

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення вала 77.805 з
дослідженням параметрів токарного оброблення деталей з додатковими
опорами

Виконав: студент II курсу, групи МПм-61
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Тхорик Д.Р. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Комар Р.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Ткаченко І.Г. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Окіпний І.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення вала 77.805 з дослідженням параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами”.

У кваліфікаційній роботі представлено дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами. Проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки, що навантажена радіальною силою різання при виконанні операції токарного оброблення. Для досліджень розглянуто три варіанти встановлення і закріплення заготовки: закріплення заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра із додатковою підримкою двома роликами; закріплення заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами; також для порівняння додатково проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра без додаткової підримки двома роликами.

Представлено результати експериментальних досліджень величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор. Виведено рівняння регресії величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор залежно від зміни: радіальної складової сили різання, довжини заготовки, діаметра заготовки.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення вала 77.805.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналітична частина	
1.1. Аналіз стану питання.....	
1.2. Висновки та постановка завдань.....	
2 Науково-дослідна частина	
2.1. Дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами.....	
2.2. Результати експериментальних досліджень величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор.....	
2.3. Висновки.....	
3 Технологічно-конструкторська частина	
3.1. Службове призначення деталі.....	
3.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
3.3. Формування технологічного процесу	
3.4. Визначення припусків на оброблення.....	
3.5. Визначення режимів різання.....	
3.6. Розрахунок пристосування.....	
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

В процесі токарного оброблення циліндричних деталей із великим відношенням довжини до діаметра питання належної підтримки заготовки стає одним із основних. Радіальні сили різання, що діють на циліндричну заготовку в процесі токарного оброблення, можуть спричиняти її прогин, а обертання заготовки, особливо значної довжини без додаткової опори, здатне викликати ефект биття.

При відношенні довжини до діаметра циліндричної заготовки понад 2,5 виникає потреба в у застосуванні в процесі токарного оброблення певного виду опори. Такі опори можуть бути у вигляді задньої бабки або люнета. Чим довша деталь, тим більше потрібна підтримка, що зосереджена в її середній частині.

У багатьох галузях машинобудування, зокрема в автомобільній промисловості (довгі осьові вали та подібні деталі), нафтогазовій галузі та оборонному секторі, люнети широко використовують для підтримки заготовок під час свердління, фрезерування, точіння, розточування, шліфування тощо.

Тому дослідження токарного оброблення деталей з додатковими опорами є актуальним завданням.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення вала 77.805.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Механічні цехи постійно шукають способи розширення своїх виробничих можливостей. При токарному обробленні деталей із невеликим відношенням довжини до діаметра затиск у патроні може бути достатнім для протидії силам різання. Проте під час оброблення довгих і тонких деталей можуть знадобитися додаткові засоби для стабілізації заготовки по всій її довжині. Одне з практичних правил полягає в тому, що за відношення довжини до діаметра заготовки понад 2,5 виникає потреба в певному виді опори. Якщо під час токарного оброблення виникають деформації деталі та виникнення вібрацій, то це є ознакою неефективного процесу оброблення. Таку проблему можна усунути шляхом зменшення подачі різця, але це призводить до зниження продуктивності. Для забезпечення високої продуктивності застосування додаткових опор для заготовки стає необхідним. Також необхідно враховувати фактори безпеки. Якщо довга деталь малого діаметру залишається без підтримки в процесі токарного оброблення, вона може почати інтенсивно коливатись, створюючи небезпечну ситуацію для персоналу. Крім того, застосування додаткових опор допомагає забезпечувати необхідні параметри якості одержаних деталей. Вибір оптимальної системи додаткових опор є важливим з багатьох причин.

Для забезпечення високої точності оброблення та малої шорсткості поверхонь застосування задньої бабки слід передбачати для будь-якої деталі, у якої відношення довжини до діаметра перевищує 2,5. Задня бабка є найбільш поширеним засобом підтримки циліндричних заготовок і практично на всіх токарних верстатів є можливість її застосування.

Задня бабка підтримує заготовку за допомогою обертового центра з конічною частиною, яку встановлюють у центрувальний отвір деталі, закріплюючи її між патроном і задньою бабкою. Конічна частина обертового

центра має можливість вільного обертання, що дає змогу виконувати процес проточування на високих частотах обертання шпинделя.

Механічну задню бабку регулюють шляхом переміщення вздовж прямої станини з подальшою фіксацією в потрібному положенні. Недоліком такої бабаки є залежність від кваліфікації оператора, що визначає точність встановлення та потребу в додатковому налагодженні.

Програмована задня бабка є перспективним варіантом, оскільки використання такої опори забезпечує точне й автоматизоване керування переміщенням та зусиллям затиску для підтримування довгих деталей. Крім того, програмована задня бабка дає змогу працювати в режимі без постійної присутності оператора. Оскільки задня бабка програмується, то оператору не потрібно виконувати ручні налаштування. Робота такої задньої бабки інтегрована в керуючу програму та забезпечує гнучкість виробництва.

Задня бабка є ефективним рішенням для деталей, які не потребують додаткової підтримки в середній частині заготовки. Проте зі зростанням відношення довжини до діаметра застосування лише задньої бабки стає дедалі менш ефективним і технологічно складнішим.

Чим довша деталь, тим більше потрібна підтримка, що зосереджена в її середній частині. Тому у таких випадках важливо використовувати люнети як додаткові опори при токарній обробці на кінці деталі або по середині. У звичайних конструкціях люнети підтримують деталь знизу та зверху за допомогою роликів (рис. 1.1).

Існують два типи люнетів: програмований та ручний. Програмований люнет працює разом з програмою верстата, автоматично налаштовуючи і переміщуючи заготовку в процесі виконання операції. Ручний люнет із системою переміщення та фіксації, вимагає від оператора вручну налаштовувати кожну деталь.

У токарних верстатах із великими робочими просторами є вбудовані стандартні кронштейни для люнета. Це спрощує можливість використання люнета та налаштування верстата для обробки довгих деталей малого

діаметра. Залежно від геометрії деталі, оператори можуть застосовувати кілька стратегій для забезпечення її стабільності та підтримки.

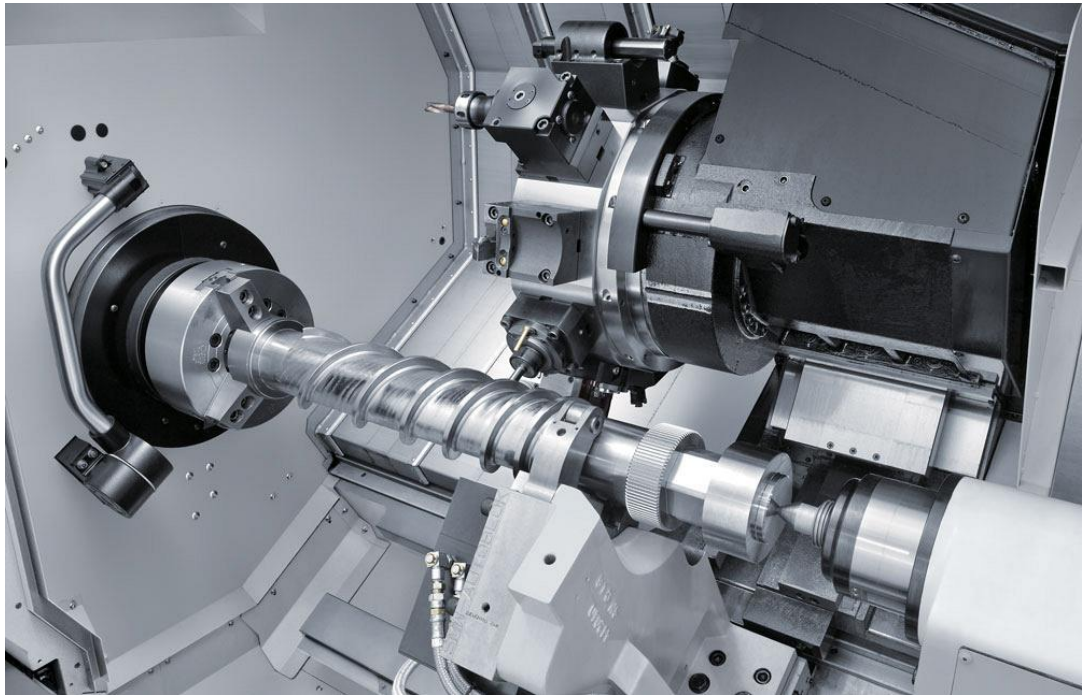


Рисунок 1.1 – Використання люнета як додаткові опори при токарному обробленні деталі [12]

Один люнет може забезпечити підтримку деталі, якщо все зроблено правильно. Чим довша деталь, тим більше потрібно підтримки. Можна використовувати стратегію подвійного люнета, коли два люнети встановлюються на одному кронштейні. Можна застосовувати варіант з двома кронштейнами, на кожному з яких встановлений люнет, що дозволяє виконувати їх незалежне переміщення. При обробленні деталей довжиною до 5 м на великих верстатах використовують три люнети, кожен з яких розміщений на відстані приблизно одного метра один від одного.

При токарному обробленні деталей, на яких не допустимі залишки слідів на поверхні, оператори можуть додавати спеціальні пристрої або сегментні кільцеві елементи на деталь, що дозволяє люнету ковзати по кільцю, запобігаючи пошкодженням поверхні деталі.

При обробленні зовнішнього діаметра заготовки використання люнета

конструктивно ускладнює переміщення інструмента по всій довжині деталі. Оскільки люнет підтримує заготовку одночасно знизу і зверху, верстат не може виконувати обробку в зоні, де деталь затиснута люнетом. У деяких випадках оператор змушений шукати обхідні технологічні рішення, щоб уникнути зіткнення інструмента або вузлів верстата з люнетом, іноді навіть розтискаючи люнет, переміщуючи його в іншу позицію та повторно затискаючи для забезпечення доступу до необхідної ділянки деталі.

Стружка може потрапляти на ролики люнета, що створює перешкоди для токарного оброблення. Тому необхідно забезпечувати достатню подачу мастильно-охолоджувальної рідини до роликів для зменшення негативного впливу стружки.

Також важливо переконатися, що люнет правильно підібраний за розміром для конкретного застосування. Чим більший люнет, тим вищий ризик його зіткнення з іншими деталями, оскільки він займає більше робочого простору та, як правило, має вищу вартість. Водночас занадто малий люнет може суттєво обмежувати можливості його використання. Тому механічним цехам доцільно обирати люнет, який оптимально відповідає поточним виробничим завданням і водночас забезпечує резерв для розширення технологічних можливостей у майбутньому.

Існують ситуації, коли для забезпечення стабільності процесу токарного оброблення необхідно одночасно використовувати люнет і задню бабку. Залежно від відношення довжини до діаметра ($L:D$) заготовки може існувати так званий комбінований діапазон, за якого доцільно використовувати програмовану задню бабку разом із кількома люнетами. Такий підхід застосовується переважно у випадках оброблення дуже довгих деталей, при яких без комбінованої системи опор виникають проблеми забезпечення безпеки та стабільності процесу різання.

Найоптимальніший варіант під час роботи з опорними пристроями полягає в тому, що разом із використанням люнета доцільно також передбачити програмовану задню бабку. У такому випадку всі елементи підтримки керуються однією програмою, що є логічним і технологічно обґрунтованим рішенням.

Існує низка причин, з яких доцільно застосовувати люнети на токарних верстатах. Люнет ефективно зменшує деформації заготовки, що можуть виникати внаслідок її значної довжини та недостатньої жорсткості. Окрім цього, якісний люнет сприяє зниженню відхилень від допусків, що підвищує стабільність процесу оброблення на підвищених швидкостях різання. У результаті зростає продуктивність верстата та покращується якість готового виробу.

У багатьох галузях машинобудування, зокрема в автомобільній промисловості (довгі осьові вали та подібні деталі), нафтогазовій галузі та оборонному секторі, люнети широко використовують для підтримки заготовок під час свердління, фрезерування, точіння, розточування, шліфування тощо.

Компанія Atling [20] займається виробництвом люнетів з 1976 року та є одним зі світових лідерів і новаторів у галузі їх проєктування та виготовлення. Люнети Atling (рис. 1.2) виготовляють із високоміцного чавуну, при цьому всі рухомі елементи проходять термічне зміцнення.

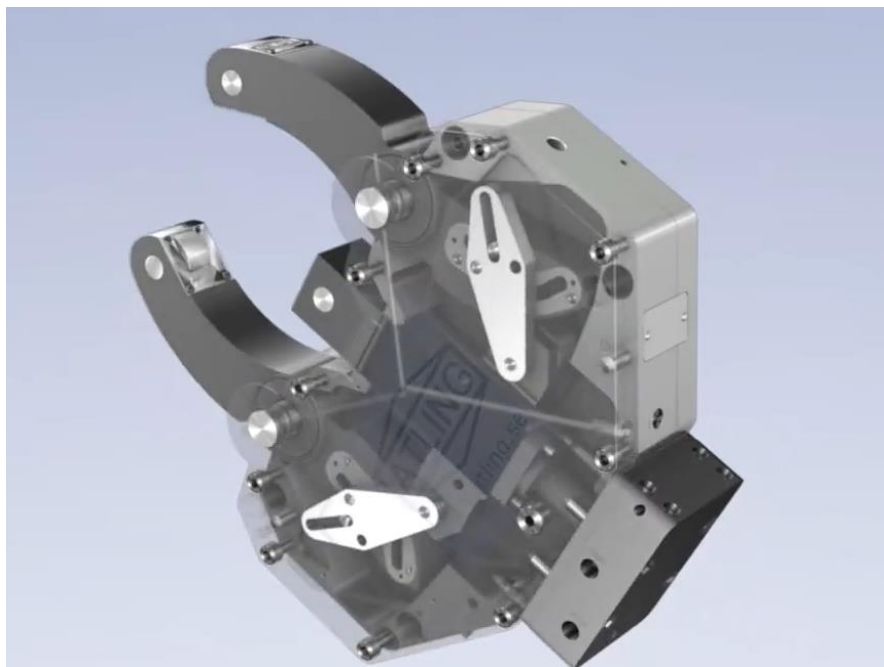


Рисунок 1.2 – Конструкція люнету компанії Atling [15]

Інноваційні конструктивні рішення Atling (рис. 1.3) дають змогу зменшити габарити люнета, забезпечуючи при цьому широкий діапазон затиску без

потреби в додатковому робочому просторі. Ще однією перевагою люнетів Atling є можливість оснащення системою відкидання без збільшення габаритів люнета або зменшення діапазону затиску.



Рисунок 1.3 – Застосування люнету компанії Atling на токарному верстаті з ЧПК [18]

Для підвищення довговічності люнети Atling обладнані манжетами для очищення роликів і рухомих важелів, що запобігають потраплянню на їх поверхні бруду та мастильно-охолоджувальної рідини. Додатково передбачена можливість подачі надлишкового тиску повітря у внутрішній об'єм люнета (рис. 1.4).

Люнети застосовують при токарному обробленні довгих, тонких або важких валів, а також у випадках, коли затиск між патроном і задньою бабкою не забезпечує достатньої сили затиску. Люнети також ефективні при використанні торцевих приводів, які дають змогу повністю відкрити вал для токарного оброблення.

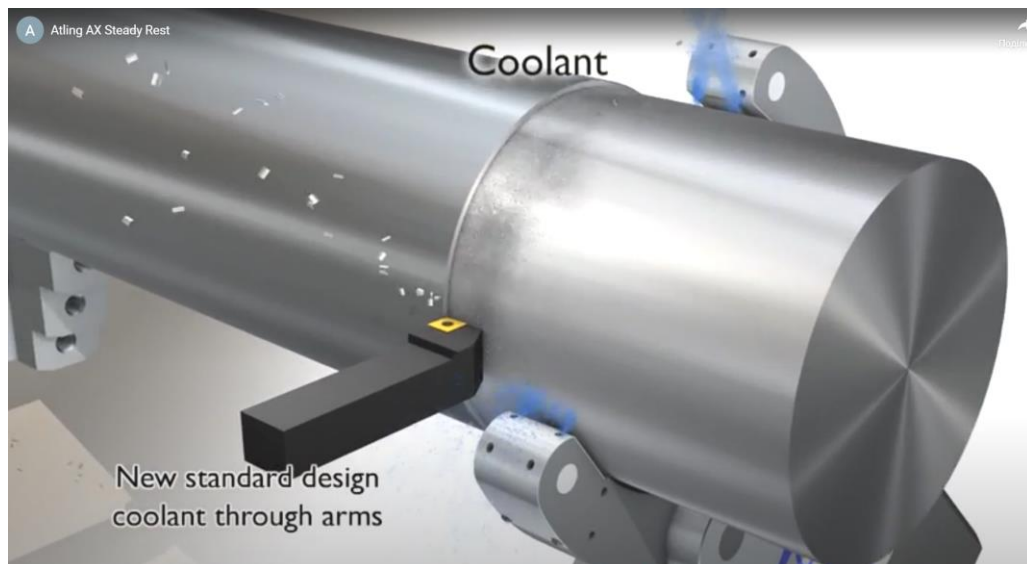


Рисунок 1.4 – Подача повітря через отвори на робочих частинах люнета при токарному обробленні [19]

Застосування люнетів дає змогу усунути або суттєво зменшити автоколивання заготовки, забезпечуючи необхідну співвісність і задану якість оброблених поверхонь. Люнети Atling придатні для використання на всіх верстатах із ЧПК та універсальних верстатах.

Для ефективної роботи люнета необхідно враховувати низку конструктивних і експлуатаційних факторів, зокрема систему змащування, гідравлічну систему саморегулювання, конструкцію основи та кронштейнів.

Застосування високоякісних люнетів із системою саморегулювання дає змогу ефективно заощаджувати два основних ресурси - час і кошти. Оскільки заготовка надійно утримується важелями люнета, оброблення можна виконувати із високими швидкостями різання, що дозволяє підвищувати продуктивність обладнання та забезпечує суттєву економію часу.

1.2. Висновки та постановка завдань

В результаті аналізу інформаційних джерел встановлено, що при токарному обробленні за відношення довжини до діаметра заготовки понад 2,5 виникає потреба в певному виді опори. Якщо під час токарного оброблення виникають деформації деталі та виникнення вібрацій, то це є ознакою неефективного

процесу оброблення. Задня бабка є ефективним рішенням для деталей, які не потребують додаткової підтримки в середній частині заготовки. Проте зі зростанням відношення довжини до діаметра застосування лише задньої бабки стає дедалі менш ефективним і технологічно складнішим. Чим довша деталь, тим більше потрібна підтримка, що зосереджена в її середній частині. Тому у таких випадках важливо використовувати люнети як додаткові опори при токарній обробці на кінці деталі або по середині.

Люнет ефективно зменшує деформації заготовки, що можуть виникати внаслідок її значної довжини та недостатньої жорсткості. Окрім цього, якісний люнет сприяє зниженню відхилень від допусків, що підвищує стабільність процесу оброблення на підвищених швидкостях різання. У результаті зростає продуктивність верстата та покращується якість готового виробу.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Розробити розрахункову схему для дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами.
2. Провести дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки, що навантажена радіальною силою різання при виконанні операції токарного оброблення.
3. Провести експериментальні дослідження величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор.
4. Вивести рівняння регресії величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор залежно від зміни: радіальної складової сили різання, довжини заготовки, діаметра заготовки.
5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення вала 77.805.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами

В процесі токарного оброблення циліндричних деталей із великим відношенням довжини до діаметра ($L:D$) питання належної підтримки заготовки стає одним із основних. Радіальні сили різання, що діють на циліндричну заготовку в процесі токарного оброблення, можуть спричиняти її прогин, а обертання заготовки, особливо значної довжини без додаткової опори, здатне викликати ефект биття.

При відношенні довжини до діаметра циліндричної заготовки понад 2,5 виникає потреба в у застосуванні в процесі токарного оброблення певного виду опори. Такі опори можуть бути у вигляді задньої бабки або люнета. Чим довша деталь, тим більше потрібна підтримка, що зосереджена в її середній частині.

Тому у таких випадках важливо використовувати люнети як додаткові опори при токарній обробці на кінці деталі або по середині. У звичайних конструкціях люнети підтримують деталь знизу та зверху за допомогою роликів.

Для виконання завдань кваліфікаційної роботи з метою дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами, що представлені у вигляді двох роликів та конуса задньої бабки розроблено розрахункову схему на рис. 2.1, рис. 2.2. Циліндрична заготовка 1 довжиною L та діаметром D закріплено у кулачках 2 чотирьохкулачкового патрона 3. Другий кінець заготовки 1 встановлено на центрувальний конусний отвір у конусі 4 задньої бабки. Проточування зовнішньої поверхні заготовки виконується прохідним різцем 5, що встановлений у різцетримачі верстата 6. Внаслідок чого виникають складові сили різання: тангенціальна P_z та радіальна P_y . Радіальна P_y складова сили різання призводить до деформації δ заготовки в радіальному напрямку. Для протидії цьому процесу використано люнет 7 із двома упорними роликами 8, що встановлені на осях 9 і підводяться до заготовки до моменту

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or motor component, showing a side view. The drawing includes the following labeled parts and dimensions:

- 1**: Main shaft or housing component.
- 2**: A small component, possibly a seal or bearing, located near the input.
- 3**: A large rectangular component, possibly a motor or actuator, connected to the input.
- 4**: A component at the output, possibly a valve or nozzle.
- 5**: A component with two circular features, possibly a valve or actuator, located in the middle.
- 6**: A component above the middle section, possibly a cover or housing.
- 7**: A component below the middle section, possibly a base or support.
- 8**: A component inside the middle section, possibly a piston or plunger.

Dimensions and other labels:

- n : A curved arrow indicating rotation at the input.
- A : A label at the bottom center, possibly indicating a force or pressure.
- ϕD : A dimension indicating the diameter of the shaft or housing.
- l : A dimension indicating the length of the main shaft or housing.
- l_1 : A dimension indicating the length of the middle section.
- L : A dimension indicating the total length of the assembly.

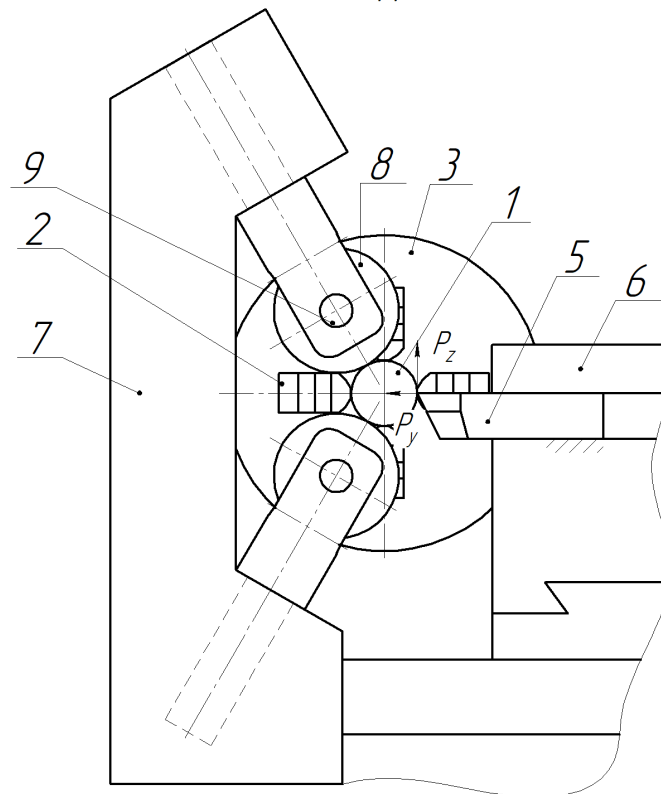


Рисунок 2.1 – Схема токарного оброблення деталей з додатковими опорами, що представлені у вигляді двох роликів та конуса задньої бабаки

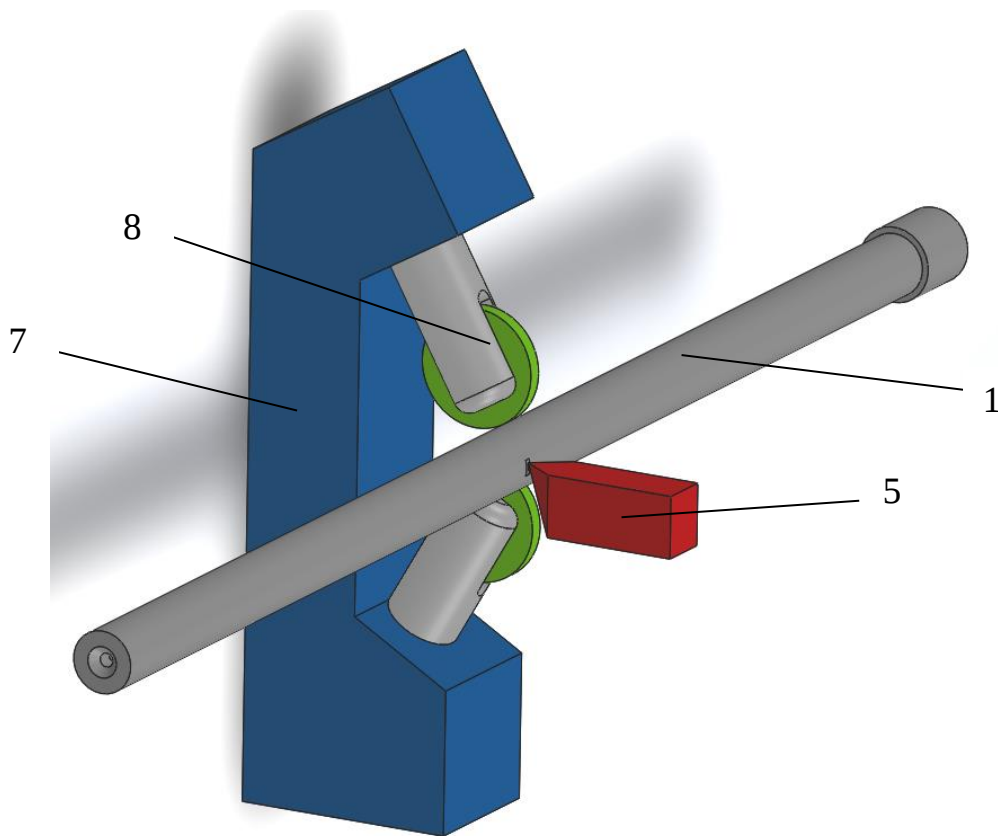


Рисунок 2.2 – Трьохмірна схема токарного оброблення деталей з додатковими опорами, що представлені у вигляді двох роликів

Використання такої схеми дозволяє зменшити деформацію заготовки та підвищити точність її оброблення, порівняно із використанням для затиску і встановлення деталі тільки патрона та конусного заднього центра.

Під час дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами проведено проектування трьохмірної схеми цього процесу, зображеної на рис. 2.2.

Наступний етап роботи включає дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки, що навантажена радіальною силою різання при виконанні операції токарного оброблення. При радіальному навантаженні відбувається прогин заготовки із виникненням в ній внутрішніх напружень. Для визначення величини вказаних деформацій та напружень використано метод кінцевих елементів, застосовуючи відповідне прикладне програмне забезпечення.

Для досліджень розглянуто три варіанти встановлення і закріплення заготовки:

1. Закріплення заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра із додатковою підримкою двома роликами.

2. Закріплення заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами.

3. Також для порівняння додатково проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра без додаткової підримки двома роликами.

Під час досліджень здійснено:

1) Вибір матеріалів роликів (гартована сталь AISI 1045), матеріалу заготовки (сталь AISI 1045 не гартована).

2) Накладання фіксованих обмежень на циліндричну частину заготовки, що закріплюється у патроні верстата та на конусну поверхню центрувального отвору. Накладання властивостей пружних опор на торцеві поверхні тримачів роликів, що встановлюються на корпусі люнета. Задання особливостей контакту між циліндричними поверхнями роликів та заготовки. Прикладання на зовнішній циліндричній поверхні заготовки радіальної складової сили різання (рис. 2.3).

3) Генерування сітки кінцевих елементів розроблених комп'ютерних моделей заготовки та роликів (рис. 2.4).

4) Виконання процесу розрахунку величини деформацій та напружень на заготовці та двох роликах із зображенням у вигляді кольорових моделей із відповідною шкалою.

В результаті виконаних розрахунків у середовищі прикладного програмного забезпечення одержано графічне відображення величин напружень (рис. 2.5, рис. 2.6) та деформацій (рис. 2.7, рис. 2.8) на заготовці та двох роликах у випадках при закріпленні заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра із додатковою підримкою двома роликами та при

закріпленні заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликками.

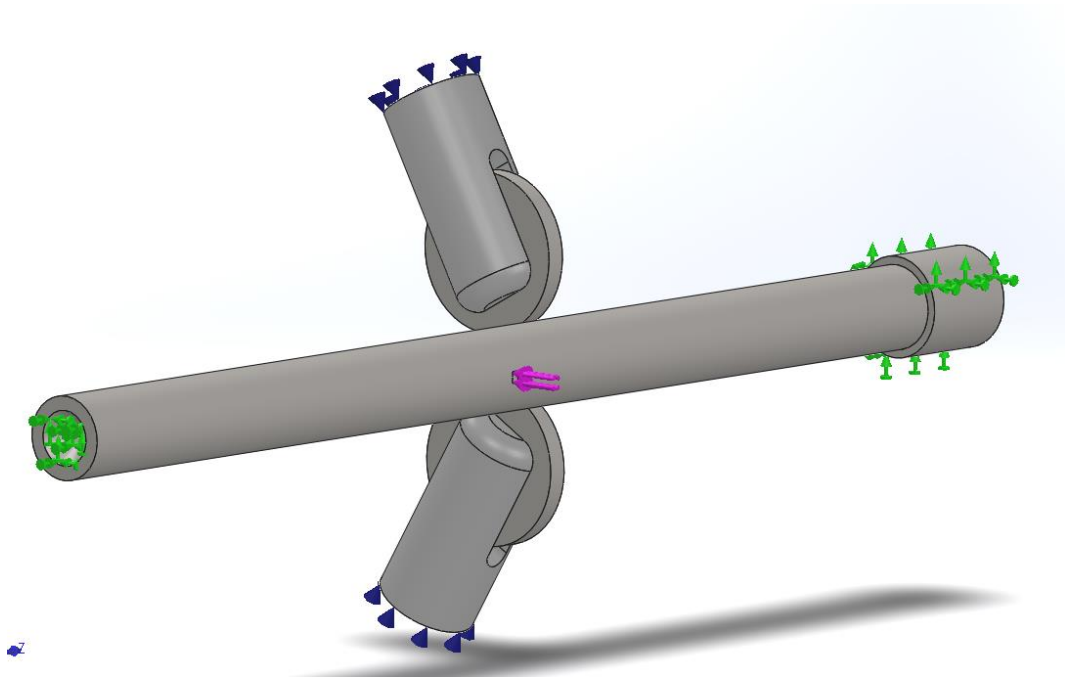


Рисунок 2.3 - Накладання фіксованих обмежень на циліндричну частину заготовки та на конусну поверхню центрального отвору, надання властивостей пружних опор на торцеві поверхні тримачів роликів, прикладання радіальної складової сили різання

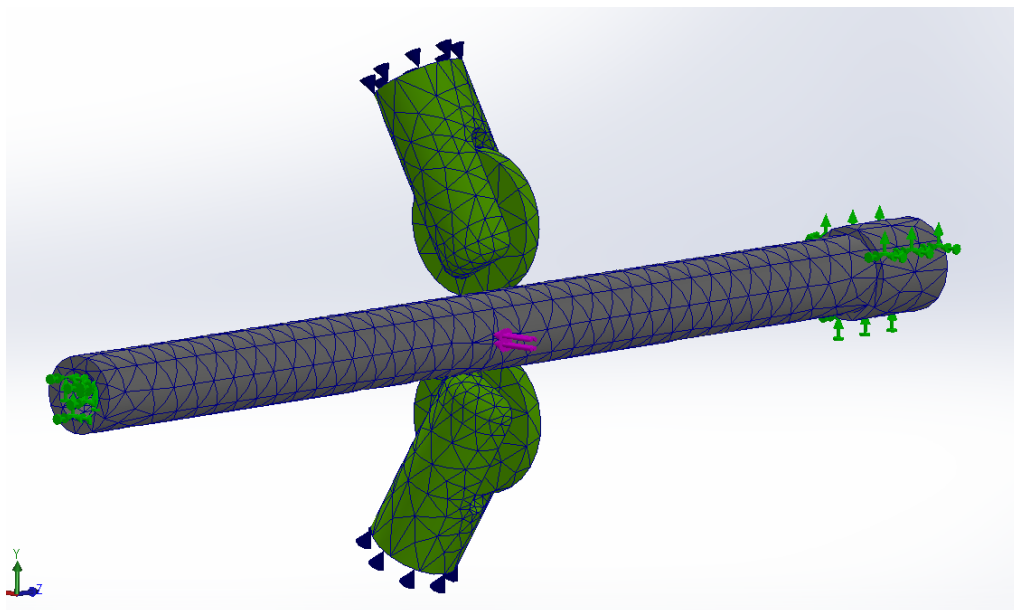


Рисунок 2.4 - Генерування сітки кінцевих елементів розроблених комп'ютерних моделей заготовки та роликів

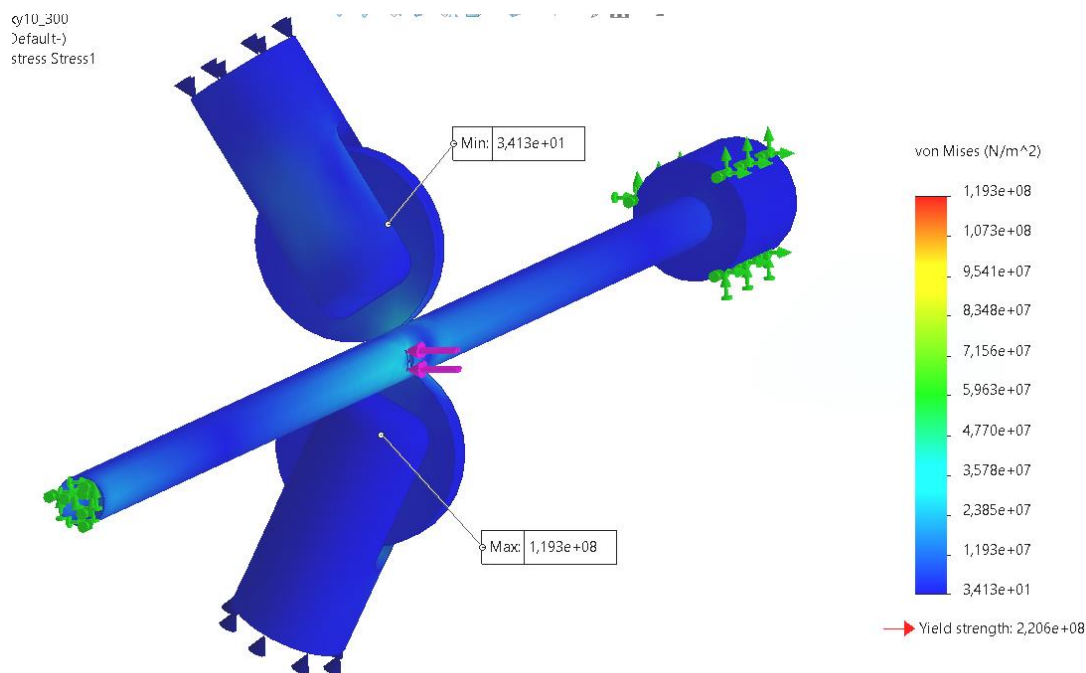


Рисунок 2.5 – Величини напружень на заготовці та двох роликах при закріпленні заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами $D=10$ мм

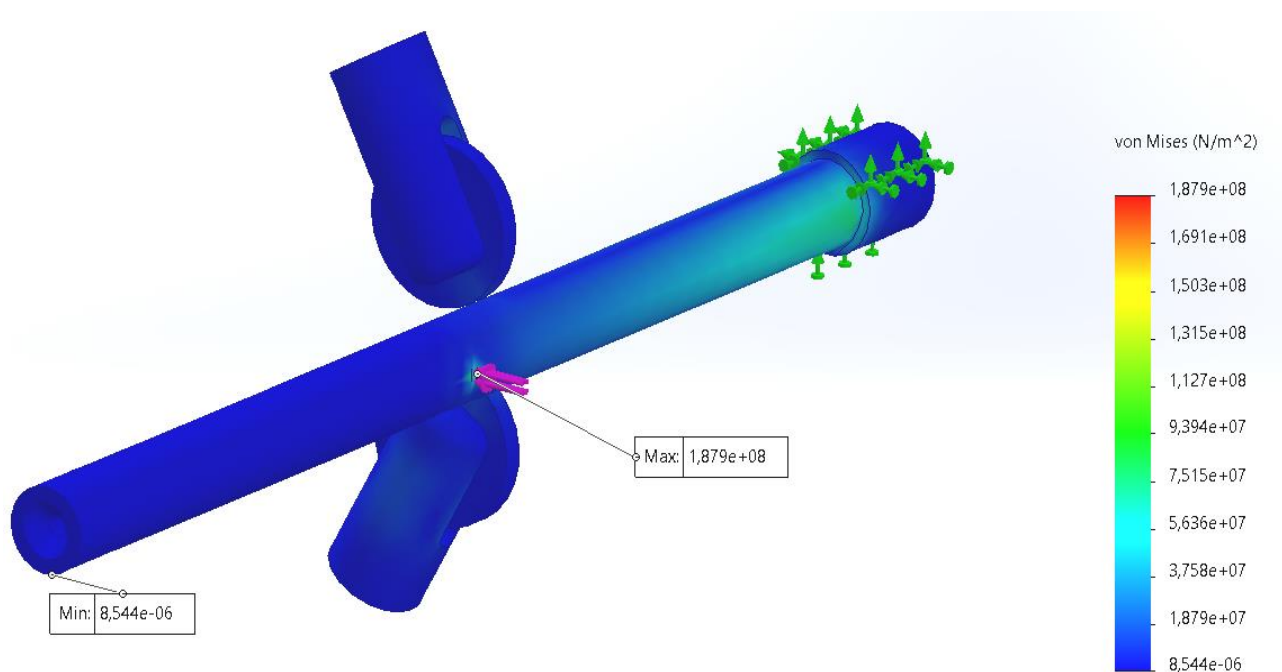


Рисунок 2.6 – Величини напружень на заготовці та двох роликах при закріпленні заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами $D=20$ мм

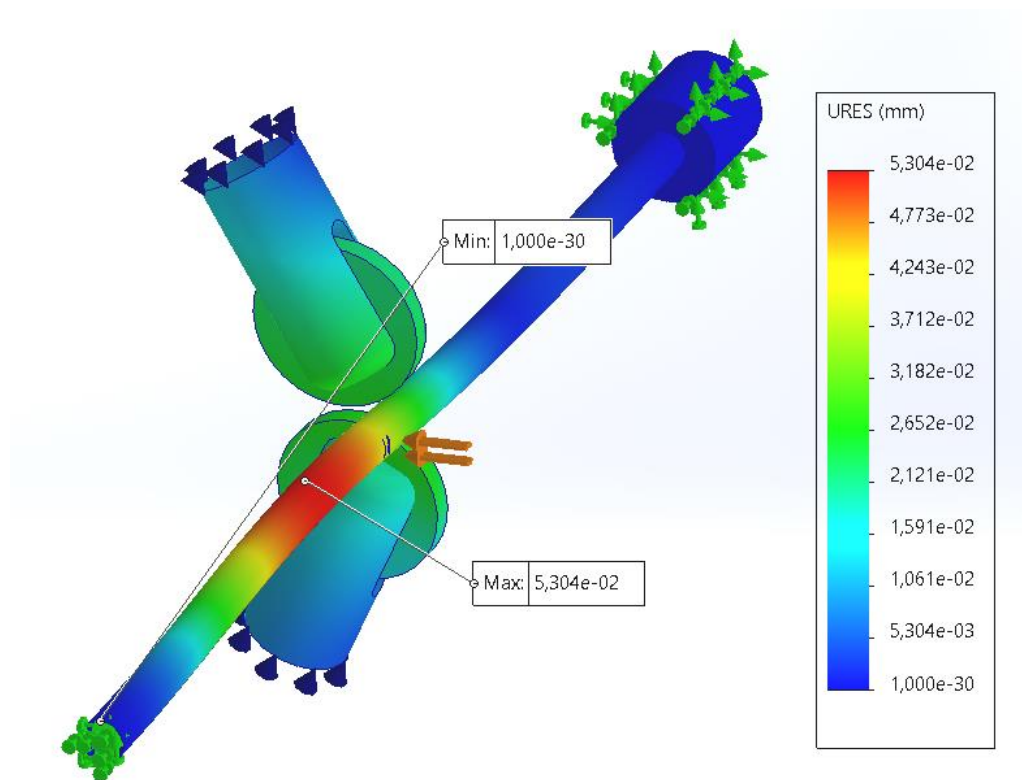


Рисунок 2.7 – Величини деформацій заготовки та двох роликів при закріпленні заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами $D=10$ мм

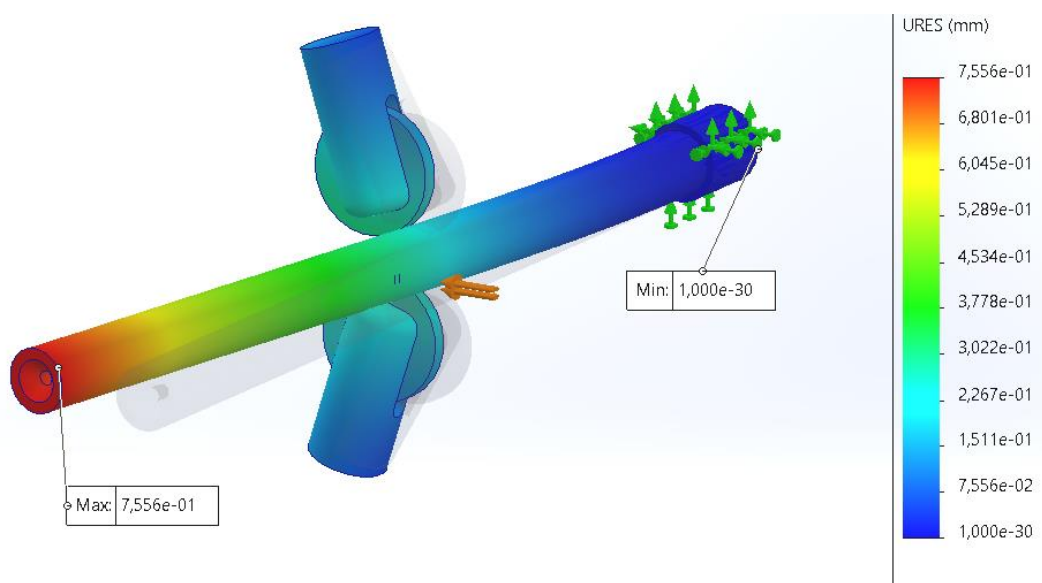


Рисунок 2.8 – Величини деформацій заготовки та двох роликів при закріпленні заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами $D=20$ мм

Також одержано графічне відображення частин заготовки та двох роликів, що мають найменший запас міцності (рис. 2.9, рис. 2.10) для двох випадків встановлення та закріплення заготовки.

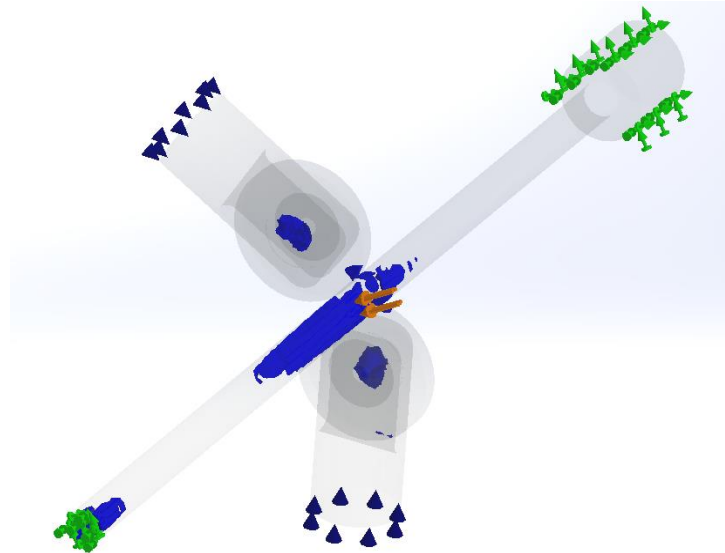


Рисунок 2.9 – Визначення місць заготовки та двох роликів, що мають найменший запас міцності при дії сили різання та закріпленні заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами $D=10$ мм

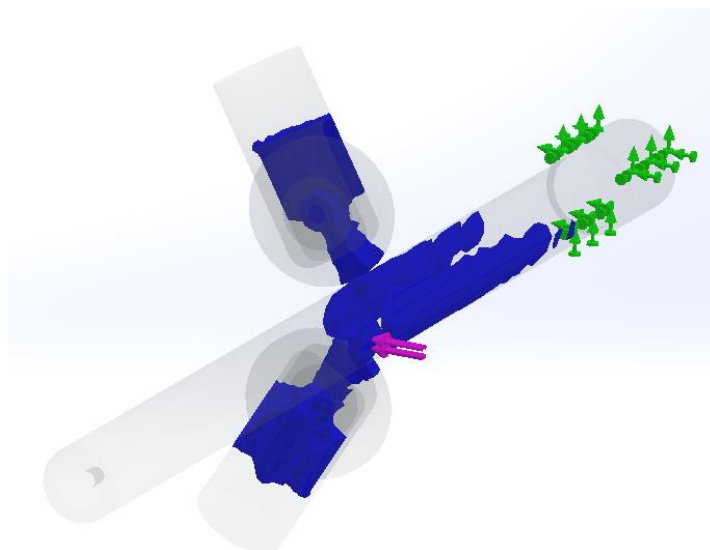


Рисунок 2.10 – Визначення місць заготовки та двох роликів, що мають найменший запас міцності при дії сили різання та заготовки закріпленої у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами $D=20$ мм

Аналізуючи результати моделювання на рис. 2.5, встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні напруження (95 МПа) на валі закріпленому у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами виникають у місці прикладання сили різання та на біля конусної поверхні базового отвору. Максимальні напруження на ролику (119 МПа) виникають у місці контакту із заготовкою та на осі обертання ролика. Також на основі рис. 2.6 встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні напруження на валі закріпленого у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами виникають у місці прикладання сили різання (188 МПа) та біля основи вала, що закріплюється у патроні (188 МПа).

Аналізуючи результати моделювання на рис. 2.7, встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні деформації (0,053 мм) вала закріпленого у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами виникають у місці зміщеному на 40 мм від місця прикладання сили різання до конусної поверхні базового отвору.

Також на основі рис. 2.8 встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні деформації (0,756 мм) вала закріпленого у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами виникають на вільній консольній частині деталі.

Місцями, що мають найменший запас міцності (рис. 2.9) для вала закріпленого у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами є місця прикладання сили різання та біля конусної поверхні базового отвору. На ролику найменший запас міцності мають вісі обертання ролика.

Місцями, що мають найменший запас міцності (рис. 2.10) для вала закріпленого у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами є місця прикладання сили різання та частина заготовки, що знаходиться на проміжку між роликом та місцем кріплення у патроні.

Одержані величини напружень не перевищують границю текучості матеріалу заготовок та роликів.

При зміні радіальної складової сили різання від 400 Н до 1000 Н одержали графіки залежності максимальних напружень (рис. 2.11), що виникають на валі з $D=10$ мм закріпленому у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами та без підтримки роликами

Також одержали графіки залежності максимальних деформацій (рис. 2.12) вала з $D=10$ мм закріпленому у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами та без підтримки роликами при дії радіальної складової сили різання.

На основі графіків рис. 2.11 та 2.12 встановлено, що величини напружень та деформацій, що виникають на валі з $D=10$ мм лінійно зростають при збільшенні радіальної складової сили різання.

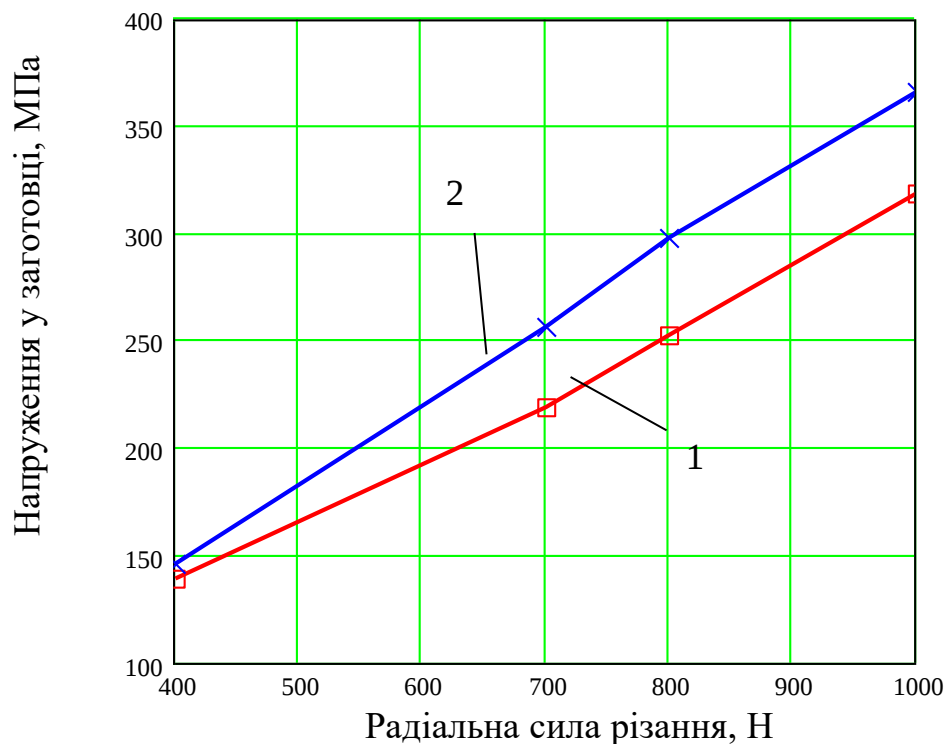


Рисунок 2.11 - Графік залежності максимальних напружень, що виникають у заготовці з $D=10$ мм закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір із 1) додатковою підтримкою двома роликами та 2) без підтримки роликами

Мінімальна величина напружень у заготовці з $D=10$ мм закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами дорівнює 139 МПа, а максимальна – 319 МПа, при цьому мінімальна та максимальна величини деформації заготовки становлять 0,097 мм та 0,26 мм відповідно, жорсткість дорівнює 3846 Н/мм. Мінімальна величина напружень у заготовці з $D=10$ мм закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір без підтримки роликами дорівнює 146 МПа, а максимальна – 366 МПа, при цьому мінімальна та максимальна величини деформації заготовки становлять 1,02 мм та 2,6 мм відповідно, жорсткість дорівнює 385 Н/мм.

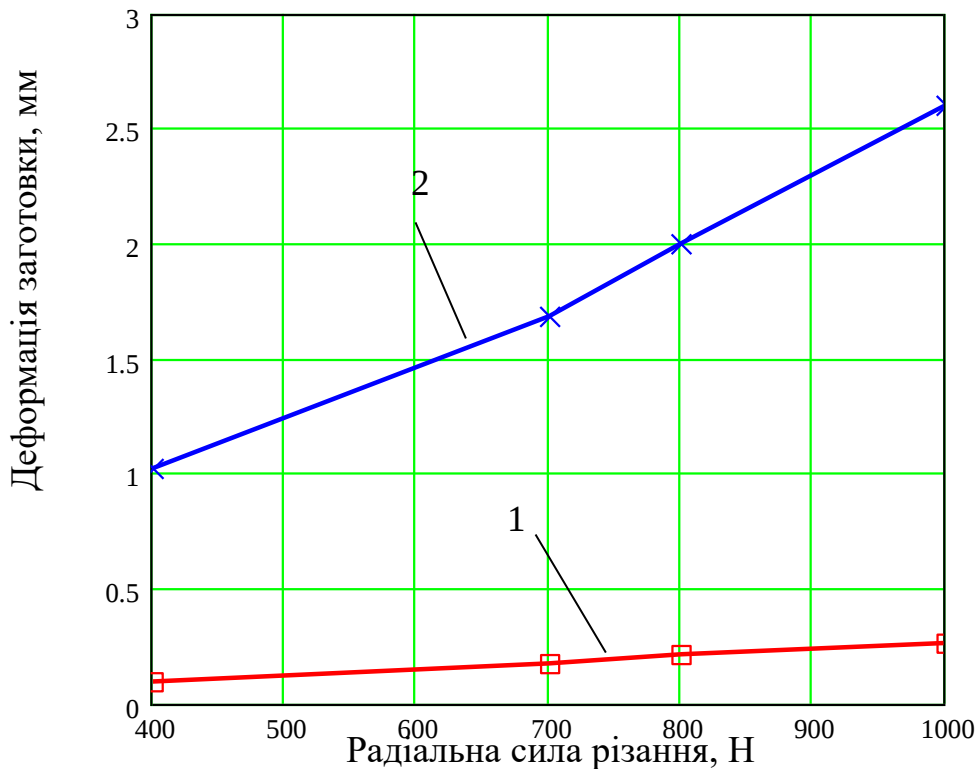


Рисунок 2.12 - Графік залежності максимальних деформацій заготовки з $D=10$ мм закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір із 1) додатковою підтримкою двома роликами та 2) без підтримки роликами

Жорсткість заготовки закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами у 10 разів більша ніж без підтримки роликами. Отже, застосування додаткової опори у вигляді двох

роликів значно підвищує точність токарного оброблення заготовки порівняно із випадком без підтримки роликами.

2.2. Результати експериментальних досліджень величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор

На основі реалізованої технології віртуального експерименту, використовуючи схеми (рис. 2.1, рис. 2.2) токарного оброблення деталей з додатковими опорами, що представлені у вигляді двох роликів та конуса задньої бабаки, проведено експериментальні дослідження величини деформації заготовок при дії радіальної P_y -складової сили різання.

Для планування та реалізації експериментальних досліджень використано план-матрицю факторного експерименту, що включала три незалежні змінні вхідні фактори, зміна яких виконувалась на трьох рівнях. На основі попереднього комп'ютерного моделювання, аналізу інформаційних джерел встановлено, що основними факторами, які впливають на величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор є: радіальна складова сили різання P_y , довжина заготовки L , діаметр заготовки D .

Величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор в результаті оброблення статистичних даних експерименту представлено у вигляді функції $\delta = f(P_y, L, D)$.

Для кожного із факторів встановлено межі варіювання:

- радіальна складова сили різання $P_y = 600 - 1000$ Н;
- довжина заготовки $L = 300 - 500$ мм;
- діаметр заготовки $D = 10 - 18$ мм.

Визначено нульові рівні кожного із факторів:

- для радіальної складової сили різання P_y :

$$X_{01} = \frac{600 + 1000}{2} = 800 \text{ (Н)}; \quad (2.1)$$

- для довжини заготовки L :

$$X_{02} = \frac{300 + 500}{2} = 400 \text{ (мм)}; \quad (2.2)$$

- для діаметра заготовки D :

$$X_{03} = \frac{10 + 18}{2} = 14 \text{ (мм)}. \quad (2.3)$$

Інтервали варіювання факторів та їх кодовані значення:

$$\Delta X_1 = \frac{1000 - 600}{2} = 200 \text{ (Н)}; \quad x_1 = \frac{P_y - 800}{200}; \quad (2.4)$$

$$\Delta X_2 = \frac{500 - 300}{2} = 100 \text{ (мм)}; \quad x_2 = \frac{L - 400}{100}; \quad (2.5)$$

$$\Delta X_3 = \frac{18 - 10}{2} = 4 \text{ (мм)}; \quad x_3 = \frac{D - 14}{4}. \quad (2.6)$$

Результати аналізу змінних факторів, які величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор та рівні їх варіювання представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Фактори, які величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур.(кодовані)		
	натур.	код.				
Радіальна складова сили різання	P_y , Н	x_1	200	1000 (+1)	400 (0)	600 (-1)
Довжина заготовки	L , мм	x_2	100	500 (+1)	400 (0)	300 (-1)
Діаметр заготовки	D , мм	x_3	4	18 (+1)	14 (0)	10 (-1)

Для моделювання впливу змінних факторів на величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор використано рівняння регресії другої степені. Значущість коефіцієнтів одержаного рівняння регресії визначали за критерієм Стюдента. Значення коефіцієнтів одержаного рівняння регресії представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнтів рівняння регресії

Коеф.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Сталь AISI 1045	0,059	0,037	0,022	-0,045	0,011	-0,022	-0,018	0,0009	-0,0001	0,031

Рівняння регресії величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор залежно від зміни: радіальної складової сили різання P_y , довжини заготовки L , діаметра заготовки D , тобто $\delta_{(x_1, x_2, x_3)} = f(P_y, L, D)$ за результатами експериментів у кодованих величинах:

$$\delta_{(x_1, x_2, x_3)} = 0,059 + 0,037x_1 + 0,022x_2 - 0,045x_3 + 0,011x_1x_2 - 0,022x_1x_3 - 0,018x_2x_3 + 0,0008x_1^2 - 0,0001x_2^2 + 0,031x_3^2, \quad (2.7)$$

де x_1 - кодоване значення радіальної складової сили різання P_y ; x_2 - кодоване значення довжини заготовки L ; x_3 - кодоване значення діаметра заготовки D .

Коефіцієнти b_{11} , b_{22} рівняння регресії (2.7) є незначущими. Тому рівняння (2.7) запишемо у вигляді:

$$\delta_{(x_1, x_2, x_3)} = 0,059 + 0,037x_1 + 0,022x_2 - 0,045x_3 + 0,011x_1x_2 - 0,022x_1x_3 - 0,018x_2x_3 + 0,031x_3^2. \quad (2.8)$$

У натуральних величинах рівняння регресії величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор:

$$\delta_{(P_y, L, D)} = 0,031 + 1,966 \cdot 10^{-4} P_y + 5,03 \cdot 10^{-4} L - 0,0215 D + 3,666 \cdot 10^{-7} P_y L - 1,466 \cdot 10^{-5} P_y D - 3,6 \cdot 10^{-5} L D + 1,24 \cdot 10^{-3} D^2. \quad (2.9)$$

Використовуючи рівняння регресії (2.9) побудовано графіки, поверхні відгуку та їх двомірні перерізи залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор залежно від зміни: радіальної складової сили різання P_y , довжини заготовки L , діаметра заготовки D (рис. 2.13 – 2.18).

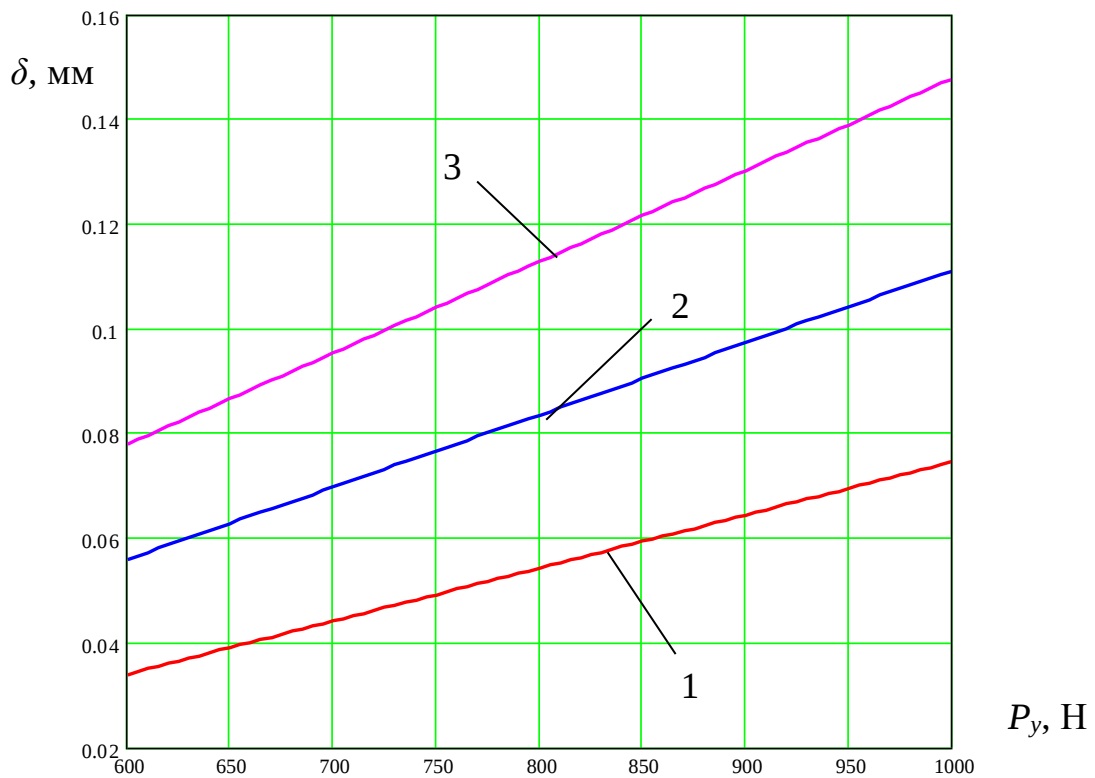


Рисунок 2.13 – Графіки залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор від зміни радіальної складової сили різання P_y , $D=14$ мм:

1) $L=300$ мм; 2) $L=400$ мм; 3) $L=500$ мм

Рівняння регресії у кодіваних (2.8) та натуральних (2.9) величинах дозволяють прогнозувати величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор при таких параметрах: $600 \leq P_y \leq 1000$ (Н); $300 \leq L \leq 500$ (мм); $10 \leq D \leq 18$ (мм).

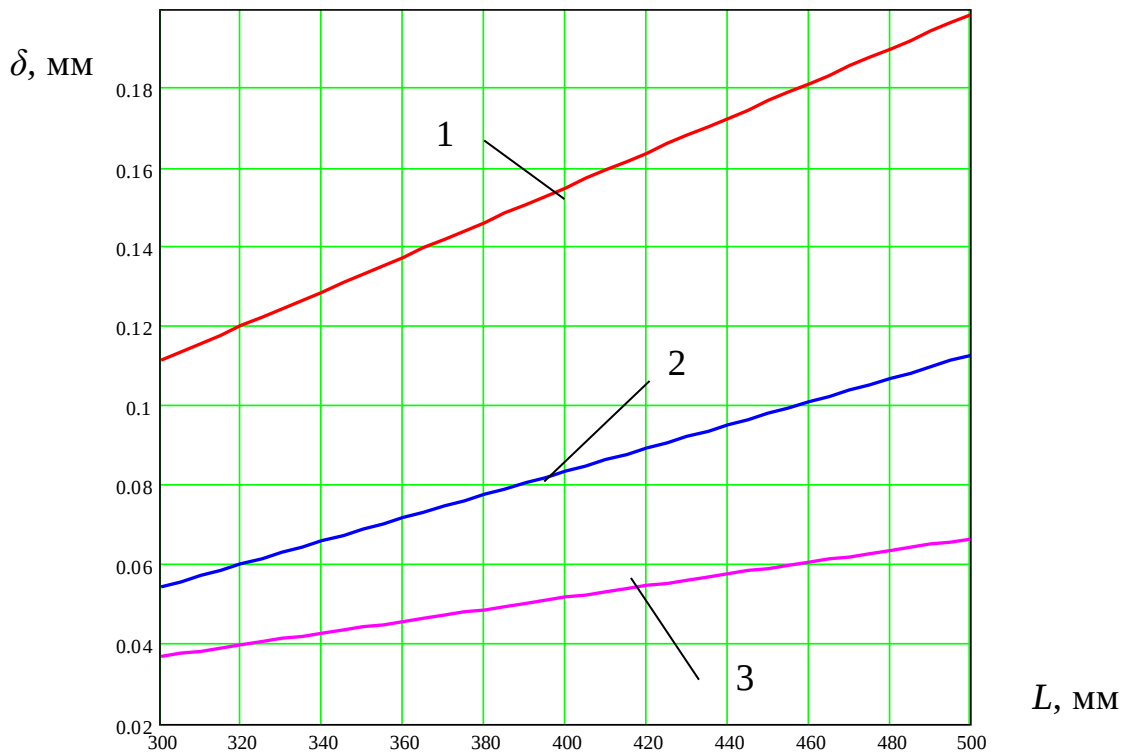


Рисунок 2.14 – Графіки залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор від зміни довжини заготовки L , $P_y = 800$ Н:
1) $D = 10$ мм; 2) $D = 14$ мм; 3) $D = 18$ мм

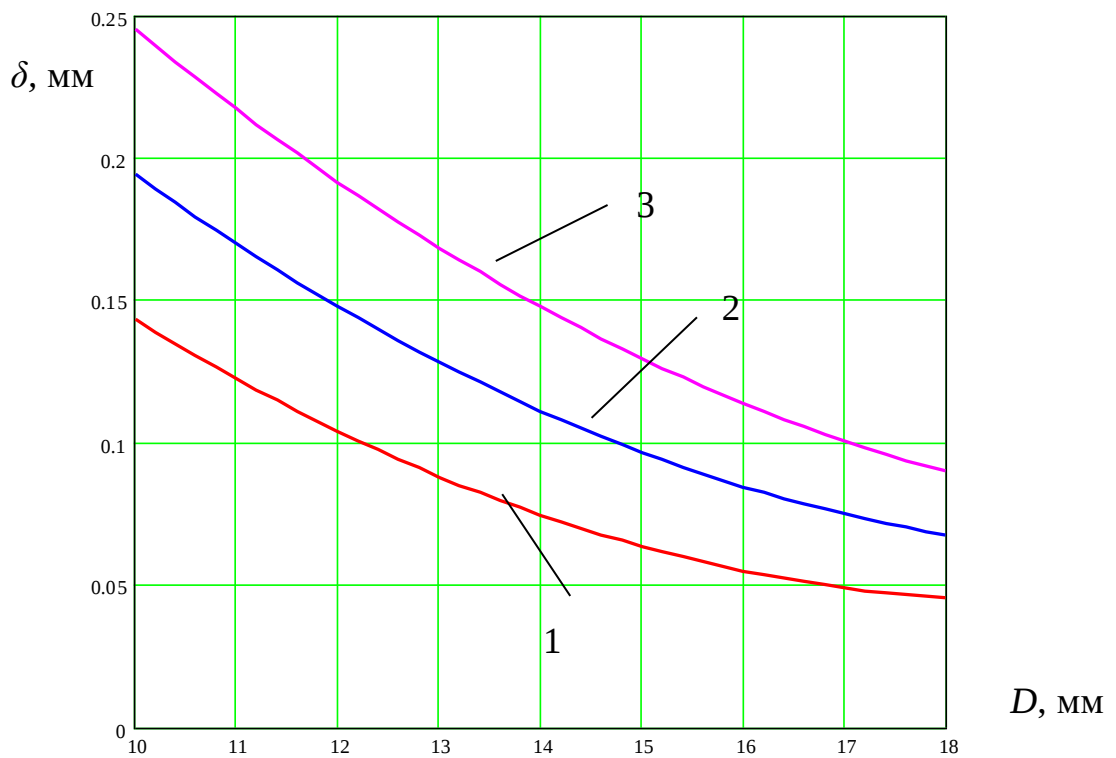


Рисунок 2.15 – Графіки залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор від зміни діаметра заготовки D , $P_y = 1000$ Н:
1) $L = 300$ мм; 2) $L = 400$ мм; 3) $L = 500$ мм

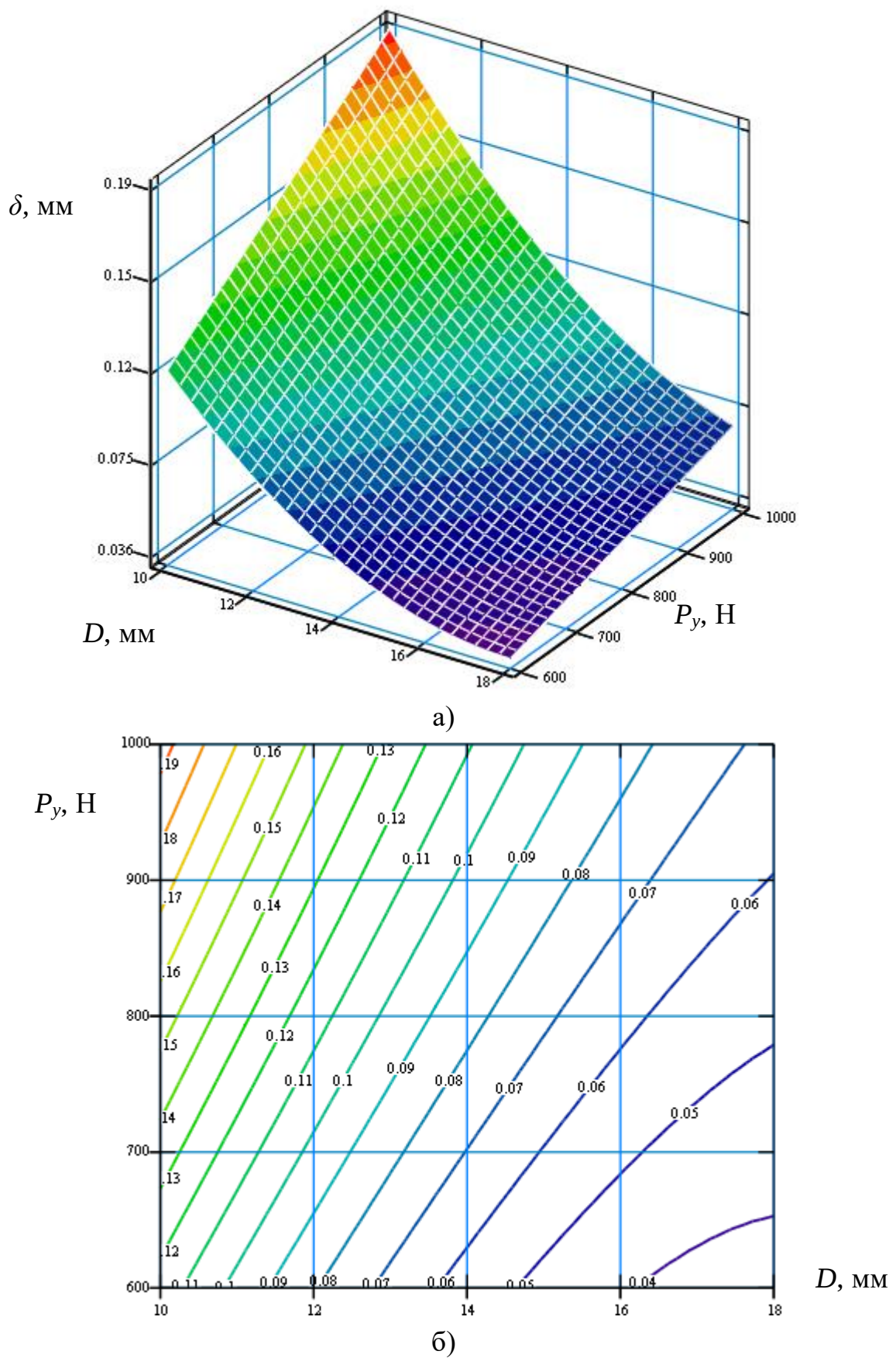
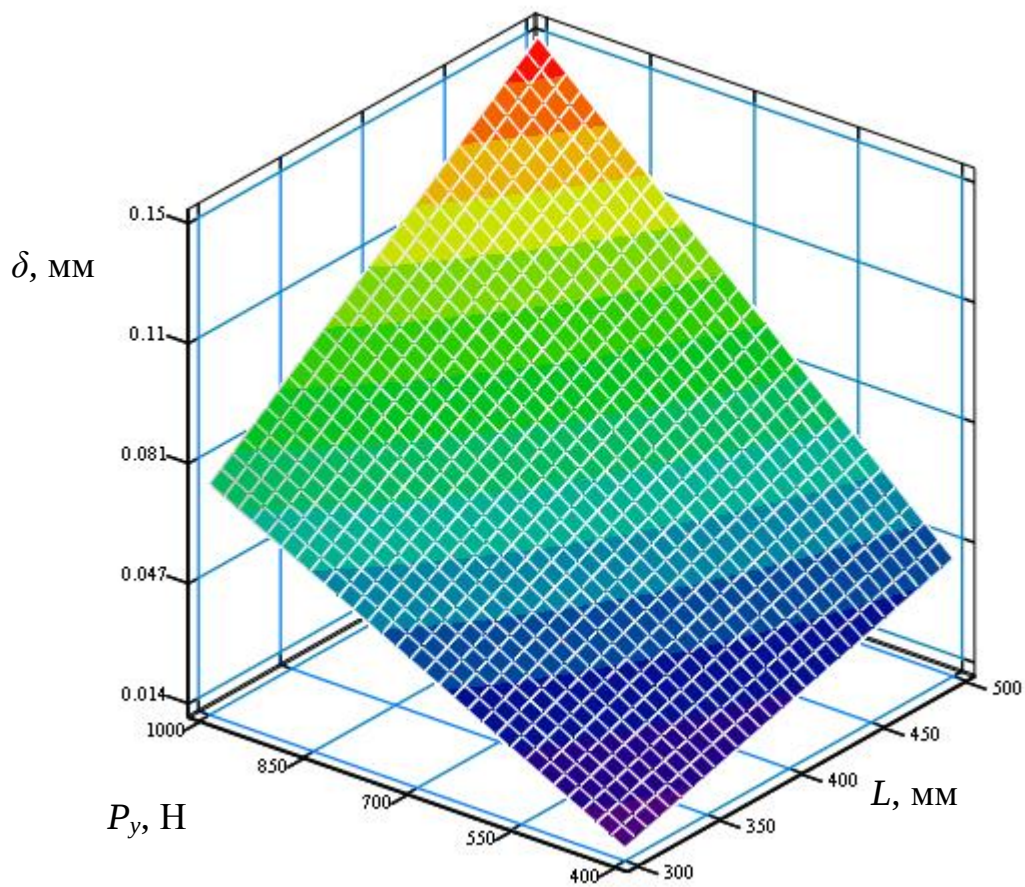
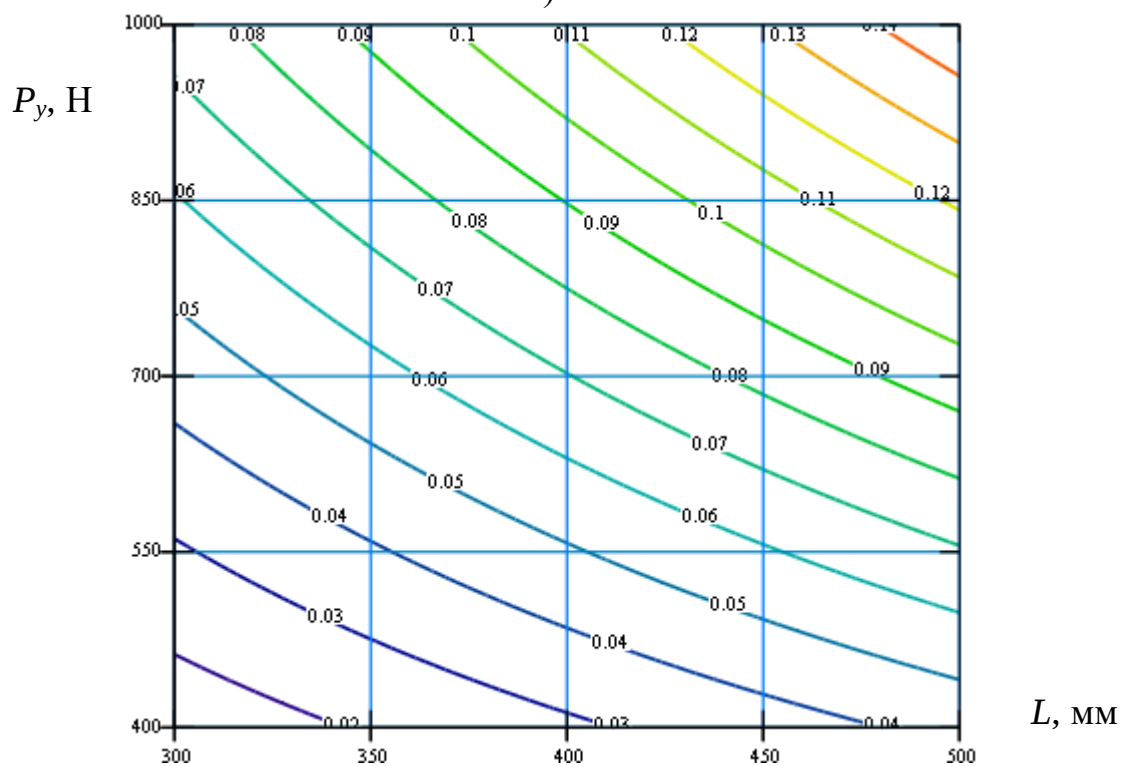


Рисунок 2.16 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор від зміни радіальної складової сили різання P_y та діаметра заготовки D ($L=400$ мм)

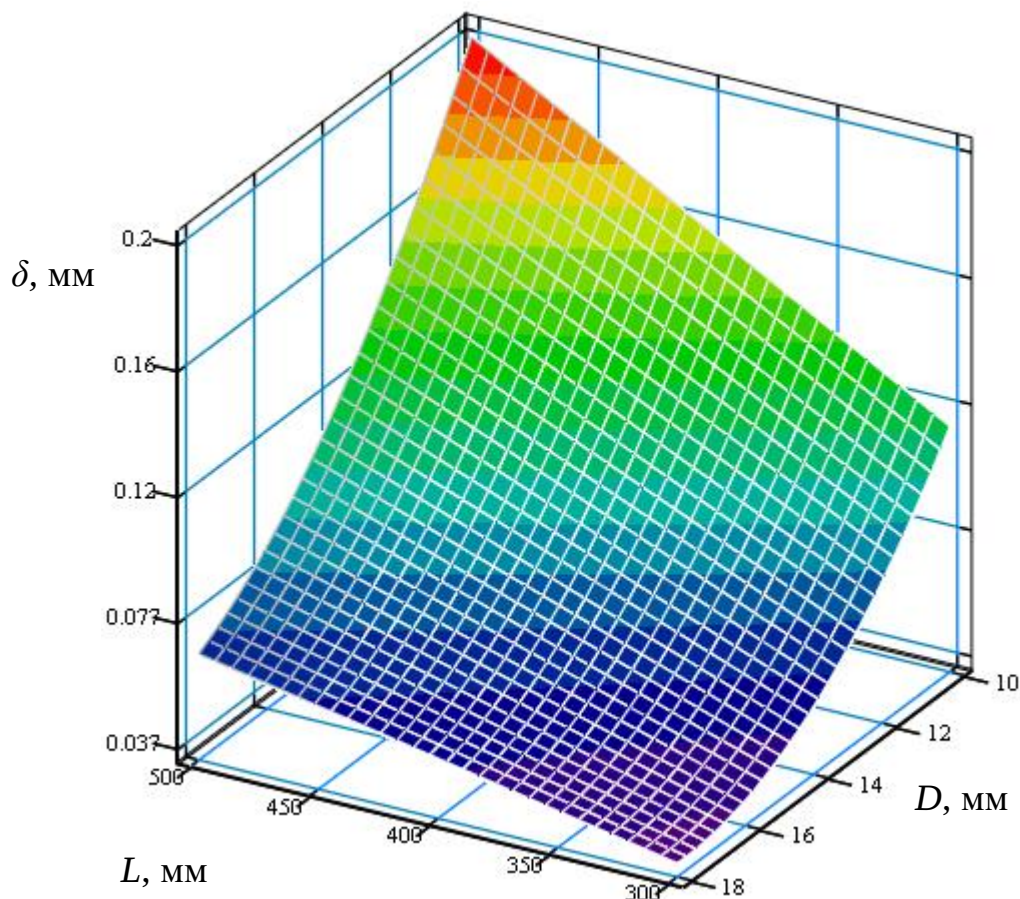


а)

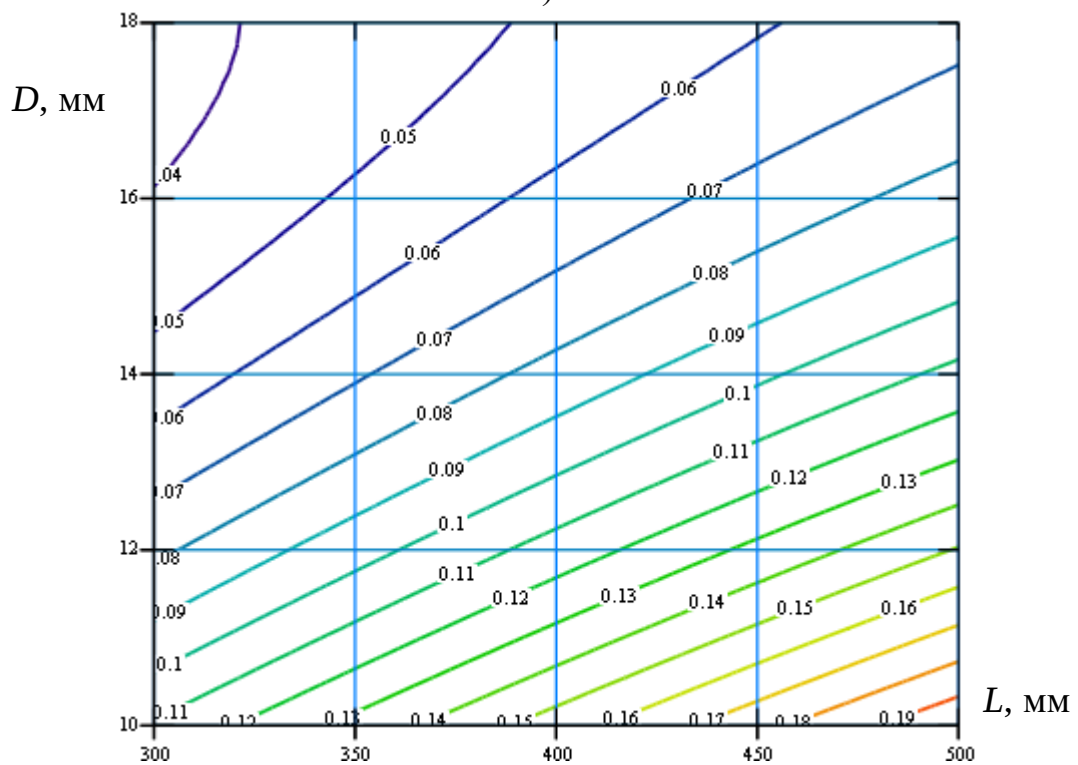


б)

Рисунок 2.17 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор від зміни радіальної складової сили різання P_y та довжини заготовки L ($D=14$ мм)



а)



б)

Рисунок 2.18 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор від зміни довжини заготовки L та діаметра заготовки D ($P_y = 800$ Н)

В результаті проведено аналізу графіків встановлено, що найбільший вплив на величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор має діаметр D заготовки. Менший вплив має радіальна складова сили різання P_y і найменший - довжина заготовки L . При збільшенні радіальної складової сили різання P_y , довжина заготовки L величина деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор зростає, а при збільшенні діаметра D заготовки – зменшується.

Максимальне значення величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор становить 0,26 мм, а мінімальне – 0,021 мм. Збільшення радіальної складової сили різання P_y від 600 Н до 1000 Н призводить до зростання деформації δ заготовки в 2,5 рази., збільшення довжина заготовки L від 300 мм до 500 мм призводить до зростання деформації δ заготовки в 1,83 рази, а збільшення діаметра D заготовки від 10 мм до 18 мм призводить до зменшення деформації δ заготовки в 2,52 рази.

2.3. Висновки

У розділі представлено дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами. Розроблено відповідну розрахункову схему.

Проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки, що навантажена радіальною силою різання при виконанні операції токарного оброблення. При радіальному навантаженні відбувається прогин заготовки із виникненням в ній внутрішніх напружень. Для досліджень розглянуто три варіанти встановлення і закріплення заготовки: закріплення заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра із додатковою підримкою двома роликами; закріплення заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами; також для порівняння додатково проведено дослідження напружено-деформованого стану

циліндричної заготовки закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра без додаткової підтримки двома роликами.

Встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні напруження (95 МПа) на валі закріпленому у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами виникають у місці прикладання сили різання та біля конусної поверхні базового отвору. Максимальні напруження на ролик (119 МПа) виникають у місці контакту із заготовкою та на осі обертання ролика.

Також встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні напруження на валі закріпленого у патроні консольно із додатковою підтримкою двома роликами виникають у місці прикладання сили різання (188 МПа) та біля основи вала, що закріплюється у патроні (188 МПа).

Встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні деформації (0,053 мм) вала закріпленого у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами виникають у місці зміщеному на 40 мм від місця прикладання сили різання до конусної поверхні базового отвору.

Також встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні деформації (0,756 мм) вала закріпленого у патроні консольно із додатковою підтримкою двома роликами виникають на вільній консольній частині деталі.

Місцями, що мають найменший запас міцності для вала закріпленого у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підтримкою двома роликами є місця прикладання сили різання та біля конусної поверхні базового отвору. На ролик найменший запас міцності мають вісі обертання ролика.

Місцями, що мають найменший запас міцності для вала закріпленого у патроні консольно із додатковою підтримкою двома роликами є місця прикладання сили різання та частина заготовки, що знаходиться на проміжку між роликом та місцем кріплення у патроні.

Одержані величини напружень не перевищують границю текучості матеріалу заготовок та роликів.

Представлено результати експериментальних досліджень величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор.

Встановлено, що найбільший вплив на величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор має діаметр D заготовки. Менший вплив має радіальна складова сили різання P_y і найменший - довжина заготовки L . При збільшенні радіальної складової сили різання P_y , довжина заготовки L величина деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор зростає, а при збільшенні діаметра D заготовки – зменшується.

Максимальне значення величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликів опор становить 0,26 мм, а мінімальне – 0,021 мм. Збільшення радіальної складової сили різання P_y від 600 Н до 1000 Н призводить до зростання деформації δ заготовки в 2,5 рази., збільшення довжина заготовки L від 300 мм до 500 мм призводить до зростання деформації δ заготовки в 1,83 рази, а збільшення діаметра D заготовки від 10 мм до 18 мм призводить до зменшення деформації δ заготовки в 2,52 рази.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Службове призначення деталі

Деталь “Вал” 77.805 є складовою частиною редуктора скребкового конвеєра, призначеного для переміщення сипких матеріалів. Основне призначення деталі – передавання крутного моменту між валами редуктора та робочими частинами конвеєра завдяки встановленню на валі зубчастого колеса із шпонкою. При цьому вал встановлюється у корпусі на підшипниках кочення.

Основними поверхнями деталі, що визначають її поєднання з іншими елементами світильника є: паз 12P9 ($^{-0,015}$), Ra 6,3, $6^{+0,2}$, $l=35$ мм для встановлення призматичної шпонки, що передає крутний момент від вала до зубчастого колеса; зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h8$ ($_{-0,033}$), Ra 2,5 – для встановлення зубчастого колеса, манжетів та втулок для регулювання з’єднання; зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 54h9$ ($_{-0,074}$), Ra 3,2 – для встановлення шківів пасової передачі; зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35k6$ ($^{+0,018}$), Ra 1,25 використовується для встановлення двох підшипників кочення по перехідній посадці; отвір з різьбою M12-7H – для закріплення складальних одиниць на валу, зовнішні площини $54^{(+0,1)}$ Ra 12,5 для забезпечення монтажу вала.

Решта поверхонь визначають конструктивні особливості вала, використовуються для забезпечення операцій складання вузла із валом.

Основні технічні вимоги до основних поверхонь деталі представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 60h16$; Ra 25	Одержується при виготовленні заготовки	Штангенциркуль

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
2	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h8 (-0,033)$; Ra 2,5	Шліфування напівчистове	Калібр-скоба ($\varnothing 35$) Взірці шорсткості
3	Фаска зовнішня $2 \times 15^\circ$; Ra 25	Проточування	Шаблон для фасок спеціальний Кутомір
4	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 38h16$; Ra 25	Одержується при виготовленні заготовки	Штангенциркуль
5	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35k6 (+0,018 / -0,002)$; Ra 1,25	Шліфування чистове	Взірці шорсткості Калібр-скоба ($\varnothing 35$)
6, 7	Дві торцеві поверхні Ra 25; $145 \pm IT14/2$	Чорнове підрізання торця при поперечній подачі різця або фрезерування торцевими фрезами	Штангенциркуль, шаблон спеціальний
8	Фаска зовнішня $1,4 \times 45^\circ$; Ra 25	Проточування	Шаблон для фасок спеціальний Кутомір
9, 10	Зовнішні площини $54(+0,1)$, Ra 12,5	Фрезерування дисковою фрезою	Калібр-скоба (54) спеціальна
12	Отвір різьбовий M12-7H, Ra 12,5	Нарізання різьби мітчиком	Калібр-пробка різьбова (M12-7H)
13	Внутрішня профільна поверхня $\varnothing 44$ мм, R = 15 мм, 70° , Ra 25	Одержується при виготовленні заготовки	Штангенциркуль, шаблон спеціальний
14	Фаска внутрішня $1,4 \times 45^\circ$; Ra 25	Зенкування	Шаблон для фасок спеціальний Кутомір

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4
15	Шпонковий паз 12P9 ($_{-0,051}^{0,015}$), Ra 6,3, 6 ^{+0,2} мм, 35 мм	Фрезерування шпонковою фрезою	Калібр-призма спеціальний
16	Отвір Ø10,2 мм під різьбу M12-7H, 42 мм, Ra 25	Свердління	Штангенциркуль, Глибиномір
17	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 54h9 ($-_{0,074}$); Ra 3,2	Чистове проточування або напівчистове шліфування	Взірці шорсткості Калібр-скоба (Ø54)

Елементи базового технологічного процесу виготовлення вала представлено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Елементи базового технологічного процесу виготовлення вала 77.805

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон кулачковий з комплекту верстата.
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон кулачковий з комплекту верстата.
015 Шпонково-фрезерна	Шпонково-фрезерний верстат 692P	Пристрій спеціальний із пневмозатиском
020 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6P81	Пристрій спеціальний із пневмозатиском
025 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H135	Кондуктор спеціальний із пневмозатиском
030 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Підставка спеціальна із пневмозатиском
035 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3B151	Центр обертовий KM4 Хомутик
040 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3B151	Центр обертовий KM4 Хомутик

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Вал” 77.805 сталь 35, що забезпечує технічні умови та характеристики міцності деталі при використанні у редукторі. Вказаний матеріал має високі показники пластичності.

Для умов великосерійного типу виробництва проведено порівняння двох методів отримання заготовки:

Перший метод – круглий прокат $\varnothing 60$ мм;

Другий метод - штампування на кривошипному гарячостампувальному пресі.

Клас точності штамповки– Т4; група сталі – М1 [3].

Ступінь складності штамповки [3]:

$$C = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\text{ф}}} . \quad (3.1)$$

Визначаємо масу штамповки [3]:

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{д}} \cdot k_p = 1,8 \cdot 1,5 = 2,7 \text{ кг}.$$

$$m_{\text{ф}} = V_{\text{ф}} \cdot \rho ,$$

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} = \frac{3,14 \cdot 60^2 \cdot 145}{4} = 409770 \text{ мм}^3 = 409,8 \text{ см}^3 . \quad (3.2)$$

$$m_{\text{ф}} = 409,8 \cdot 1,05 \cdot 7,8 = 3,36 \text{ кг}.$$

$$\text{Тоді група складності штамповки складе: } C = \frac{2,7}{3,36} = 0,8.$$

Відповідно штамповка відноситься до першого ступеня складності С1. Вихідний індекс– 10.

Результати розрахунків припусків для поверхонь вала, що необхідно обробляти механічним способом представлено у таблиці 3.3.

Ескізи варіанту заготовки для виготовлення вала представлено на рис. 3.1

для штампування на кривошипному гарячоштампувальному пресі.

За рівнянням (3.2) розраховуємо об'єми запропонованих двох варіантів заготовок.

Таблиця 3.3 – Припуски деталі “Вал” 77.805

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1) Круглий прокат Ø 60 мм				
Два торці 145±IT14/2мм	Ra 25	1,4	2 × 2 = 4	149±0,7
2) Штамповка				
Зовнішня циліндрична поверхня Ø 54h9	Ra 3,2	1,4	2,0 × 3 = 6	Ø 60 ^{+1,1} _{0,4}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø 35k6;	Ra 1,25	1,4	1,5 × 2 = 3,0	Ø 38 ^{+0,9} _{0,5}
Два торці 145±IT14/2мм	Ra 25	2,0	1,3 × 2 = 2,6	147,6 ^{+1,3} _{0,7}

Круглий прокат:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 60^2 \cdot 149}{4} = 421074 \text{ мм}^3 = 421 \text{ см}^3.$$

Штампування на кривошипному гарячоштампувальному пресі:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 60^2 \cdot 33,3}{4} = 94153 \text{ мм}^3 = 94 \text{ см}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 38^2 \cdot 113,3}{4} = 128495 \text{ мм}^3 = 128 \text{ см}^3.$$

$$V_{\phi} = \sum V_i;$$

$$V_{\text{пр}} = 94 + 128 = 222 \text{ см}^3.$$

Загальні маси заготовок:

– круглий прокат:

$$m_1 = 421 \cdot 7,8 = 3\,283 \text{ (г)} \approx 3,283 \text{ кг.}$$

– штампування на кривошипному гарячоштампувальному пресі:

$$m_2 = 222 \cdot 7,8 = 1\,731 \text{ г} \approx 1,731 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.3)$$

– круглий прокат:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{1,42}{3,283} = 0,43.$$

– штампування на кривошипному гарячоштампувальному пресі:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{1,42}{1,731} = 0,82.$$

Для умов великосерійного типу виробництва, забезпечення технічних вимог та конструктивних параметрів деталі “Вал” 77.805 вибираємо спосіб виготовлення заготовки - штампування на кривошипному гарячоштампувальному пресі.

3.3. Формування технологічного процесу

Проводимо проектування технологічного процесу механічної обробки деталі “Вал” 77.805.

В проектному варіанті відповідно до великосерійного типу виробництва пропонуємо формування основних баз, а саме двох торців та центрального отвору виконувати на фрезерно-центрувальному верстаті, токарну обробку поверхонь виконувати на токарно-копіювальному напівавтоматі замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів.

005 Фрезерно-центрувальна

1. Фрезерування одночасне торців 6, 7 у розмір $145 \pm 0,5$.

2. Центрування отвору 16 у розмір $\varnothing 4$; $5 \pm 0,2$.

010 Токарно-копіювальна

1. Точіння фаски 9 у розмір $4,1 \times 45^\circ$ з поперечного супорта, точіння попереднє поверхонь 5, 2, у розмір $\varnothing 36,84_{-0,62}$ за копіром.

2. Точіння попереднє поверхонь 5, 2 у розмір $\varnothing 35,84_{-0,1}$ за копіром.

Контроль 30%.

015 Токарно-копіювальна

1. Точіння попереднє поверхні 17 у розмір $\varnothing 55,6_{-0,74}$ за копіром, фаски 3 у розмір $2 \times 15^\circ$ з поперечного супорта.

2. Точіння попереднє поверхні 3 у розмір $\varnothing 54,7_{-0,12}$ за копіром.

Операція 020 Вертикально-свердлильна

1. Свердління отвору 16 і зенкування фаски 14 одночасне у розмірі $\varnothing 10,2H14$; $l = 42$ мм; $1,4 \times 45^\circ$.

025 Шпонково-фрезерна

1. Фрезерування шпонкового паза 15 у розміри 12P9 $(^{-0,015})$; $6^{+0,2}$, 35 мм.

Операція 030 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерування одночасне двох сторін поверхонь 9, 10 у розміри $7^{+0,2}$ мм, $54(^{+0,1})$.

035 Круглошліфувальна

1. Шліфування напівчистове поверхні 2, у розмір $\varnothing 35 h8$; 77 мм.

2. Шліфування напівчистове поверхні 5 у розмір $\varnothing 35,14 h8$; 33 мм

3. Шліфування чистове поверхні 5 у розміри $\varnothing 35k6 (^{+0,018})$; 33 мм.

Операція 040 Різенарізна

1. Нарізання різьби 12 в отворі 16 у розміри M12-7H; 30 мм.

045 Круглошліфувальна

1. Шліфування напівчистове поверхні 17 у розмір $\varnothing 54h9 (-_{0,074})$.

Операція 050 Контроль.

3.4. Визначення припусків на оброблення

Для розрахунку припусків використано аналітичні та табличні методи, що відображено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахункові припуски деталі “Вал” 77.805

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцеві поверхні 145±IT14/2					
Фрезерування	14	Ra 25	0,5	–	145±0,5
Заготовка	клас точності 4	Rz 160	2,0	1,3 × 2 = 2,6	147,6 ^{+1,3} _{-0,7}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø 54h9 (– 0,074)					
Шліфування напівчистове	9	Ra 3,2	0,074	0,35 × 2 = 0,7	Ø 54 _{– 0,074}
Напівчистове точіння	10	Rz 20	0,12	0,45 × 2 = 0,9	Ø 54,7 _{– 0,12}
Чорнове точіння	14	Rz 80	0,74	2,2 × 2 = 4,4	Ø 55,6 _{– 0,74}
Заготовка	клас точності 4	Rz 160	1,8	3,0 × 2 = 6,0	Ø 60 ^{+1,1} _{– 0,7}

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня Ø 35h8 (– 0,033)					
Шліфування напівчистове	8	Ra 2,5	0,033	0,42 × 2 = 0,84	Ø 35 _{– 0,033}
Напівчистове точіння	10	Rz 20	0,1	0,5 × 2 = 1,0	Ø 35,84 _{– 0,10}
Чорнове точіння	14	Rz 80	0,62	0,58 × 2 = 1,16	Ø 36,84 _{– 0,62}
Заготовка	клас точності 4	Rz 160	0,9	1,5 × 2 = 3,0	Ø 38 ^{+0,9}
Отвір Ø 10,2 мм для різьби M12-7H					
Свердління	14	Ra 25	0,43	–	Ø 10,2 ^{+0,43}
Заготовка	клас точності 4	Rz 160	–	5,1 × 2 = 10,2	Суцільний матеріал

3.5. Визначення режимів різання

Для розрахунку режимів різання процесів виготовлення деталі “Вал” 77.805 використано аналітичні та табличні методи, що відображено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Режими різання процесів виготовлення деталі “Вал” 77.805

[illegible]

[illegible]

040 Різенарізна

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нарізання різьби 12 в отворі 16 у розміри М12-7Н; 30 мм.	1,75	38+ 38	1	40	1,75	120	4,6	–	0,35	0,28
045 Круглошліфувальна										
Шліфування напівчистове поверхні 17 у розмір $\varnothing 54h9 (-0,074)$.	0,35	32	1	–	0,008	120	21	–	0,17	1,2

Для розрахунку технічних норм часу процесів виготовлення деталі “Вал” 77.805 використано аналітичні та табличні методи, що відображено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунки технічних норм часу операцій виготовлення деталі “Вал” 77.805

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			Опера- тивний час, T _{оп} , хв	Час обслуго- вування, T _{об} , хв		T _{відп.} хв	T _{шт.} хв
		T _{в.з.}	T _у	T _в		T _{тех.об.}	T _{орг.об.}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Фрезерно-центрувальна	0,51								0,81
010 Токарно-копіювальна	0,46	0,3	0,07	0,15	0,98	0,01	0,02	0,06	1,07
015 Токарно-копіювальна	0,18	0,1	0,07	0,14	0,49	0,003	0,009	0,02	0,52
020 Вертикально-свердлильна	0,56								0,72
025 Шпонково-фрезерна	3,4								5,2
030 Горизонтально-фрезерна	0,1								0,2
035 Круглошлі-фувальна	0,76								1,2
040 Різенарізна	0,35								0,47
045 Круглошлі-фувальна	0,17								0,28

3.6. Розрахунок пристосування

Для закріплення та базування заготовки деталі “Вал” 77.805 на 030 горизонтально-фрезерній операції на горизонтально-фрезерному верстаті проведено проектування спеціального пристосування.

Базування заготовки для виконання переходів 030 операції виконується по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 35,84_{-0,1}$ мм у затискній цанзі та по торцю $145 \pm 0,5$. Подачу стисненого повітря вмикають через систему керування, при цьому повітря надходить через штуцер 17 у нижню порожнину кришки 3, що зумовлює осьове переміщення діафрагми 6 разом зі штоком 4 вгору. Зусилля від штока передається на штовхачі 5, які забезпечують підйом стакану 12 уздовж напрямної сталеві гільзи 11. У процесі переміщення стакан 12 своїм конічним отвором здійснює радіальне стискання конуса цанги 14, у результаті чого відбувається надійне закріплення оброблюваної деталі.

Креслення конструкції спроектованого пристосування представлено у графічній частині роботи та у додатках.

Похибку установки заготовки у спроектованому пристосуванні розраховано за відомим рівнянням [11]:

$$\Delta \epsilon_y = \sqrt{\Delta \epsilon_6^2 + \Delta \epsilon_3^2 + \Delta \epsilon_{\text{пр}}^2} . \quad (3.4)$$

На 030 горизонтально-фрезерній операції виконується одночасне фрезерування двома дисковими фрезами двох площин у розмір $54^{+0,1}$ мм.

Для розрахунку похибки установки використано схему, що представлена на рис. 3.2.

Точність розміру $54^{+0,1}$ мм, що визначає відстань між двома площинами витримується за рахунок точного розміщення двох дискових фрез, а цанга має властивість самоцентрування заготовки, тому похибка базування на цей розмір буде дорівнювати нулю, тобто $\Delta \epsilon_6 = 0$.

Похибка закріплення при встановленні деталі у пристрої: $\Delta \epsilon_3 = 70$ мкм.

Похибка виготовленого пристрою: $\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = 110$ мкм.

Підставляємо дані у рівняння (3.5):

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 70^2 + 110^2} = 130 \text{ мкм.} = 0,130 \text{ мм.}$$

Розрахункову схему пристрою для визначення необхідної сили затиску заготовки під час фрезерування двома дисковими фрезами двох площин у розмір $54^{+0,1}$ мм на 030 горизонтально-фрезерній операції представлено на рисунку 3.3.

Умова затиску заготовки визначається тим, що момент зенкером $M_{\text{різ}}$ буде меншим за момент тертя $M_{\text{тр}}$, що виникає при затиску деталі:

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}}, \quad (3.5)$$

де $K=3$ - коефіцієнт запасу.

Момент різання при фрезеруванні визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot R_3, \quad (3.6)$$

де P_z – сила різання;

$R_3=27$ мм – радіус розташування площини, яку фрезерують.

Сила різання при фрезеруванні дисковою фрезою [16]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (3.7)$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (3.8)$$

$$\text{де } K_{\text{мп}} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,3} = 0,9 \text{ [16];}$$

$$C_p = 261; x = 0,9; y = 0,8; n = 1,1; q = 1,1; w = 0,1 \text{ [16];}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 7^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 3^{1,1} \cdot 3}{125^{1,1} \cdot 750^{0,1}} \cdot 0,9 = 54,87 \text{ Н.}$$

Момент тертя:

$$\sum M_{\text{тр}} = Q \cdot R \cdot f_1, \quad (3.9)$$

де Q – сила затиску;

$f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя;

$R=18\text{мм}$ – радіус поверхні вала, по якій виконується затиск цангою.

Із рівнянь (3.5) та (3.6) знаходимо:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot R_3}{f_1 \cdot R}. \quad (3.10)$$

Підставляємо дані у рівняння (3.10):

$$Q = \frac{3 \cdot 54,87 \cdot 27}{0,2 \cdot 18} = 1235 \text{Н}.$$

Для затиску заготовки необхідно забезпечити умову:

$$Q \leq W, \quad (3.11)$$

де W – сила затиску, що забезпечується механізмами пристрою.

Силу затиску, що забезпечується механізмами пристрою [11]:

$$W = \frac{F}{\text{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)} - Q_1 \text{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) - 3F_n, \quad (3.12)$$

де Q_1 – сила стискання пелюстка цанги;

$\alpha = 30^\circ$ – кут конуса цанги;

$\varphi = 8^\circ$ – кут тертя;

$F_n=60\text{Н}$ – сила для стиснення пружини,

Силу стискання пелюстка цанги [11]:

$$Q_1 = 0,17 \cdot 10^3 \frac{t \cdot d^3 \cdot S_{\max}}{l^3}, \quad (3.13)$$

де $l = 65$ мм;

$t = 5$ мм;

$d = 52$ мм;

$S_{\max} = 0,1$ мм.

$$Q_1 = 0,17 \cdot 10^3 \frac{5 \cdot 52^3 \cdot 0,1}{65^3} = 44 \text{ Н.}$$

Сила на штоці пенвмокамери [11]:

$$F_{\text{шт}} = \frac{\pi}{16} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.14)$$

де $0,17$ м;

$d = 0,1$ м;

$p = 0,4 \cdot 10^6$ Па;

$\eta = 0,9$.

Підставляємо дані у рівняння (3.14):

$$F_{\text{шт}} = \frac{3,14}{16} \cdot (0,17^2 + 0,1^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2748 \text{ Н.}$$

Підставляємо дані у рівняння (3.12):

$$W = \frac{2748}{\text{tg}\left(\frac{30}{2} + 8\right)} - 44 \text{tg}\left(\frac{30}{2} + 8\right) - 3 \cdot 60 = 6311 \text{ Н.}$$

При умові $W = 6311 \text{ Н} > Q = 1235 \text{ Н}$ забезпечено нерівність (3.11) тому заготовка корпусу буде надійно закріплена на 030 горизонтально-фрезерній операції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Заходи конструкторського і організаційного плану для боротьби із шумом

Контроль і зниження інтенсивності виробничого шуму є однією з найбільш актуальних задач у сфері гігієни праці та технічної безпеки, оскільки акустичне забруднення знижує продуктивність праці, негативно впливає на психофізіологічний стан працівників, а також може призводити до професійних захворювань. Ефективна протидія шуму потребує впровадження комплексу заходів на всіх етапах життєвого циклу виробничої системи: проектування, монтаж, експлуатація, технічне обслуговування та модернізація.

Системний підхід до зниження шуму передбачає реалізацію трьох основних напрямків:

1. Акустична інженерія джерел шуму — включає конструкторську оптимізацію машин і механізмів з метою зниження віброакустичної активності. Доцільним є застосування низькошумних приводів, редукторів з оптимізованим профілем зубів, гідравлічних або електроприводів замість пневматичних систем, а також використання шумопоглинальних композитів і антифрикційних покриттів. Конструкційне демпфування, балансування обертових елементів і усунення резонансних частот конструкцій також дозволяють мінімізувати акустичні втрати.

2. Акустична ізоляція та звукопоглинання — передбачає застосування технічних засобів для екранування та дисипації акустичної енергії. До них відносяться звукопоглинальні кожухи, шумоізоляційні капсули, бар'єрні перегородки, багатошарові резонансні глушники, а також облицювання внутрішніх поверхонь приміщень акустично активними матеріалами (мінераловатні мати, перфоровані панелі, акустичні штукатурки, пінополіуретан тощо). У великогабаритних виробничих залах ефективно розміщення підвісних акустичних елементів (дифузори, об'ємні поглиначі) над джерелами шуму забезпечує зниження загального фонового рівня до 5–12 дБ.

3. Використання засобів індивідуального захисту органів слуху (ЗІЗОС) — актуальне в умовах, коли зниження шуму технічними методами є економічно або технологічно недоцільним. До ЗІЗОС належать шумозаглушувальні вкладиші (беруші), навушники із звукоізоляційними вставками, протишумові шоломи та комбіновані засоби захисту. Вибір конкретного засобу базується на оцінці спектрального складу шуму, його інтенсивності, а також вимог до зручності та гігієни використання. Особливо ефективними вважаються беруші з пінополімерів, що адаптуються до форми вушного каналу, або індивідуальні протектори, виготовлені методом 3D-моделювання.

Комплекс техніко-організаційних заходів повинен також враховувати вібраційний компонент, який часто є супутнім чинником у джерелах шуму. Віброакустичний аналіз обладнання дозволяє встановити оптимальні режими роботи для зниження загального рівня механічних коливань. Ефективним є також використання віброізоляційних опор, демпферів, пружних вставок та антивібраційних фундаментів.

Технологічні заходи включають:

- впровадження дистанційного керування та автоматизацію шумогенних виробничих процесів;
- розміщення акустично активного обладнання у звукоізольованих приміщеннях або за межами основної виробничої зони;
- заміна технологічних ліній на менш шумні моделі;
- встановлення шумоізолюючих кабін для операторів.

Планувальні рішення передбачають раціональне зонування виробничих приміщень з урахуванням шумових потоків:

- просторове розмежування гучних і тихих зон;
- архітектурне розміщення шумогенних цехів у тильній частині споруд, з підвітряного боку;
- створення шумозахисних буферів у вигляді зелених насаджень і шумопоглинальних огорож.

Боротьба з аеродинамічним шумом (характерним для вентиляторів, компресорів, пневмоінструменту) реалізується шляхом впровадження

акустичних глушників. Використовують:

- реактивні глушники — для низькочастотного шуму (працюють за принципом стоячих хвиль);
- абсорбційні (поглинаючі) глушники — для високочастотного шуму (використовують пористі матеріали);
- комбіновані конструкції та активні шумопоглиначі, що генерують антифазний сигнал.

Організаційно-профілактичні заходи:

- встановлення змінного режиму праці з періодичними перервами в тихому середовищі;
- суміщення професій з різним рівнем акустичного навантаження;
- введення світлових попереджувальних сигналів перед імпульсними шумами.

4.2. Інженерний захист робітників підприємства

Інженерний захист робітників та службовців підприємства передбачає захист за допомогою колективних засобів захисту – захисних споруд. До захисних споруд належать сховища і протирадіаційні укриття [31]. Захисні споруди призначені для укриття населення від засобів масового ураження в особливий період та надзвичайних ситуацій у мирний час, та є основним видом колективного захисту населення. За захисними властивостями захисні споруди поділяють на типи: сховища; протирадіаційні укриття; найпростіші укриття.

Сховище - інженерна споруда, яка забезпечує захист осіб, що укриваються, від негативного впливу сучасних засобів ураження, бактеріальних (біологічних) засобів, від бойових отруйних речовин, а також при необхідності, від катастрофічного затоплення, небезпечних хімічних речовин, радіоактивних продуктів при руйнуванні ядерних енергетичних енергоустановок, високих температур і продуктів горіння при пожежах та передбачають можливість

безперервного перебування у них розрахункової кількості осіб, що укриваються, протягом двох діб.

Основні вимоги, яким мають відповідати сховища:

1. Сховища повинні мати механічну міцність відповідно до класу і бути герметичними (від усіх видів зараження).

2. Сховища повинні забезпечити безперервне перебування в них людей не менше двох діб.

3. Сховища повинні бути розташовані на місцевості, що не затоплюється і на відстані не більше 600 м від місць роботи людей, для захисту яких вони призначені.

4. Через сховища забороняється проводити комунально-енергетичні мережі.

5. Вбудовані сховища слід розміщувати під невисокими (одно-, двоповерховими) будівлями, а окремо побудовані – на відстані від будинків, що більше або дорівнює їх висоті.

6. Сховища повинні мати подвійне призначення – для використання в мирний час та в надзвичайний стан мирного і воєнного часу. Коли захисні споруди не використовуються за своїм призначенням, вони за погодженням з територіальними органами з питань НС, МВС, пожежного нагляду, Держархбудконтролю, Держгірпромнагляду, санітарно-епідеміологічного нагляду можуть використовуватись для потреб господарства.

За призначенням у сховищах передбачаються основні і допоміжні приміщення: а) основні: приміщення для осіб, що укриваються; пункт управління; медичні пункти. б) допоміжні: тамбур-шлюзи, тамбури; фільтровентиляційні камери; приміщення для дизельних електростанцій та електрощитових; санітарні вузли і станції перекачування; балонні; приміщення для ємностей запасу питної води; приміщення артезіанської свердловини; приміщення для продуктів харчування та ін., а для сховищ атомних станцій – приміщення для дозиметричного контролю, роздягальні, приміщення для брудного одягу, душові. Кількість місць у сховищі для лежання: 2-ярусні – 20% (від площі основних приміщень); 3-ярусні – 30 %. Кількість сховищ

визначається загальною кількістю місць для сидіння (45×45 см) і лежання ($0,55 \times 1,8$ м). Запас продуктів харчування закладається на 2 доби з розрахунку на 1 людину.

На об'єктах, де найбільша працююча зміна становить 600 чол. і більше, у сховищі передбачається приміщення для пункту управління. На кожні 500 чол. передбачається один санітарний пост площею 2 м^2 .

Протирадіаційне укриття – призначене для захисту осіб, що укриваються, від впливу іонізуючого випромінювання при радіоактивному забрудненні місцевості і допускає безперервне перебування у ньому розрахункової кількості осіб, що укриваються, до двох діб.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено дослідження параметрів токарного оброблення деталей з додатковими опорами. Розроблено відповідну розрахункову схему.

Проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки, що навантажена радіальною силою різання при виконанні операції токарного оброблення. При радіальному навантаженні відбувається прогин заготовки із виникненням в ній внутрішніх напружень. Для досліджень розглянуто три варіанти встановлення і закріплення заготовки: закріплення заготовки у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра із додатковою підримкою двома роликами; закріплення заготовки у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами; також для порівняння додатково проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричної заготовки закріпленої у патроні з опорою на центрувальний отвір на конусі заднього центра без додаткової підримки двома роликами.

Встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні напруження (95 МПа) на валі закріпленому у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами виникають у місці прикладання сили різання та біля конусної поверхні базового отвору. Максимальні напруження на ролику (119 МПа) виникають у місці контакту із заготовкою та на осі обертання ролика.

Також встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні напруження на валі закріпленого у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами виникають у місці прикладання сили різання (188 МПа) та біля основи вала, що закріплюється у патроні (188 МПа).

Встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні деформації (0,053 мм) вала закріпленого у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами виникають у місці зміщеному на 40 мм від місця прикладання сили різання до конусної поверхні базового отвору.

Також встановлено, що при радіальній складовій сили різання 400 Н максимальні деформації (0,756 мм) вала закріпленого у патроні консольно із

додатковою підримкою двома роликами виникають на вільній консольній частині деталі.

Місцями, що мають найменший запас міцності для вала закріпленого у патроні з опорою на центрувальний отвір із додатковою підримкою двома роликами є місця прикладання сили різання та біля конусної поверхні базового отвору. На ролику найменший запас міцності мають вісі обертання ролика.

Місцями, що мають найменший запас міцності для вала закріпленого у патроні консольно із додатковою підримкою двома роликами є місця прикладання сили різання та частина заготовки, що знаходиться на проміжку між роликом та місцем кріплення у патроні.

Одержані величини напружень не перевищують границю текучості матеріалу заготовок та роликів.

Представлено результати експериментальних досліджень величини деформації заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликових опор. Встановлено, що найбільший вплив на величину деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликових опор має діаметр D заготовки. Менший вплив має радіальна складова сили різання P_y і найменший - довжина заготовки L . При збільшенні радіальної складової сили різання P_y , довжина заготовки L величина деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликових опор зростає, а при збільшенні діаметра D заготовки – зменшується.

Максимальне значення величини деформації δ заготовки в процесі токарного оброблення із використанням додаткових роликових опор становить 0,26 мм, а мінімальне – 0,021 мм. Збільшення радіальної складової сили різання P_y від 600 Н до 1000 Н призводить до зростання деформації δ заготовки в 2,5 рази., збільшення довжина заготовки L від 300 мм до 500 мм призводить до зростання деформації δ заготовки в 1,83 рази, а збільшення діаметра D заготовки від 10 мм до 18 мм призводить до зменшення деформації δ заготовки в 2,52 рази.

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі “Вал” 77.805.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М. Методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» Частина І. Розробка креслення та технології виготовлення литої заготовки. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 71 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
12. <https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/article/metalworking/finding-the-right-support-in-long-part-turning>
13. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
14. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
15. <https://www.youtube.com/watch?v=mQtPs3D5FxE>.
16. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Волинець С.Я., Кирик С.С., Тхорик Д.Р. Дослідження деформації ріжучого інструмента для оброблення отворів. Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій": 11-12 грудня 2025 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025.
18. <https://spintechtools.com/wp-content/uploads/2020/05/ATLING-Catalog-web.pdf>.
19. <https://www.youtube.com/watch?v=s2rg5xTAogs&t=3s>.
20. <https://spintechtools.com/products/steady-rest/>.
21. Гевко І. Б., Дячун А. Є., Дубиняк Т. С., Стібайло О. Ю., Гупка А. Б. Технологічні особливості виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11 (42). Ч. І. С. 75- 83.
22. Гевко І. Б., Дячун А. Є., Дубиняк Т. С., Стібайло О. Ю., Золотий Р. З. Дослідження операцій технологічного процесу виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків. Центральноросійський науковий вісник.

Технічні науки. 2025. Вип. 11 (42), Ч. II. С. 99 - 108.

23. Ivan Hevko, Andrii Diachun, Oleg Lyashuk, Yuriy Vovk, Andriy Hupka Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning. Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. IV. DSMIE 2021. Springer, Cham. P. 385-394.

24. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

25. Andriy Diachun, Vasyl Vasylykiv, Oleg Korol, Volodymyr Myhailiuk, Ivan Golovaty, Andriy Kuras. Investigation of geometrical parameters in screw surfaces whirling process. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2021. № 1(101). С. 68–78.

26. Oleg Lyashuk, Andrii Diachun, Ivan Kuchvara, Yuriy Vovk, Volodymyr Dzyura. Study of power parameters of forming profile elliptical screw workpieces. The International Journal of Integrated Engineering. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia Publisher's Office, 2021. Vol. 13 No. 4. P. 142-151.

27. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Третьяков О.Л. Дослідження деформації заготовки в процесі нарізання зовнішніх радіусних канавок пристроєм із декількома різцями. Перспективні технології та прилади. Зб. наук. праць. Луцьк, 2018. Вип. 12. С. 105-110.

28. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Клендій В.М., Третьяков О.Л. Дослідження силових параметрів процесу зміцнення гвинтових поверхонь робочих органів деформуючими пуансонами. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Івано-Франківськ, 2018. №. 1 (66). С. 38-43.

29. Окіпний І.Б., Сенчишин В.С., Ткаченко І.Г., Комар Р.В., Дячун А.Є. Кваліфікаційна робота магістра. Методичні вказівки для здобувачів другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти за спеціальністю G9 Прикладна механіка галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Тернопіль : 2025. 40 с.

30. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Гупка А. Б., Третьяков О. Л. Технологічне проєктування та виготовлення гвинтових транспортно-технологічних робочих органів : монографія. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 457 с.

31. Стручок В.С. “Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник. Тернопіль, 2022. 150 с.