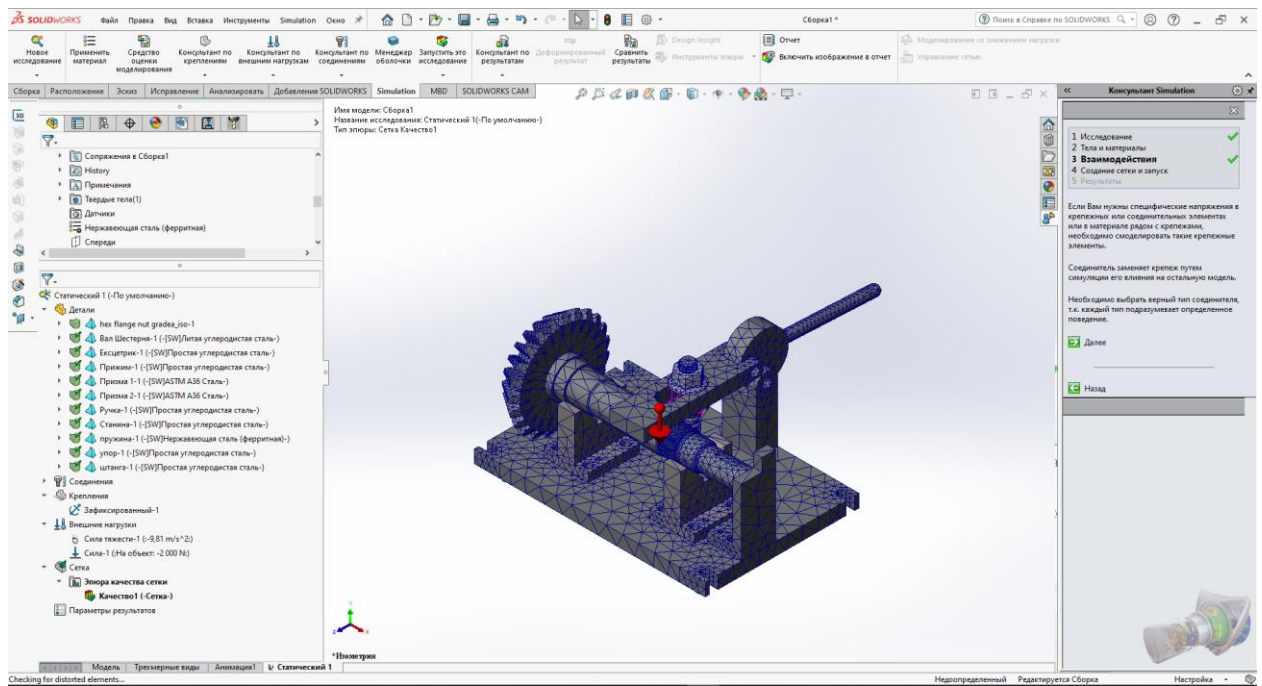
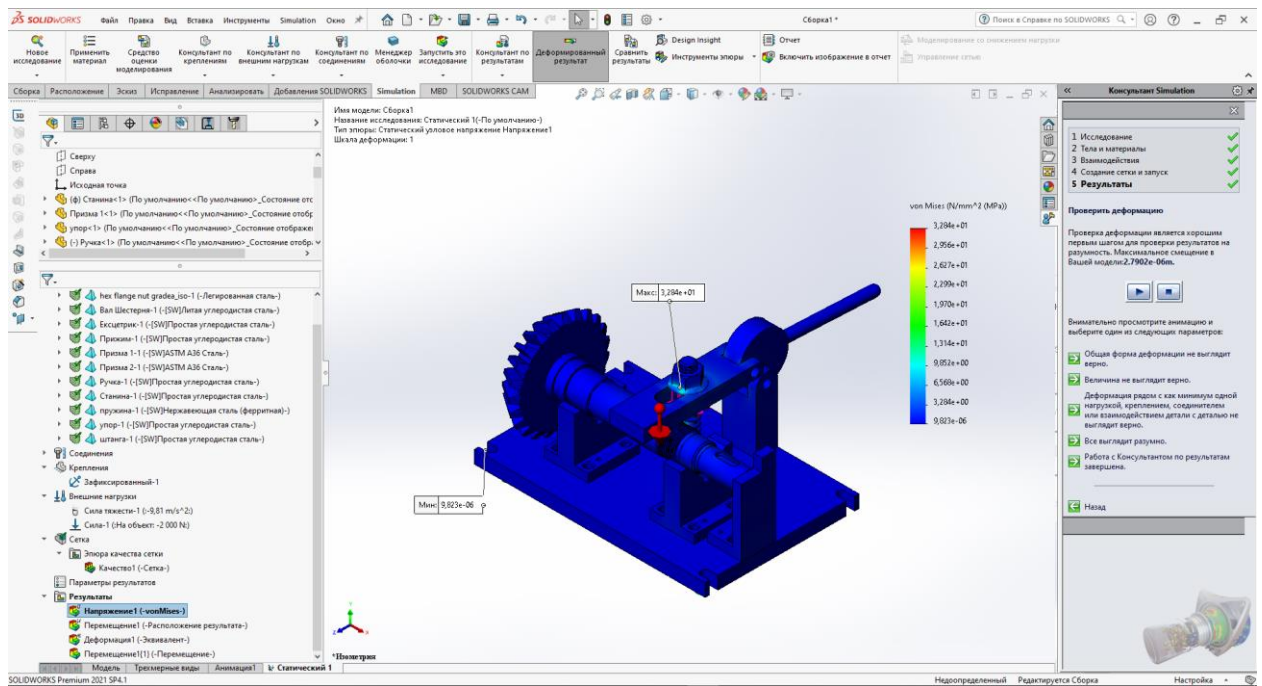


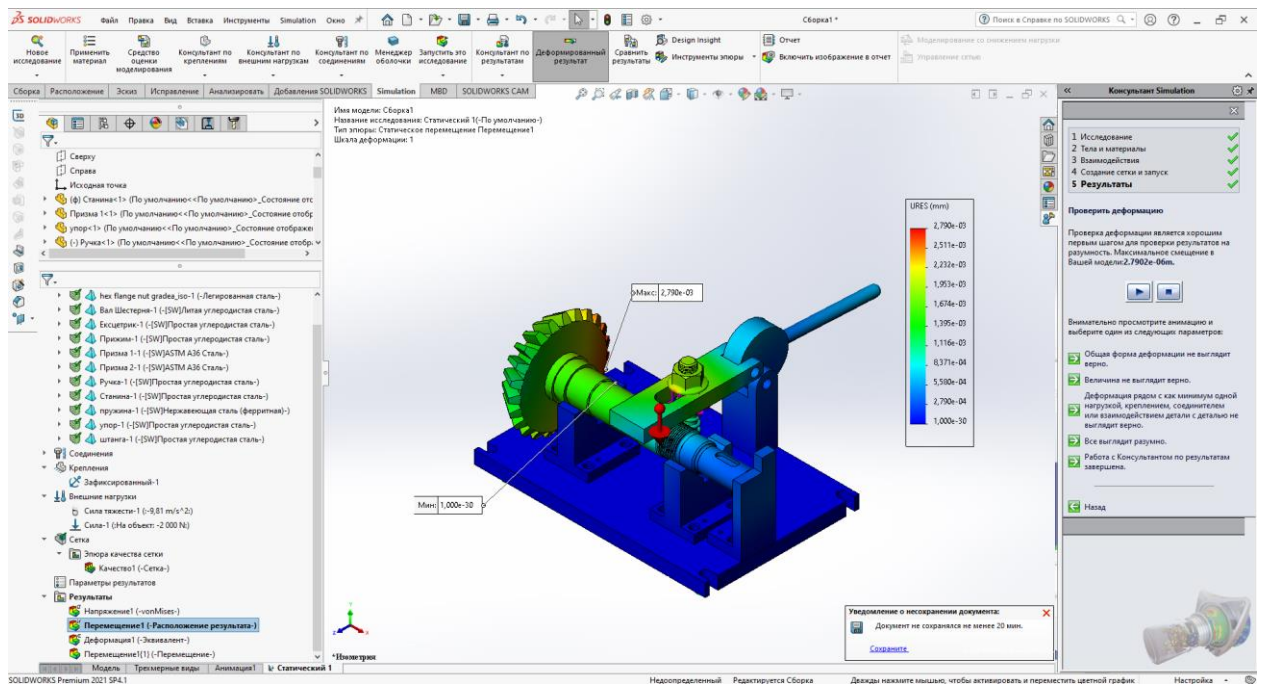
Рис. 3.11 Загальний вигляд побудованої сітки

Запускаємо дослідження за допомогою команди «Run this study».

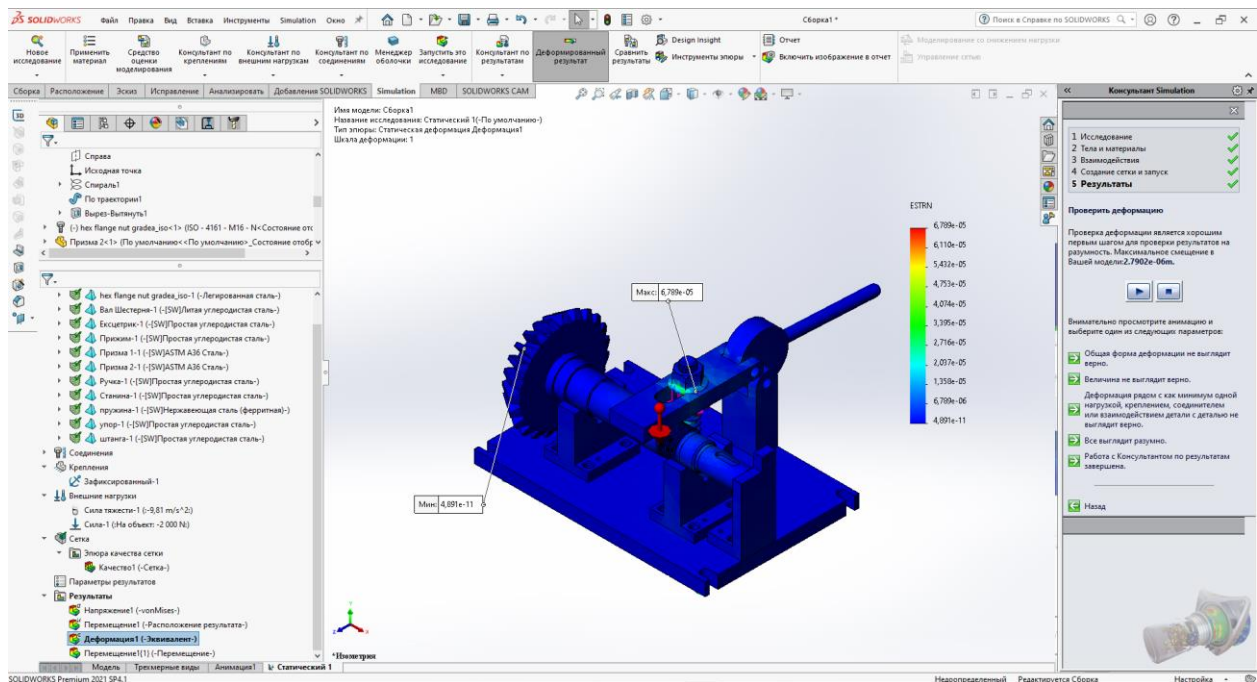
На наступних рисунках зображені результати розрахунків. Як видно з результатів запас міцності конструкції достатньо (рис 3.12).



а)



б)



в)

Рисунок 3.12. Результаты дослідження

Під час виконання досліджень були отримані наступні результати, які наведені на рисунках 3.12. При розгляді моделі визначено, що максимальне значення напруження припадає на гайку пристосування. Максимальне навантаження на пристосування по von Mises не перевищують  $3,284 \times 10^1 \text{ Н/м}^2$ .

Максимальне переміщення пристосування  $2,790 \times 10^{-3} \text{ мм}$  відповідно до рис.3.12 б.

Так як, максимальне напруження на шайбі дорівнює  $3,284 \times 10^1 \text{ Н/м}^2$  і воно значно менше, ніж межа міцності сталі по von Mises, яка становить  $6,204 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$ , тому умова міцності виконується і пристосування витримає навантаження.

### 3.3. Проектування та розрахунок спеціальних пристроїв технічного контролю

В технологічному процесі заготовка оброблялася на токарному верстаті з ЧПК і встановлювалася в центрах. Використання контрольного пристрою забезпечує об'єктивність, точність і продуктивність операції контролю биття

|      |      |          |        |      |  |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|--|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      |  | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |                              | 77   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                              |      |

поверхонь посадочних місць діаметром 35k6 під підшипники кочення з допустимим биттям 0,03 мм. Контроль радіального биття поверхонь здійснюється альтернативним методом з використанням жорстких центрів токарного верстата і індикаторної стійки. Контроль биття поверхонь виконується по чергово, причому суб'єктивні особливості оператора значно впливають на якість контролю.

Перевірка заданого параметра буде проводитися безпосередньо на токарній дільниці, на робочому місці, розташованому поруч з верстатом. Умови робочої зони: температура -  $20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря - 80%, атмосферний тиск - 86...106 кПа, швидкість руху повітря - не більше 0,5 м/с, частота вібрацій від верстатів - 20-30 Гц. Основним фактором, що визначає працездатність зору, є освітлення. Точність контролю радіального биття вимагає значного напруження очей, тому для нормальної роботи разом із загальним освітленням у 100 люкс призначається місцеве освітлення з інтенсивністю 2000 люкс.

Для забезпечення точкового контакту призначаємо наконечник сферичної форми з радіусом не менше 2 мм. Враховуючи значну твердість контрольованої поверхні, геометричні параметри наконечника, орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 5 Н. В цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначатиметься за формулою:

$$\Delta_{\text{зус}} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{\text{зус}}^2}{r}}, \quad (3.2)$$

де  $\Delta_{\text{зус}}$  – величина похибки контактної деформації, мкм;

$K$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника. Для сталі  $K = 1,00$ ;

$P_{\text{зус}}$  – вимірювальне зусилля, Н;

$r$  – радіус сфери наконечника, мм

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 78   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Деталь контролюється при повороті на 360°, що характерно для динамічного методу контролю

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина допуску ІТ контрольованого параметра, зокрема, радіального биття контрольованих поверхонь:

$$[\Delta_{\text{вим.}}] = K \cdot IT, \quad (3.3)$$

де  $K$  – залежить від квалітету або ступені точності контрольованого параметра і може приймати від 0,2 до 0,35. Для 6-го ступеня точності з допуском в 25 мкм приймаємо  $K = 0,3$

$$[\Delta_{\text{вим.}}] = 0.3 \cdot 25 = 7.5 \text{ мкм.}$$

Визначимо допустиму інструментальну похибку для контролю радіального биття :

$$[\Delta_{\text{ін.}}] = 0,7 \cdot [\Delta_{\text{вим.}}], \quad (3.4)$$

$$[\Delta_{\text{ін.}}] = 0,7 \cdot 7,5 = 5,25 \text{ мкм.}$$

Ціна поділки ЗВ розраховується залежно від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ. Приймаємо:  $[C] = [\Delta_{\text{ін}}] = 5 \text{ мкм}$

Інтервал поділки шкали  $[a]$  беремо 1,0 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань ЗВ.

Виходячи із вище перелічених допустимих метрологічних характеристик ЗВ вибираємо індикатор годинникового типу моделі TESA YR

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 79   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

01410410 з ціною поділки 0,001 мм фірми TESA з наступними характеристиками:

- ціна поділки шкали – 1 мкм;
- діапазон індикації – 1 мм;
- діаметр циферблата – 58 мм;
- відстань між поділками шкали – 1,5 мм;
- вимірювальне зусилля – 1,7 Н;
- діапазон загальної похибки вимірювання – 4 мкм;
- повторюваність (поле розкидування) – 1 мкм.

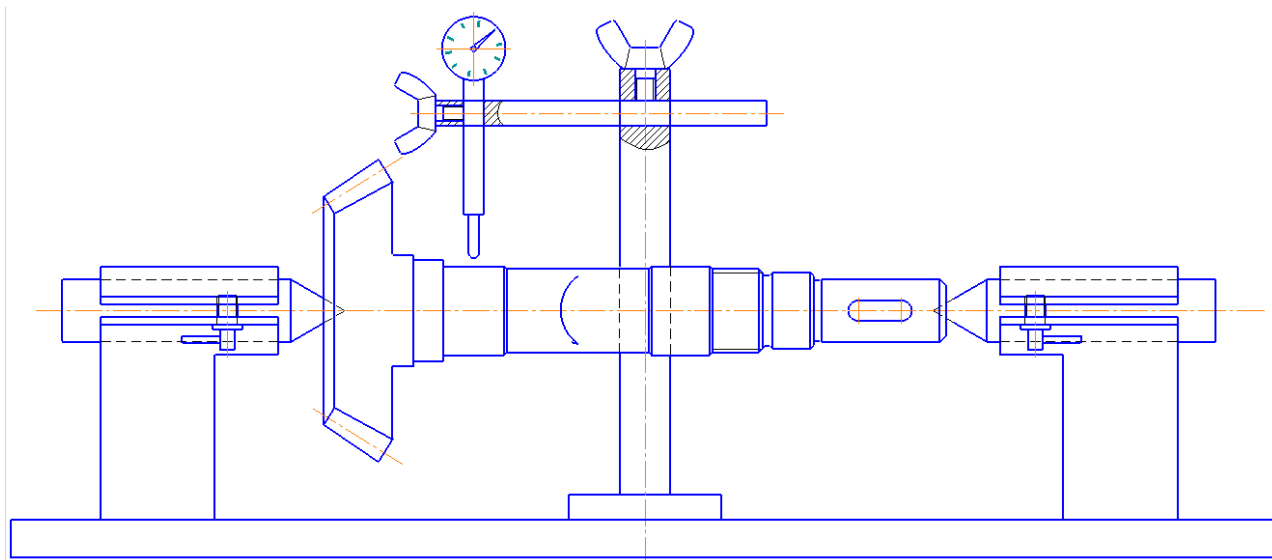


Рис. 3.13. – Компонувальна схема КВП

При контролі радіального биття контрольованих поверхонь «вал-шестерні» сумарну фактичну похибку КВП можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{пер.пр.}}^2 + \Delta_{\text{е}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{\text{в.зус.}}^2} \quad (3.5)$$

де  $\varepsilon$  – похибка положення контрольованої деталі в пристрої  
визначається як:

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 80   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (3.6)$$

$\varepsilon_6$  - похибка базування. У нашому випадку для базування в центрах при контролі радіального биття вона відсутня;

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення. Оскільки для закріплення деталі використовуємо жорсткі centru з незначним зусиллям закріплення, то похибка закріплення відсутня;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  - неточність виготовлення елементів пристрою, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. У нашому випадку на контроль заданих параметрів це не впливає;

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 0} = 0 \text{ мкм},$$

$\Delta_{\text{пер.пр.}}$  - похибка передавального пристрою. Оскільки в конструкції нашого КВП передавальні пристрої відсутні, то  $\Delta_{\text{р}} = 0$ ;

$\Delta_{\text{е}}$  - похибка виготовлення еталонної деталі, приймаємо за дод. 3:  $\Delta_{\text{е}} = 5 \text{ мкм}$ ;  $\Delta_{\text{ін}}$  - похибка обраного ЗВ,  $\Delta_{\text{ін}} = 4 \text{ мкм}$ ;

$\Delta_{\text{в.зус}}$  - похибка, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації поверхні деталі дорівнює:

$$\Delta_{\text{в.зус}} = 0,43 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,7^2}{1,5}} = 0,53 \text{ мкм}$$

$\Delta t$  - похибка, викликана зміною температури навколишнього середовища.

Оскільки контроль здійснюється на столі ВТК, після вирівнювання температур контрольованої деталі і КВП,  $\Delta t = 0$ .

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 81   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

У підсумку, підставивши знайдені значення елементарних похибок, отримаємо:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 5^2 + 4^2 + 0^2 + 0,53^2} = 6,42 \text{ мкм} < 7,5 \text{ мкм} = [\sigma_{\text{вим}}]$$

В результаті спроектований КВП для контролю радіального биття буде працездатним.

#### Опис роботи КВП

Основою приладу служить станина за напрямними, по яким пересуваються центрові бабки з рухомими центрами. По середині напрямних встановлюється стійка з кронштейном на яку встановлюється індикатор годинникового типу

Спроектований пристрій працює наступним чином. Контрольована «вал-шестерня» встановлюється центровими отворами в обертових центрах пристрою. Потім до контрольованих поверхонь підводяться вимірювальні наконечник індикатора і після повороту деталі на 360° по різниці найбільшого і найменшого показань з індикатора і судять про величину радіального биття контрольованих поверхонь.

### 3.4. Проектування та розрахунок спеціальних засобів технічного контролю

Проводиться розрахунок граничних і виконавчих розмірів калібрів, необхідних для контролю вала діаметром 35k6, 30d9, 25h9 а також контрольних калібрів для скоб.

Розрахунок проведено для поверхні діаметром 35k6

Калібри для контролю вала діаметром 35k6, а також контрольні розміри скоб.

Граничні відхилення:  $es = 18$ ;  $ei = 2 \text{ мкм}$ .

Граничні розміри:  $d_{\min} = 35,002 \text{ мм}$ ;  $d_{\max} = 35,018 \text{ мм}$ .

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 82   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Допуски відхилень для скоб:  $Z=2,5$  мкм,  $Y=2$  мкм;  $H_1 = 4$  мкм,  $H_p = 1,5$  мкм.

Схеми розташування полів допусків калібрів-скоб наведено на малюнку 3.3

Розміри скоб:

$$PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_1 / 2 \quad (3.7)$$

$$PP_{\max} = 35,018 - 0,0025 + 0,004 / 2 = 35,0175(\text{мм})$$

$$HE_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2 \quad (3.8)$$

$$PP_{\min} = 35,002 - 0,0025 - 0,004 / 2 = 35,0015(\text{мм})$$

$$PP_u = d_{\max} + Y_1 \quad (3.9)$$

$$PP_u = 35,018 + 0,002 = 35,02(\text{мм})$$

$$HE_{\max} = d_{\min} + H_1 / 2 \quad (3.10)$$

$$HE_{\max} = 35,002 + 0,004 / 2 = 35,004(\text{мм})$$

$$HE_{\min} = d_{\min} - H_1 / 2 \quad (3.11)$$

$$HE_{\min} = 35,002 - 0,004 / 2 = 35(\text{мм})$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 83   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Виконавчі розміри калібрів:

$$ПР = 35,0175^{+0,004}(\text{мм}).$$

$$ПР_{\text{и}} = 35,02(\text{мм}).$$

$$НЕ = 35^{+0,004}(\text{мм}).$$

Розміри контрольних калібрів для скоб:

$$K - ПР_{\text{max}} = d_{\text{max}} - Z_1 + H_p / 2 \quad (3.12)$$

$$K - ПР_{\text{max}} = 35,018 - 0,0025 + 0,0015 / 2 = 35,014(\text{мм})$$

$$K - И_{\text{max}} = d_{\text{max}} + y_1 + H_p / 2 \quad (3.13)$$

$$K - И_{\text{max}} = 35,018 + 0,002 - 0,0015 / 2 = 35,020(\text{мм})$$

$$K - И_{\text{min}} = d_{\text{max}} + y_1 - H_p / 2 \quad (3.14)$$

$$K - И_{\text{min}} = 35,015 + 0,002 - 0,0015 / 2 = 35,019(\text{мм})$$

$$K - HE_{\text{max}} = d_{\text{min}} - H_p / 2 \quad (3.15)$$

$$K - HE_{\text{max}} = 35,002 + 0,0015 / 2 = 35,002(\text{мм})$$

$$K - HE_{\text{min}} = d_{\text{min}} - H_p / 2 \quad (3.16)$$

$$K - HE_{\text{min}} = 35,002 - 0,0015 / 2 = 35,001(\text{мм})$$

Виконавчі розміри контркалибрів:

$$К - ПР = 35,014_{-0,0015}(\text{мм}).$$

$$К_{\text{и}} = 35,02(\text{мм}).$$

$$К - НЕ = 35,002_{-0,0015}(\text{мм}).$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 84   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

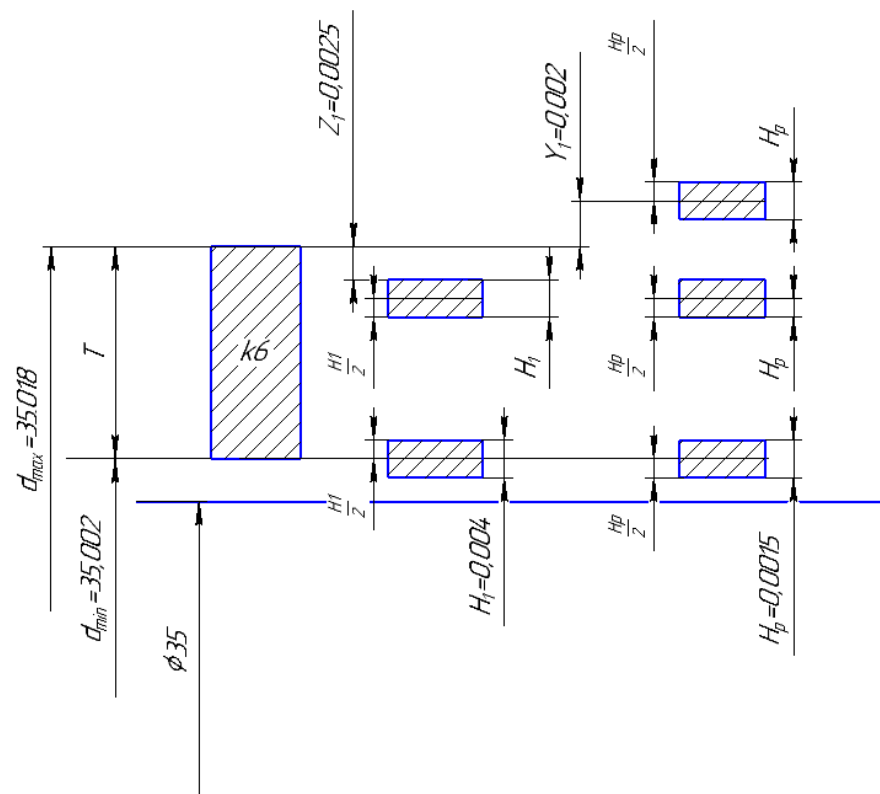


Рис.3.14. - Схема розташування полів допусків калібрів для контролю вала діаметром 35k6.

### Висновки за розділом

В даному розділі було розроблено спеціальний верстатний пристрій для фрезерної операції, на якій відбувається фрезерування шпонкового пазу розмірами  $b=8$ ,  $h=4$ ,  $l=25$ .

Також було спроектовано спеціальний пристрій для контролю деталі вал-шестерня на биття, а також було виконано розрахунок сумарної фактичної похибки КВП.

Для контролю геометричних параметрів деталі вал-шестерня проведено розрахунок граничних і виконавчих розмірів калібрів, необхідних для контролю вала діаметром 35k6, 30d9, h9

Проведено розрахунок пристосування на міцність з результатів аналізу можна зробити висновок, що деталь затискається надійно, а елементи конструкції витримують дане навантаження.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 86   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз службового призначення та технічних умов на виготовлення деталі «Вал-шестерня», конструкція деталі відпрацьована на технологічність, обґрунтовано форму та спосіб виготовлення заготовки. Розроблено робочий маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня», вибрано технологічне обладнання та засоби технологічного оснащення, різальний інструмент. Розраховані міжопераційні та загальні припуски на обробку деталі «Вал-шестерня», режими різання та норми часу. Розроблено та оформлено комплект технологічної документації.

Розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою для фрезерної операції, спеціального контрольно-вимірювального пристрою та спеціальних засобів контролю (калібр – скоби діаметром 25d9, 30d9, 35k6).

Проведено розрахунок пристосування на міцність. Розмір сітки скінчених елементів впливає на точність результатів. На основі результатів аналізу розробленого спеціального пристрою можна зробити висновок, що деталь надійно закріплена, а конструктивні елементи здатні витримати задане навантаження.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 87   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## Перелік посилань

1. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. ‘Технологія машинобудування’: Підручник-Житомир: ЖДТУ, 2005-882с.
2. Павлице В.Т. підручник: Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. — Афіша. — С. 560.
3. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р. М. Деталі машин: Підручник. — Вид. 2-ге. — К.: Кондор, 2004. — 584 с
4. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. — Харків: Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.
5. <https://uk.wikipedia.org/wiki/3D-модельовання>[N1]
6. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Механічний\\_редуктор](https://uk.wikipedia.org/wiki/Механічний_редуктор)
7. Кобернік С. Машинобудівний комплекс України та світу [Електронний ресурс] / С. Кобернік – Режим доступу до ресурсу:  
<https://geografi MOZIL2.jimdo free.com/Головна/машинобудівний-комплекс-україни-та-світу/>
8. Основи технології машинобудування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[http://ni.biz.ua/7/7\\_14/7\\_140190\\_osnovi-tehnologii-mashinostroeniya.html](http://ni.biz.ua/7/7_14/7_140190_osnovi-tehnologii-mashinostroeniya.html).
9. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), 2015.
10. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічне оснащення» включає лекції та теми, які виносяться на самостійне вивчення студентів призначений для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка., 2020. – 403 с.
11. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 “Технологія машинобудування”, 7.090203 “Металорізальні верстати і системи”, 7.092501 “Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами” / Під заг. ред. В.А. Кириловича. – Житомир: ЖІТІ, 2001.– 600 с.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 88   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

12. Яновський В.А., Сніцар В.Г. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально – методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 120 с.

13. Железна А.О., Кирилович В.А.: «Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань». Навчальний посібник.-Житомир.: ЖІТІ,2002. - 616 с.

14. Красовський М.А., Мельничук П.П., Яновський В.А.. Курсове проектування з Технології Машинобудування. Навчально – методичний посібник-Житомир:ЖДТУ:2010р.

15. Підбірка з каталога SECO 2007. Selection from the Machining Navigator. - 2007. - 296 с.

16. Аверченко В.І. та інші Збірник задач і вправ з технології машинобудування: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202,8.090202'Технологія машинобудування'- Житомир:ЖІТІ, 2001-314 с.

17. Мельничук П.П., Боровик А.І., П.А. Лінчевський. Технологія машинобудування: Підручник. -Житомир.: ЖДТУ, 2005. - 924 с.

18. Красовський М.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. - Курсове проектування з технології машинобудування, 2010. - 234 с.

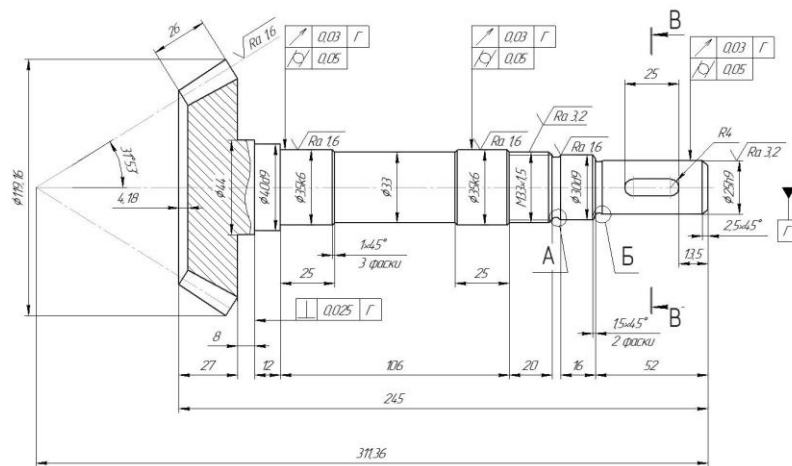
19. Мельничук П.П., Полонський Л.Г., Серов В.В. і др. - Збірник задач і вправ з технології машинобудування, 2001. - 316 с.

20. Sandvik С. Калькулятор режимів різання [Електронний ресурс] / Coromant Sandvik. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/machining-calculators-apps/machining-calculator-app>.

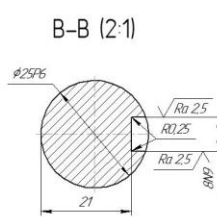
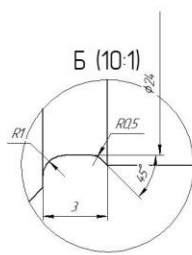
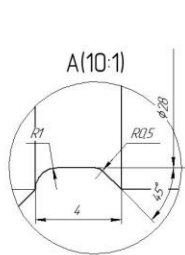
21. Конспект лекцій з дисципліни «Нормування в техніці» включає лекції та теми, які виносяться на самостійне вивчення студентів призначений для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка., 2020. – 403 с.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | МІ 131.00.1/Б 90/с 038 00-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 89   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

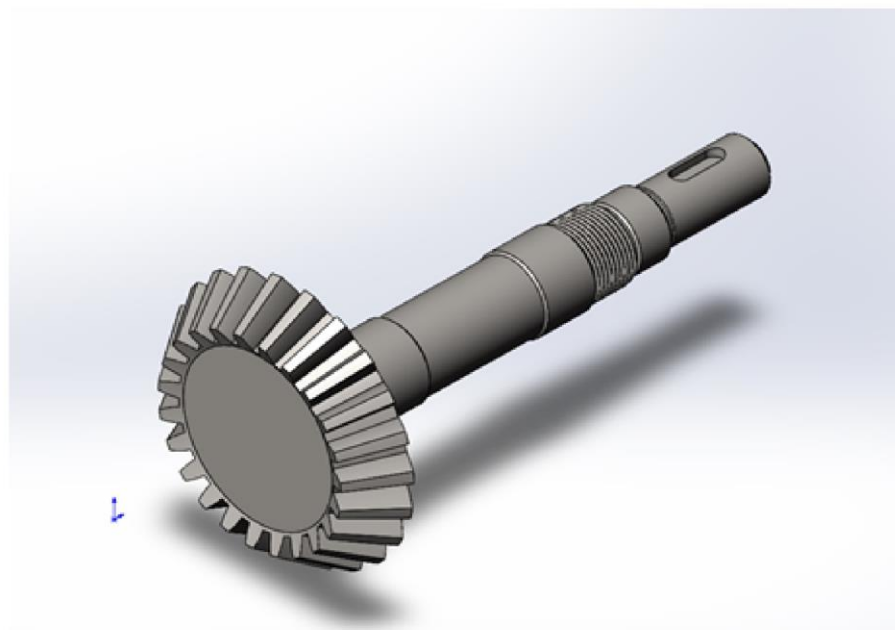
## ДОДАТКИ

 $\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{1})}$ 

|                                           |                |               |
|-------------------------------------------|----------------|---------------|
| Городной напольный модуль                 | шт.            | 4             |
| Число зубьев                              | z              | 23            |
| Тип зуба                                  | -              | Прямой        |
| Напольный выходной контур                 | -              | ГОСТ 13754-81 |
| Коэффициент усиления<br>выходного контура | x              | 0             |
| Забитый городской модуль                  | шт.            | 4,5           |
| Степень точности                          | -              | 8             |
| Внутренний диаметр                        | d <sub>в</sub> | 9,2           |
| Забитый корпус датчика                    | шт.            | 206           |
| Позволение красления волн-шестерни        | -              |               |

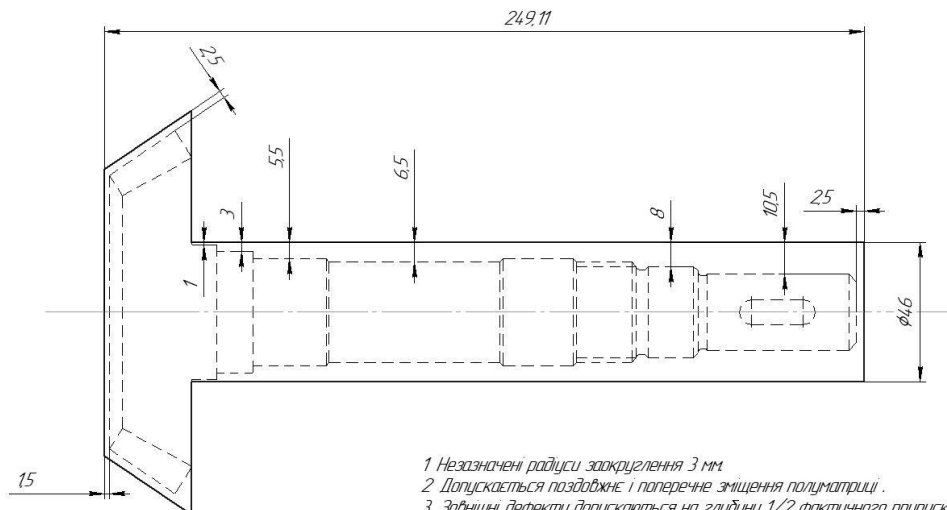


- 1 269\_302 HB  
2 \* Розміри для довідки  
3  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$  Аркуш  
4 Невказані допуски форми та розташування  
поверхонь згідно ГОСТ 25069.  
5 Гострі кромки притупити.  
6 Невказані радіуси заокруглень 2mm

[illegible][illegible]

М 13100.1/Б90/с 038.00

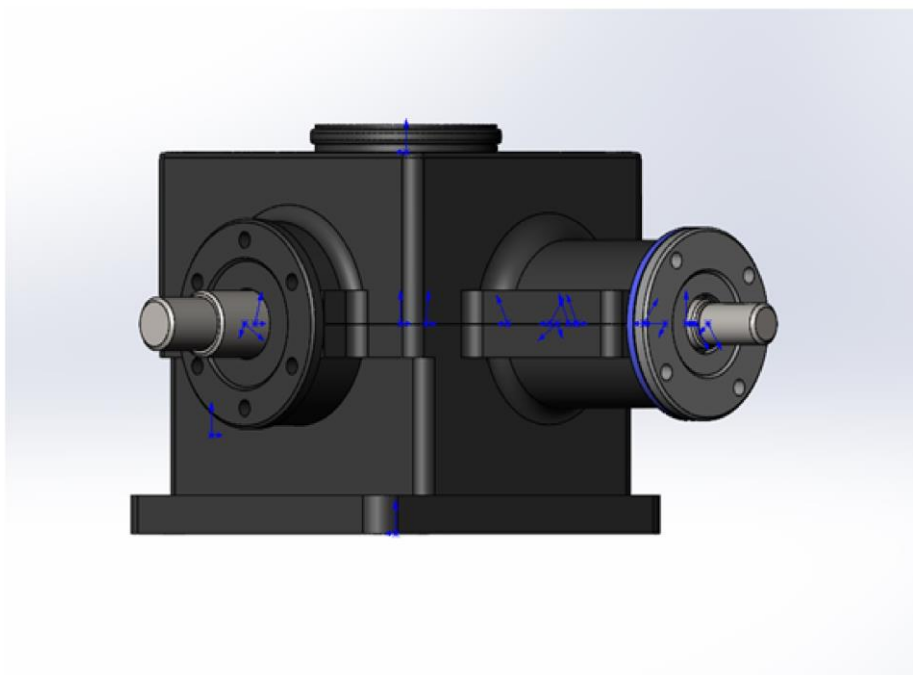
✓/✓/



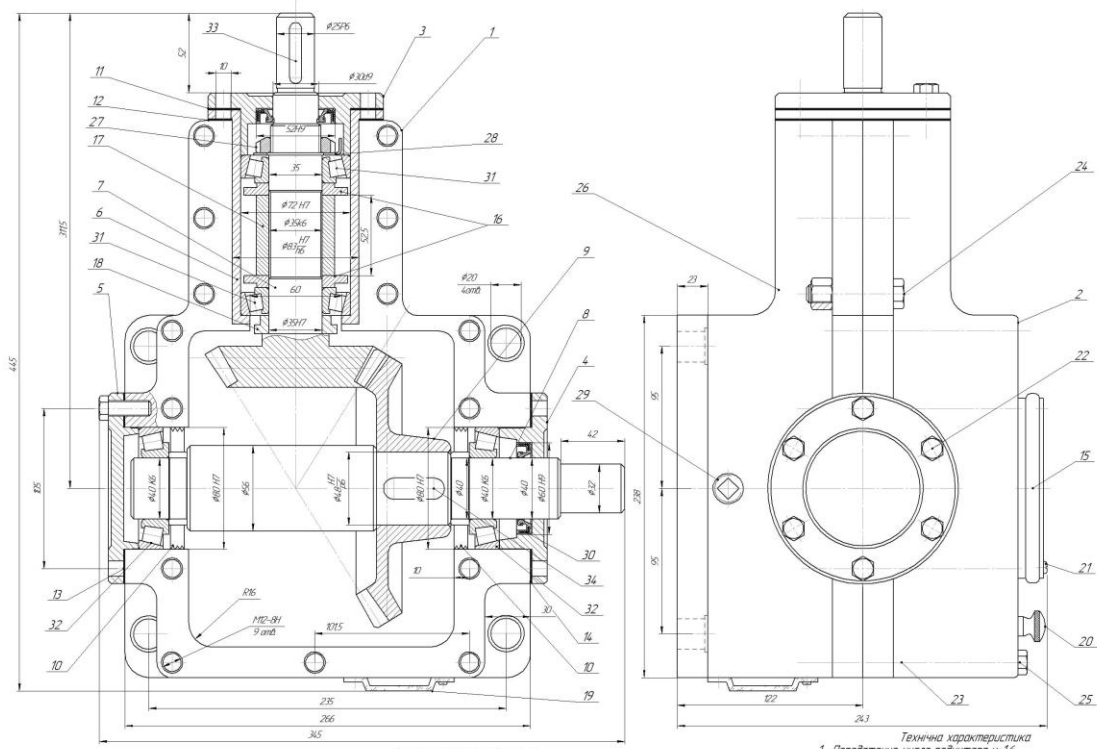
- 1 Незазначені радіуси заокруглення 3 мм
- 2 Допускається поздовжнє і поперечне зміщення полуматриці.
- 3 Зовнішні дефекти допускаються на глибину 1/2 фактичного припуску на механообробку.
- 4 Допускається ексцентрисичність стрижня щодо головки не більше 15мм
- 5 Допускається кривизна стрижня до 1,2мм
- 6 Термообробка: нормалізація.
- 7 Група сталі М2, ступінь складності С2, клас точності Т4, вихідний індекс 13 по ГОСТ 7505-89.
- 8 Інші технічні вимоги по ГОСТ 8479-70.

|                        |              |         |        |      |                          |       |         |
|------------------------|--------------|---------|--------|------|--------------------------|-------|---------|
| М 13100.1/Б90/с 038.00 |              |         |        |      | Вал-шестерня             |       |         |
| Зм.                    | Лист         | № Взам. | Підпис | Дата | Лит                      | Маса  | Масштаб |
| Розроб.                | Шенк В.С.    |         |        |      | Н                        | 5,3   | 1:1     |
| Перев.                 | Богачук Н.О. |         |        |      | Архив                    | Архив | 1       |
| Технік.                |              |         |        |      | Сталь 40Х ГОСТ 7806-2015 |       |         |
| Нормат.                |              |         |        |      | Гр. ПЖ-27                |       |         |
| Затверд.               | Мельник В.Л. |         |        |      | Формат А3                |       |         |

М 13100.2/Б90/с 038.01



|                        |              |         |        |      |                          |       |         |
|------------------------|--------------|---------|--------|------|--------------------------|-------|---------|
| М 13100.2/Б90/с 038.01 |              |         |        |      | Редуктор одноступеневий  |       |         |
| Зм.                    | Лист         | № Взам. | Підпис | Дата | Лит                      | Маса  | Масштаб |
| Розроб.                | Шенк В.С.    |         |        |      | Н                        | 5,3   | 1:1     |
| Перев.                 | Богачук Н.О. |         |        |      | Архив                    | Архив | 1       |
| Технік.                |              |         |        |      | Сталь 40Х ГОСТ 7806-2015 |       |         |
| Нормат.                |              |         |        |      | Гр. ПЖ-27                |       |         |
| Затверд.               | Мельник В.Л. |         |        |      | Формат А3                |       |         |



- 1 Вали зібраного редуктора повинні обертатися без поштовхів і задирань  
 2 Легкість заїдання забезпечити кільцями поз.3 і затягуванням гайки поз.27  
 3 Осьовий зазор підшипників валів поз.7 і 8 забезпечити в межах 0,3...0,5 мм.  
 4 Редуктор залити оливою індустріальною І-40А ГОСТ 17479-81  
 Об'єм масла, що заливається – 5 л.

Характеристика зацеплення

|                         |       |        |
|-------------------------|-------|--------|
| Забіжний калодій модуль | $m_k$ | 4,5    |
| Число зубів             | $Z_1$ | 23     |
| Шестерні                | $Z_2$ | 37     |
| Колеса                  |       |        |
| Тип зуба                |       | прямий |
| Довжина зуба            | $b$   | 26     |
| Степень точності        |       | 8      |

- Технічна характеристика  
 1 Передаточне число редуктора  $i=16$   
 2 Частота обертання швидкохідного вала  $n_1=1341$  об/хв.  
 3 Частота обертання тихохідного вала  $n_2=838$  об/хв.  
 4 Обертальний момент на тихохідному валу  $T_2=145$  Нм.

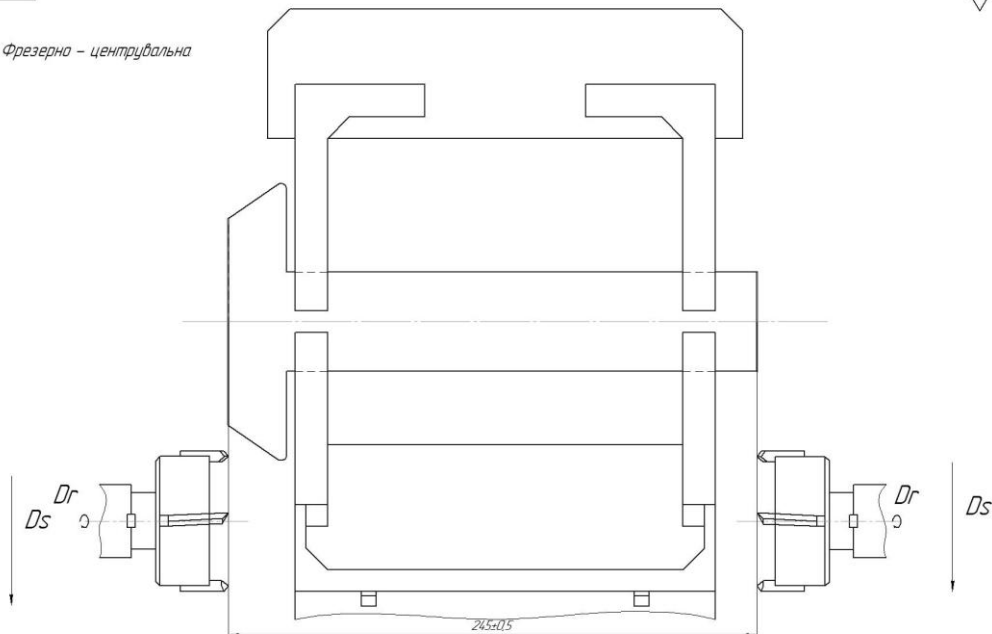
|                            |        |      |        |
|----------------------------|--------|------|--------|
| МІ 13100.1/590/с 038.01 СК |        |      |        |
| Ізгот.                     | Вироб. | Ном. | Завод. |
| 11                         | 11     | 11   | 11     |
| Редуктор одноступінчастий  |        |      |        |
| Складальне креслення       |        |      |        |
| Ізгот. 11                  |        |      |        |
| Ізгот. 11                  |        |      |        |

| <i>Формат</i> | <i>Зона</i>   | <i>Поз.</i> | <i>Позначення</i>      | <i>Назва</i>                 | <i>Кіл</i>                                           | <i>Прим.</i>                                                             |
|---------------|---------------|-------------|------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|               |               |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
|               |               |             |                        | <u><i>Документація</i></u>   |                                                      |                                                                          |
| A1            |               |             | MІ13100.1/B90/c03801СК | <i>Складальне креслення</i>  |                                                      |                                                                          |
|               |               |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
|               |               |             |                        | <u><i>Деталі</i></u>         |                                                      |                                                                          |
| BK            | 1             |             | MІ 13100.1/B90/c038.00 | <i>Корпус</i>                | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 2             |             | MІ 13100.1/B90/c038.01 | <i>Кришка редуктора</i>      | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 3             |             | MІ 13100.1/B90/c038.02 | <i>Кришка підшипника</i>     | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 4             |             | MІ 13100.1/B90/c038.03 | <i>Кришка підшипника</i>     | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 5             |             | MІ 13100.1/B90/c038.04 | <i>Кришка підшипника</i>     | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 6             |             | MІ 13100.1/B90/c038.05 | <i>Стакан</i>                | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| A2            | 7             |             | MІ 13100.1/B90/c038.06 | <i>Вал-шестерня</i>          | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 8             |             | MІ 13100.1/B90/c038.07 | <i>Вал</i>                   | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| A3            | 9             |             | MІ 13100.1/B90/c038.08 | <i>Колесо зубчасте</i>       | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 10            |             | MІ 13100.1/B90/c038.09 | <i>Маслоутримуюче кільце</i> | <i>2</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 11            |             | MІ 13100.1/B90/c038.10 | <i>Прокладка</i>             | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 12            |             | MІ 13100.1/B90/c038.11 | <i>Прокладка</i>             | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 13            |             | MІ 13100.1/B90/c038.12 | <i>Прокладка</i>             | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 14            |             | MІ 13100.1/B90/c038.13 | <i>Прокладка</i>             | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 15            |             | MІ 13100.1/B90/c038.14 | <i>Кришка люка</i>           | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 16            |             | MІ 13100.1/B90/c038.15 | <i>Шайба ущільнюча</i>       | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 17            |             | MІ 13100.1/B90/c038.16 | <i>Втулка розпірна</i>       | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 18            |             | MІ 13100.1/B90/c038.17 | <i>Шайба ущільнюча</i>       | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 19            |             | MІ 13100.1/B90/c038.18 | <i>Оглядове вікно</i>        | <i>1</i>                                             |                                                                          |
| BK            | 20            |             | MІ 13100.1/B90/c038.19 | <i>Віддушина</i>             | <i>1</i>                                             |                                                                          |
|               |               |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
|               |               |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
|               |               |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
|               |               |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
| Zm            | Арх           | N° докум    | Підпис                 | Дата                         | <i>MІ 13100.1/B90/c038.00</i>                        |                                                                          |
| Розроб.       | Цімех Д.Є.    |             |                        |                              |                                                      |                                                                          |
| Перевір.      | Балицька Н.О. |             |                        |                              | <i>Редуктор<br/>Конічний<br/><br/>однаступеневиї</i> | <i>Лит</i>                                                               |
|               |               |             |                        |                              | <i>н</i>                                             | <i>Аркуші</i>                                                            |
| H. контр.     |               |             |                        |                              | <i>1</i>                                             | <i>Аркушів</i>                                                           |
| Затв.         | Мельник О.Л.  |             |                        |                              | <i>2</i>                                             | <i>Державний<br/>університет«Житомирська<br/>політехніка» гр. ПМК-27</i> |

[illegible]

✓ Ra 12,5 (✓)

Операція 015 Фрезерно – центрувальна  
Перехід 1



- 1 Фреза торцевого с пластинами из твердого сплава T15K6 ISO 1843-11990  
2 Диаметр фрезы  $D=160$  мм

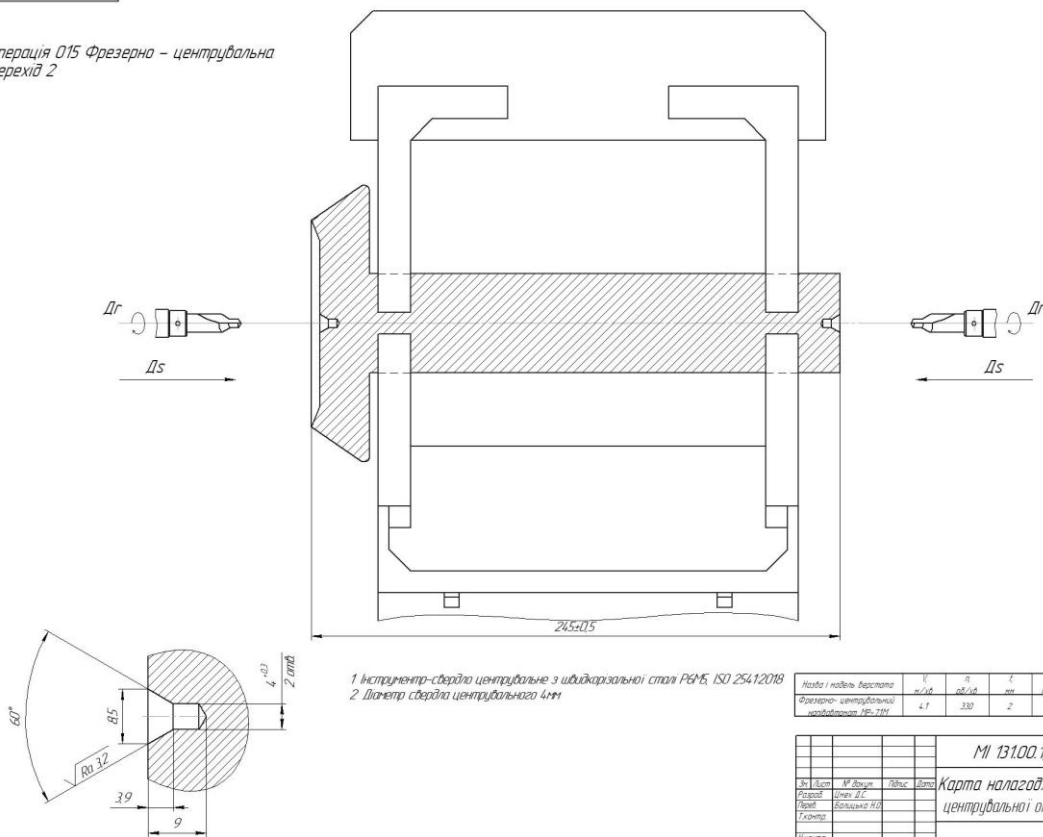
| Назва і модель верстата                 | $V$<br>м/хв | $n$<br>об/хв | $t$<br>мм | $S_0$<br>мм/об | $S_m$<br>мм/хв | $T_n$<br>с | $T_{\text{шт}}$<br>с |
|-----------------------------------------|-------------|--------------|-----------|----------------|----------------|------------|----------------------|
| Фрезарно-центральний<br>модульний МР-7М | 125         | 24,9         | 2,5       | 0,85           | 373,5          | 408        | 179                  |

[illegible]

M 13100.1/590/c 038.00

✓ Ra 12,5 (✓)

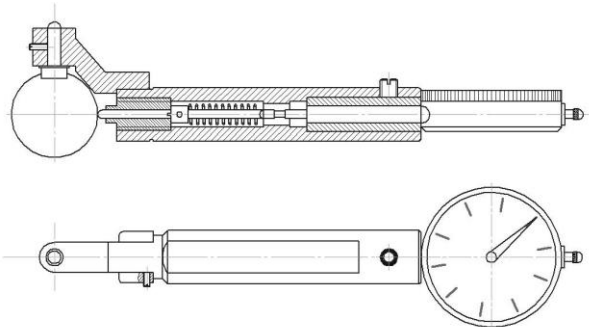
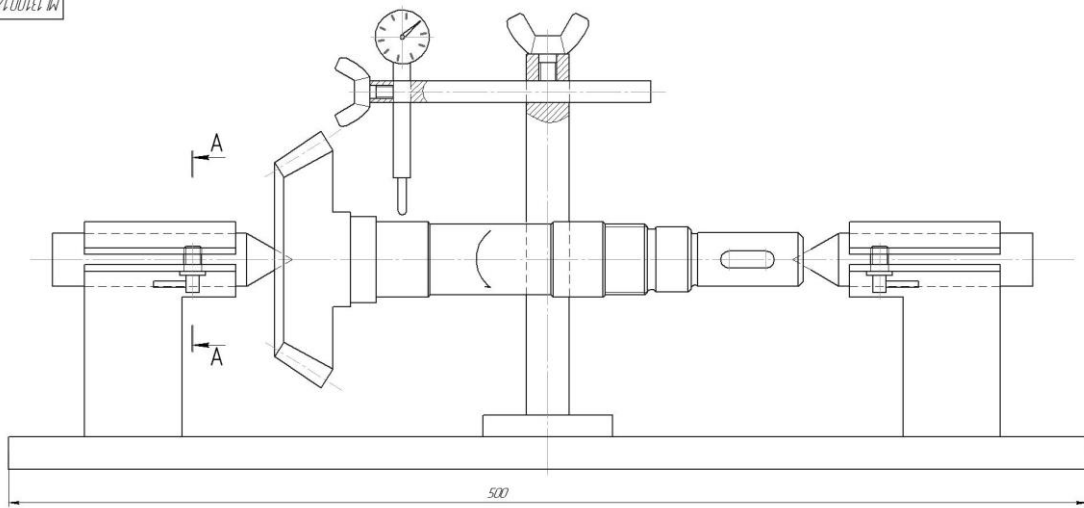
Операція 015 Фрезерно – центрувальна  
Перехід 2



- 1 Інструмент-свердло центральне з швидкорізальної сталі Р6М5, ISO 2541:2018  
2 Діаметр свердла центрального 4 мм

| Назва і модель верстата             | $V$<br>м/хв | $R$<br>мм/хв | $t$<br>мм | $S_{\text{доп}}$<br>мм/об | $T_{\text{н}}$<br>с | $T_{\text{шт}}$<br>шт |
|-------------------------------------|-------------|--------------|-----------|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| Фрезерно-центровий верстаток ФР-71М | 4,1         | 330          | 2         | 0,2                       | 25                  | 15                    |

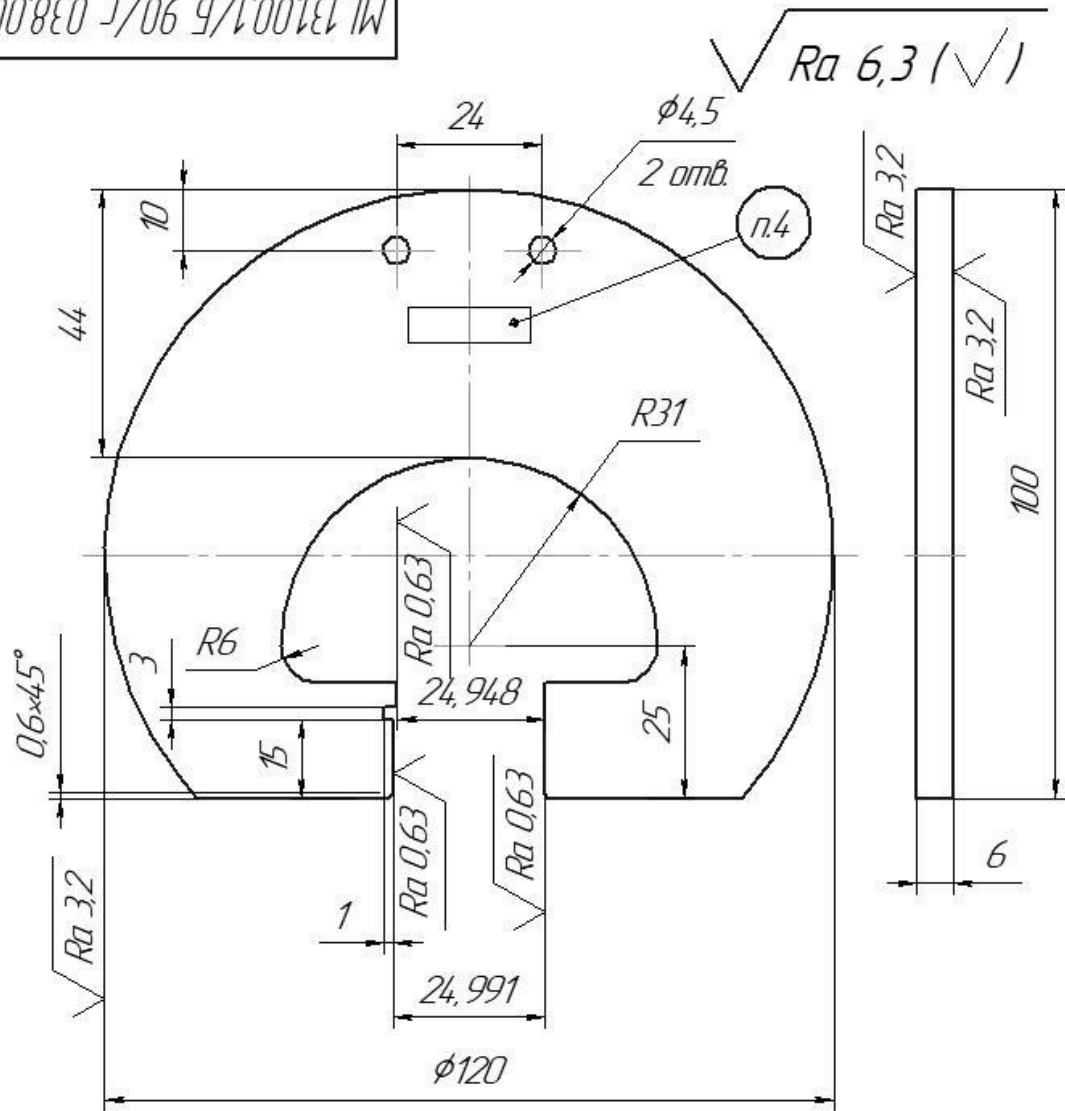
[illegible]



A-A

|                        |         |         |      |                                              |  |  |           |      |        |
|------------------------|---------|---------|------|----------------------------------------------|--|--|-----------|------|--------|
| М 13100.1/Б90/с 038.00 |         |         |      |                                              |  |  |           |      |        |
| Изм.                   | Взам.   | Исполн. | Дата | Схема контрольно-высверльного приспособления |  |  | Изм.      | Дата | Листов |
| Разработ.              | Исполн. | Провер. | Дата |                                              |  |  | И         |      | 11     |
| Техн. экз.             | Исполн. | Провер. | Дата |                                              |  |  | И         |      | 1      |
| Исполн.                | Исполн. | Провер. | Дата |                                              |  |  | Гр. ПК-27 |      |        |
| Исполн.                | Исполн. | Провер. | Дата |                                              |  |  | Формат А2 |      |        |

MI 131.00.1/Б 90/с 038.00



1. 59...65 HRC.

2. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm \frac{IT12}{2}$ .

3. Покриття неробочих поверхностей – Хім.Фос.прм

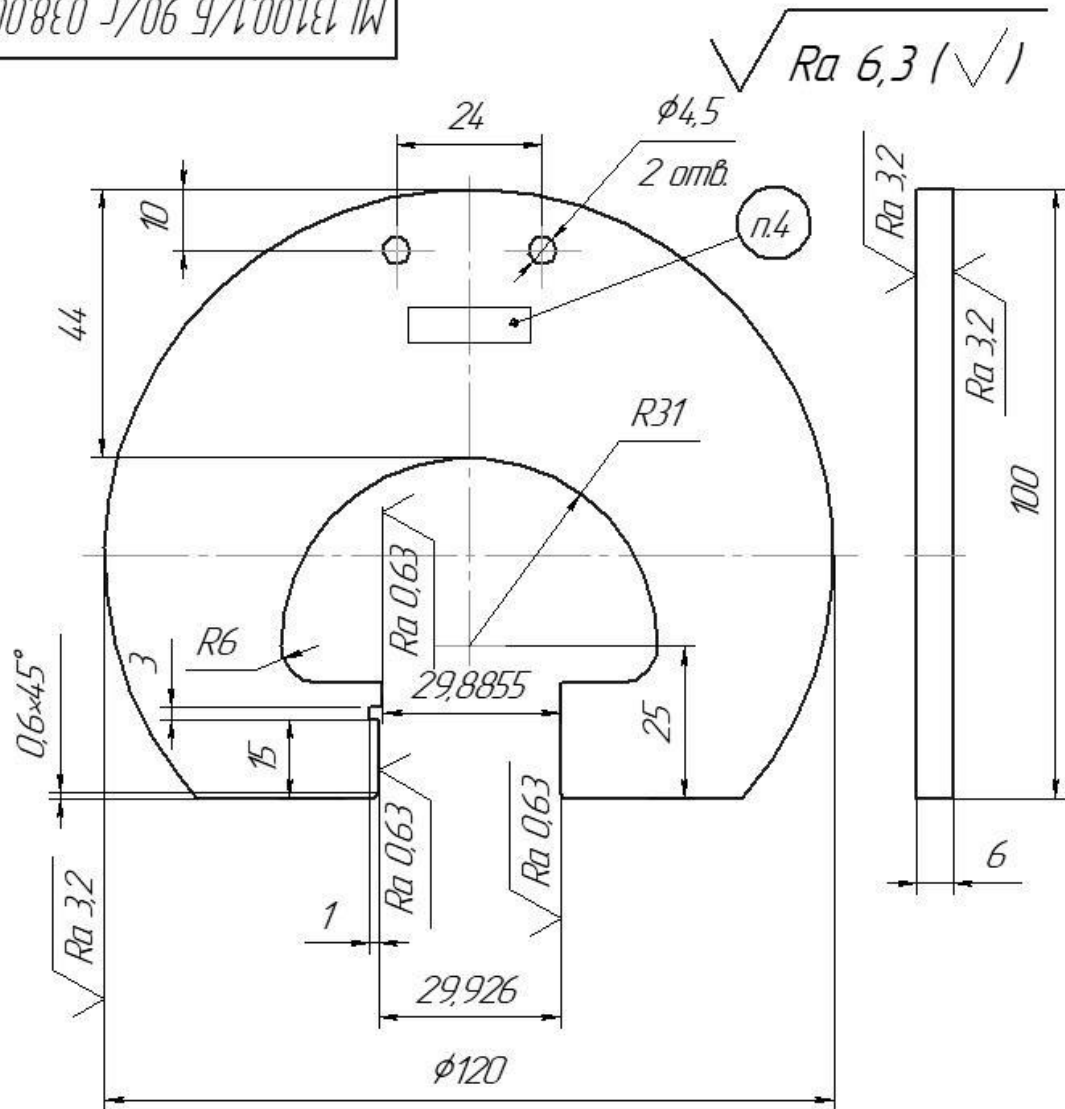
4. Маркувати позначення калібру-скоди по ГОСТ 2015-84.

5. Інші технічні вимоги ГОСТ 2015-84.

|           |          |          |        |      |                           |  |  |                                               |         |         |     |
|-----------|----------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|-----------------------------------------------|---------|---------|-----|
|           |          |          |        |      | MI 131.00.1/Б 90/с 038.00 |  |  |                                               |         |         |     |
|           |          |          |        |      | Калібр-скода<br>φ25d9     |  |  | Лит.                                          | Маса    | Масштаб |     |
| Зм.       | Лист     | № докум. | Підпис | Дата |                           |  |  |                                               |         | 0,3     | 1:1 |
| Разраб.   | Цмех     | Д.С.     |        |      |                           |  |  |                                               |         |         |     |
| Переб.    | Балицька | Н.О.     |        |      |                           |  |  |                                               |         |         |     |
| Т.контр.  |          |          |        |      |                           |  |  |                                               |         |         |     |
|           |          |          |        |      |                           |  |  | Аркуш                                         | Аркушів | 1       |     |
| Н.контр.  |          |          |        |      | Сталь У8 ДСТУ 7809        |  |  | Державний університет «Львівська політехніка» |         |         |     |
| Затвердив | Мельник  | О.Л.     |        |      |                           |  |  | Гр. ПМК-27                                    |         |         |     |

Формат А4

MI 131.00.1/Б 90/с 038.00



1. 59...65 HRC.

2. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm \frac{IT_{12}}{2}$ .

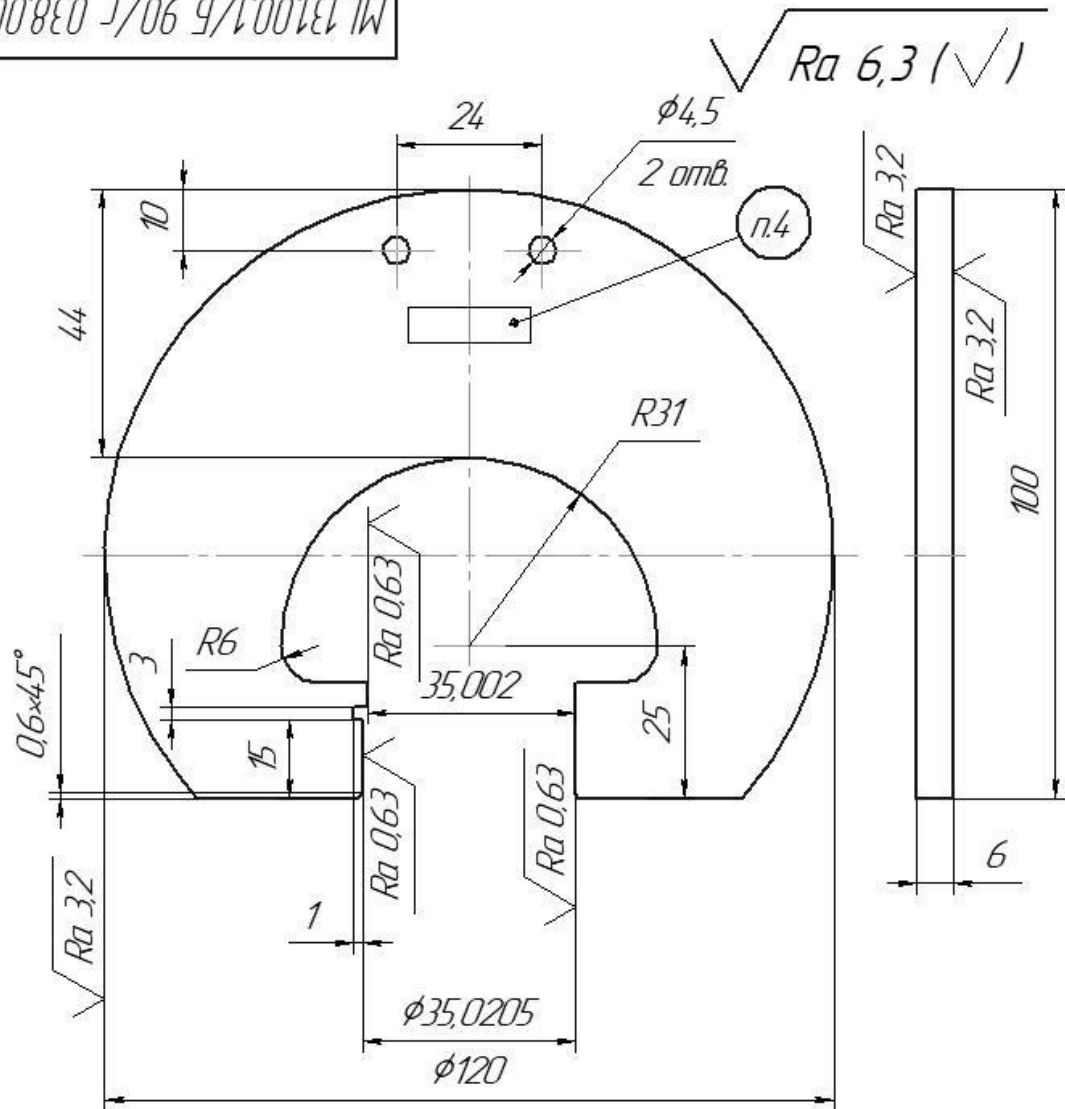
3. Покриття неробочих поверхностей – ХімФос.прм

4. Маркувати позначення калібру-скоди по ГОСТ 2015-84.

5. Інші технічні вимоги ГОСТ 2015-84.

|                           |               |          |        |      |                       |  |  |                                               |           |
|---------------------------|---------------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|-----------------------------------------------|-----------|
| MI 131.00.1/Б 90/с 038.00 |               |          |        |      | Лит.                  |  |  | Маса                                          | Масштаб   |
| Зм.                       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата | Калібр-скода<br>φ30d9 |  |  | 0,3                                           | 1:1       |
| Разроб.                   | Цмех Д.С.     |          |        |      |                       |  |  |                                               |           |
| Перев.                    | Балицька Н.О. |          |        |      |                       |  |  |                                               |           |
| Т.контр.                  |               |          |        |      |                       |  |  | Аркуш                                         | Аркушів 1 |
| Н.контр.                  |               |          |        |      | Сталь У8 ДСТУ 7809    |  |  | Державний університет «Львівська політехніка» |           |
| Затвердив                 | Мельник О.Л.  |          |        |      |                       |  |  | Гр. ПМК-27                                    |           |

MI 131.00.1/Б 90/с 038.00



1. 59...65 HRC.

2. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm \frac{IT_{12}}{2}$ .

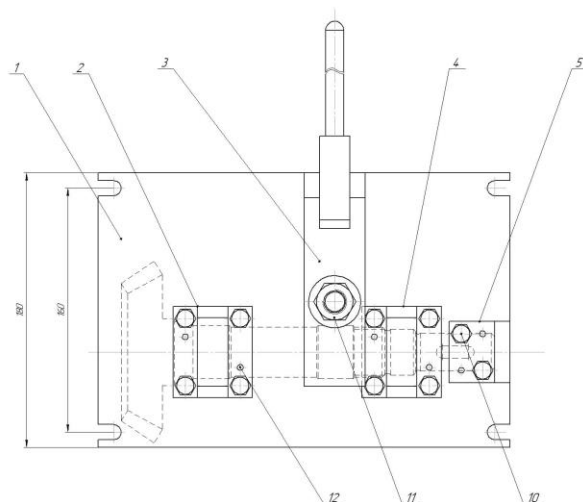
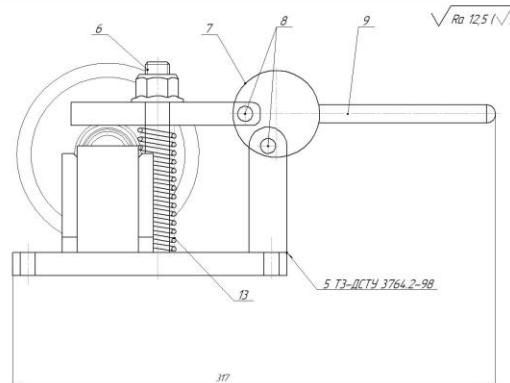
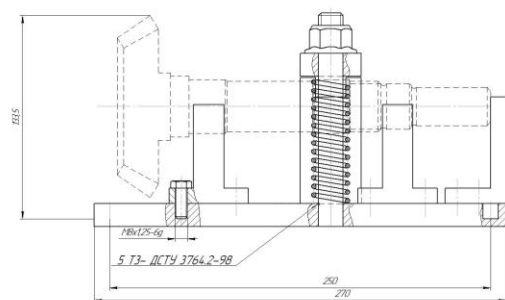
3. Покриття неробочих поверхностей – Хім.Фос.прм

4. Маркувати позначення калібру-скоди по ГОСТ 2015-84.

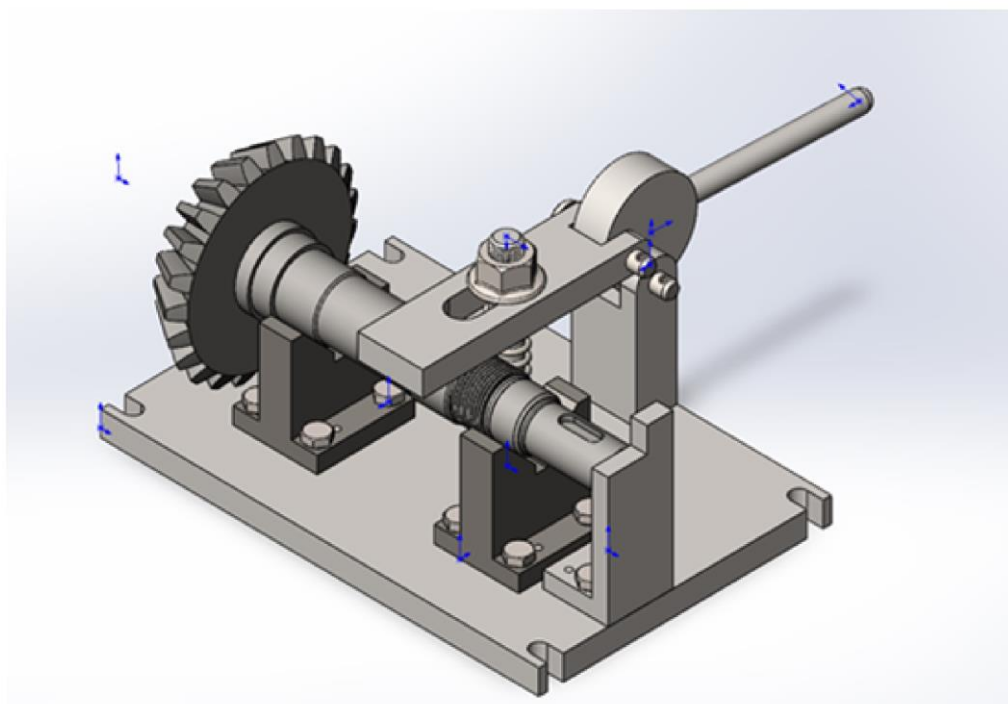
5. Інші технічні вимоги ГОСТ 2015-84.

|                           |               |          |        |      |                       |  |  |                                               |           |
|---------------------------|---------------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|-----------------------------------------------|-----------|
| MI 131.00.1/Б 90/с 038.00 |               |          |        |      | Лит.                  |  |  | Маса                                          | Масштаб   |
| Зм.                       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата | Калібр-скода<br>φ35k6 |  |  | 0,3                                           | 1:1       |
| Разроб.                   | Цмех Д.С.     |          |        |      |                       |  |  |                                               |           |
| Перев.                    | Балицька Н.О. |          |        |      |                       |  |  |                                               |           |
| Т.контр.                  |               |          |        |      |                       |  |  | Аркуш                                         | Аркушів 1 |
| Н.контр.                  |               |          |        |      | Сталь У8 ДСТУ 7809    |  |  | Державний університет «Львівська політехніка» |           |
| Затвердив                 | Мельник О.Л.  |          |        |      |                       |  |  | Гр. ПМК-27                                    |           |

Формат А4

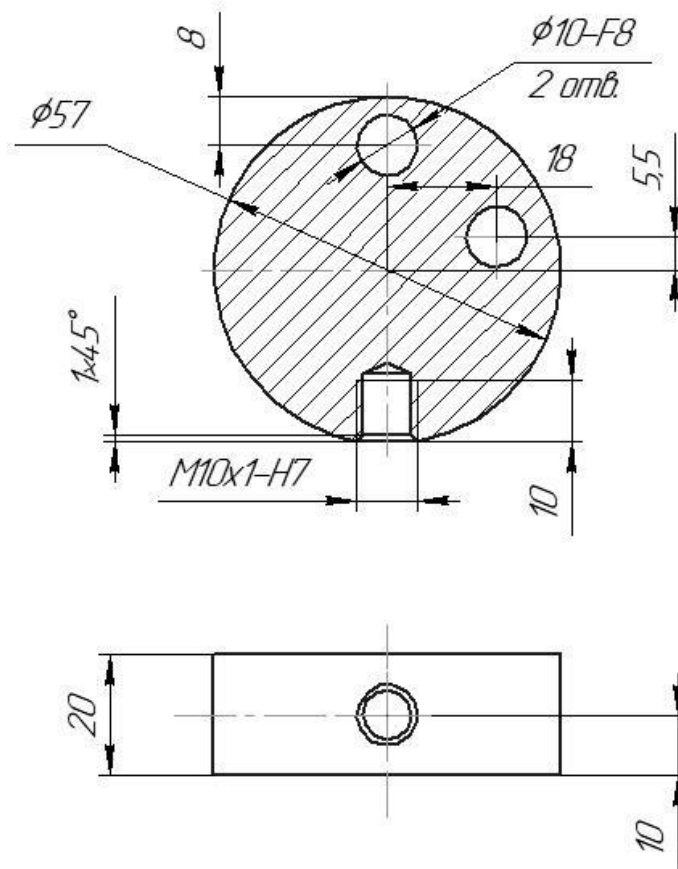


Для зварки використано електроди ДСТУ EN ISO 3580:2019

[illegible][illegible]

MI 131.00.1/Б90/с 038.07

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\sqrt{1})}$



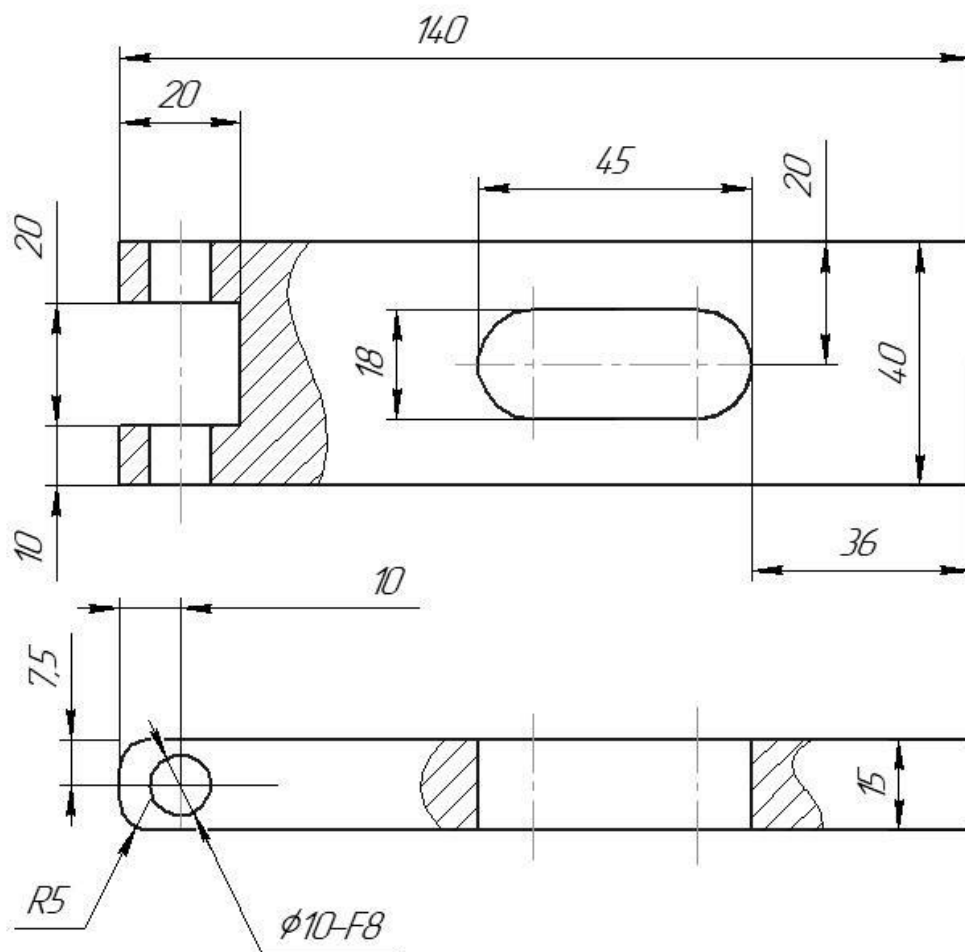
Невказані граничні відхилення розмірів: Н14; h14; ± IT14/2

|           |               |          |        |      |                          |                                               |         |         |  |
|-----------|---------------|----------|--------|------|--------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|--|
|           |               |          |        |      | MI 131.00.1/Б90/с 038.07 |                                               |         |         |  |
|           |               |          |        |      | Ексцентрик               | Лит.                                          | Маса    | Масштаб |  |
| Зм.       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                          |                                               |         |         |  |
| Разраб.   | Цмех Д.С.     |          |        |      |                          |                                               | 0,37    | 1:1     |  |
| Перев.    | Балицька Н.О. |          |        |      |                          |                                               |         |         |  |
| Т.контр.  |               |          |        |      |                          | Аркуш                                         | Аркушів | 1       |  |
| Н.контр.  |               |          |        |      | Сталь 45 ДСТУ 1050-88    | Державний університет «Львівська політехніка» |         |         |  |
| Затвердив | Мельник О.Л.  |          |        |      |                          | Гр. ПМК-27                                    |         |         |  |

Формат А4

MI 13100.1/Б90/с 038.03

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\sqrt{1})}$



Невказані граничні відхилення розмірів: H14; h14;  $\pm IT14/2$

MI 13100.1/Б90/с 038.03

| Зм.       | Лист | № док.        | Підпис | Дата |
|-----------|------|---------------|--------|------|
| Разраб.   |      | Цмех Д.С.     |        |      |
| Перев.    |      | Балицька Н.О. |        |      |
| Т.контр.  |      |               |        |      |
| Н.контр.  |      |               |        |      |
| Затвердив |      | Мельник О.Л.  |        |      |

Затискна пластина

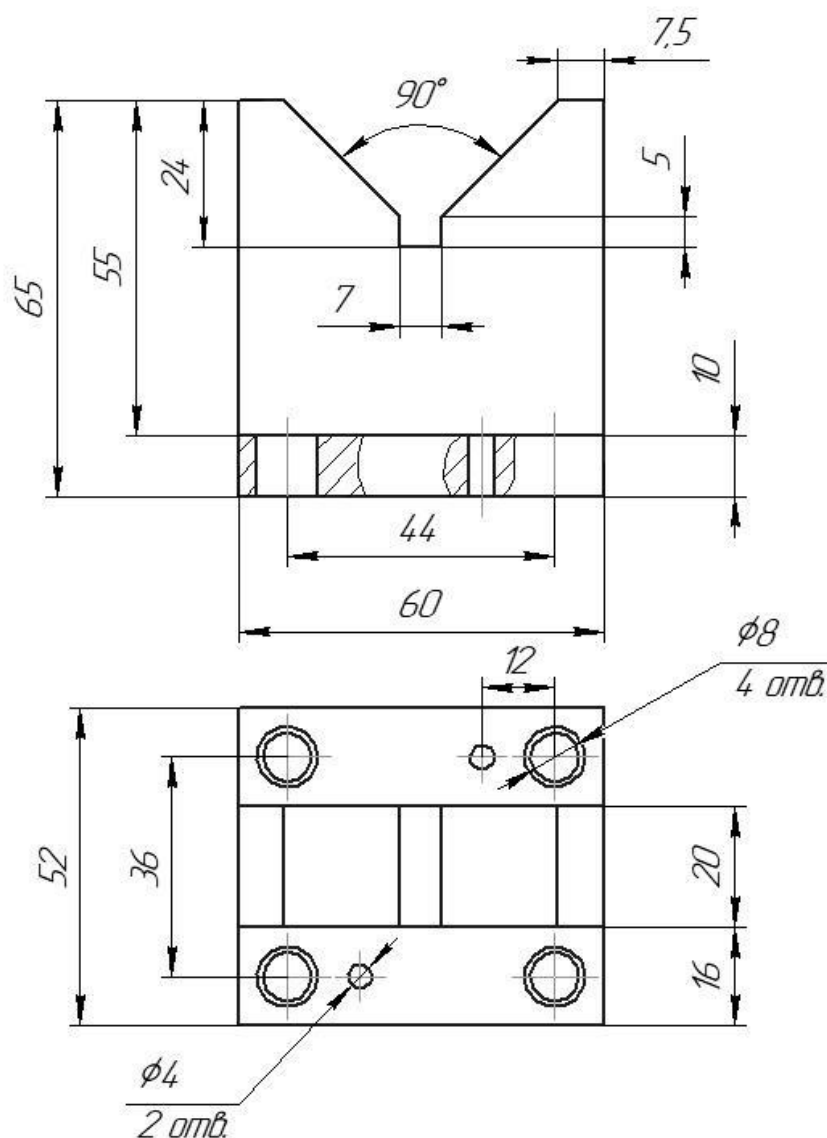
Сталь 45 ДСТУ 1050-88

| Лит.                                          | Маса    | Масштаб |
|-----------------------------------------------|---------|---------|
|                                               | 0,52    | 1:1     |
| Аркуш                                         | Аркушів | 1       |
| Державний університет «Львівська політехніка» |         |         |
| Гр. ПМК-27                                    |         |         |

Формат А4

MI 13100.1/Б90/с 038.02

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\sqrt{1})}$



MI 13100.1/Б90/с 038.02

Призма-1

Сталь 45 ДСТУ 1050-88

Лит. Масса Масштаб

0,66 1:1

Аркуш Аркушів 1

Державний університет «Львівська політехніка»

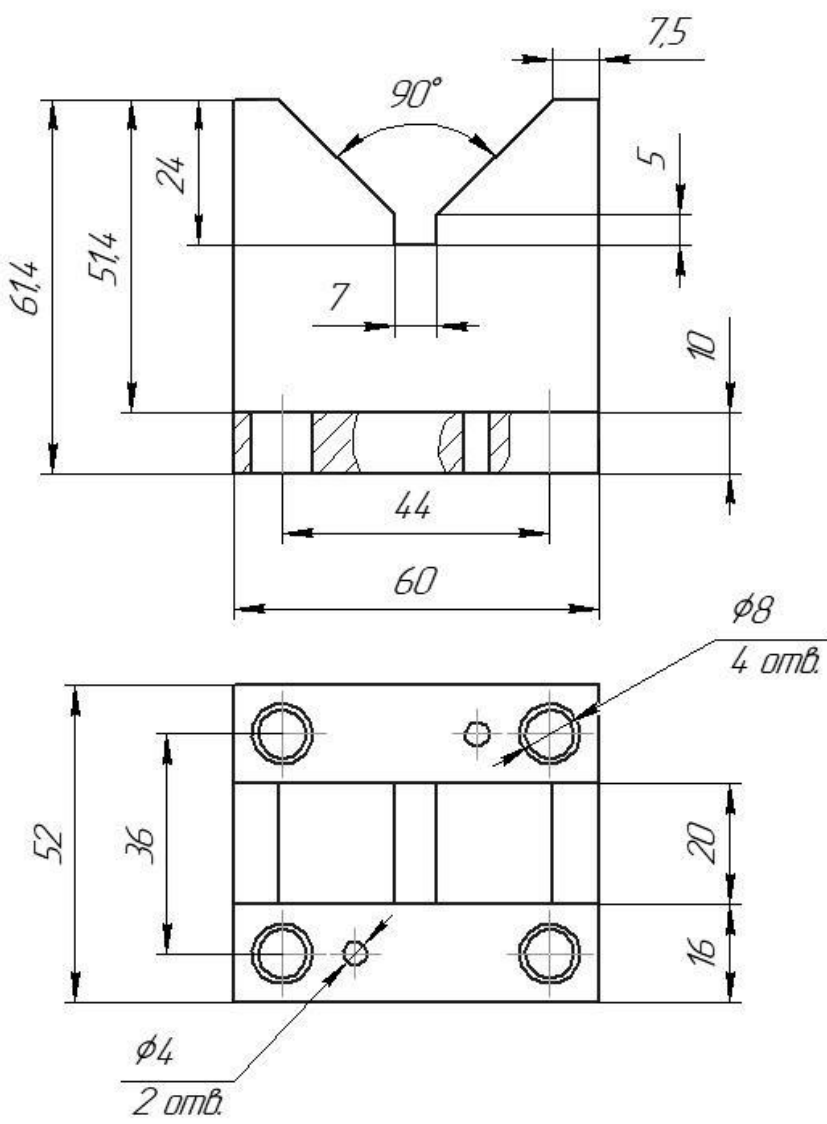
Гр. ПМК-27

Формат А4

| Изм.     | Лист          | № докум. | Подп. | Дата |
|----------|---------------|----------|-------|------|
| Разраб.  | Цмех Д.С.     |          |       |      |
| Пров.    | Балицька Н.О. |          |       |      |
| Т.контр. |               |          |       |      |
| Н.контр. |               |          |       |      |
| Утв.     | Мельник О.Л.  |          |       |      |

MI 13100.1/Б90/с 038.04

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\sqrt{1})}$



MI 13100.1/Б90/с 038.04

Призма-2

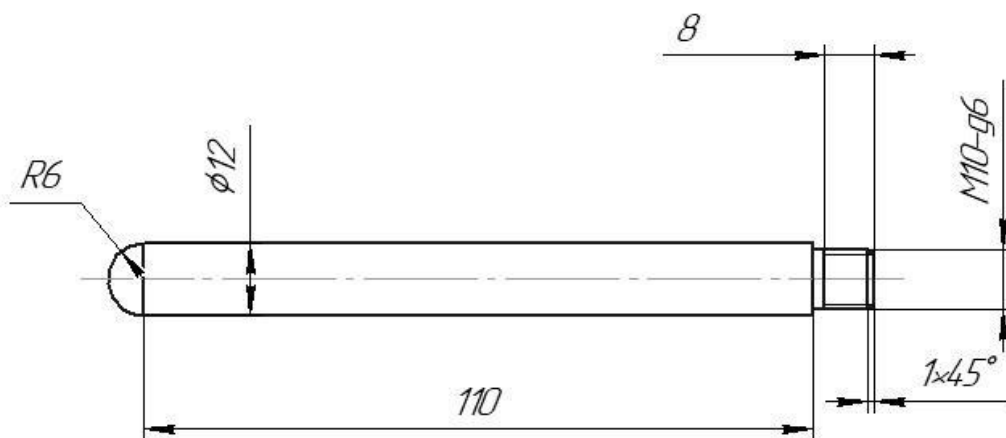
Сталь 45 ДСТУ 1050-88

| Зм.       | Лист | № докум.      | Підпис | Дата |
|-----------|------|---------------|--------|------|
| Разраб.   |      | Цмех Д.С.     |        |      |
| Перев.    |      | Балицька Н.О. |        |      |
| Т.контр.  |      |               |        |      |
| Н.контр.  |      |               |        |      |
| Затвердив |      | Мельник О.Л.  |        |      |

| Лит.                                          | Маса    | Масштаб |
|-----------------------------------------------|---------|---------|
|                                               | 0,63    | 1:1     |
| Аркуш                                         | Аркушів | 1       |
| Державний університет «Львівська політехніка» |         |         |
| Гр. ПМК-27                                    |         |         |
| Формат А4                                     |         |         |

MI 13100.1/Б90/с 038.09

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\sqrt{1})}$



Невказані граничні відхилення розмірів:  $h14; \pm IT14/2$

MI 13100.1/Б90/с 038.09

Ручка

Сталь 45 ДСТУ 1050-88

Лит. Маса Масштаб

0,11 1:1

Аркуш Аркушів 1

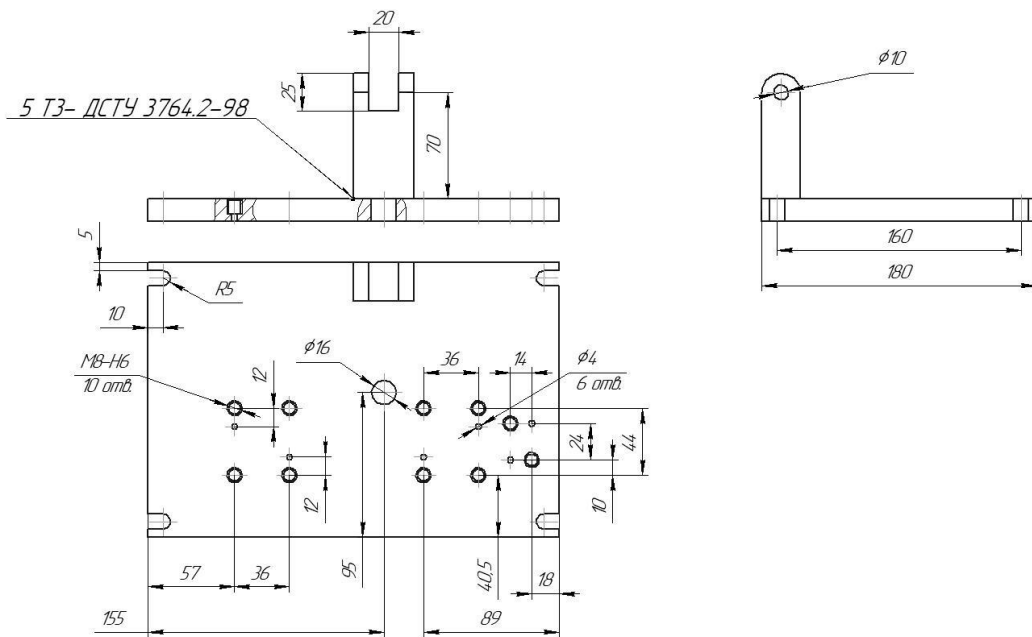
Державний університет «Львівська політехніка»

Гр. ПМК-27

Формат А4

| Зм.       | Лист | № док.        | Підпис | Дата |
|-----------|------|---------------|--------|------|
| Разраб.   |      | Цмех Д.С.     |        |      |
| Перев.    |      | Балицька Н.О. |        |      |
| Т.контр.  |      |               |        |      |
| Н.контр.  |      |               |        |      |
| Затвердив |      | Мельник О.Л.  |        |      |

МІ 13100.1/Б90/с 038.01



1.Невказані граничні відхилення розмірів: Н14, h14: ± IT14/2  
2.Для зварки використано електроди: ДСТУ EN ISO 3580:2019

|          |               |          |        |      |                                        |       |         |  |
|----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------------|-------|---------|--|
|          |               |          |        |      | МІ 13100.1/Б90/с 038.01                |       |         |  |
| Зм       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата | Станина                                |       |         |  |
| Розроб   | Імені Д.С.    |          |        |      |                                        |       |         |  |
| Перев    | Боліцька Н.О. |          |        |      | Лит                                    | Маса  | Масштаб |  |
| Техніч.  |               |          |        |      | Архив                                  | Архив | 1       |  |
| Начальн. |               |          |        |      | Ізгоді редукторів і ланцюгових передач |       |         |  |
| Затверд. | Мельник О.Л.  |          |        |      | Гр. ПРК-27                             |       |         |  |
|          |               |          |        |      | Формат А3                              |       |         |  |

МІ 13100.1/Б90/с 038.01

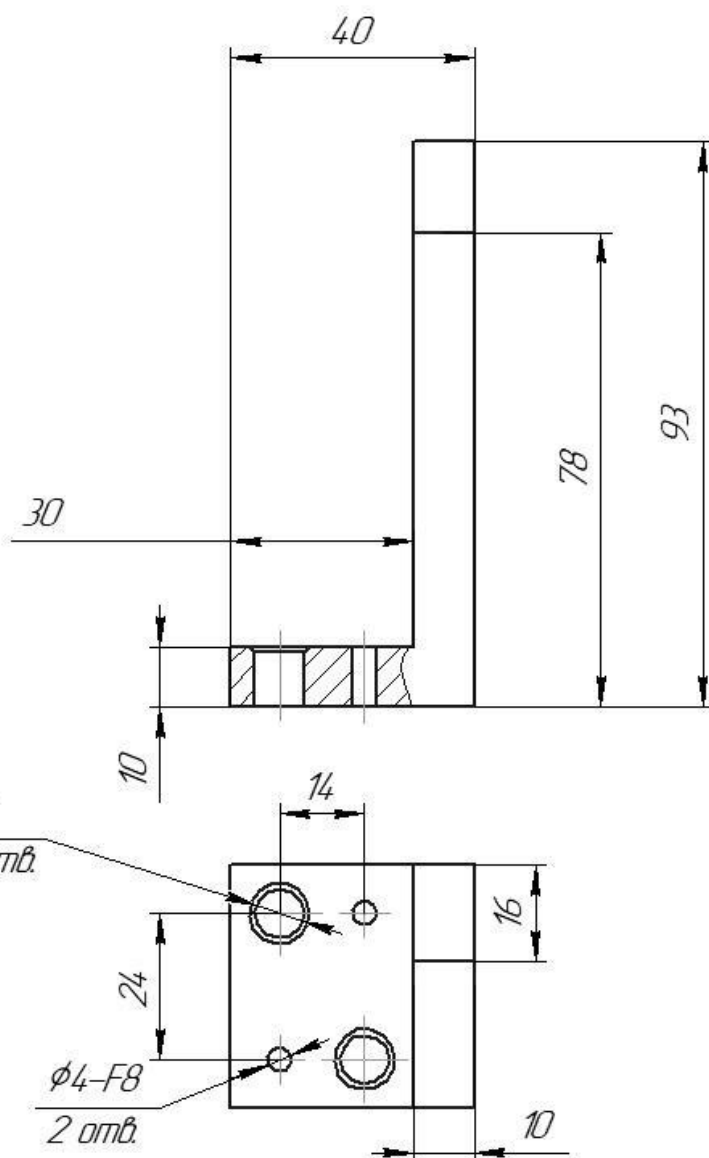
Станина

Сталь 45 ДСТУ 1050-88

|                                        |       |         |
|----------------------------------------|-------|---------|
| Лит                                    | Маса  | Масштаб |
| 4,21                                   | 21    |         |
| Архив                                  | Архив | 1       |
| Ізгоді редукторів і ланцюгових передач |       |         |
| Гр. ПРК-27                             |       |         |
| Формат А3                              |       |         |

MI 13100.1/Б90/с 038.05

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\sqrt{1})}$



Невказані граничні відхилення розмірів: H14; h14; ± IT14/2

MI 13100.1/Б90/с 038.05

Упор

Сталь 45 ДСТУ 1050-88

Лит. Маса Масштаб

0.3 1:1

Аркуш Аркушів 1

Державний університет «Львівська політехніка»

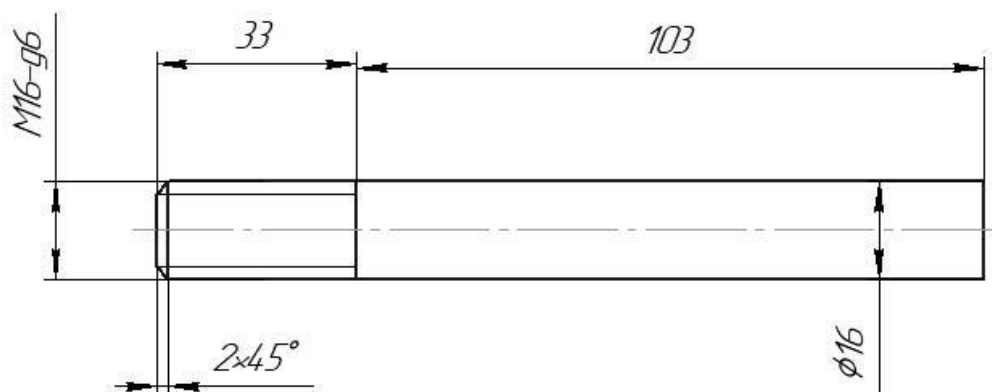
Гр. ПМК-27

Формат А4

| Зм.       | Лист | № док.        | Підпис | Дата |
|-----------|------|---------------|--------|------|
| Разраб.   |      | Цмех Д.С.     |        |      |
| Перев.    |      | Балицька Н.О. |        |      |
| Т.контр.  |      |               |        |      |
| Н.контр.  |      |               |        |      |
| Затвердив |      | Мельник О.Л.  |        |      |

MI 13100.1/Б90/с 038.06

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\sqrt{1})}$



Невказані граничні відхилення розмірів:  $h14; \pm IT14/2$

MI 13100.1/Б90/с 038.06

| Зм.       | Лист | № док.        | Підпис | Дата |
|-----------|------|---------------|--------|------|
| Разраб.   |      | Цмех Д.С.     |        |      |
| Перев.    |      | Балицька Н.О. |        |      |
| Т.контр.  |      |               |        |      |
| Н.контр.  |      |               |        |      |
| Затвердив |      | Мельник О.Л.  |        |      |

Шпилька

Сталь 45 ДСТУ 1050-88

| Лит.                                          | Маса    | Масштаб |
|-----------------------------------------------|---------|---------|
|                                               | 0,21    | 1:1     |
| Аркуш                                         | Аркушів | 1       |
| Державний університет «Львівська політехніка» |         |         |
| Гр. ПМК-27                                    |         |         |

Формат А4

| Формат    | Зона          | Поз      | Позначення              | Назва                          | Кіл                                                                                                                                            | Прим. |
|-----------|---------------|----------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|           |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
|           |               |          |                         | <u>Документація</u>            |                                                                                                                                                |       |
| A1        |               |          | Ml 13100.1/Б90/с03802СК | Складальне креслення           |                                                                                                                                                |       |
|           |               |          |                         | <u>Деталі</u>                  |                                                                                                                                                |       |
| A3        | 1             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.01  | Станина                        | 1                                                                                                                                              |       |
| A4        | 2             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.02  | Призма 1                       | 1                                                                                                                                              |       |
| A4        | 3             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.03  | Затискна пластина              | 1                                                                                                                                              |       |
| A4        | 4             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.04  | Призма 2                       | 1                                                                                                                                              |       |
| A4        | 5             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.05  | Чпар                           | 1                                                                                                                                              |       |
| A4        | 6             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.06  | Шпилька                        | 1                                                                                                                                              |       |
| A4        | 7             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.07  | Ексцентрик                     | 1                                                                                                                                              |       |
| БК        | 8             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.08  | Палець                         | 2                                                                                                                                              |       |
| A4        | 9             |          | Ml 13100.1/Б90/с038.09  | Ручка                          | 1                                                                                                                                              |       |
| БК        |               |          |                         | <u>Стандартні вироби</u>       |                                                                                                                                                |       |
| БК        |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
| БК        | 10            |          |                         | Гвинт М8х1,25-6g               | 10                                                                                                                                             |       |
| БК        |               |          |                         | ДСТУ 7796-2008                 |                                                                                                                                                |       |
| БК        | 11            |          |                         | Гайка М16х1,5 ISO 8673         | 1                                                                                                                                              |       |
| БК        | 12            |          |                         | Штифт циліндричний<br>ISO 2338 | 6                                                                                                                                              |       |
| БК        | 13            |          |                         | Пружина<br>ДСТУ ГОСТ 1452-2007 | 1                                                                                                                                              |       |
| БК        |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
|           |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
|           |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
| Зм        | Арк           | № докум. | Підпис                  | Дата                           | <div style="text-align: center;">Ml 13100.1/Б90/с038.00</div> <div style="text-align: center;">Пристрій для фрезерування шпонкового пазу</div> |       |
| Розроб.   | Цмех Д.С.     |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
| Перевір.  | Балицька Н.О. |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
| Н. контр. |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
| Затв.     | Мельник О.Л.  |          |                         |                                |                                                                                                                                                |       |
|           |               |          |                         |                                | Лист                                                                                                                                           | Аркуш |
|           |               |          |                         |                                |                                                                                                                                                | 1     |
|           |               |          |                         |                                | Державний університет «Житомирська політехніка» гр. ПМК-27                                                                                     |       |





[illegible]