

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**Проектування технологічного процесу механічного
оброблення ступиці переднього колеса боліду
«Формула студент»**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи ІМм-21

Русин Павло Михайлович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 20__ р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2023 року

Луцький національний технічний університет

Факультет Транспорту та механічної інженерії
Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки
Другий (магістерський) рівень
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»
Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Р. РЕДЬКО
“ _____ ” _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Русина Павла Михайловича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проектування технологічного процесу механічного оброблення ступиці переднього колеса боліду «Формула студент», керівник кваліфікаційної роботи магістра Четвержук Тарас Іванович к.т.н., доц. каф. ПМіМ затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» січня 2023 р., № 42/01-02

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики, базовий технологічний процес, Креслення ходової частини боліду «Формула студент ЛНТУ», конструкторська документація, нормативні дані.

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

1. Провести ознайомлення зі студентським європейським інженерним проєктом «Формула студент», його основною місією та метою. 2. Вибрати найбільш ефективний метод отримання заготовки, майбутньої деталі ступиця. 3. Розробити маршрутно-операційну технологію з використанням сучасного обладнання та інструменту для виготовлення передньої ступиці баггі «Формула студент ЛНТУ». 4. Спроекувати спеціальне оснащення та ріжучий інструмент. 5. Провести моделювання деталі ступиця із застосуванням програми SOLIDWORKS.

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

Мета, предмет та задачі дослідження 1л - ф. А1, креслення та 3D модель ступиці 1л - ф. А2, складальне креслення трьохкулачкового пневматичного патрону 1л - ф. А1, операції шліфування QuickPoint 1л - ф. А1, Комп'ютерне моделювання 1л - ф. А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

01.07.2023 р.

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Аналітичний розділ</i>	<i>25.10.2023</i>	
2.	<i>Технологічний розділ</i>	<i>5.11.2023</i>	
3.	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>15.11.2023</i>	
4.	<i>Комп'ютерне моделювання</i>	<i>25.11.2023</i>	
5.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>1.12.2023</i>	
6.	<i>Електронний варіант кваліфікаційної роботи магістра</i>		

Студент

_____ (підпис)

Русин П.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Четвержук Т.І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Русин П.М. Проектування технологічного процесу механічного оброблення ступиці переднього колеса боліду «Формула студент». – Рукопис.

Атестаційна магістерська робота на здобуття кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти із спеціальності 131 – Прикладна механіка. – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2023.

Робота присвячена вдосконаленню технологічного процесу механічного оброблення ступиці переднього колеса боліду «Формула студент». Проведено аналіз типового техпроцесу деталі ступиця від Део Ланос, на основі якого розроблено альтернативний варіант технологічного процесу з використанням сучасного металообробного обладнання передових світових виробників. Підібрано оптимальний метод отримання заготовки, запропоновано способи обробки поверхонь виробу з визначенням припусків.

Спроектовано верстатне пристосування та ріжучи інструмент для токарних та шліфувальних операцій. Запропоновано відносно нову технологію QUICKPOINT для операції шліфування.

Змодельовано місця закріплення заготовки в кулачках патрона, сили затиску кулачками до площі закріплення та можливу деформацію заготовки.

Ключові слова: технологічний процес, «Формула студент», заготовка, ступиця, проектування, моделювання, пристосування, ріжучий інструмент.

ANNOTATION

Rusyn P.M. Design of the technological process of mechanical processing of the hub of the front wheel of the car «Formula Student». – Manuscript.

Attestation master's thesis for obtaining the qualification of the second (master's) level of higher education in specialty 131 – Applied mechanics. – Lutsk National Technical University.– Lutsk, 2023.

The work is devoted to the improvement of the technological process of mechanical processing of the hub of the front wheel of the "Formula Student" car. An analysis of the typical technical process of a hub part from Deo Lanos was carried out, on the basis of which an alternative version of the technological process was developed using modern metalworking equipment of the world's leading manufacturers. The optimal method of obtaining the workpiece was selected, the methods of processing the surfaces of the product with the determination of allowances were proposed. Designed a machine tool and cutting tool for turning and grinding operations. A relatively new QUICKPOINT technology is proposed for the grinding operation. Places of attachment of the workpiece in the cams of the cartridge, clamping forces of the cams to the attachment area and possible deformation of the workpiece are simulated.

Keywords: technological process, "Formula student", workpiece, hub, design, modeling, adjustment, cutting tool.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 «Формула студент» – європейський тренд для студентів інженерних спеціальностей.....	11
1.2 Проєкт «Формула студент» в ЛНТУ та його досягнення.....	14
1.3 Службове призначення та умови роботи деталі ступиця.....	16
1.4 Систематизація поверхонь деталі.....	17
1.5 Аналіз креслення деталі.....	18
1.6 Аналіз типового техпроцесу деталі ступиця від Део Ланос.....	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	22
2.1 Визначення типу та характеристик виробництва.....	22
2.2 Вибір виду та методу отримання заготовки.....	22
2.3 Техніко-економічне порівняння методів одержання заготовки.....	24
2.4 Вибір способів обробки поверхонь виробу.....	26
2.5 Визначення припусків.....	27
2.6 Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	28
2.7 Вибір обладнання та засобів технологічного оснащення.....	29
2.8 Розробка технологічних операцій.....	33
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1 Проектування пристосування та ріжучого інструменту	35
3.2 Розрахунок зусилля затиску.....	36
3.3 Розрахунок силового приводу.....	39
3.4 Застосування технології QUICKPOINT для операції шліфування.	40
4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	45
4.1 Моделювання місця закріплення заготовки в кулачках патрона...	45
4.2 Моделювання сили затиску кулачками до площі закріплення.....	46
4.3 Моделювання деформації заготовки.....	48

ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудування є найважливішою галуззю промисловості будь якої розвиненої країни світу. Її продукція – механізми різного призначення, що використовуються у всіх галузях промисловості. Зростання промисловості, і навіть темпи переходу на нові технології, значною мірою залежить від рівня розвитку машинобудування. У машинобудуванні працює безліч фахівців, які освоюють та втілюють наукові та інженерні думки у високоефективні, надійні та якісні машини, установки, прилади, технологічне обладнання.

Основними розробниками та проектувальниками в машинобудуванні є інженери-конструктори та інженери-технологи, які розробляють технологічні процеси для нових та діючих підприємств. Сучасне машинобудування ставить такі завдання перед інженерами: зменшення витрат: тимчасових та ресурсних; організація технологічного потоку без участі людини (автоматизація процесу виробництва деталей); оптимізація технологічних процесів виготовлення деталей та складання вузлів (застосування сучасного обладнання та інструменту).

Завданням кваліфікаційної роботи була розробка технологічного процесу виготовлення ступиці автомобіля «Формула студент» високої якості та точності з використанням новітніх розробок науки та техніки з доступним бюджетом.

Від початку потрібно розробити конструкцію самого автомобіля «Формула студент», після чого зробити 3D моделі та креслення заданої деталі (ступиця переднього колеса) і розробити технологію її виготовлення. Сам проєкт «Формула студент» є найпопулярнішим освітнім інженерним змаганням в Європі, а тому напрямок цієї кваліфікаційної роботи магістра є актуальним.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є проектування конструкції та розроблення технологічного процесу деталі ступиця автомобіля «Формула студент ЛНТУ». Для досягнення мети поставлено наступні *задачі*:

1. Провести ознайомлення зі студентським європейським інженерним

проєктом «Формула студент», його основною місією та метою;

2. Вибрати найбільш ефективний метод отримання заготовки, майбутньої деталі ступиця;

3. Розробити маршрутно-операційну технологію з використанням сучасного обладнання та інструменту для виготовлення передньої ступиці баггі «Формула студент ЛНТУ»;

4. Спроекувати спеціальне оснащення та ріжучий інструмент;

5. Провести моделювання деталі ступиця із застосуванням програми SOLIDWORKS.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес та обладнання для виготовлення ступиці переднього колеса боліду «Формула студент».

Предмет дослідження. Деталь ступиця переднього колеса боліду «Формула студент».

Методи дослідження. Аналіз та синтез інформації, об'єктно-орієнтоване програмування, комп'ютерне моделювання, комп'ютерно-інтегровані технології, деталі машин, методологія експериментальних досліджень.

Наукова новизна:

- вперше розроблено технологічний процес виготовлення передньої ступиці баггі «Формула студент ЛНТУ»;

- спроектуване спеціальне оснащення та ріжучий інструмент для токарних та шліфувальних операцій;

- проведено моделювання сили затиску заготовки ступиці в токарному трьохкулачковому патроні на основі статичного аналізу даного елемента та виявлено його слабкі місця.

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які висвітлюють суть роботи, рекомендації та висновки належать автору, який самостійно поставив мету і визначив задачі досліджень, провів увесь комплекс проектних рішень.

Апробація отриманих результатів роботи. Основні положення і результати

роботи доповідалися і обговорювалися на наукових семінарах кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ та в тезах доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент». м. Житомир 09-10 листопада 2023 року.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна магістерська робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Зміст роботи викладений на 53 сторінках друкованого тексту, ілюструється 17 рисунками та 9 таблицями. Додатки складають 6 сторінок. Список літературних джерел складає 25 найменувань.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ

1.1 «Формула студент» – європейський тренд для студентів інженерних спеціальностей

«Формула студент» (англ. – Formula Student, Formula SAE) є найпопулярнішим освітнім інженерним змаганням в Європі, якому в 2023 році виповнилося 25 років. Конкурс, який підтримується галузевими фондами, виробниками автомобілів, сервісними центрами та іменитими інженерами, такими як керівник та засновник даного проєкту Рос Браун (Ross Brawn), спрямований на розвиток талановитих та інноваційних молодих студентів інженерних спеціальностей. Його метою є заохочення більшої кількості молодих людей до кар'єри інженерів. В проєкті «Формула студент» щороку беруть участь понад 100 університетських команд. Він зазвичай є частиною проєкту на рівні диплома та розглядається індустрією автоспорту як стандарт, якому повинні відповідати випускники інженерних спеціальностей, переводячи їх з університету на роботу. Це kite-mark (продукт чи виріб, який використовується на товарах і послугах, які офіційно визнані високоякісними та безпечними у використанні) для реального інженерного досвіду, який поєднує практичний інженерний досвід із навичками спілкування та комунікації, включаючи бізнес-планування, управління проєктами та розвиває навички роботи в команді.

За задумом змагань команда студентів є інженерною групою, яка має спроектувати, виготовити, випробувати прототип автомобіля формульного класу для ринку непрофесійних гоночних автомобілів. Випробуванням для команд є саме конструювання боліда, який зможе успішно пройти всі дисципліни на змаганнях. Автомобіль повинен бути сконструйований і виготовлений згідно зі спеціальними правилами (регламентом), метою яких є забезпечення безпеки на треку (гоночні

машини керуються студентами), а також допомогти знайти рішення проблем, які виникають під час виготовлення.

Зараз у «Формулі студент» існує 2 класи гоночних болідів, але до 2012 року їх було 4. Перед участю у змаганнях кожен болід проходить визначальну класифікацію. Виготовлені прототипи оцінюються в різних статичних і динамічних дисциплінах, включаючи: проектування автомобіля; звіт про вартість; бізнес-план; розгін; випробування на витривалість; економію палива.

Автомобілі оцінюються провідними спеціалістами за такими критеріями: інженерне проектування (150 балів); вартість та аналіз автомобіля (100 балів); презентація бізнес-плану (75 балів); технічна інспекція включає 6 тестів: безпека, шасі, шум, стійкість, маневреність (без балів).

Самі змагання проходять щороку в різних країнах та містах Європи (рис. 1.1.) та викликають великий ажітаж серед закладів вищої освіти, а бути учасником змагань досить престижно та почесно.



Рисунок 1.1 – Змагання 2020 року (Італія)

В Україні до проєкту «Формула студент» були долучені лише три заклади вищої освіти. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (рис.1.2) – розробили вже 4 автомобілі та брали участь у змаганнях 2018 року (м. Ассен, Нідерланди). Національний університет «Одеська політехніка» (рис.1.3) – брали участь у змаганнях «Baltika Open 2018» та Луцький національний технічний університет, в якому тільки розробляють власний автомобіль з подальшою можливістю долучення до змагань.



Рисунок 1.2 – Команда КПІ ім. Сікорського з презентацією власного автомобіля



Рисунок 1.3 – Команда ОНПУ на змаганнях «Baltika Open 2018»

1.2 Проєкт «Формула студент» в ЛНТУ та його досягнення

У 2016 році у Луцькому національному технічному університеті стартував міжнародний проєкт «Формула студент ЛНТУ». Варто зауважити, що в Україні наш ЗВО був одним з перших, хто реалізував подібний проєкт. Студенти розробляли 3D-модель автомобіля та пакет технічної документації, згідно з якими створювався перший експериментальний екземпляр боліда (рис. 1.4). Але зважаючи на брак коштів та інші форс-мажори наша команда не змогла взяти участь у змаганнях та представити ЛНТУ на європейській арені. Варто зауважити, що до проєкту були долучені студенти технічних спеціальностей – автомобілісти, матеріалознавці, механіки, електрики.



Рисунок 1.4 – Перший автомобіль «Формула студент ЛНТУ»

В 2019 році реалізація даного проєкту нажалі призупинилась. Пізніше, зважаючи на усім відомі причини другий автомобіль «Формула студент ЛНТУ» (рис. 1.5) змінив свою основну мету та завдання. Він був спроектований та виготовлений під потреби ЗСУ. Завданням здобувачів за спеціальністю 131 Прикладна механіка було розробити креслення та підготувати технологічну документацію з виготовлення окремих вузлів даного баггі. Особисто я спроектував механізми підвіски та ходової частини автомобіля. Технологічний процес виготовлення ступиці автомобіля «Формула студент» з розробкою спеціалізованого верстатного оснащення та ріжучого інструменту був моєю основною задачею.



Рисунок 1.5 – Другий автомобіль (баггі) «Формула студент ЛНТУ»

1.3 Службове призначення та умови роботи деталі ступиця

Деталь ступиця переднього колеса автомобіля «Формула студент» (рис 1.6) слугує основою для кріплення робочої частини гальмівної системи, передача крутного моменту від піввісі переднього колеса на ведуче колесо, а також утримує всі інші деталі на піввісі.



Рисунок 1.6 – Ступиця переднього колеса автомобіля «Формула студент»

Ступиця працює зі змінними навантаженнями. Матеріал обраний відповідний, сталь АЦ40ХГНМ, «ДСТУ 9073:2021 Прокат круглий з якісної сталі зі спеціальною обробкою поверхні» та призначений для деталей з високими вимогами за характеристиками міцності та твердості.

Характеристики сталі АЦ40ХДНМ вибираємо у відповідності з довідниковою інформацією [21, 22]. Механічні характеристики: міцність у стані постачання 780МПа; твердість 255-302 НВ. Оброблення гарячим штампуванням характеризується ударною в'язкістю 98 Дж/см² та межею текучості матеріалу 685 МПа. Хімічного склад сталі АЦ40ХДНМ вибираємо згідно довідникових даних[22] та вносимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічного склад вибраної сталі у відсотковому співвідношенні

Алюміній, Al	Вуглець, C	Кремній, Si	Марганець, Mn	Хром, Cr	Нікель, Ni	Вольфрам, W	Молібден, Mo
0,15-0,35	0,37-0,45	0,17-0,55	0,65-0,95	0,8-1,1	0,5-0,3	0,2-0,4	0,35-0,85

1.4 Систематизація поверхонь деталі

Метою систематизації є виявлення тих поверхонь, які мають визначальне значення для якісного виконання деталлю свого службового призначення. Усі поверхні на ескізі (рис. 1.7) пронумеровуємо та класифікуємо за їх призначенням.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі ступиця

Тип поверхні	Номер
Виконавчі поверхні	9, 10, 14, 30
Допоміжні бази	14, 5, 26, 21, 9, 10, 13, 17
Вільні поверхні	Всі інші
Основні конструкторські бази	25, 17

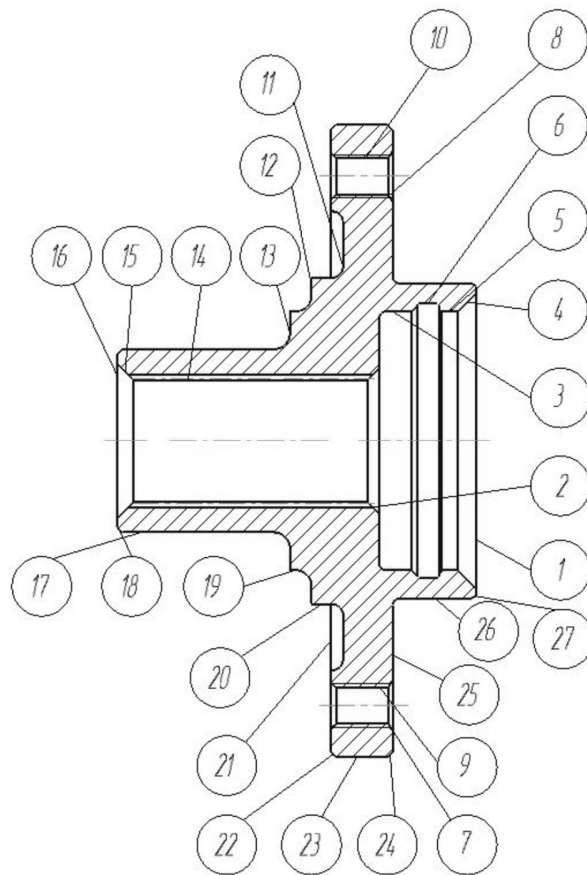


Рисунок 1.7 – Позначення поверхонь деталі

1.5 Аналіз креслення деталі

Після проведеного аналізу робочого креслення деталі та 3D-моделі (рис. 1.8), необхідно перевірити усі необхідні конструкторські позначення на деталі, а саме:

необхідна кількість проекцій, розрізів, перерізів;

достатність проставляння розмірів, граничних відхилень;

допуски форми та розташування;

позначення шорсткості поверхні згідно ДСТУ 25142:2009 «Шорсткість поверхні. Терміни та визначення»

матеріал деталі;

вимоги на форму поверхонь та їх взаємного розташування призначені з урахуванням роботи ступиці.

точність обробки вільних поверхонь.

Аналіз показав, що всі вимоги на кресленні призначені з умов роботи та конструктивних особливостей деталі та змін не підлягають.

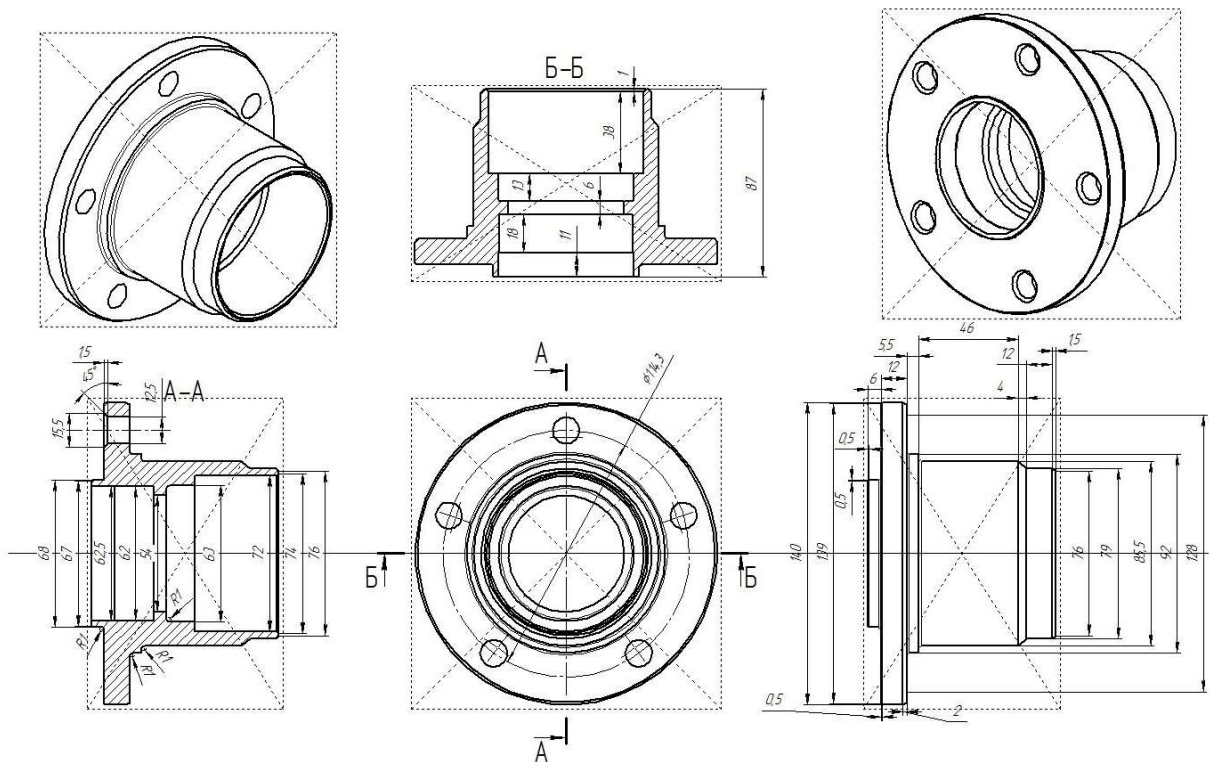


Рисунок 1.8 – Креслення та 3D-модель ступиці

1.6 Аналіз типового техпроцесу деталі ступиця

Розглянемо типовий технологічний процес виготовлення ступиці переднього колеса від Део Ланос та використаємо його для подальшого вдосконалення відповідно під наше наявне технологічне обладнання та конструктивні розміри проектованої ступиці автомобіля «Формула студент». Типовий технологічний процес представлений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Техпроцес виготовлення ступиці переднього колеса від Део Ланос

Номер та назва операції	Суть операції	Обладнання та оснащення
010 токарна	Точити поверхню переднього гальма, зовнішню поверхню і торець фланця попередньо. Свердлими центральний отвір. Розточити місце під ковпак, зняти фаски	Шестишпindelний токарний верстат. Патрон трьохкулачковий.
020 Токарна	Точити поверхню під посадку підшипника, підрізати торці. Свердлими, зенкерувати, розточити отвори під шліци. Розточити канавки, зняти фаски	Шестишпindelний токарний верстат. Завантаженням. Патрон цанговий.
030 Протяжна	Протягнути шліци	Вертикально-протяжний верстат.
040 Операція миття	Промивання, сушіння	Машина для миття
050 Токарна	Точити місця посадки підшипника та поверхню фланця, розточити канавки на торці фланця, зняти фаски.	Токарний лобовий верстат. Патрон робочий
060 Токарна	Точити поверхні під посадку диска та ковпака, розточити канавку та зняти фаски.	Двохшпindelний токарний лобовий верстат. Цанговий патрон.
070 Агрегатна	Свердлими, зенкерувати. Нарізати різі у п'яти отворах під болти остаточно. Нарізати різьблення у двох отворах під штифти для центрування колеса остаточно.	Спеціальний агрегатний верстат із поворотним столом.
080 Шліфувальна	Шліфувати місця посадки та опори підшипника, фаску остаточно. Шліфувати поверхні центрування та опори диска гальма остаточно.	Шліфувальний верстат, Клиноплунжерний патрон.
090 Операція миття	Промивання, сушіння	Машина для миття
100 Контрольна		Контрольний стіл

Проаналізувавши типовий техпроцес, взятий від Део Ланос можна зробити висновок, що він нам не зовсім підходить. Причина в тому, що тип виробництва – масовий. У свою чергу, потрібна вдосконалення процесу виробництва деталі під середньосерійний. Враховуючи тип виробництва, вигідніше використати універсальні верстати з ЧПУ, що дозволить заощадити на утримання обладнання та виробничої площі. Верстат із ЧПУ дозволяє замінити від 2 до 8 одиниць обладнання, крім цього скорочує цикл виробництва деталі, підвищуючи точність виконання операцій механічного оброблення [1, 6, 10].

Завдання роботи

Аналіз технологічного процесу виготовлення ступиці переднього колеса від Део Ланос показав певні недоліки, тому формулюємо завдання випускної роботи:

1. Спроекувати заготовку з найменшими економічними витратами;
2. Спроекувати та виконати розрахунки верстатного пристосування та ріжучого інструменту;
3. Розробити власний технологічний процес;
4. Заповнити технологічну документацію;
5. Змоделювати сили затиску заготовки та її можливі деформації.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Визначення типу та характеристик виробництва

Характеристики виробництва насамперед залежить від типу виробництва. У нашому випадку йдеться про ухвалення проєктних рішень, тому дана інформація в достатньому обсязі відсутня. У такому разі згідно з рекомендацією [9, 15], тип виробництва може бути визначений виходячи з маси деталі та річної програми випуску виробу. Річна програма маточини складає 4000 деталей на рік, маса деталі 1,1 кг. Ці параметри відповідають середньосерійному типу виробництва.

2.2 Вибір виду та методу отримання заготовки

Заготовка – це продукція виробництва, яка одержується з різних методів оброблення отримуючи зміни форми, розміру, якості поверхонь, і з сукупності цього виходить готова деталь. Від вибору правильного методу отримання заготовки залежить трудоємність та собівартість кінцевої деталі. Від матеріалу, типу деталі, форми, типу виробництв залежить метод отримання заготовки. Заготовка одержана методом лиття за моделями, що виплавляються. Рекомендований ряд припусків на виливок приймаємо згідно ДСТУ 8981:2020 «Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення» – четвертий ряд. Припуски виливка приймаємо згідно чинного ДСТУ. Допуски виливка відповідно приймаємо за [7]. На рисунку 2.1 продемонстровано приблизні конструкції заготовок, які отримуються за допомогою різних методів – штампування та лиття.

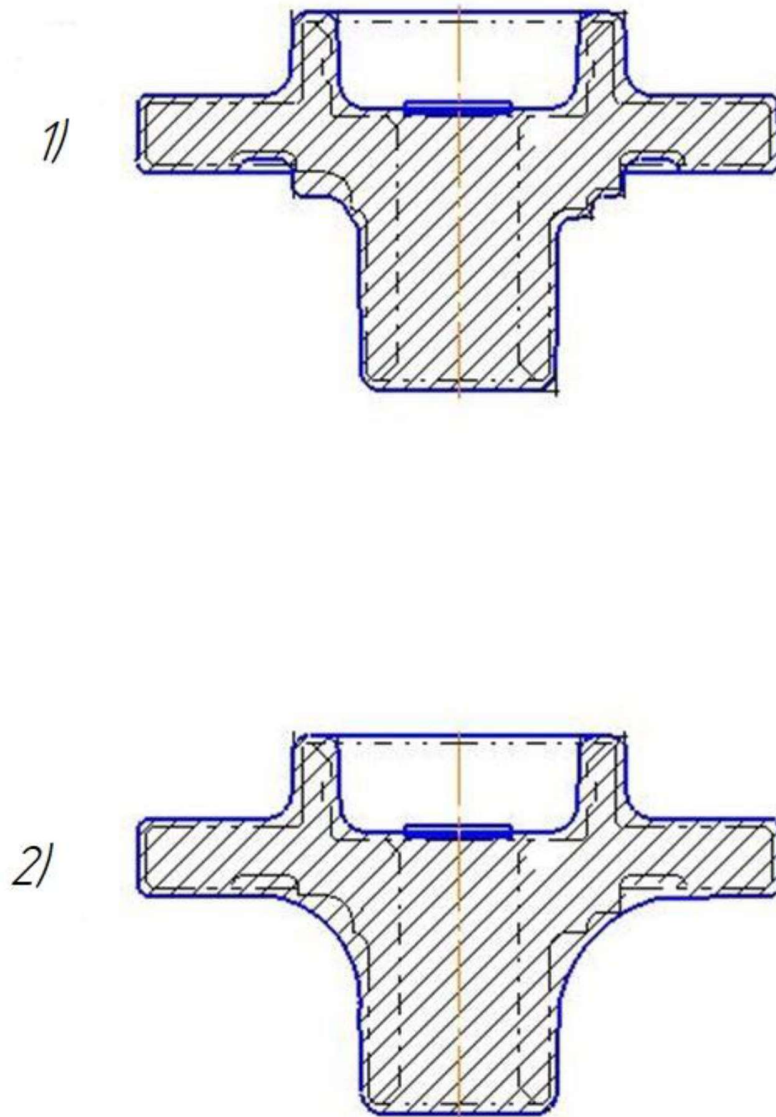


Рисунок 2.1. – Заготовки: 1 – штампування 2 – лиття

Таблиця 2.1 – Припуски на розміри виливки

Розміри виливка, мм.	Номінальні розміри, мм	Припуски на механічну обробку, мм (на одну сторону)	Допуски виливки, мм
120,0	117,0	1,4	0,4
63,2	60,5	1,2	0,30
60,5	58	1,1	0,42
50,0	48	1,5	0,32

Продовження таблиці 2.1

36	34	1,0	0,28
33	32	1,1	0,28
20	19	1,0	0,25
17	15,5	1,2	0,23
14,55	11,5	1,4	0,22
5,0	4,0	1,1	0,18

2.3 Техніко-економічне порівняння методів одержання заготовки

Порівнюючи два способи отримання заготовок ми повинні обрати економічно доцільніший метод в залежності від класу точності, груп складності, марки матеріалу, вартості відходів, маси та типу виробництва. Собівартість визначаємо в гривнях[15, 19].

$$S_{\text{заг}} = C \cdot Q \cdot K_T \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}}, \quad (2.1)$$

$k_T, k_B, k_C, k_M, k_{\Pi}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, груп складності, марки, матеріалу, маси та типу виробництва;

Q – маса заготовки

q – маса готової деталі

$S_{\text{відх}}$ – вартість одного кілограма відходів.

Виконаємо розрахунок для вилівка згідно [9]:

$$k_T = 1,0$$

$$k_B = 0,63$$

$$k_C = 0,9$$

$$k_M = 1,1$$

$$k_{\Pi} = 1,23$$

$$C = 8,25 \text{ грн.}$$

$$Q = 1,83 \text{ кг.}$$

q – маса готової деталі

Вище наведені значення підставимо у формулу (2.1) і отримаємо

$$S_{\text{заг}} = 8,25 \cdot 0,63 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 8,25 \cdot 1,83 - 1,83 - 1,1 \cdot 0,144 = 77,58 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок для штамповки згідно [9]:

$$k_T = 1,0$$

$$k_B = 1,29$$

$$k_C = 1,14$$

$$k_M = 1,21$$

$$k_{II} = 0,8$$

$$C = 6,00 \text{ грн.}$$

$$Q = 1,98 \text{ кг.}$$

q – маса готової деталі

Вище представлені значення підставимо у формулу (2.1) і отримаємо

$$S_{\text{заг}} = 6,0 \cdot 1,29 \cdot 1,14 \cdot 1,21 \cdot 1,0 \cdot 1,98 - 1,98 - 1,1 \cdot 0,144 = 23,13 \text{ грн.}$$

Врахувавши різні процеси одержання заготовки способами литва та штампування собівартість та механічні властивості заготовки з штамповки є набагато доцільнішою та кращою для подальшого оброблення. Тому обираємо саме цей варіант.

Економічний ефект від застосування доцільнішого способу отримання заготовки складе:

$$\mathcal{E} = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N, \quad (2.2)$$

N – тип виробництва, $N = 4000$ шт. – середньосерійне виробництво,

Підставивши попередні дані отримуємо

$$E = (77,58 - 23,13) \cdot 4000 = 217800 \text{ грн.}$$

2.4 Вибір способів обробки поверхонь виробу

Ще раз представимо поверхні які треба обробити (згідно технологічного процесу)

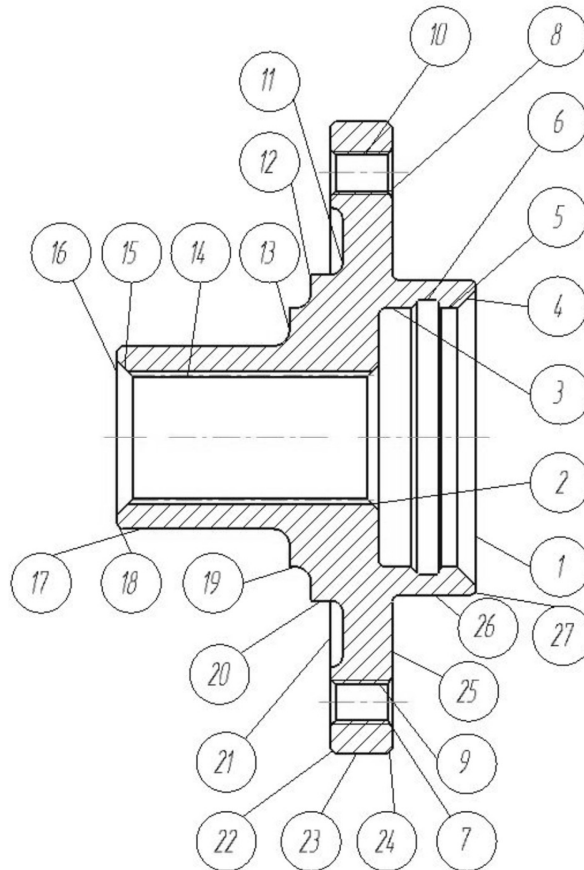


Рисунок 2.2 – Поверхні деталі, які треба обробити

Згідно рисунку 2.2 вибираємо послідовність обробки поверхонь залежно від оброблюваного матеріалу, виду поверхні, якості точності. У таблицю 2.2 зводимо результати. Там же (таблиця 2.2) прийнято такі скорочення: П – протягування; Т – точіння; Тч – чистове точіння; С – Свердління; Р – розточування; Рріз – нарізування різей; Ш – шліфування; ТО – термообробка; З – Зенкерування.

Таблиця 2.2 – Способи оброблення поверхонь

Номер поверхні	Шорсткість, Ra	Квалітет ІТ	Спосіб оброблення
2, 3, 4, 5, 27, 24, 15, 22, 14, 23, 21, 11, 13, 18, 6, 20	3,2	11	Т, Тч
7, 8, 9, 10	6,3	10	С, З, Рріз
1, 26	1,6	9	Т, Тч, ТО, Ш
16, 17	0,8	8	Т, Тч, ТО, Ш
28	3,2	9	П
12, 19, 25	2,5	9	Т, Тч, ТО, Ш

З точки зору механічного оброблення конструкція деталі дозволяє обробку поверхонь за два проходи. При механічному обробленні слід застосувати високопродуктивні режими обробки. До всіх поверхонь ступиці, яка обробляється, є достатньо вільний доступ інструменту, отже в цілому деталь є достатньо технологічною.

2.5 Визначення припусків

Відповідно до характеристик виробництва припуск для оброблення найточнішої поверхні (17) розмір $85,8^{0,002}_{018}$, визначаються у відповідності до [3]. розрахунково-аналітичним методом з використанням методики та довідкових даних [6, 7].

Мінімальний максимальний припуск дорівнює:

α, Δ, E

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}$$

де, довідкові складові припуску визначені: α, Δ , – довідкові складові припуску.

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + Td_i + Td_{i-1}$$

де, T_{di} – операційний допуск на i -й операції

Таблиця 2.3 – Розрахунок припусків на поверхню 17

Номер операції	Назва операції	Квалітет	Ra	h	Δ	ε	Zmin	Zmax	dmin	dmax
005	Заготовлююча	15	0,4	0,4	0,25 - 0,26	-	-	-	86,3 87,0	87,3
010	Токарна	14	0,25	0,15	0,06 24	-	0,64 5	1,27 4	86,8 12	87,0 62
020	Токарна	10	0,05	0,25	-	0,21 4	0,88 6	85,2 85	85,3 85	0,1
100	Шліфувальна	7	0,016	0,03 5	$\pm 0,01$ 38	-	0,10 6	0,20 5	85,0 02	85,0 18

Розрахунок припусків дав наступний результат за $85,8^{0,002}_{018} \pm$. Номінальні розміри задовільняють проектний технологічний процес.

2.6 Технологічний маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі ступиці переднього колеса від Део Ланос перероблено відповідно до середньосерійного типу виробництва з урахуванням технологічного парку (включаючи виробничі підприємства м. Луцька) виробничого обладнання ЛНТУ та оптимізації виготовлення готової деталі.

Номер та назва операції	Номери оброблюваних поверхонь
010 Токарна	1,3, 4, 12,25, 26,
020 Токарна	12, 13, 14, 16, 17,21, 20, 19.
030 Токарна	21, 11 ,13, 17, 18, 15, 14, 16
040 Токарна	5, 26, 27, 1, 4, 3, 23, 24, 2
050 Протяжна	30, 14
070 Свердлильна	7, 9, 8, 10
080 Термообробка	Вся деталь та її технологічні поверхні
090 Шліфувальна (QuickPoint)	1, 26, 25
100 Шліфувальна (QuickPoint)	12, 16, 17, 19,

За результатами отриманого технологічного маршруту формується план виготовлення деталі. Особливу увагу слід надати системі базування заготовок на операціях механічного оброблення. Для точності виготовлення бажано дотримуватись однієї й тої ж схеми базування на всіх операціях. Схему базування використовуємо типову, відповідно до нормативних документів [1, 9].

2.7 Вибір обладнання та засобів технологічного оснащення

Завдання підрозділу – підібрати необхідне обладнання, оснащення, інструмент відповідно до тех. процесу та типу виробництва. Слід зазначити, що сучасне обладнання підвищує технологічність обраних переходів. Сучасне компонування верстатів з ЧПУ із широким вибором застосованого інструменту, різноманітністю кінематичних схем оброблення дозволяє проектувати технологічні процеси на основі принципу концентрації переходів, що дозволяє зменшити кількість переходів та час на їх виконання. Необхідна інформація взята з каталогів та довідкових даних [9]. Для токарних операцій механічного оброблення ступиці застосуємо токарний верстат (центр) HASS TL-1 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Металообробний верстат (токарний) HASS TL-1

Для нарізування шліців (поверхня 14) застосуємо вертикально-протяжний верстат RISH-M (рис. 2.4). Для свердлильних операцій – верстат Haas Dm-1 (рис. 2.5). Завершальними операціями будуть операції шліфування – (Junker, технологія quickpoint,) та миття (можна застосувати найпростіші миючі машини типу «Karcher») та контролю – вимірювальний інструмент: штангель-циркуль, нутромір, калібри та пробки відповідних типорозмірів.

Представлене технологічне обладнання, оснащення, ріжучий та контрольний інструмент можуть нам надати наші партнери з виробничих компаній MODERN-EXPO та ремонтний завод «МОТОР» (є відповідні договори з кафедрою ПМ і М ЛНТУ). Зводимо у таблицю 2.4.



Рисунок 2.4 – Вертикально-протяжний верстат RISH-M



Рисунок 2.5 – Координатно-свердильно-фрезерний верстат Haas Dm-1



Рисунок 2.6 – Обладнання для операції шліфування (Junker 3000, технологія шліфування – QUICKPOINT)

Таблиця 2.4 – Засоби технологічного оснащення

Номер та назва операції	Обладнання	Приспосіблення	Інструменти	Контрольні пристрої
010 Токарна	Токарний HAAS TL-1	Патрон трьохкулачковий	Сверло CoroDrill 460 460.1-2000-090A0-XM GC34, ріжуча пластина T-Max P SNMG 12 04 12-MR 4335, Різцева головка T-Max P C5-PSKNR – 27140 – 12M1, ріжуча пластина CoroTurn Prime тип В CP-B1108- M5, різцева головка CoroTurn Prime C6-CP-25BL-45065-11B «Sandvik»	Штангенциркуль, нутромір
020 Токарна	Токарний HAAS TL-1	Патрон трьохкулачковий	Ріжуча пластина T-Max P SNMG 13 05 12 – MR 4335, , Різцева головка T-Max P C5-PSKNR – 27140 – 12M1, Ріжуча пластина CoroTurn Prime тип В CP-B1108-M5 2025, різцева головка CoroTurn Prime C6-CP-25BL-45065-11B «Sandvik»	Штангенциркуль, нутромір
030 Токарна	Токарний HAAS TL-1	Патрон трьохкулачковий	Ріжуча пластина T-Max P SNMG 12 04 12 – MR 4335, Різцева головка T-Max P C5-PSKNR – 27140 – 12M1, Ріжуча пластина CoroTurn Prime тип В CP-B1108-M5 2025, Різцева головка CoroTurn Prime C6-CP-25BL-45065-11B «Sandvik» ріжуча пластина T-Max P 15DNMG-XF A70 «Sandvik»	Штангенциркуль, нутромір
040 Токарна	Токарний HAAS TL-1	Патрон трьохкулачковий	Ріжуча пластина T-Max P SNMG 12 04 12 – MR 4335, Різцева головка T-Max P C5-PSKNR – 27140 – 12M1, ріжуча	Штангенциркуль, нутромір

			пластина CoroTurn Prime тип CP-B1108-M5 2025, Різцева головка CoroTurn Prime C6-CP-25BL-45065-11B, Ріжуча пластина T-Max P 15DNMG-XF A70 «Sandvik»	
050 Протяжна	Вертикально-протяжний верстат RISH-M	Опора кулькова	Протяжка	Нутромір, калібр
060	Машина для миття			
070	Вертикально-свердильний верстат з ЧПУ Haas Dm-1	Оправка	Свердло діаметром 6, P6M5-2 шт. Свердло діаметром 10, тип 2301,. Зенкер діаметром 6 і 8, зенкер діаметром 10 і 8, Мітчик	Калібри
090	Шліфувальний верстат Quickpoint 3000	Цанговий паирон	Спеціальний шліфувальний круг	Скоба
100	Шліфувальний верстат Quickpoint 3000	Цанговий паирон	Спеціальний шліфувальний круг	Скоба
110	Машина для миття			
120				Контрольний стіл

2.8 Розробка технологічних операцій

Режими різання впливають на показники технологічних операцій. Враховуються умови експлуатації: інструмент, вид обробки поверхонь та технічний стан верстатів. Слід врахувати, що на багатьох операціях використовується інструмент фірми Sandvik, тому використовуємо дані по режимах різання цієї фірми

[17]. На інші операції призначаємо режими різання згідно методики [19, 23] розрахунково-аналітичним методом.

Таблиця 2.5 – Режими різання

Номер операції	Номер переходу	Подача, мм/об	Швидкість, м/хв.	Оберти, об/хв.	Робочий хід, мм	Операційний час, хв
010	1	0,29	64	1000	0,8	0,44
	2	0,20	320	1800	0,35	
	3	0,30	274	800	0,5	
020	1	0,28	295	800	0,25	0,25
	2	0,25	205	1800	0,50	
030	1	0,23	220	1800	0,64	0,26
	2	0,28	295	800	0,25	
040	1	0,35	240	1600	1,5	0,20
	2	0,30	275	800	0,5	
	3	0,19	210	1500	0,6	
050	1	0,06	5		0,6	0,35
070	1	0,25	25	800	4,5	0,4
	2	0,4	35	1000	0,25	
	3	1,25	15	400	1,25	
090	1	0,02	2,5	40/170	0,5	0,65
100	1	0,02	2,5	40/170	0,25	0,6

Отже вданому розділі розробили новий технологічний процес для оброблення ступиці боліду «Формула студент ЛНТУ» відповідно до обраного технологічного обладнання. Провели розрахунки режимів різання для усіх операцій механічного оброблення відповідно до встановлених припусків.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Проектування пристосування та ріжучого інструменту

Для токарних операцій використовуємо різці зі змінними пластинами.

Розрахунок сил різання виконаємо за методикою згідно з [23]. При точінні поверхні ступиці баггі «Формули студент ЛНТУ» необхідно розрахувати складові сили P_z та P_y

$$P_{z,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$P_z - C_{pz}=300, X_{pz}=1,0, Y_{pz}=0,75, n_{pz}=-0,15$$

$$P_y - C_{py}=243 X_{py}=0,9, Y_{py}=0,6 n_{py}=-0,3$$

Геометрія різця:

$$- \lambda = +0.5^\circ$$

$$- \varphi = 60^\circ$$

$$- \gamma = -3^\circ$$

Поправочний коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання:

$$K_p = K_{mp} K_\varphi K_{\gamma P} K_{\lambda p}$$

Для сталі він становить [23]:

$$K_{mp} = \frac{780}{750}^{0.75} = 1.029$$

При

$$\varphi = 60^\circ ; K_{\varphi pz} = 0.94 ; K_{\varphi py} = 0.8 ; K_{\gamma pz} = 1.05 ; K_{\gamma py} = 1.5 ; K_{\lambda pz} = 1.03 ; K_{\lambda py} = 1.15$$

$$K_{pz} = K_{mp} K_{\varphi} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1.029 \cdot 0.94 \cdot 1.05 \cdot 1.03 = 1.04$$

$$K_{py} = K_{mp} K_{\varphi} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1.029 \cdot 0.8 \cdot 1.5 \cdot 1.15 = 1.42$$

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot Kp = 10 \cdot 300 \cdot 1.0^{1.0} \cdot 0.42^{0.75} \cdot 68^{-0.15} \cdot 1.04 = 864.4 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot Kp = 10 \cdot 243 \cdot 1.0^{0.9} \cdot 0.42^{0.6} \cdot 68^{-0.3} \cdot 1.42 = 578.217 \text{ Н}$$

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Проведемо розрахунок патрону трьох кулачкового пневматичного (рис. 3.1) для токарного верстату HAAS TL-1.

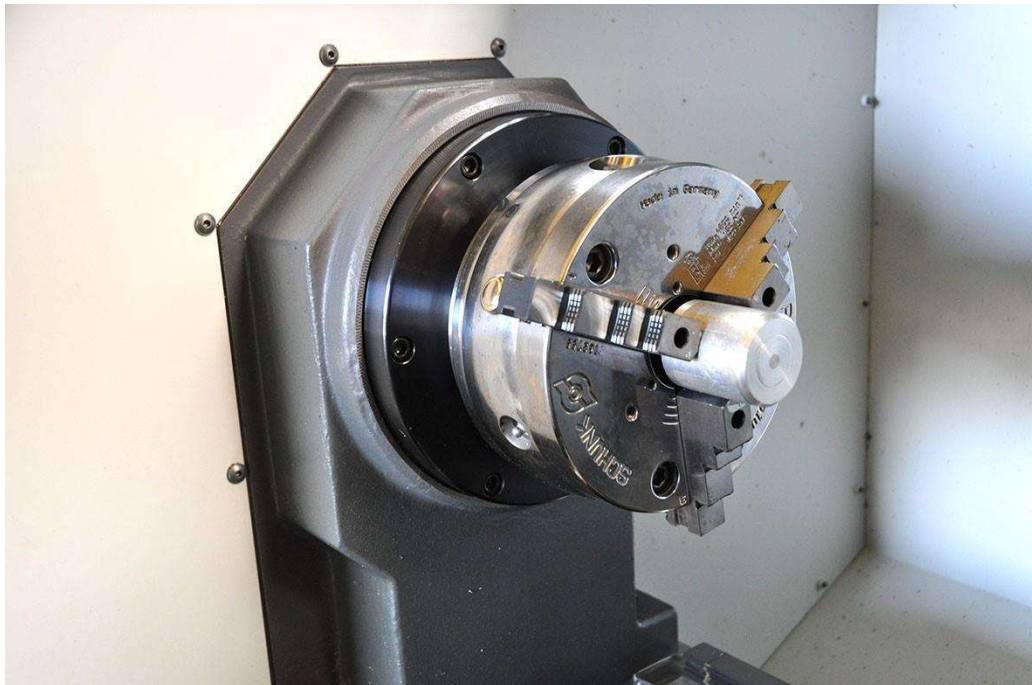


Рисунок 3.1 – Патрон трьохкулачковий

Виведемо формули для розрахунку зусилля затиску W . Сила, що прагне повернути заготовку в патроні затиснута кулачками.

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}$$

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$M_p = \frac{864,4 \cdot 58}{2} = 25067,6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Повороту заготовки перешкоджає момент сили затиску, що визначається за такою формулою [10, 15]:

$$M'_3 = \frac{W f d_1}{2}$$

де W – сумарне зусилля затиску, яке розподіляються на три кулачки;

f – коефіцієнт тертя на робочі поверхні змінного кулачка

З рівності моментів M_p і M'_3 визначається необхідне зусилля затиску, що перешкоджає провороту заготовки в кулачках

$$W' = \frac{2K M_p}{f d_1}$$

Значення коефіцієнта запасу K залежить від конкретної умови виконання технологічної операції визначається за формулою:

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

Підставимо у формулу:

$$K_{pz} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,8;$$

$$K_{py} = 2,52$$

$$f = 0,3$$

$$W' = \frac{2KM_p}{fd_1} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 25067,6}{0,3 \cdot 35} = 8594,6 \text{ Н}$$

Сила P_{py} прагне вивернути заготовку з кулачків, цьому моменту перешкоджає момент від сили затиску кулачків.

$$M_p'' = P_y' \cdot l_1$$

Необхідна сила затиску дорівнює:

$$W'' = \frac{1,5KM_p}{fd_1}$$

Для подальших розрахунків вибираємо найгірший випадок: $W = 14050,6 \text{ Н}$. Величина зусилля W_1 , що прикладається до кулачків, збільшується порівняно з зусиллям W і розрахунок проводимо за формулою:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3l_k}{H_k} \cdot f_1}$$

Підставимо дані у формулу:

$$W_1 = \frac{14050,6}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0,1} = 18487,6 \text{ Н}$$

Під час розрахунку затискного механізму важільного патрона за певним зусиллям визначається зусилля Q , створюване силовим приводом, яке затискним механізмом збільшується і передається кожному кулачку [11].

$$Q = \frac{W_1}{i_c}$$

де i_c – передатне відношення за силою затискного механізму.

$$i_{CPM} = \frac{A}{B}$$

де A і B – плечі важеля

$$i_{CPM} = \frac{70}{35} = 2$$

На етапі розрахунку зовнішній діаметр патрона можна визначити за такою формулою [2]:

$$D_{\Pi} = d_2 + 2H_k$$

підставимо дані у формулу:

$$D_{\Pi} = 58 + 2 \cdot 75 = 208 \text{ мм}$$

Так як діаметр перевищує 200 мм, то будемо використовувати важільний механізм з $i_C = 2$

підставляючи значення формулу отримуємо:

$$Q = \frac{18487,6}{2} = 9243,8 \text{ Н}$$

3.3 Розрахунок силового приводу

Для створення зусилля затиску застосовується силовий привід. Привод – пневматичний циліндр, за рахунок відсутності рідини в ньому його доцільно використовувати. Для вибору між гідравлічним та пневматичним проведемо порівняльний розрахунок і спробуємо вибрати найдоцільніший варіант. Хочу відзначити наявність на кожному підприємстві пневмоустановок для подачі стисненого повітря.

Діаметр поршня пневмоциліндра визначимо за формулою [16]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}$$

Хід поршня циліндра розраховується за формулою:

$$S_q = \frac{S_w}{i_n}$$

підставляємо числові значення та отримуємо

$$S_q = \frac{5}{0,5} = 10$$

де S_w – вільний хід кулачків, який приймаємо рівним 5 мм. $i_n = 1/i_c$ – передатне відношення затискного механізму переміщення. Значення S_q – приймається із запасом 10...15 мм. Приймаємо $S_q = 20$ мм.

У конструкцію верстата HAAS TL-1 можна встановлювати привід з діаметром поршня не більше 110 мм. Якщо при розрахунку діаметр поршня вийде більше 110 мм, то слід використовувати гідравлічний привід, де за рахунок регулювання масляного тиску, можна отримати великі зусилля. При отриманому зусиллі підбираємо тиск мастила ($P_r = 1,0; 2,5; 5,0; 7,5$ мПа) Щоб діаметр поршня не перевищував 110 мм.

$$D = 1,13 \frac{Q}{P} = 1,13 \frac{9243,8}{5} = 79,6 \text{ мм}$$

Для гідравлічного приводу ми приймаємо діаметр поршня, як 80 мм, а хід поршня 20 мм.

3.4 Застосування технології QUICKPOINT для операції шліфування

QUICKPOINT – це високошвидкісне кругле шліфування з точковим контактом шліфувального круга та деталі, що обробляється (рис. 3.2). Цю технологію також ще називають шліфування з перехресними осями. При цьому використовуються зносостійкі шліфувальні круги з кубічного нітриду бору або алмазу завтовшки кілька міліметрів. Завдяки нахилу осі шліфувального круга щодо горизонтальної осі деталі утворюється вільний кут і зона контакту між шліфувальним кругом і деталлю скорочується з лінії до точки.

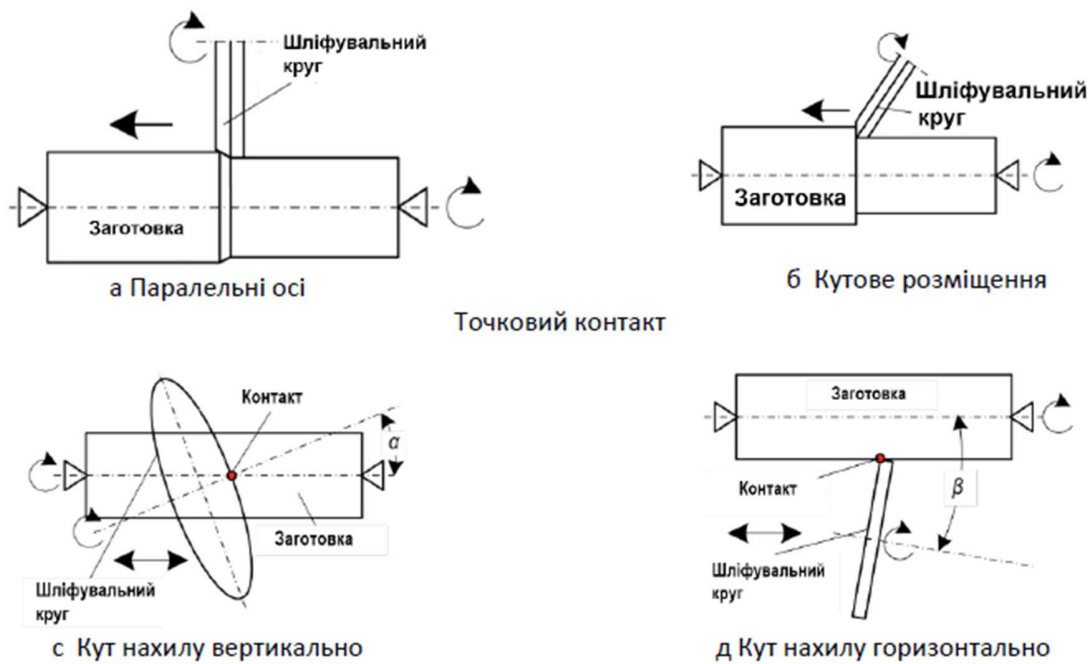


Рисунок 3.2 – Технологія шліфування QuickPoint

Верстати із застосуванням технології QUICKPOINT можуть використовуватись у будь-якій галузі: у виробництві медичних інструментів, у виробництві валів, таї загалом у машинобудівній промисловості.

Шліфувальний верстат із застосуванням технології QUICKPOINT є раціональним вибором для дрібних підприємств, для яких характерна часта зміна замовлень. Оскільки даний верстат легко і швидко переналагоджується та універсальний у застосуванні, його індивідуальне налаштування дозволяє використовувати всі його можливості. Стабільність прецизійного шліфування забезпечує станина, виготовлена методом мінерального лиття – ефективно поглинання вібрації, надзвичайно висока твердість, головні осі переміщення інструменту розташовані на станині верстата. На рисунку 3.3 представлена схема шліфування деталі типу тіло обертання.

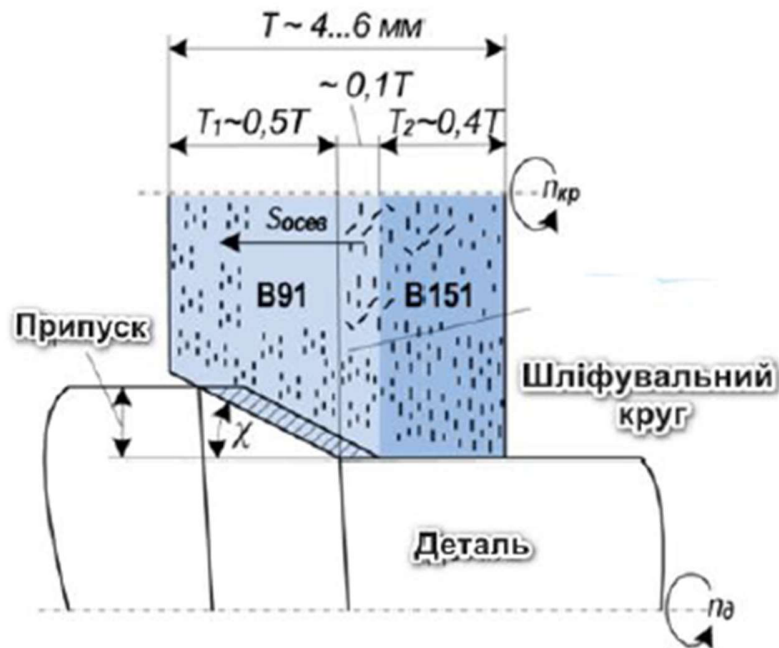


Рисунок 3.3 – Схема шліфування шліфувальним кругом CBN

Економічні переваги даної технології та обладнання: економія коштів за рахунок скорочення виробничих циклів – можливе шліфування багатьох поверхонь деталі одним шліфувальним кругом без переналагодження. Висока продуктивність рахунок обробки за один установ заданої деталі. Спрощення додаткових операцій – немає перезакріплення, оброблення проводиться тільки на одному верстаті. Незначні витрати на інструмент за рахунок тривалого терміну їхньої служби. Невеликий час переналагодження.

Далі проводимо підбір шліфувального круга відповідно до ступиці переднього колеса боліду «Формула студент ЛНТУ». В першу чергу потрібно відійти від стандартних типів матеріалів - абразивні матеріали. Є ряд причин:

- за високої швидкості відбувається розрив абразивного матеріалу;
- виникнення вібрації, що зменшує точність шліфування;
- розбалансування круга.

Вибір матеріалу відбувається виходячи з режимів різання. У цьому випадку використовується технологія QUICKPOINT, що вже говорить про високі

швидкості. Круги для цієї технології зроблені зі сплаву алюмінію. Вибираючи з ряду сплавів: АК8, АК10, АК12, найкращий АК8, який задовольняє технічною вимогою. Матеріал відрізняється порівняльною дешевизною від інших марок матеріалу. Приклад шліфувального круга представлений на рис. 3.4.

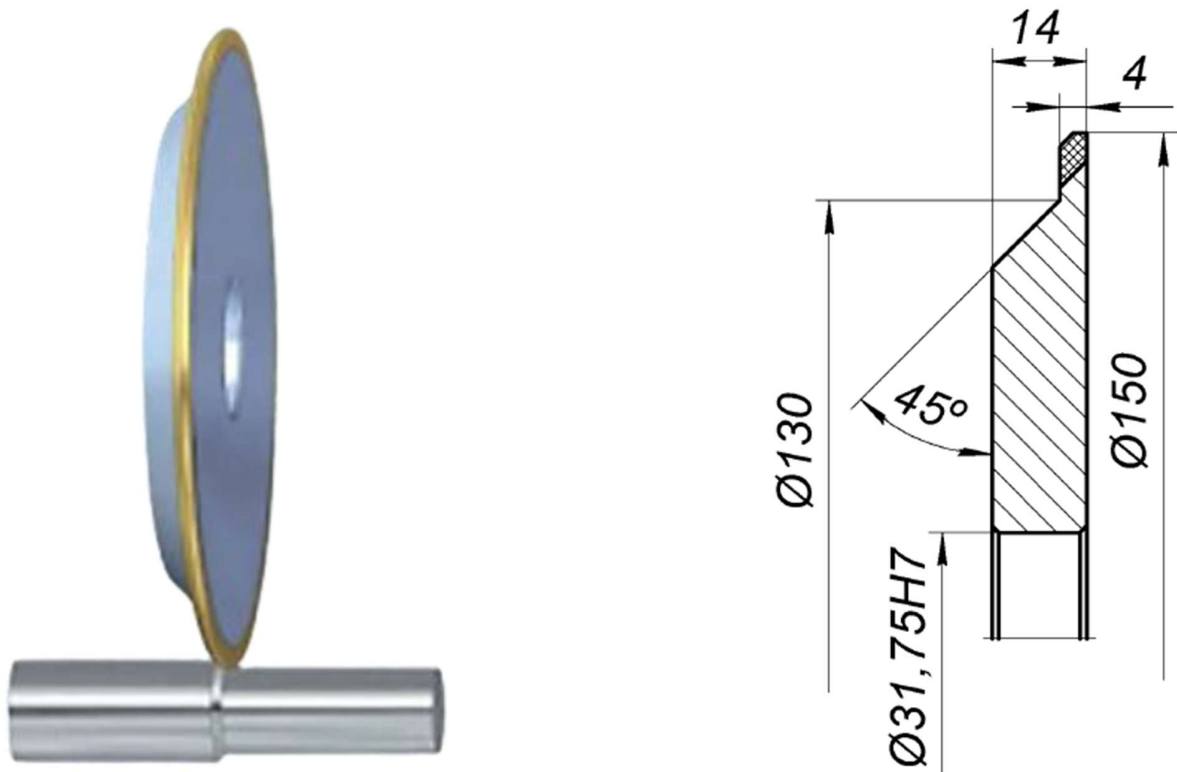


Рисунок 3.4 – Приклад шліфувального круга для технології QUICKPOINT та відповідного технологічного обладнання

Розмір круга підбирається в залежності від типу деталі, розмірів зони зміна інструменту, робочої зони та оснащення верстата. Приймаємо такі розміри шліфувального круга кола: 400x127x15.

Основа шліфувального круга завтовшки кілька міліметрів – кубічний нітрит бору чи алмаз. Використання алмазного наплення є недоцільним, через свою дорожнечу, відповідно приймаємо кубічний нітрит бору. Спроектований шліфувальний круг представлено на рисунку 3.4

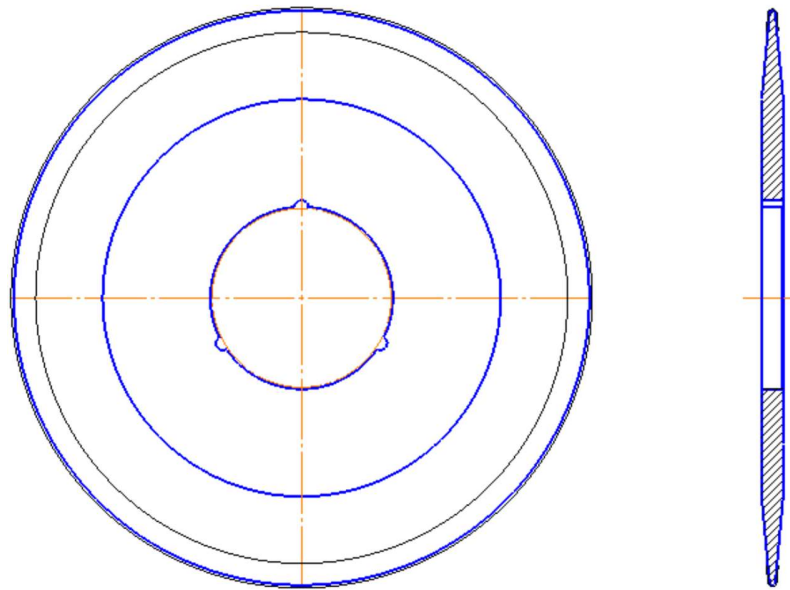


Рисунок 3.5 – Шліфувальний круг

Отже в даному розділі спроектовано та здійснено розрахунок пневматичного трьохкулачкового патрон для токарного верстату HAAS TL-1. Застосування технології QUICKPOINT для операції шліфування зіспроектованим шліфувальним кругом дасть можливість збільшити продуктивність та якість оброблення ступиці переднього колеса боліду «Формула студент ЛНТУ».

РОЗДІЛ 4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

4.1 Моделювання місця закріплення заготовки в кулачках патрона

Проведемо аналіз сил, які діють на заготовку при закріпленні в кулачках патрона верстату HAAS TL-1 за допомогою програми SOLIDWORKS [14]. На рисунку 4.1 бачимо поверхні, які виділені червоним кольором – це місця торкання кулачків із заготовкою.

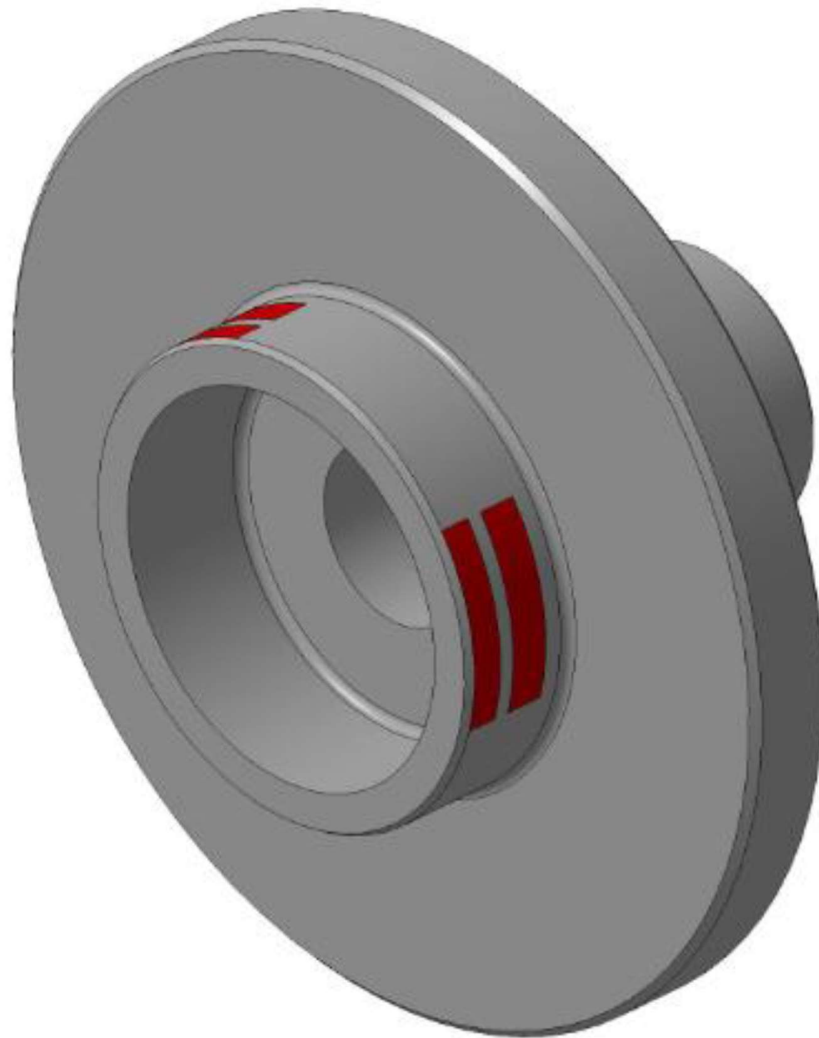


Рисунок 4.1. – Місця закріплення заготовки в кулачках

4.2 Моделювання сили затиску кулачками до площі закріплення

Зробимо розрахунок сил затиску, що діють на заготовку. Для цього визначаємо площу закріплення заготовки, яка представлена на рисунку 4.2.

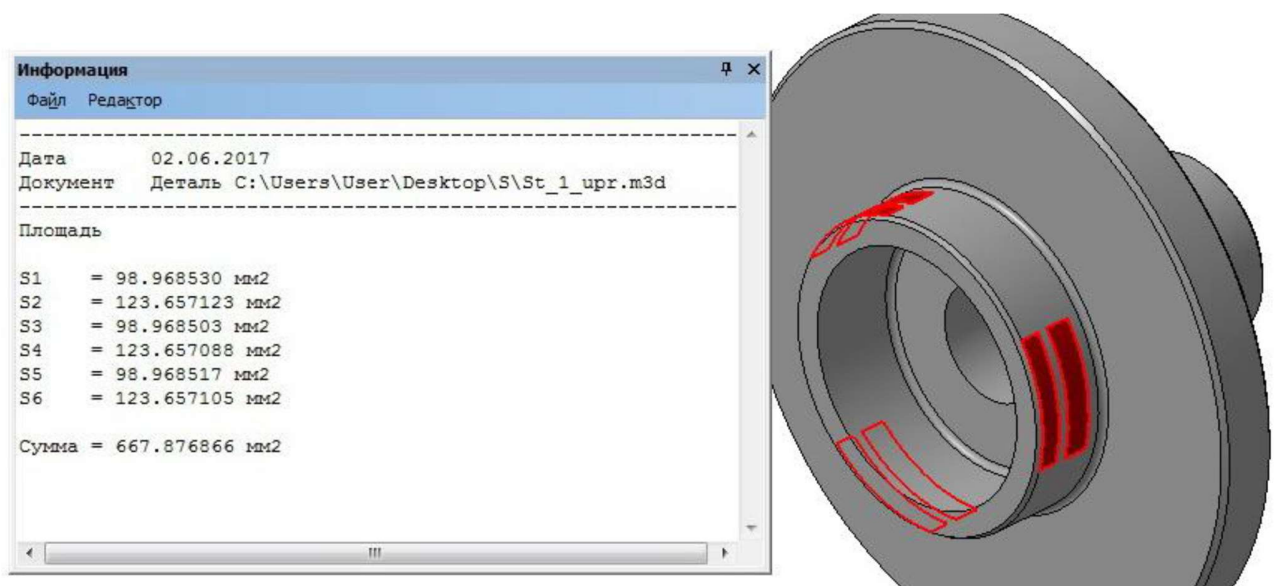


Рисунок 4.2. – Розрахунок площі закріплення заготовки

Тиск, що діє на поверхню заготовки, це відношення сили, яка прикладається кулачками до площі закріплення та показана на рисунку 4.3. Накладемо на заготовку обмеження з базування (рис. 4.4).

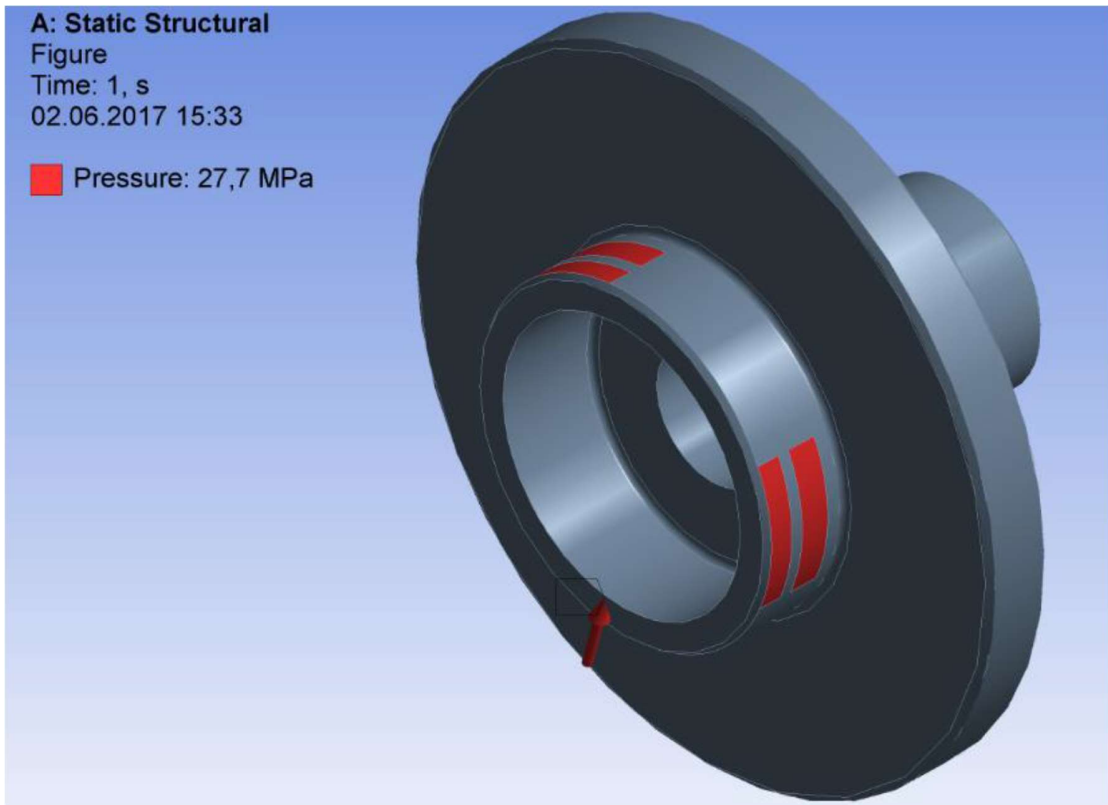


Рисунок 4.3. – Тиск, що діє на поверхню заготовки

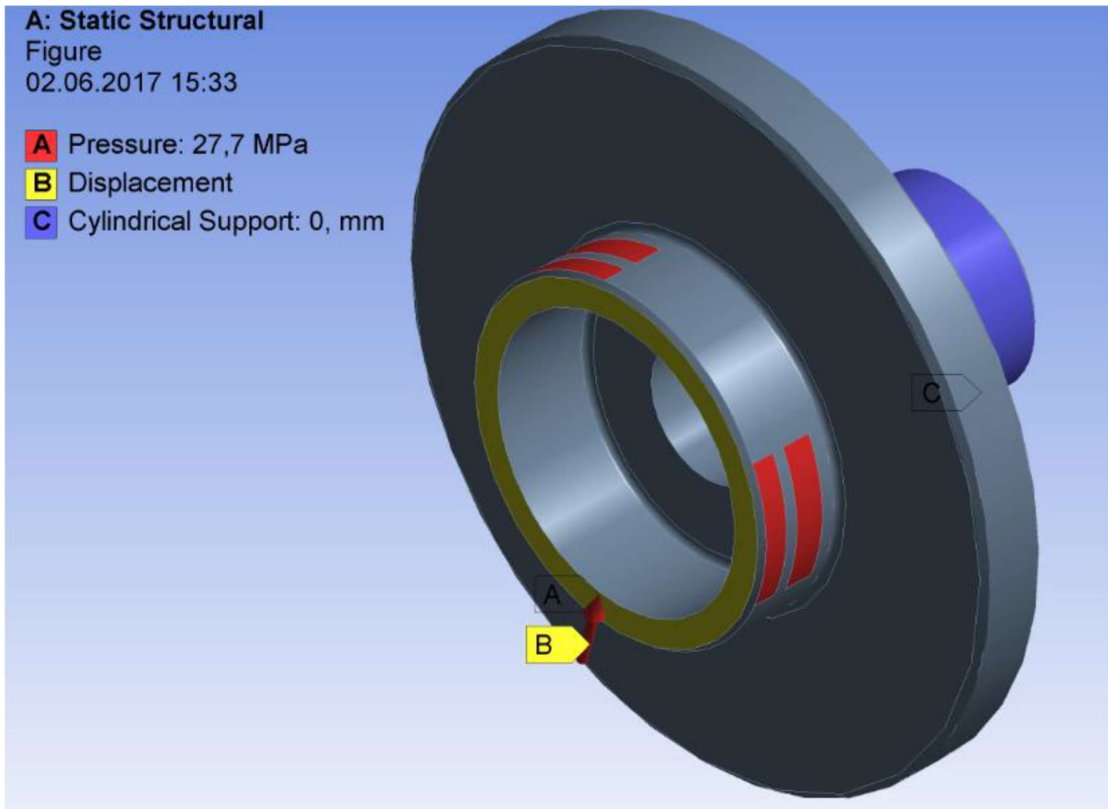


Рисунок 4.4. – Обмеження з базування

4.3 Моделювання деформації заготовки

Для визначення достатньої сили закріплення заготовки в патроні токарного верстату, без можливої її деформації слід провести наступне моделювання (рис.4.5).

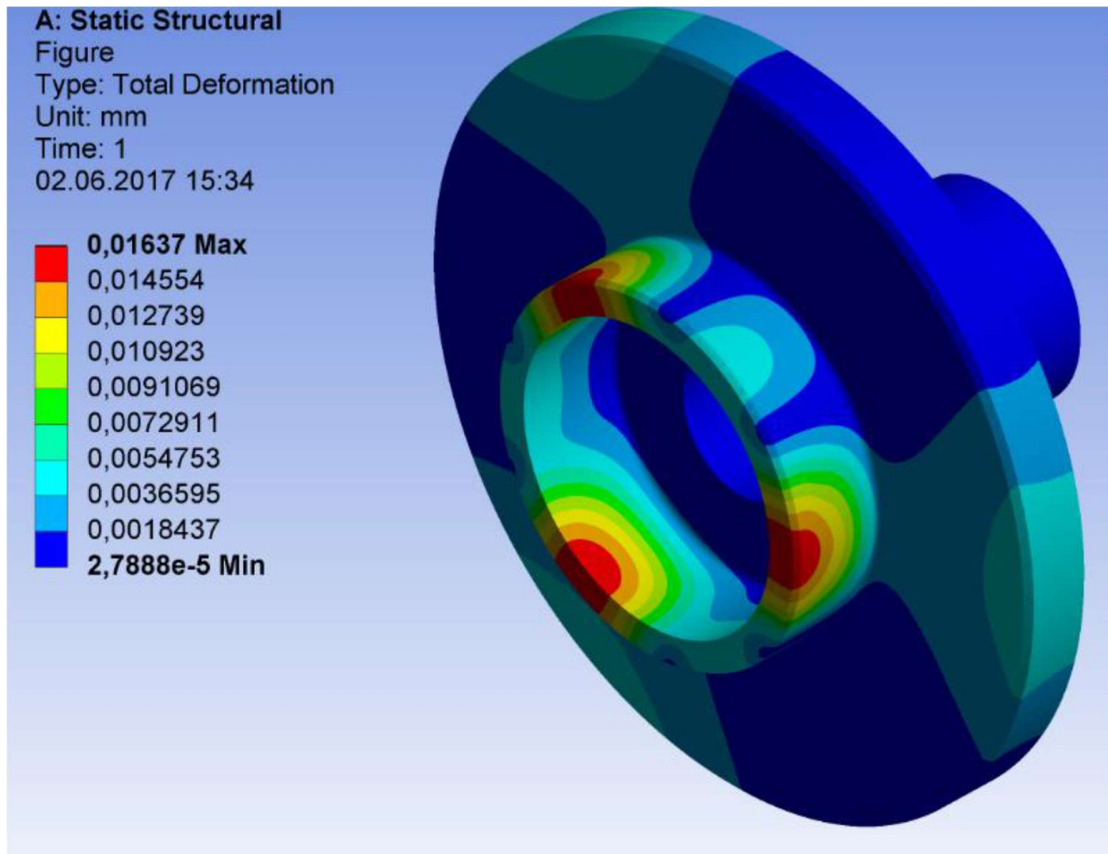


Рисунок 4.5. – Можливі деформації в заготовці

Максимальна деформація заготовки у місцях закріплення (рис. 4.6) становить 16 мікрон, з цього випливає, що патрон можна використовувати для чистових операцій.

Далі слід перевірити заготовку на внутрішні напруження (рис. 4.7)

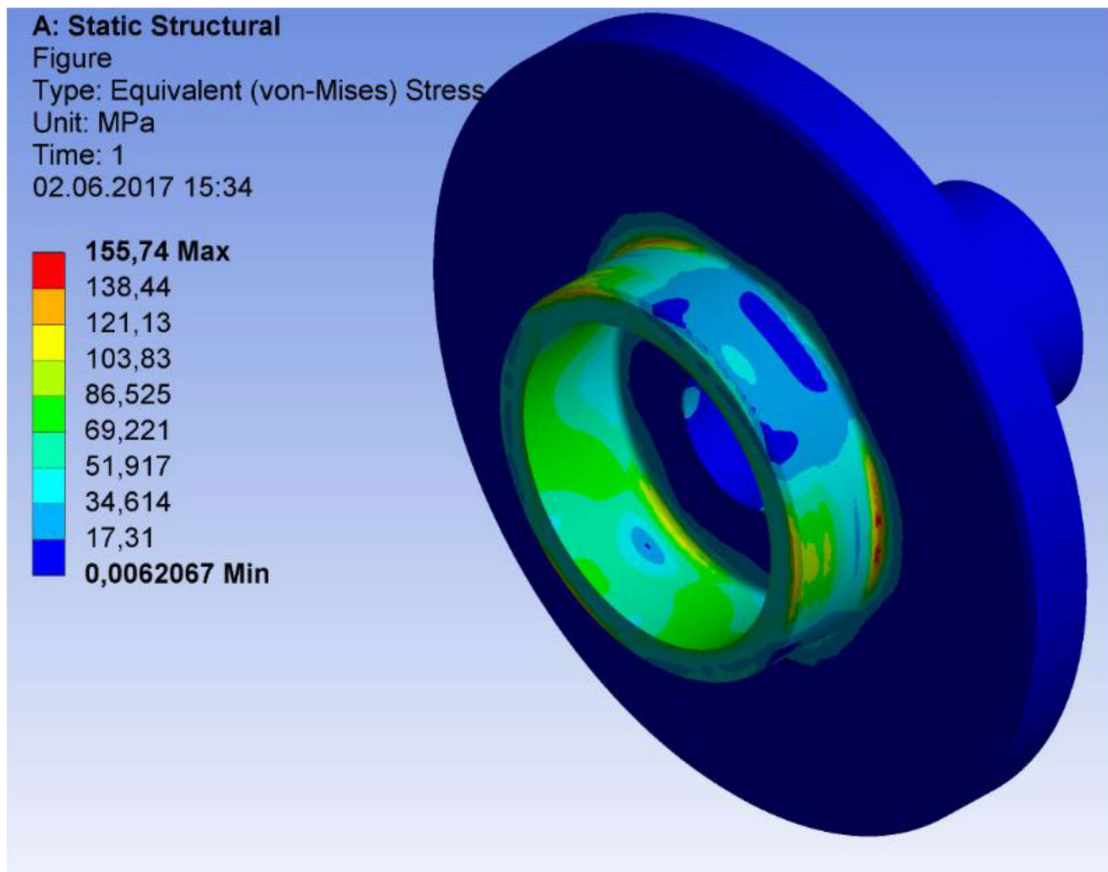


Рисунок 4.6. – Розрахунок на внутрішні напруження заготовки

Заготовка зазнає максимального навантаження в червоних зонах і дорівнює 155 МПа, а максимальна межа текучості для сталі близько 800 МПа. З отриманого результату випливає, що отриманої сили недостатньо для утворення відбитків пластичної деформації від кулачків.

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі за ступенем вищої освіти «магістр» розглянуто можливості європейського проєкту «Формула студент». Спроектваного вузол кріплення та передання руху переднього колеса баггі «Формула студент ЛНТУ».

Вдосконалено технологічний процес відновлення колінчатого валу та спроектовано спеціальне обладнання для реалізації розробленого технологічного процесу. Це дозволило зробити такі висновки:

1. Розроблено маршрутно-операційну технологію з використанням сучасного обладнання та інструменту для виготовлення заданої деталі, яка є кращою ніж технології-аналоги.

2. Вибрано найбільш ефективний метод отримання заготовки, майбутньої деталі ступиця, що забезпечить встановленні механічні та експлуатаційні характеристики заданої деталі із значною економією коштів, за рахунок збільшення коефіцієнту використання матеріалу.

3. Спроектувано спеціальне оснащення та ріжучий інструмент для операцій механічного оброблення (точіння та шліфування), що дасть можливість підвищити якість готового виробу.

4. Проведено моделювання деталі ступиця із застосуванням програми SOLIDWORKS, за допомогою чого виявлено його слабкі місця.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Металорізальні верстати. Навчальний посібник / За ред. Р. І. Сіліна. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 268 с.
2. Виклюк Я. І., Камінський Р. М., Пасічник В. В. Моделювання складних систем : Посібник – Львів : Новий Світ-2000, 2017. 404 с.
3. Гальчук Т.Н. Кваліфікаційна робота магістра. Методичні вказівки до оформлення кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого (магістерського) рівня освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання. / Т.Н. Гальчук – Луцьк: Луцький НТУ, 2019. 32с.
4. Грицай І.Є. Теорія різання. Лезове та абразивне оброблення металів : навч. посіб. / Львів : Львівська політехніка, 2018. 232 с.
5. Демчук А.В., Русин П.М., Четвержук Т.І. Аналітичний огляд методів розрахунку і дослідження несучих систем токарних верстатів. Тези доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент». м. Житомир 09-10 листопада 2023 р. С. 52-54.
6. Дерібо, О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1: навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця: ВНТУ, 2013. 125с.
7. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення.
8. ДСТУ ISO 230-1:2019 (ISO 230-1:2012, IDT) Метод випробування верстатів. Частина 1. Геометрична точність верстатів в умовах роботи без навантаження та у квазістатичних умовах.
9. Крутовий Ж.А. Оптимізація технологічних процесів. Ч1: Навчальний посібник. – Харків. ХДУХТ, 2014. 300с.

10. Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І. Теорія технічних систем в аспектах досліджень та технічної творчості = Theory of Technical Systems in Aspects of Research and Technical Creativity. Підручник для здобувачів освітніх рівнів бакалавра, магістра та доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Луцьк : Вежа Друк, 2023. 283с.
11. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів: навч. посібник. – Львів: «Новий Світ-2000», 2013. 264 с.
12. Муляр Ю. І., Репінський С. В. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина I : навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2019. 99 с.
13. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник. Кривий Ріг: КК НАУ, 2017. 444 с.
14. Основи проектування технологічного обладнання з використанням SolidWorks. Частина 1 –Конструювання: навчальний посібник / О.Ю. Повстяной, В.Д. Рудь – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 360 с.
15. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка / Навч. Посібник під загальною редакцією професора В.Д. Рудя – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ. – 2017. 500 с.
16. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
17. Солод В.Ю. Експлуатація та ремонт технологічного обладнання механічних цехів. Навчальний посібник / В.Ю. Солод, О.В. Чернишов // Кам'янське, ДДТУ, 2018. 275 с.
18. Сухарев Е.А. Параметрична оптимізація машин та обладнання: / Е.А. Сухарев. Навчальний посібник. – Рівне: НУВХП, 2007. – 179 с.
19. Сучасні наукові аспекти прикладної механіки: Навчальний посібник / С. В. Ковалевський [та ін.]. – Краматорськ : ДДМА, 2020. 114 с.

20. Сущенко О.А. Організаційні принципи та методи проектування пристроїв і систем управління: навчальний посібник / О.А. Сущенко; МОН. – К.:НАУ, 2015. 312 с.

21. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування. Монографія / Є.А. Фролов, С.І. Кравченко, С.В. Попов, С.М. Гнітько. Полтава, 2019. 204 с.

22. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник для вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації / За ред. А.С. Опальчука. – Ніжин: ТОВ Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. 792 с.

23. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.; за ред. І.І. Юрчишина. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. 527 с.

24. Четвержук, Т.І. Режим роботи системи ЧПУ верстата в процесі його експлуатації./ Четвержук, Р.М. Полінкевич, Р.Г. Редько, Н.Т. Зубовецька // Наукові нотатки: міжвуз. зб.наук. праць. – Луцьк, 2019. – Вип. 66. – С. 373-378.

25. Ярошевич М.П. Теорія механізмів і машин. Навчальний посібник. Луцьк.: ЛНТУ, 2019. 238с.