

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Носачова Валентина Сергійовича






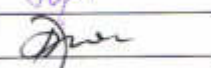

академічної групи 131М-19Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою « Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Підвищення ефективності механічної обробки легованих сталей за умови використання CAD / CAM систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 14.03.21 за № 259-С

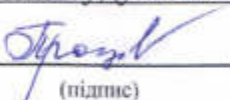
Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Дербаба В.А.	94	відмінно	
розділів:				
Аналітичний	Дербаба В.А.	90	відмінно	
Технологічний	Дербаба В.А.	95	відмінно	
Спеціальний	Дербаба В.А.	90	відмінно	
Науково-дослідницький	Дербаба В.А.	96	відмінно	
Рецензент	Корсун В.І.	94	відмінно	
Нормоконтролер	Проців В.В.	90	відмінно	

Дніпро 2021р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства


(підпис)

В.В. Проців

(прізвище, ініціали)

«22» 02 2021 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Носачов Валентин Сергійович

академічної групи 131М-19Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

спеціалізації технологій машинобудування та матеріалознавства

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Підвищення ефективності механічної обробки легованих сталей за умови використання CAD / CAM систем»

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та оцінка технологічності деталі «Ланка»	12.02.2021
Технологічний	Проектування та опрацювання детальної технології механічної обробки. Розробка комплексу документації	26.02.2021
Спеціальний	Використовувані обладнання базування та контролю розмірів для станку з ЧПК	19.03.2021
Науково-дослідницький	Міцнісний аналіз оброблюваної поверхні в SolidWorks та дослідження виникнення регенеративних автоколивань при фрезеруванні	30.04.2021

Завдання видано


(підпис керівника)

В.А. Дербоба

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

01.02.2021 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії



07.05 2021 р.

Прийнято до виконання


(підпис студента)

В.С. Носачов

(прізвище, ініціали)

Поз.	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. листів	Примітки
			<u>Документація</u>		
A4		TMM.131-ОППМ.21.04ПЗ	Пояснювальна записка	116	
A4		2070743.01140.00012	Комплект техдокументації	24	
			<u>Графічні матеріали</u>		
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.001	Деталь «Ланка»	1	РК
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.002	Заготовка «Ланка»	1	ЗК
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.003	Додаток А	1	-
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.004	Додаток Б	1	-
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.005	Додаток В	1	-
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.006	Додаток Г	1	-
A1		TMM.131-ОППМ.21.04.007	Додаток Д	1	-
TMM.131-ОППМ.21.04ПЗ					
Из	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	
Розраб.		Носачов В.С.			
Керієн.		Дербаба В.А.			
Н.контр.					
Заме.		Проців В.В.			
Матеріали кваліфікаційної роботи				Лист	Листов
				НТУ «ДП» ММФ	

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 116 с, 148 рис, 16 табл., 24 додаток, 28 джерела.

Тема: «Підвищення ефективності механічної обробки легованих сталей за умови використання CAD / CAM систем» затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 14.03.2021 за № 259-с.

Процес механічної обробки поверхонь деталей методом фрезерування на станках з ЧПК сягає одну з найбільш затребуваних способів отримання високоякісних поверхонь. Отже моделювання та оптимізація траєкторій процесу різання, та безпечного використання станка з ЧПК набуває актуального значення.

Об'єкт дослідження (розробки) у кваліфікаційній роботі - процес механічної обробки деталі «Ланка» в САМ-системі Autodesk PowerMill.

Предмет дослідження - технологічні можливості і коректування процесу фрезерування в САМ-системі Autodesk PowerMill, функціональні можливості програми створювати багатоосьові і одночасно безпечні керуючі програми для верстата з ЧПК.

Метою кваліфікаційної роботи є розрахунок оптимальних траєкторій фрезерної і свердлильної обробки для багатоцільових обробляючих верстатів з ЧПУ для підвищення рівня автоматизації сучасного виробництва.

Методика досліджень - комп'ютерне моделювання свердлильних та фрезерних операцій з використанням САМ-програми Autodesk PowerMill.

Результат роботи - Вдосконалення процесу механічної обробки поверхень з застосуваннями комп'ютерної програми Autodesk PowerMill с детальним коректуванням управління траєкторіями руху інструменту. Емпіричні дані щодо встановлення найбільш результуючого та зменшеного часу затрати на обробку поверхонь деталі «Ланка». А також, заміна стандартного ріжучого

інструменту на більш прогресивне і ефективне в умовах сучасного виробництва.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи - формування регенеративних автоколивань при процесі кінцевого та торцевого фрезерування поверхонь з найдальшим аналізом способів зменшення їх впливу.

Практична цінність - рекомендацій для використання еквівалентних технологічних способів виготовлення деталей «Ланка» у виробках авіаційної техніки.

У кваліфікаційній роботі проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі «Ланка», про аргументовано вимоги до форми, точності розмірів та шорсткості її поверхні. Висунуто спосіб одержання заготовки, розроблені детальні технологічні операції. Виконано вибір металообробного верстату з ЧПК та обладнання.

Ключові слова : фрезерування, CAD/CAM системи, колювання, верстат з ЧПК, SolidWorks, ExpressSimulation, технологія.

Зміст

1	Вступ	7
1.1	Сучасний стан об'єкту дослідження	8
1.1.1	Головні положення процесу металообробки поверхонь деталей	8
1.1.2	Аналіз основних понять автоматизації процесу механічної обробки	9
1.1.3	Дослідження інтегрованості та впливу стратегій САМ системи	10
2	Аналітичний розділ	12
2.1	Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлу	13
2.1.1	Проектування 3-D моделі деталі та кресленик деталі	13
2.1.2	Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	14
2.1.3	Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлу	15
2.1.4	Аналіз вибору конструкційного матеріалу	15
2.2	Короткий аналіз технологічності конструкції деталі	16
3	Технологічний розділ	18
3.1	Визначення методу виготовлення конструкції заготовки	19
3.2	Контроль якості заготовки	24
3.3	Роз'яснення вибору технологічної бази для обробки деталі	25
3.4	Проектування операцій технологічного процесу деталі «Ланка»	28
3.5	Проектування технологічного маршруту обробки деталі «Ланка»	30
3.6	Вибір верстатного обладнання	31
3.7	Призначення припусків і розрахунок міжопераційних розмірів	33
3.8	Призначення пристосувань та ріжучого інструменту	34
3.9	Призначення режимів різання	44
3.10	Нормування часу на технологічні операції	44

3.11	Програмування числової програми керування	46
4	Спеціальний розділ	64
4.1	Обладнання для базування заготовки	65
4.2	Вимірювальні системи для верстатів з ЧПК	66
4.2.1	Призначення вимірювального обладнання	66
4.3	Моделювання контролю виміру розмірів та запис управляючого коду для верстата з ЧПК у програмі Autodesk PowerInspect	71
5	Науковий розділ	82
5.1	Введення	83
5.2	Міцнісний аналіз оброблюваної поверхні деталі «Ланка»	83
5.3	Досліджувані елементи, що впливають на вібростійкість	90
5.3.1	Вплив конструктивних і геометричних характеристик кінцевих фрез на вібростійкість процесу фрезерування	96
5.3.2	Дослідження швидкісної зони	102
5.3.3	Дослідження кута нахилу	108
5.3.4	Дослідження впливу стрічки на задній поверхні зуба	112
6	Висновок	112
6.1	Висновок	113
	Література	114
	Комплект Технічної документації	117
	Відомість	141
	Кресленик Деталі	142
	Кресленик Заготовки	143
	Додаток А	144
	Додаток Б	145
	Додаток В	146
	Додаток Г	147
	Додаток Д	148
	Рецензія	149
	Відгук	150

1.1 Сучасний стан об'єкту дослідження

1.1.1 Головні положення процесу металообробки поверхонь деталей

У даний момент нам пощастило жити в швидко розвиваючому світі. Звісно також машинобудівельна індустрія не стоїть на місці, та с кожним днем приносе все більше технологічних вирішень головних проблем промисловості. Механічний процес обробки матеріалу являється одним з основних просувних факторів розвитку світу, адже використовують деталі отримані процесом різання в будь-яких формах індустрій планети, починаючи від ручних часів, та закінчуючи космічним кораблем.

З розвитком механікообробного виробництва збільшується вимоги до отриманих профілю поверхні та точності її оброблення. Одним з найпоширеніших способів отримання даної високотехнологічної поверхні являється фрезерування, яке в свою чергу набирає високих обертів за рахунок своєї продуктивністю, реалізацією та точністю. С розвитком інформаційних технологій та інтегрування їх в машинобудівну промисловість у вигляді станків з ЧПК збільшують потенціал компонування їх з ріжучим інструментом, особливо з фрезами профільного різання:[1]. Основними методами являються :

- торцеві
- циліндричні
- кінцеві
- дискові
- кутові
- нарізні
- черв'ячні

Процес механічної обробки поверхні деталі становить деформування та відділення поверхневої площини з стружкоутворенням. В свою чергу однією з основних складовою впливу на точність обробки становлять змінюючи відстань від поверхні, що піддається процесу різання до кромки обробляючого

інструменту. Другий важливий фактор при процесі різання - механічна жорсткість системи «верстат - інструмент - пристрій - деталь». Дана технологічна система визначається відношенням сили, прикладеної по нормалі до обновлюваної поверхні деталі, до зміщення ріжучої кромки інструмента [2,3].

Враховуючи особливість обраного метода обробки деталі при 80% наявності торцевого, циліндричного та дискового фрезерування, доречно приділити увагу однією з особливостей процесу різання - вибір способу, зустрічного або попутного фрезерування. При зустрічному різанні розподіл сили фокусується на зубі фрези збільшується поступово, а його швидкість та рух подачі заготовки в протилежні напрямки. Товщина при врізанні фрези дорівнює нулю, на виході фрези - максимальна. При фрезеруванні, спостерігаються високі сили тертя, внаслідок чого виникає процес відторгнення заготовки від деталі. При попутному різанні, напрямок руху заготовки та вектор швидкості мають однаковий напрям. Попутне врізання фрези розпочинається з шару найбільшої товщини, тому в момент врізання спостерігається удар. При цієї умови різання позбавляється високих температур та сприятливо впливає на фіксацію заготовки та кріплення пластин фрезерування за рахунок великих сил різання [4].

1.1.2 Аналіз основних понять автоматизації процесу механічної обробки

Сучасне прогресивне середовище машинобудування потребує більш автоматизованого процесу отримання готової продукції, за рахунок скорочення витрату часу на механічну обробку, впровадження інформаційних програм керування виробництва, що в свою чергу тягне до скорочення робочих місць та збереженню фінансових потоків.

Одним факторів автоматизації технологічних процесів механічної обробки являється в автоматичним керуванні станком. Даний елемент повинен своєю унікальністю та обладнанням забезпечувати включення та виключення пристроїв станка, транспортування та установку заготовки, зміна режиму

2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлу

2.1.1 Проектування 3-D моделі деталі та кресленняк деталі

Для моделювання 3D-моделі було використано програму КОМПАС-3D за сформованим заздалегідь креслеником деталі. Також названий пакет програмного продукту надає можливість розрахувати масу деталі, яка використовується для визначення коефіцієнту використання матеріалу при аналізі технологічності обраного методу отримання заготовки.

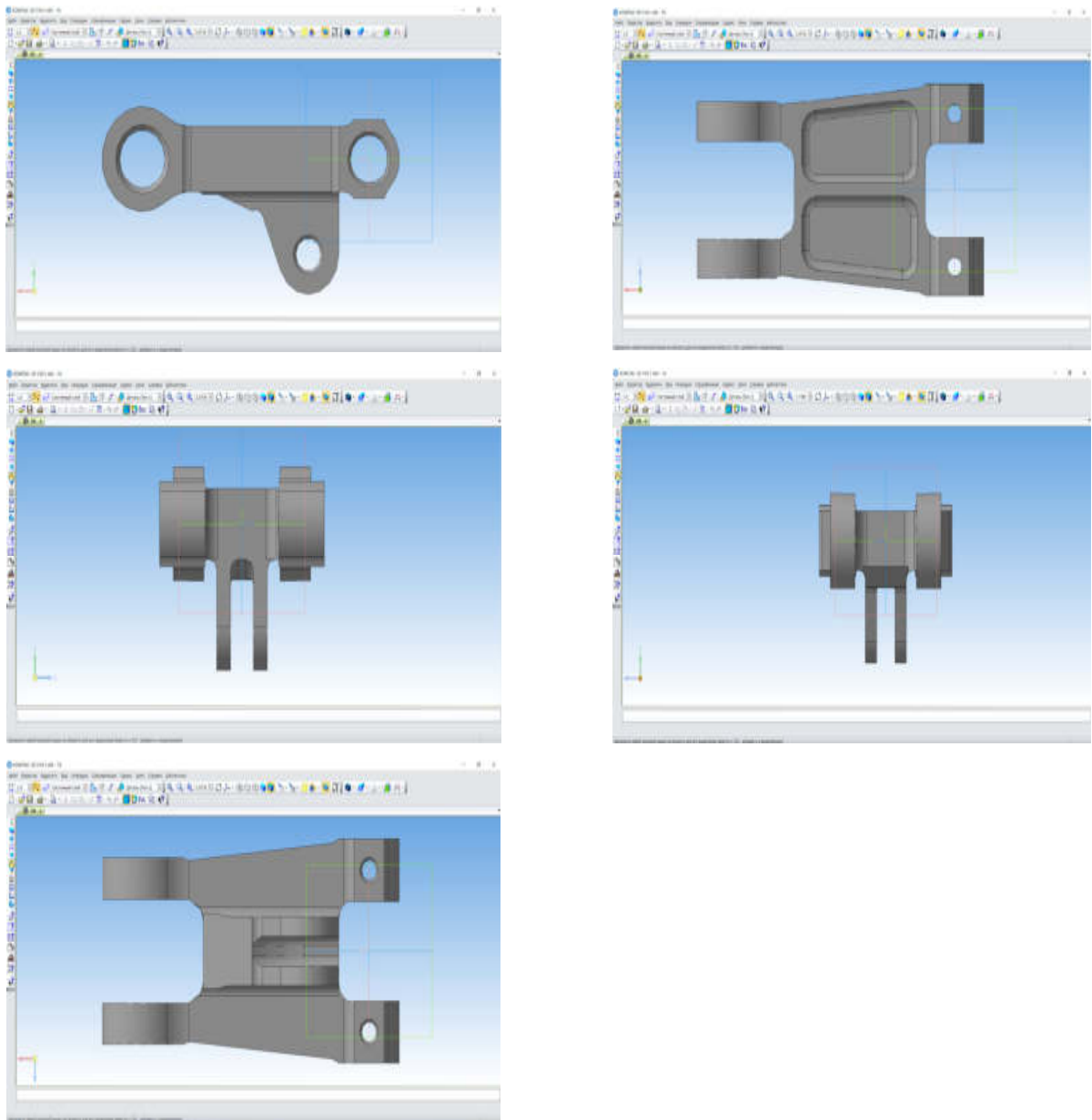


Рисунок 2.1 - 3D-модель деталі «Ланка»

Конструкція деталі володіє 2отв. Ø6Н9, 2отв. Ø10Н7, 2отв. Ø15Н7, 2отв. Ø18Н7. Розташовані отвори в площинах Z0Y та X0Z позбавляють ступенів свободи деталі та переміщення уздовж осі X та Y. Ці дані надають можливість припустити, що «Ланка» є невід'ємною частиною вузла шасі.

Вимоги до точності розмірів робочих поверхонь узгоджені з вимогами до параметрів шорсткості.

2.1.3 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлу

Деталь «Ланка» призначена для з'єднання двох суміжних елементів вузла шасі. Тому наявна можливість зробити висновок, що деталь «Ланка» працює в умовах знакозмінних навантажень. До того ж деталь експлуатується в нормальних умовах, що відзначає відсутність негативного впливу агресивного середовища.

2.1.4 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Заготовка деталі виготовляється з якісної конструкційно легованої сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71, обраний матеріал спроможний забезпечити довготривалу роботу в необхідних експлуатаційних умовах. Високі міцнісні характеристики деталі з середньолегованої сталі 30ХГСА досягаються за рахунок підвищеного вмісту вуглецю і легуючих елементів, що збільшують прокалюваність сталі і міцність фериту, а також застосування термообробки, що в нашому випадку становить загартування деталі при температурі від 860-880 °С в масло з подальшим високим відпуском 540 °С в масло.

Наявність хрому підвищує здатність сталі до термічного зміцнення, також стійкість до корозії і окисленню, та підвищує опір абразивного зносу середньовуглецевої сталі. Марганець в свою чергу сильно скорочує швидкість охолодження і, таким чином, підвищує загартованість. А також границя текучості при розтягу, та міцність підвищуються завдяки марганцю. Властивість кремнію сприяє випаданню графіту і сильно звужує гамма-область, підвищує міцність і зносостійкість та підвищення границі пружності, що задовільно позначається на умовах праці деталі. Легована сталь 30ХГСА у

3.1 Визначення методу виготовлення конструкції заготовки

Найголовнішою частиною розробки технологічного процесу отримання високоякісної та економічно вигідної готової продукції являється вибір способу та виду виготовлення заготовки. Спосіб отримання заготовки визначає наступні елементи технологічного процесу, такі як механічні припуски для оброблення поверхонь заготовки, норми контролю якості отриманої заготовки на наявність внутрішніх та зовнішніх дефектів, величину залишкових напружень, які в свою чергу позбавляються операцією термічного оброблення для їх зменшення в поперечному перерізі. При розробці технології отримання заготовки інженер-технолог повинен, чітко розуміти яким з методів найкраще досягти високу якість та надійність з урахуванням економічних показань. На даний момент в машинобудівній промисловості інтегровані, такі технологічні процеси виготовлення заготовки :

- Заготовки, отриманні литтям
- Заготовки, отриманні тиском
- Заготовки, отриманні зварюванням
- Заготовки, отриманні стандартом сортового прокату
- Заготовки, отриманні порошковою металургією

Основна кількість отриманих заготовок спирається на метод лиття та пластичного деформування під тиском. Вибір методу отримання заготовки являється важливим етапом аналізу та спирається на багаторічний досвід інженера. Розумно доцільний вибір становлять умови максимального зменшення розходу трудових ресурсів, механічних та матеріалу, впровадивши низьку економічну собівартість процесу отримання готової продукції. Умови при яких можливість механічної обробки та забезпечення усіх необхідних вимог робочого креслення деталі. Для вибору найбільш доречного методу, необхідно звернути увагу на конструкційні особливості деталі, її роботи як складальної одиниці в вузлу та фізико-механічні властивості матеріалу.

Найбільш доцільні методи виготовлення заготовки для деталі «Ланка» являються лиття в кокіль, лиття по виплавлюваних моделях, гарячекатана штамповка з застосування матриці. Враховуючи можливість отримання отворів за допомогою методу лиття, та безперечно дорогий метод штампування у 2.5-4 рази за метод в кокіль, та в 1.1-1.5 за спосіб по виплавлюваних моделях. Зробимо висновок, що деталь «Ланка» найбільш доцільно отримати з заготовки лиття, а саме обраним методом в кокіль с піщаними стержнями , адже даним методом отримані поверхні, над якими не здійснюється механічна обробка задовольняє робочий кресленик. Також наявність конструктивних елементів у вигляді отворів, можливість яких отримати за допомогою піщаних стержнів, що суттєво зменшує трудомісткість часу оброблення та збільшує економічну доцільність в порівняння з іншими методами. Крім того присутність двох карманів, які конструктивно призначені для зменшення маси деталі ідеально підходять к отриманню заготовки даним методом. Аналізуючи переваги даного метода, необхідно звернути уваги на такі фактори:

- Висока якість та стабільність механічних властивостей
- Висока продуктивність праці завдяки відсутності трудомістких операцій, а також зменшення витрати ресурсів на виробничі площі, обладнання та очисні споруди.
- Вилучення складних і шкідливих операцій, за яким спостерігається зниження забруднення навколишнього середовища і поліпшення умов праці.
- Можливість багато кількісного використання форм, що надає можливість механічної автоматизації технологічного процесу виготовлення.

Розміри виливків та їхню точність визначимо виходячи з вимог державного стандарту (ГОСТ 26645–85), що поширюється на виливки із чорних і кольорових металів та сплавів. Цей стандарт встановлює допуски

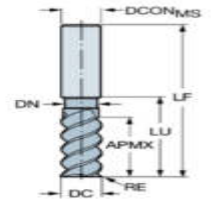


Рисунок 3.6 - кінцева фреза R216.24-20050FCC44P 1620

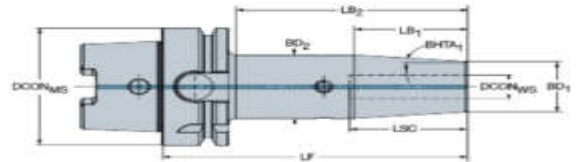


Рисунок 3.7 - патрон HA06-SH20Q-S-120 с термозажимом

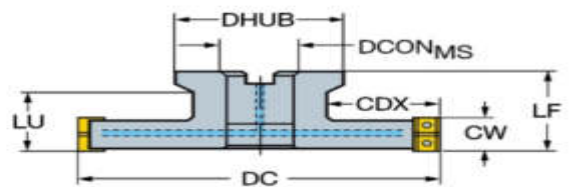


Рисунок 3.8 - дискова фреза R331.35C-063A25CM060

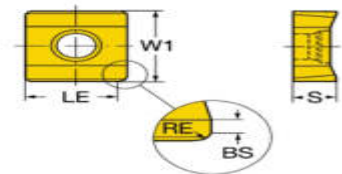
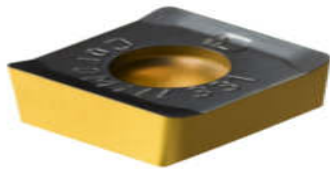


Рисунок 3.9 - пластина дискової фрези N331.1A-04 35 05H-PL4340

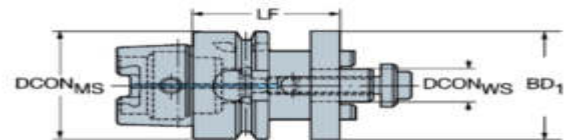


Рисунок 3.10 - патрон 392.41005-63 40 060M

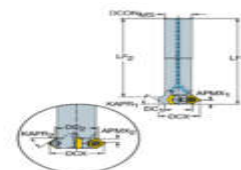


Рисунок 3.11 - торцева фреза 495-012A16-4509L

Використовуємий інтерфейс зі сторони верстата з ЧПК OKUMA 400-VA являється HSK-A-size 63, тому саме з цього powodu усі обрані патрони мають відповідні конструктивні характеристики.

Для підвищення ефективності та безпеки на робочому місці за рахунок надійного закріплення хвостовика інструменту у патроні використовуємо технологію термозажиму, що задовольняє технологічний процес та політику компанії. Для використання даного способу, необхідне спеціальне обладнання за розігріву та охолодження приладів. Використовуємо прибор термозажиму та охолодження Garant Hoffman Group (рис.3.41) с конструкційними модулями :

- Термозажимний прилад с повітряним охолодженням №35 4210_SU1
- Модуль охолодження с охолоджувальним агрегатом №35 4215_CU1



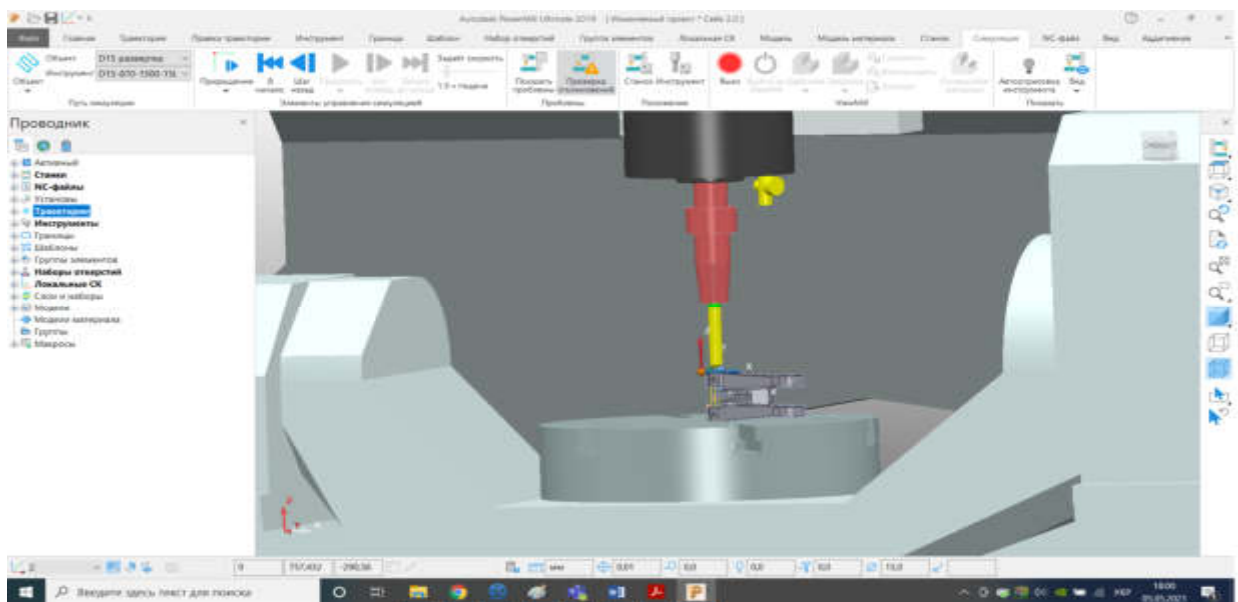
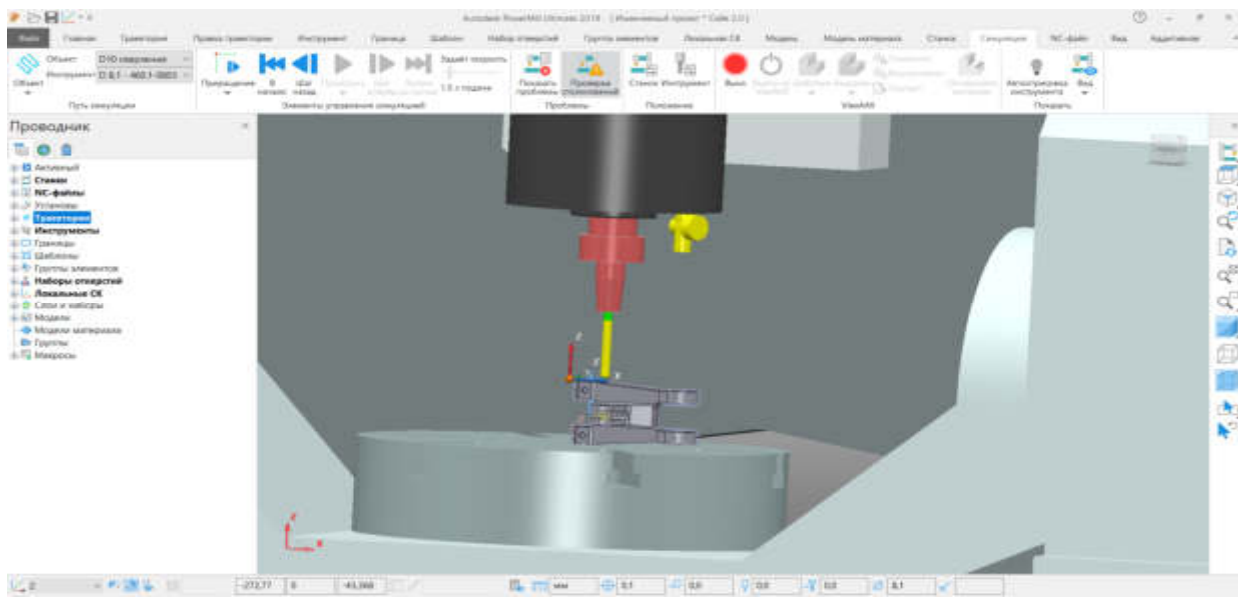
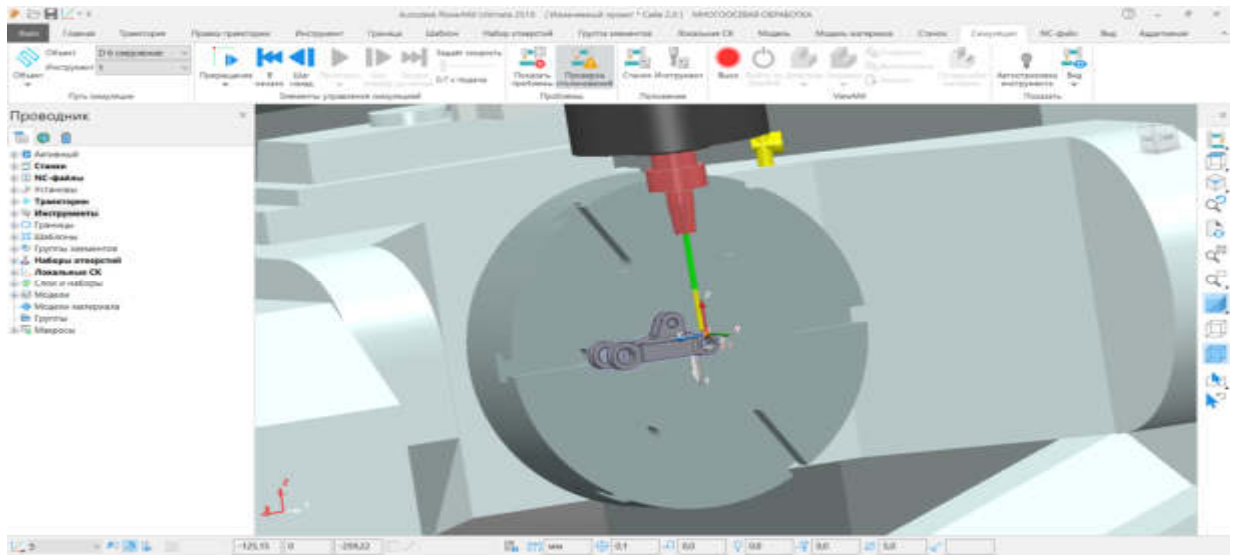
Рисунок 3.41 - Прилад термозажиму та охолодження для закріплення інструменту

3.8 Призначення режимів різання

Режими різання для усіх технологічних переходів для різального інструменту обрано згідно каталогу від компанії Sandvik [9].

3.9 Нормування часу на технологічні операції

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою :



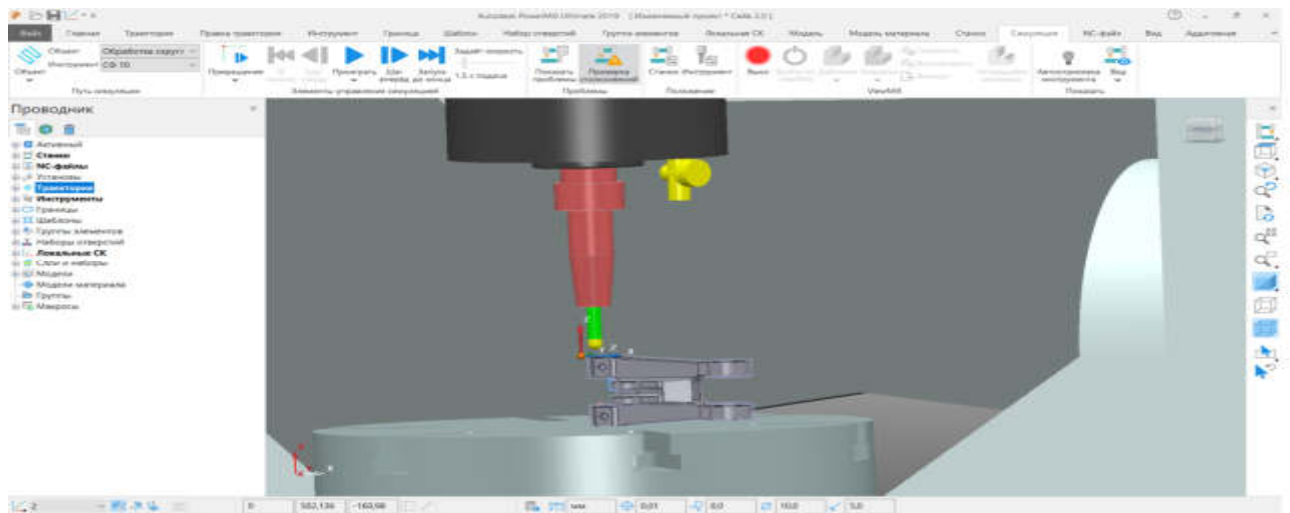


Рисунок 4.46 Інструменти для механічної обробки в програмі Autodesk PowerMill

Як і було описано послідовність проведення обробки в ОК, розпочинаємо програмування з обробки торця деталі. Використовуючи метод «Виборка 3D моделі» дана стратегія є чорною обробкою. Але повністю торець обробити не має можливості, адже деталь має нахилену поверхню до осі на β . Тому саме для цієї обробки використовуємо метод «По шаблону», для даної стратегії будемо шаблон с необхідними розмірами поверхні. Використовуючи даний метод необхідно змінити ось інструмента змінивши кут атаки на β , чорнова та чистова обробка на рисунках 4.47 та 4.48 відповідно. Наступним етапом моделювання керуючої програми становить обробка задньої поверхні деталі «Ланка» використовуємо метод «По шаблону», який забезпечує відповідну характеристику обробки (рис.4.49). Найефективнішим та доцільним методом обробки наступних поверхонь внутрішніх поверхонь застосовуємо дискову фрезу (рис.4.50). Проаналізувавши конструктивні властивості деталі визначаємо необхідність застосування сферичних фрез для оброблення внутрішніх та зовнішніх заокруглень (рис.4.51). Тепер наявна можливість оброблення отворів $\varnothing 15$ (рис.4.52), $\varnothing 18$ (рис.4.53), $\varnothing 10$ (рис.4.54), та останній отвір обробляється завдяки властивості столу верстата, який повертаємо на -90° , та обробляємо $\varnothing 6$ (рис.4.55). Наступними та завершальним етапом становить оброблення 2 радіусних заокруглень на торцевій поверхні (рис. 4.56) та фрезерування торцевою

```

%_N КОД МРР
; (STANOK : Multicut 500S)
; (SYSTEM : Sinumeric 840D)
; (POSTPROCESSOR : Пересохранил Multicut _5ax_coord)
; (DATE : 07/05/2021, TIME : 14:05)
N00002 G40 G17 G94 G90 G71 G64
N00004 TRAORI1
N00006 cycle800()
N00008 ;(----- MILL----- )
N00010 ; (START TOOLPATH : Торец )
N00012 T="Концевая фреза R216.24 20x4"
N00014 ; ( DIAMETER=20 RADIUS=3 MILL LENGTH=38 TOOL ASM LENGTH=120 )
N00016 STOPRE
N00018 M6
N00020 G54
N00022 STOPRE
N00024 DIAMOF
N00026 D1
N00028 SETMS(3)
N00030 Bmill1
N00032 TRANS X0 Y0 Z0
N00034 ROT X0 Y0 Z0
N00036 G0 B0
N00038 SPOS(1)=0
N00040 X12.33 Y3.224 Z5. C=DC(0) B0 S1500 M3=3
N00042 G1 Z4.8 F3000 M8
N00044 Z-.2 F500
N00046 F1000
N00048 X12.989 Y3.275 Z-.991
N00050 X13.907 Y3.345 Z-1.523
N00052 X14.92 Y3.423 Z-1.7
N00054 X16.22 Y3.523
N00056 X17.677 Y3.883
N00058 X19.235 Y4.6
N00060 X20.782 Y5.768
N00062 X22.137 Y7.433
N00064 X23.08 Y9.543
N00066 X23.42 Y11.923
N00068 X23.08 Y14.303
N00070 X22.137 Y16.414
N00072 X20.782 Y18.079
N00074 X19.235 Y19.246
N00076 X17.677 Y19.964
N00078 X16.22 Y20.323
N00080 X14.92 Y20.423
N00082 X13.62 Y20.323
N00084 X12.163 Y19.964
N00086 X10.605 Y19.246
N00088 X9.058 Y18.079
N00090 X7.703 Y16.414
N00092 X6.76 Y14.303
N00094 X6.42 Y11.923
N00096 X6.76 Y9.543
N00098 X7.703 Y7.433
N00100 X9.058 Y5.768
N00102 X10.605 Y4.6
N00104 X12.163 Y3.883
N00106 X13.62 Y3.523
N00108 X14.92 Y3.423
N00110 Z5. F3000
N00112 X91.506 Y14.419

```

Рисунок 4.60 - Код керуючої програми механічної обробки для OKUMA MU

400-VA

4.1 Обладнання для базування заготовки

Інтегрований обробляючий центр Okuma MU-400 VA для виконання повної технологічної обробки деталі «Ланка» не можливо виконати та проконтролювати без належного обладнання для базування заготовки на робочому столу станка. Як вже проаналізовано та підтверджено прилад для здійснення даної вимоги у вигляді багатопозиційних модульних верстатних центруючих лещат 120 мм № 360130-120 (рис.4.1), з призматичними губками для забезпечення покращеного прижиму, а також запобігання відривання № 360148-120 (рис.4.2), та встановлюються у базу направляючу 120 мм № 360080-260 (рис.4.3) від фірми Hoffman Group, які володіють наступними характеристиками :

- Усі робочі поверхні с прецизійної шліфувальної обробки, точність установки 0,03 мм.
- Базова направляюча та губки с загартованим поверхнім шаром.
- Високе зажимне зусилля до 20 кН, максимальний момент затяжки 25 Нм.
- Обробка заготовок с 5 сторон на багатокординатних багатоцільових обробних центрах.
- Регулювання центру $\pm 0,02$ мм.
- Висока повторюваність при позиціюванні 0,02мм.



Контрольно-вимірювальні системи дозволяють виключити з технологічного процесу дорогі прості верстатів і брак, пов'язані з ручним виконанням прив'язки деталі і контролю інструменту.

Спектр рішень для контролю процесів обробки забезпечує системний підхід до усунення можливих відхилень на всіх стадіях процесу обробки. Це досягається завдяки застосуванню новітніх технологій, випробуваних на практиці методів і досвіду фахівців. Вимірювання за допомогою датчиків є загальновизнаним методом, застосування якого забезпечує досягнення максимальних показників ефективності роботи, якості, точності та інших характеристик верстатів. Використання вимірювальних приладів приводить до удосконалення наступних елементів виробництва :

- Підвищення продуктивності існуючого обладнання технології виробництва.
- Збільшення рівня автоматизації і зменшення частки участі операторів в технологічній операції. Можливість впровадити автоматизацію налагодження і процедур вимірювання замість ручних операцій, що впроваджує зниження витрат на оплату праці та використовувати персонал для активного технічного обслуговування.
- Зниження кількості випадків повторної обробки, відступів і браку, даний процес пов'язаної з втратами часу, коштів і матеріалів. Збільшення ступеню відповідності вимогам і стабільність результатів також знизити собівартість одиниці продукції скоротити час налагодження.
- Розширення можливостей і збільшення обсягу виконуваних робіт. На даний час зростає попит на все більш складні роботи, при цьому вимоги до єдності вимірювань в ході технологічного процесу зростають. Запропонувати клієнтам найсучасніші можливості обробки, що призведе до збільшення обсягу більш складних робіт та забезпечить вимоги до простежуваності вимірювань.



Customer	Your customer company name here	Inspector	Your inspector's name here
Description	Your part description here	Customer contact	Your contact person
Part No.	Your part number	Customer phone No.	Your customer phone No.
Drawing number	Your drawing number	Customer fax No.	Your customer fax No.
Datum	Your Datum	Report Type	Your type here

Measure: <Имитация измерения>

Группа геометрических элементов 1

Окружность 1 (Система координат - СКМ (СК модели))							
		И.отк.	В.отк.	Номинал	Измеренный	Отклонение	Диаметр
Центр	X	-0,100	0,100	0,000	-0,050	-0,050	-
	Y	-0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	-
Диаметр	Z	-1,000	1,000	21,000	22,000	1,000	-
		-0,100	0,100	15,000	16,994	-0,004	-

Число точек: 4

Окружность 2 (Система координат - СКМ (СК модели))							
		И.отк.	В.отк.	Номинал	Измеренный	Отклонение	Диаметр
Центр	X	-0,100	0,100	89,500	89,500	-0,000	-
	Y	-0,100	0,100	-0,000	-0,000	-0,000	-
Диаметр	Z	-1,000	1,000	25,000	26,500	1,500	-
		-0,100	0,100	18,000	17,998	-0,002	-

Число точек: 4

Группа контроля 1

Система координат - СКМ (СК модели)



Количество точек	3	Статус	OK	Верхнее отклонение	0,200
Количество нулей	0	Станд. отклонение	0,000	Нижнее отклонение	-0,200
Кол-во точек в пределах допуска	3	Максимальное значение	0,000		
Кол-во точек ниже предела допуска	0	Минимальное значение	-0,000		
Кол-во точек выше предела допуска	0	Проходимость	100%		

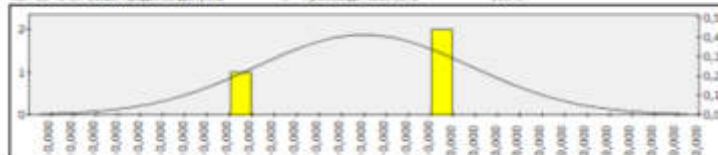


Рисунок 4.10 - Звіт контролю деталі «Ланка»

Також звісно однією з наявних переважних функцій даної програми становить можливість збереженню G коду керуючої програми для систем верстат різних компаній виробників. Даний файл можливо відкрити програмою Word, що відповідно надає можливість редагуванню та добавленню необхідних команд. Але якщо наявний верстат не знаходиться в дному списку, є можливість збереженню в універсальному форматі. На рисунку 4.11 зображено саме такий код керуючої програми для верстата.

```
O8888
(PowerINSPECT PIPartAlign calculated Datum)
(Generated 04/05/2021 21:43)
(PWI File: PowerInspect3)
(Partname <имитация измерения>)
(Number of Digits: 5)
G69
G49
G52 X200.75000 Y222.49836 Z-461.50000
(Set Rotation angle at new origin)
G68 X0.0 Y0.0 Z0.0 R 0.00000
M99
%
```

Рисунок 4.11 - Код керуючої програми деталі «Ланка»

Другою частиною дослідження являється аналіз тих самих поверхонь заготовки отриманої методом лиття. Відповідно усі наступні кроки будуть відтворюватися у тій самій послідовності, та не потребують пояснень. Рисунки 4.12-4.

5.1 Вступ

Фрезерування один з основних методів механічної обробки всіляких поверхонь деталі, з кожним роком машинобудівна індустрія все більш цілеспрямовано розвивається в поліпшення процесу різання і одержуваної поверхні деталі. Переважна кількість поверхонь деталі, які присутні у всеспрямованих галузях промисловості, в більшості випадків набувають методом торцевого і кінцевого фрезерування на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Особливістю кінцевого і торцевого фрезерування поверхонь деталі є поява під час обробки коливань (вібрацій), які в свою чергу погіршують якість і точність обробки поверхонь, а також призводять до прискореного зносу ріжучого інструменту і шпиндельного вузла верстата.

Науково визначено, що при кінцевому фрезеруванні поверхонь деталей, крім вимушених коливань, пов'язаних з входом і виходом зуба фрези в припуск, в певному швидкісному діапазоні виникають регенеративні автоколивання, пов'язані зі зрізанням стружки по хвилястому сліду на поверхні різання, отриманого при попередньому проході зуба фрези. Одним з найбільш ефективних способів зниження збудження коливань є застосування фрез зі змінною геометрією.

Таким чином, визначення швидкісних діапазонів фрезерування поверхонь деталі, в якому різнопохилі ріжучі зуб'я кінцевих циліндричних фрез, а також стрічка на задній поверхні зуба ефективно зменшують коливання і покращують якість обробленої поверхні

5.2 Міцнісний аналіз оброблюваної поверхні деталі «Ланка»

При визначенні основних закономірностей впливу косокутності і різнопохилості зуб'їв кінцевої циліндричної фрези, а також стрічки на задній поверхні зуба на вібростійкість і якість обробки поверхностей елементів деталі «Ланка». Необхідність проведення міцнісного аналізу вибраної для

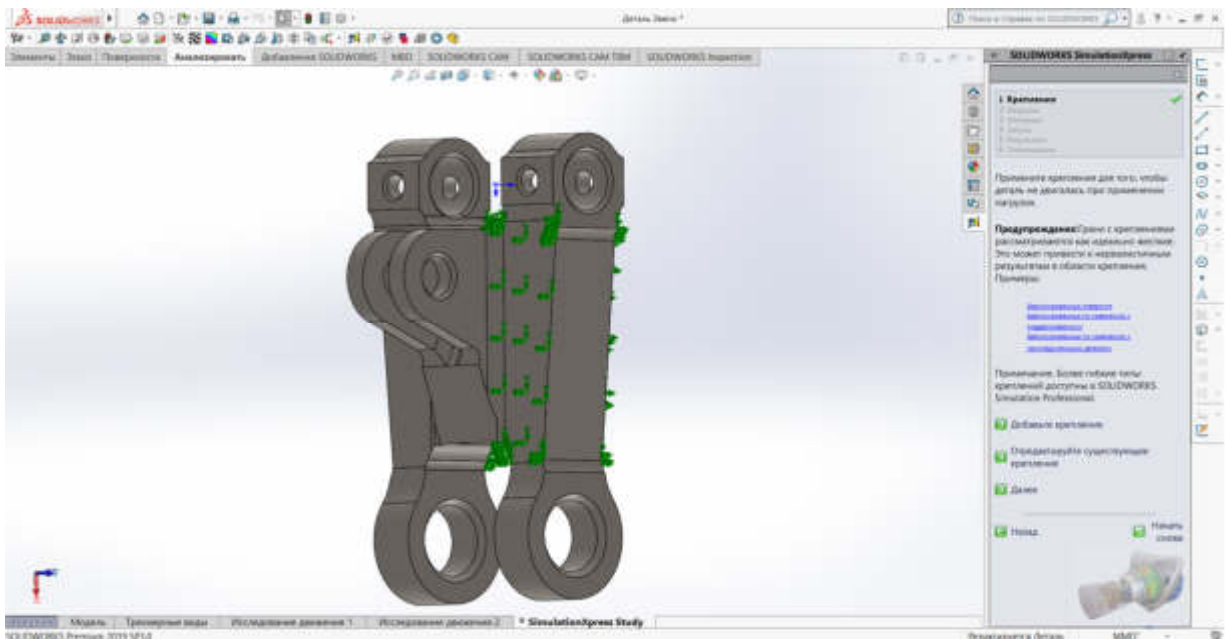


Рисунок 5.3 - Додавання кріплення деталі в модулі SimulationXpress

Додавання сили різання впливає на процес фрезерування внутрішньої поверхні поверхності елемента деталі (рис.5.4). Модуль SimulationXpress використовує одиниці виміру сил в N (ньютонів). Величина сили різання обраної поверхні методом фрезерування дорівнює $P_z = 53 \text{ кг} / \text{мм}^2$ переводиться в систему SI і отримуваний результат $P_z = 5521 \text{ Н}$, вводиться в відповідну графу.

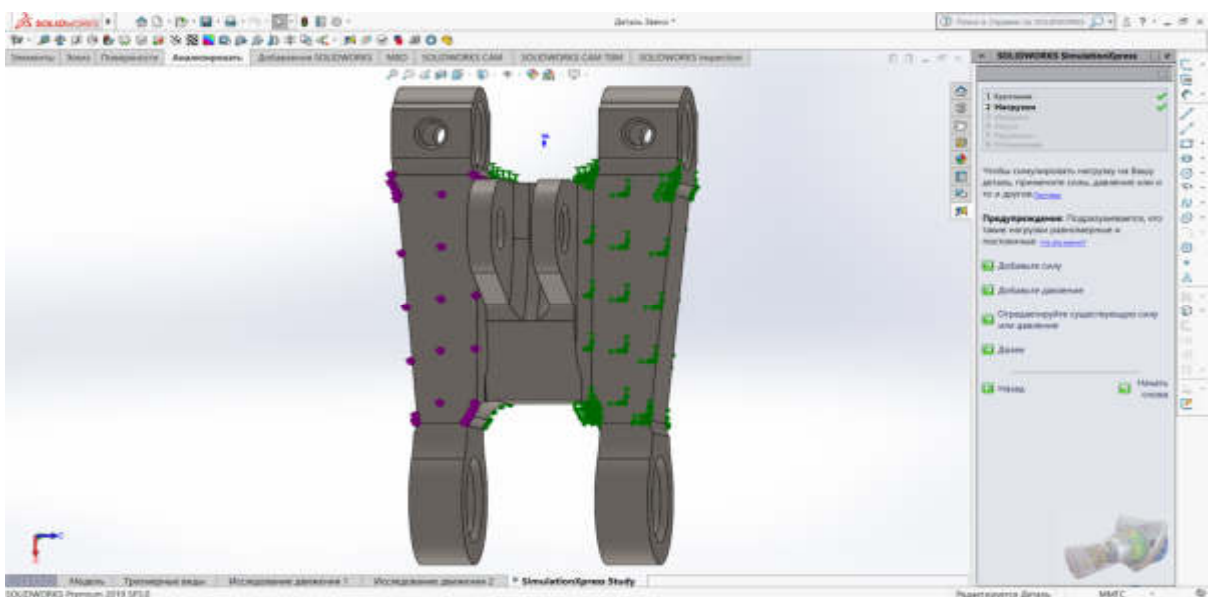
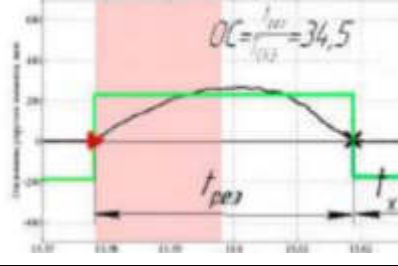
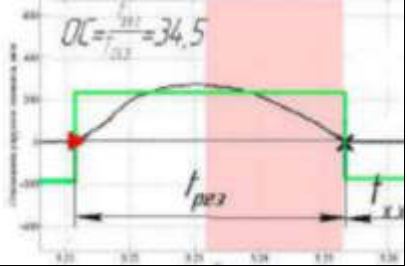
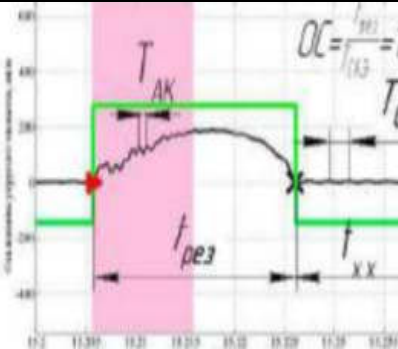
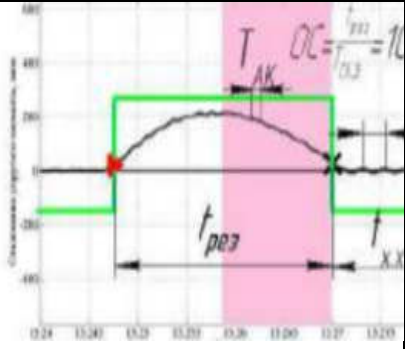
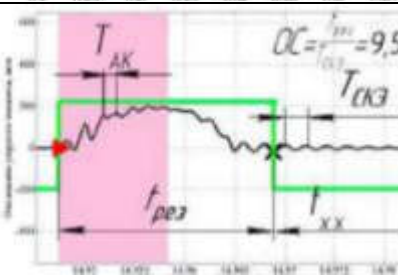
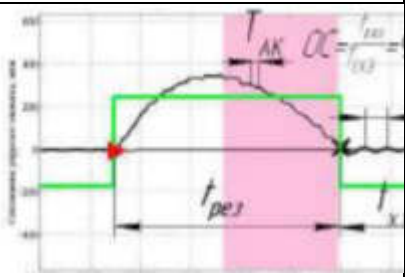
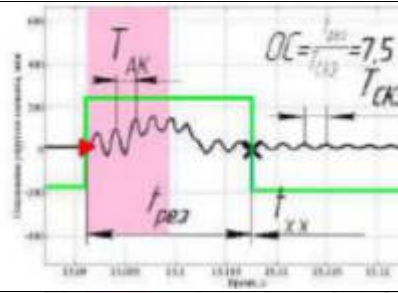
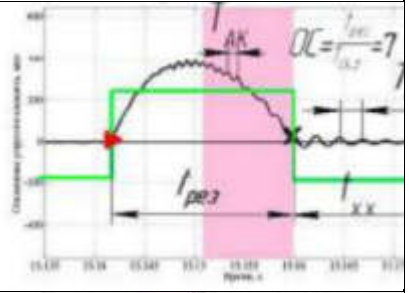
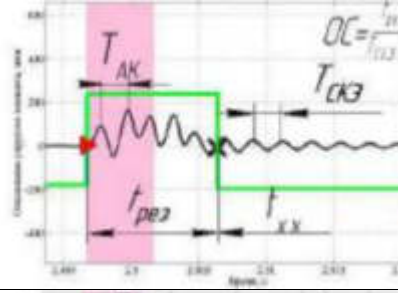
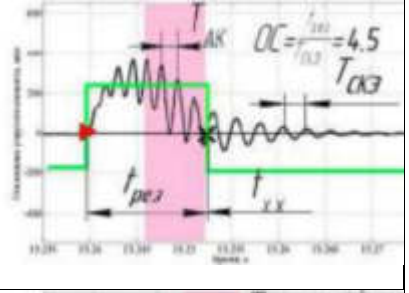
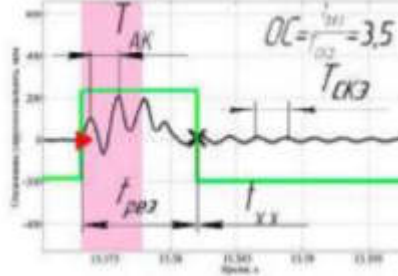
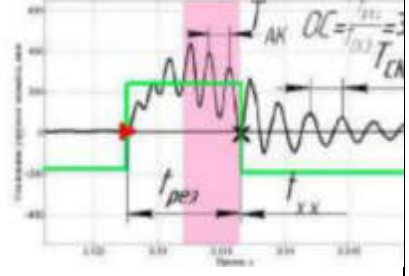
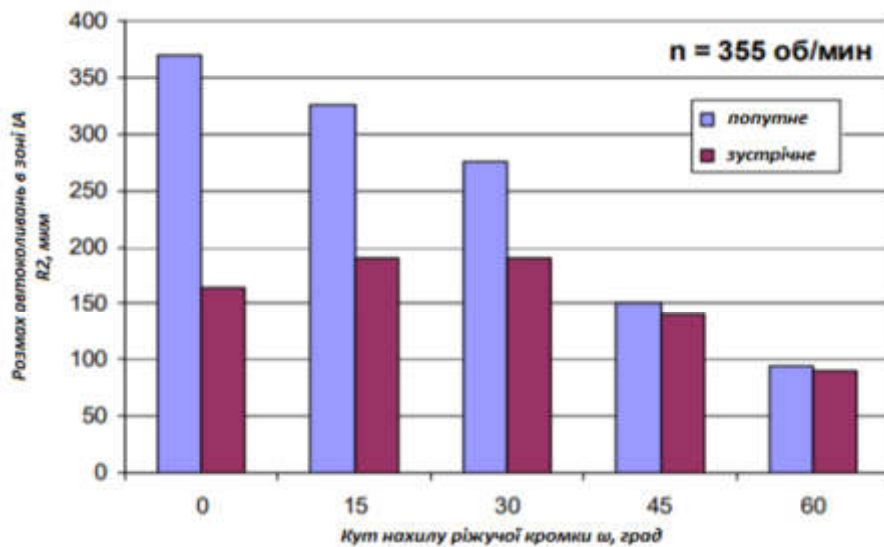
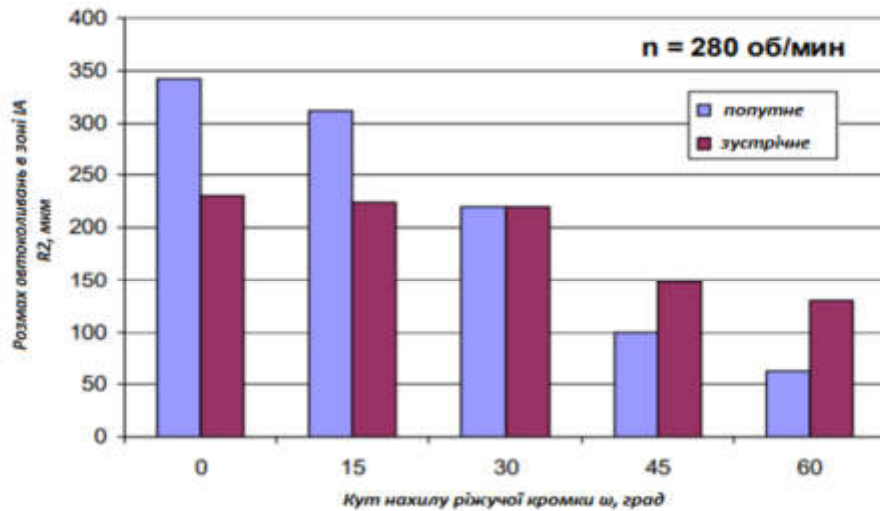


Рисунок 5.4 - Додавання сили різання в модулі SimulationXpress

71 $z = 2$		 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{t_{xy}} = 34,5$</p>	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{t_{xy}} = 34,5$</p>
112	II швидкісна зона $10 > t_{pes} / T_{СКЗ} > 7$	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 10$</p>	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 10$</p>
140		 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 9,5$</p>	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 9,5$</p>
180		 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 7,5$</p>	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 7$</p>
224	III швидкісна зона $7 > t_{pes} / T_{СКЗ} > 1$	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 4,5$</p>	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 4,5$</p>
280		 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 3,5$</p>	 <p>$OC = \frac{t_{pes}}{T_{СКЗ}} = 3$</p>

355	<p style="text-align: center;">IV швидкісна зона $OC = t_{pe3} / T_{CK3} < 1$</p>		
450			
560			
710			
900			
1120			
1400			

зазначається стандартними документами (ГОСТ, ОСТ). У цьому діапазоні спостерігається значне підвищення вібростійкості фрези, особливо при попутному фрезеруванні. Збільшення кута ω більше 45° не рекомендується через різке зниження стійкості фрези [22]. На рис. 5.15 розглянуті результати вимірювань параметра R_2 при $n = 280$ об/мин, $n = 355$ об/мин и $n = 560$ об/мин.



6.1 Висновок

Виконуючи дипломну роботу однією з найголовніших поставлених питань було апгрейд ефективності виробництва з використанням усіх можливих варіантів. Починаючи з метода виготовлення заготовки до механічної обробки деталі.

В технологічному розділі основним методом зменшення витрат часу на механічну обробку деталі становило написання та максимальне автоматизація керуючої програми. Це становило вдосконалення процесу механічної обробки поверхень з застосуваннями комп'ютерної програми Autodesk PowerMill с детальним коректуванням управління траєкторіями руху інструменту. Що значно зменшило час витрату на процес різання.

В спеціальній частині основним напрямком дослідження та діяльності становило вдосконалення контролю розміру деталі під час механічної обробці. Що також в свою чергу сприяло на позитивне скорочення часу, яке надає можливість значного підвищення кількості виготовленню деталей.

Мета наукової частини створення більш економічно та технологічно придатного інструмента с вібростійкості при фрезеруванні. Також визначення основних закономірностей впливу косокутність і різнопохилості зубів циліндричної фрези, а також стрічки на задній поверхні, зуба на вібростійкість і якість обробки поверхонь деталі «Ланка», зниження утворених коливань при процесі різання. Усі дослідження це розумне введення отриманих даних в процес виготовлення деталі «Ланка».

Література

1. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. — М.: Высш. шк., 1985. — 304 с. ил. [С.219]
2. Корчак, С. Н. Прогнозирование точности и качества при проектировании технологических процессов механической обработки: Учебное пособие. — 2-е изд., перер. и доп. / С. Н. Корчак, В. И. Гузеев, Г. И. Буторин и др.; Под общ. ред. В.И. Гузеева. — Челябинск: ЮУрГУ, 2006. — 66 с.
3. Гузеев, В. И. Теория и методика производительности контурной обработки деталей разной точности на токарных и фрезерных станках с ЧПУ: дис. ... докт. техн. наук. — Челябинск: ЧГТУ, 1994. — 517 с.
4. Никитенко, В. М. Технологические процессы в машиностроении : учебно-лабораторный практикум / В. М. Никитенко. — Ульяновск : УлГТУ, 2012. — 36 с.
5. Аверченков А.В., Терехов М.В., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А., Шкаберин В.А. Станки с чпу: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка
6. Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косое, В.Г. Митрофанов, Ю.М. Соломенцев, Н.М. Султан-Заде, А.Г. Схнртладзе. Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/Е.Р. Ко-вальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. — 2-е изд., испр. — М.: Высш. шк., 1999. 1999
7. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов вузов. / Под ред. Харченко А.О. - К.: ИД «Профессионал», 2004. - 304 с.
8. Михалев О. Н. Повышение степени автоматизации САД/САМ-систем/ О. Н. Михалев, А. С. Янюшкин// Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссий-ской научной конференции молодых ученых в 7-ми ч. Ч. 3.— Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007.— С

9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением/ Москва Экономика.
10. <https://ritm-magazine.ru/ru/public/stanok-s-chpu-izmerenie-i-kontrol>
11. Рекламный проспект m&h «Системы размерной настройки инструмента»
12. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>
13. Дроздов Н. А. Возникновение автоколебаний в станках и виброустойчивость станков : автореф. дисс. на соискание учен. степени кандидата техн. наук / Н. А. Дроздов. – Москва, 1957. – 13 с.
14. Зарс В. В. Вопросы самовозбуждения вибраций металлорежущих станков: автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 05.03.01 / В. В. Зарс. – М., 1973. – 32 с.
15. Каширин А. И. Исследование вибраций при резании металлов / А. И. Каширин. – М. : Издательство АН СССР, 1944. – 132 с.
16. Амосов И. С. Экспериментальные и теоретические исследования вибраций при точении : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / И. С. Амосов. – Д., 1950.
17. Budak E. An Analytical Design Method for Milling Cutters With Nonconstant Pitch to Increase Stability, Part 2: Application / E. Budak // ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering. – 2003. – Vol. 125. – P. 35–38.
18. Budak E. Analytical Prediction of Chatter Stability Conditions for Multi-Degree of Systems in Milling. Part I: Modeling / E. Budak, Y. Altintas // Transactions of ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. – 1998. – Vol. 120. – P. 22–30
19. Кучма Л. К. Вибрации при работе на фрезерных станках и методы их гашения / Л. К. Кучма. – М. : СССР, 1959. – 122 с.
20. Бобров В. Ф. Основы теории резания материалов / В. Ф. Бобров. – М. : Машиностроение, 1975. – 344 с

21. Колебания при фрезеровании тонкостенных элементов деталей под редакцией доктора технических наук, профессора Внукова Ю. Н. 2017. – 94 ст.
22. Логоминов В. А. Формирование шероховатости обработанной поверхности при концевом цилиндрическом фрезеровании тонкостенных элементов деталей : дисс. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Логоминов Виктор Алексеевич. – Запорожье, 2013. – 226 с.
23. Бобров В. Ф. Основы теории резания материалов / В. Ф. Бобров. – М. : Машиностроение, 1975. – 344 с
24. Бобров В. Ф. Влияние угла наклона главной режущей кромки инструмента на процесс резания металлов / В. Ф. Бобров. – М. : Машгиз, 1962. – 152 с.
25. Основы теории резания материалов: учебник [для высш. учебн. заведений] / [Мазур Н. П., Внуков Ю. Н., Грабченко А. И. и др.] ; под общ. ред. Н. П. Мазура и А. И. Грабченко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.
26. Розенберг А. М. Теория работы цилиндрической фрезы со спиральным зубом / А. М. Розенберг, В. В. Суднишников // Вестник металлопромышленности. – 1933. – № 4. – С. 36–48.
27. Колебания при фрезеровании тонкостенных элементов деталей под редакцией доктора технических наук, профессора Внукова Ю. Н. 2017. – 150-153 ст.
28. Tlusty J. Analysis of the State of Research in Cutting Dynamics / J. Tlusty // Annals of the CIRP. – 1978. – Vol. 2. – P. 583– 589.

Дубл.										
Взам.										
Подл.										
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	
								2	1	

НТУ «ДП»

ТММ.131-ОНПМ.21.04.ТД

02070743.01140.00001

Ланка

ДП

Міністерство освіти та науки України

Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка»**КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

на ЕТП обробки різанням

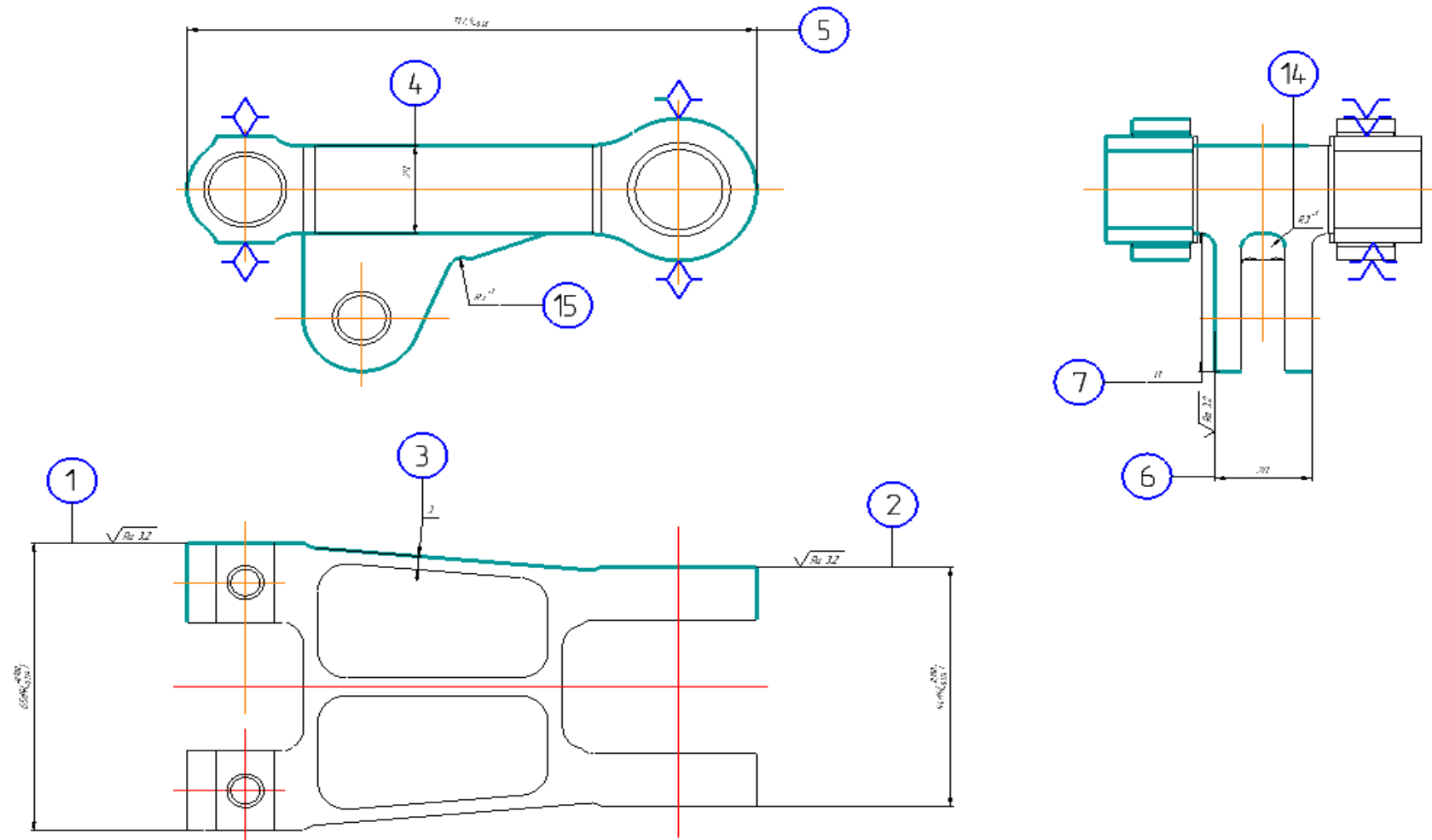
Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
											Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата				
											02070743.10040.00000				2	1								
Разраб	Носачов								<i>НТУ «ДП»</i>				ТММ.131-ОНПМ.21.04.ТД				02070743.10140.00001							
	Дербаб																							
Н. контр.	Проців В.В.								<i>Ланка</i>															
<i>М01</i>	30ХГСА ГОСТ 11269-76/Виливка																		Houghton Adrana DF 200					
<i>М02</i>	Код	ЕВ	МД	ЕН	Нрасх.	КИМ	Код загот	Профиль и размеры			КД	МЗ												
	-	кг	0,496	1	1,29	0,77	Виливка	117,5×65			1	0,643												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа															
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт							
А 03	10	4	12	05	4237	Комплексна на обробних центрах з ЧПК		02070743.60140.00001; ТТИ 102.25240.00105; ИОТ 5-15																
Б 04	292150, MU400VA						-	15292	5	-	1	1	1	-										
05																								
А 06	10	5	20	15	5030	Термообробка - закалка		02070743.60150.00004; ТТИ 102.25240.00105; ИОТ 5-15																
Б 07	хххххх, Термопіч і ванна						-	13392	3	-	1	1	1	-										
08																								
А 09	10	6	28	20	0125	Мийна		02070743.60001.00005; ТТИ АК-95; ИН -143																
Б 10	хххххх, Ванна						-	ххххх	3	-	1	1	1	-										
11																								
А 12	10	10	26	25	0270	Контрольна		02070743.30103.00006; ТТИ 102.25240.00102																
Б 13	хххххх, Стол БТК						-	ххххх	3	-	1	1	1	-										
14																								
15																								
16																								

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------	------

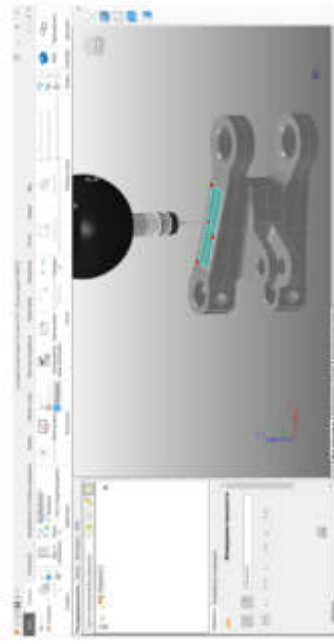
02070743.60040.00001

Разраб	Носачов В.С. Дербаба В.А.			НТУ «ДП»	ТММ.131-ОНПМ.21.04.ТД			02070743.20040.			
Н. контр.	Проців В.В.			Ланка				10	4	12	05

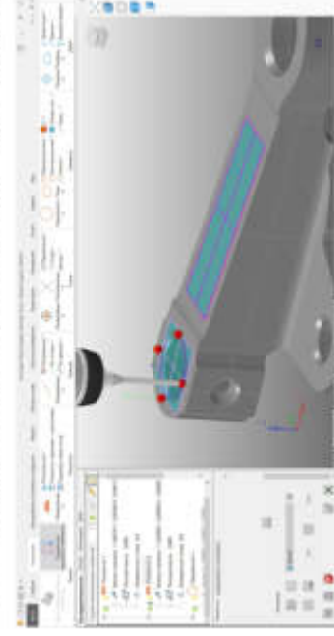


Додаток Б до спеціального розділу

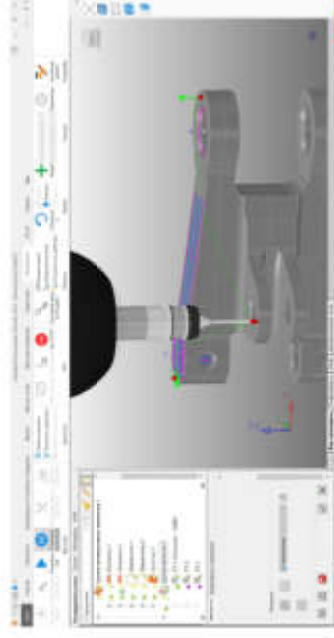
Програмування керуючої програми з контролю розмірів для верстата з ЧПК
за допомогою Autodesk PowerInspect



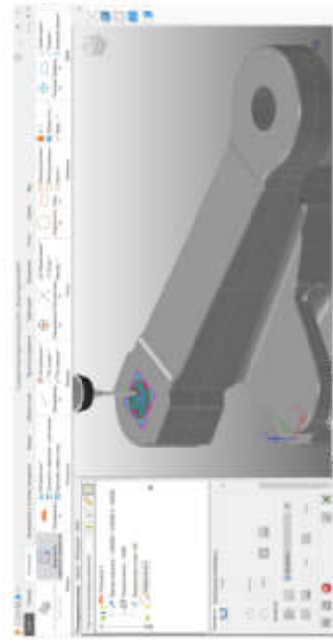
Контроль поверхні на кут нахилу
деталі "Ланка"



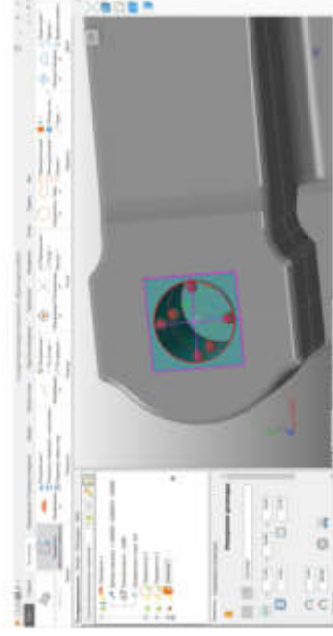
Визначення центру отвіру $\phi 15$
деталі "Ланка"



Аналіз групи контролю з різних поверхонь
деталі "Ланка"



Контроль отвіру $\phi 9,8$ ($\phi 15$)
заготовки "Ланка"



Контроль циліндричності отвіру $\phi 9,8$ ($\phi 15$)
заготовки "Ланка"

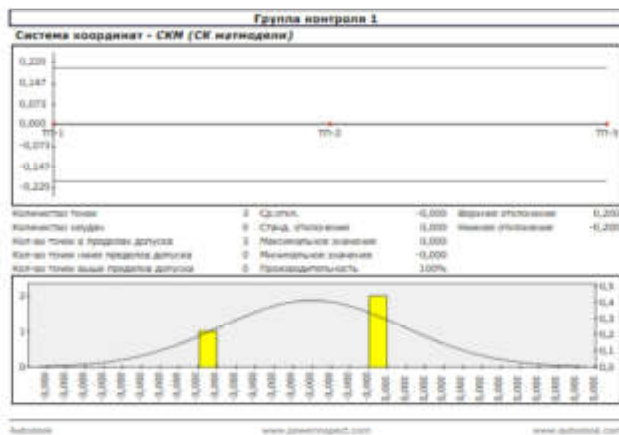
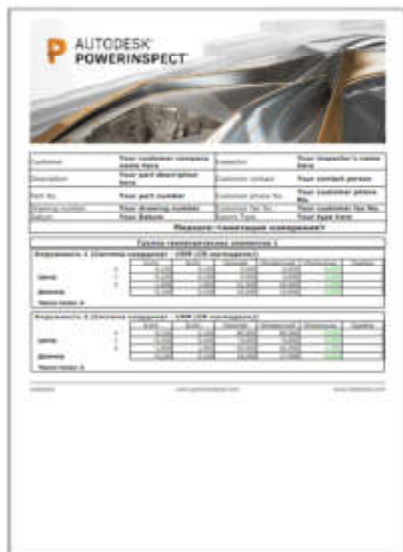


Аналіз групи контролю з різних поверхонь
заготовки "Ланка"

Додаток В

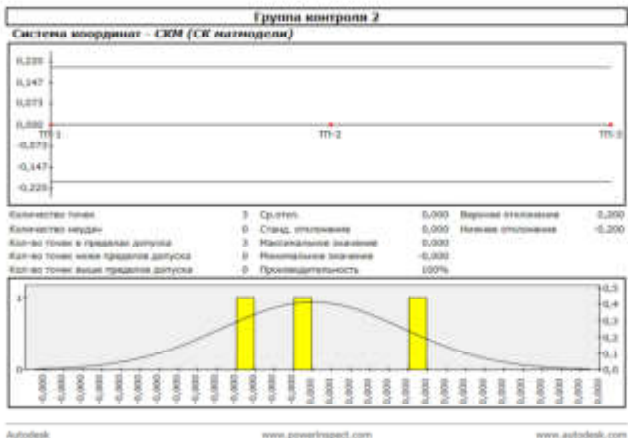
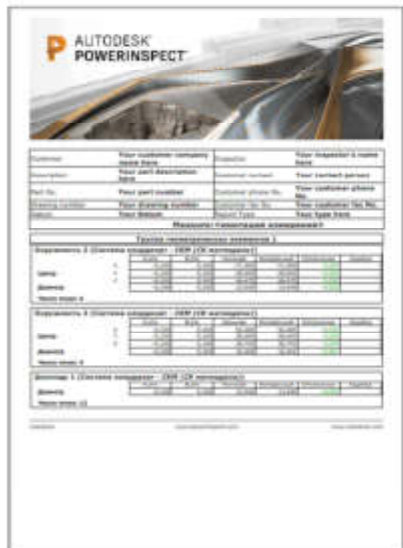
до спеціального розділу

Програмування керуючої програми з контролю розмірів для верстата з ЧПК за допомогою Autodesk PowerInspect



O8888
 (PowerINSPECT PIPartAlign calculated Datum)
 (Generated 04/05/2021 21:43)
 (PWI File: PowerInspect3)
 (Partname <имитация измерения>)
 (Number of Digits: 5)
 G69
 G49
 G52 X200.75000 Y222.49836 Z-461.50000
 (Set Rotation angle at new origin)
 G68 X0.0 Y0.0 Z0.0 R 0.00000
 M99
 %

Звіт та управляючий код програми для деталі "Ланка"



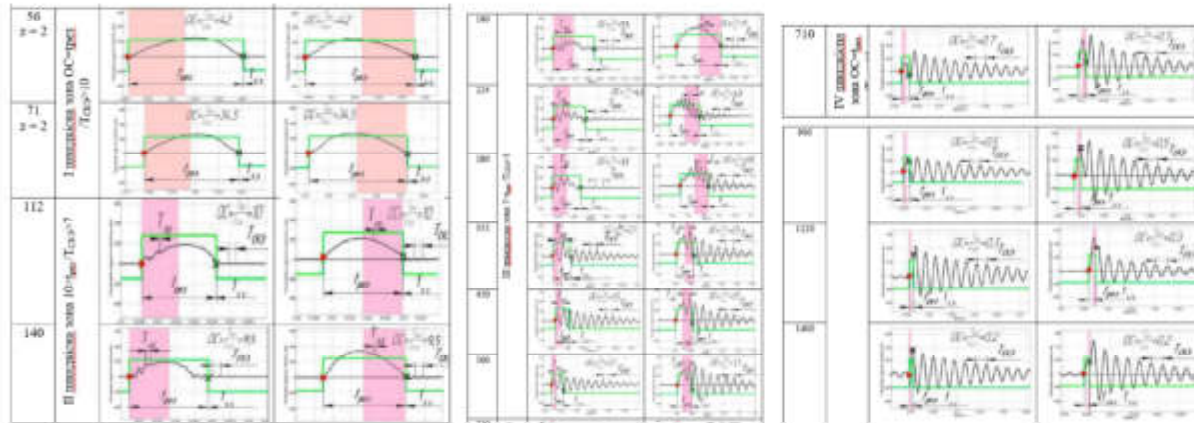
O8888
 (PowerINSPECT PIPartAlign calculated Datum)
 (Generated 04/05/2021 21:44)
 (PWI File: PowerInspect4)
 (Partname <имитация измерения>)
 (Number of Digits: 5)
 G69
 G49
 G52 X 4.64750 Y-10.72734 Z46.47500
 (Set Rotation angle at new origin)
 G68 X0.0 Y0.0 Z0.0 R 0.00000
 M99
 %

Звіт та управляючий код для заготовки "Ланка"

Додаток Д

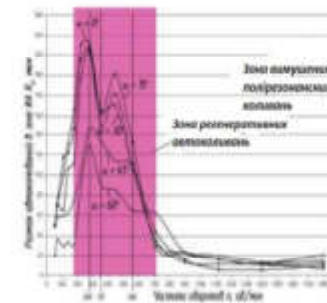
до науково – дослідницького розділу

Міцнісний аналіз деталі "Ланка" в програмі SolidWorks та дослідження утворення коливань при кінцевому фрезеруванні

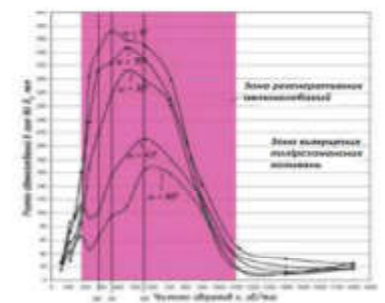


Дослідження впливу частоти обертання фрези на збудження коливань при зустрічному і попутному фрезеруванні

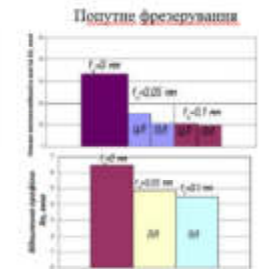
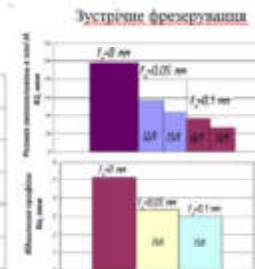
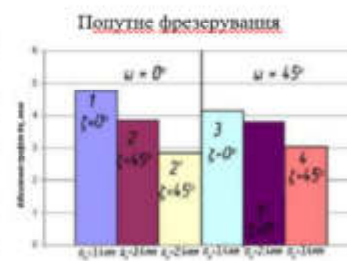
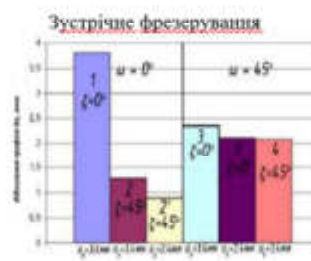
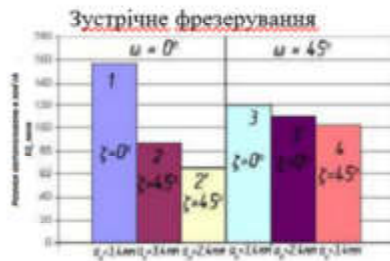
Зустрічне фрезерування



Попутне фрезерування



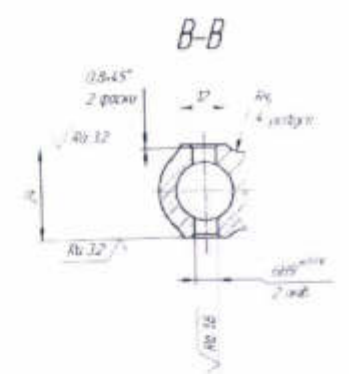
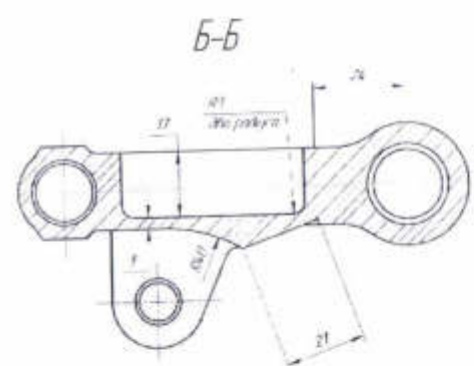
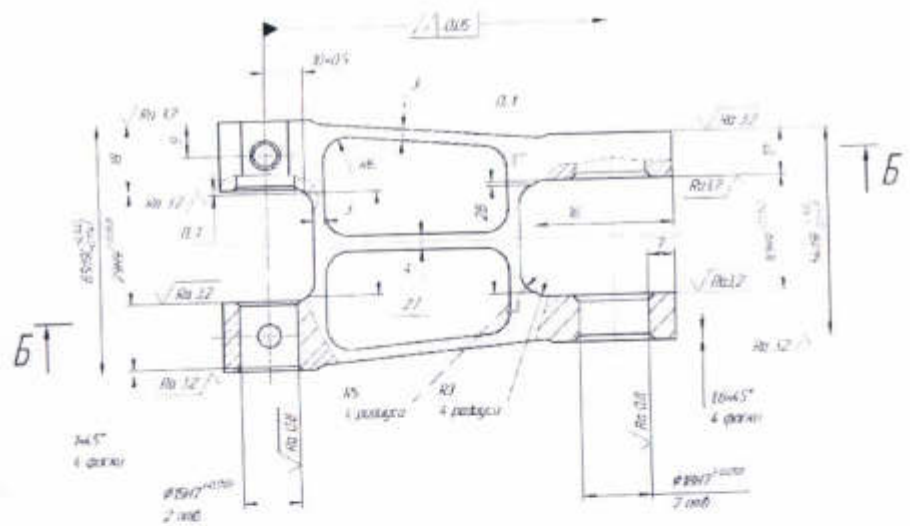
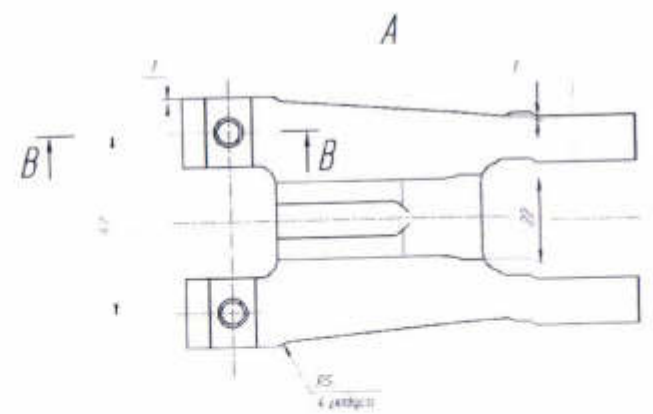
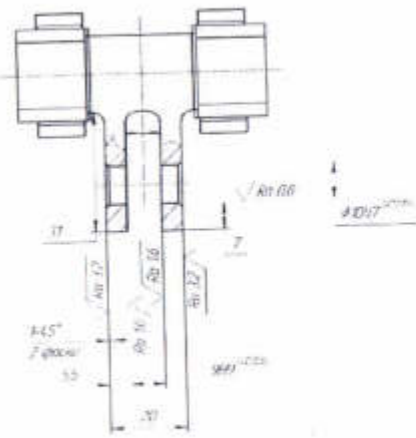
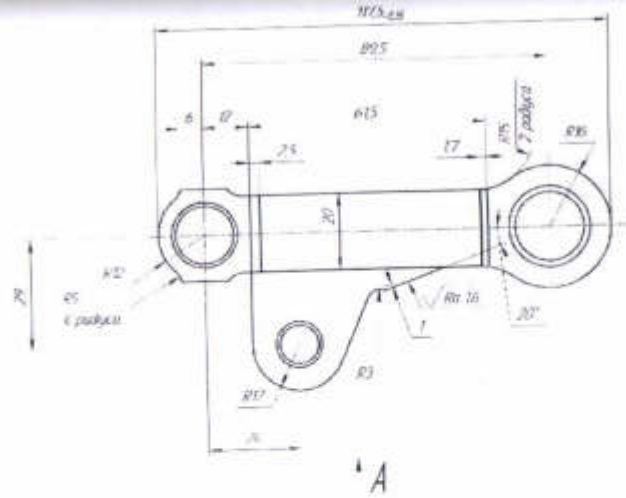
Вплив кута нахилу ріжучої кромки фрези на размах автоколивань



Вплив нахилу осі фрези на размах автоколивань при різних нахилах ріжучої кромки

Вплив нахилу осі фрези на відхилення параметра Ra при різних нахилах ріжучої кромки

Вплив циліндричної і плоскої стрижки на задній поверхні зуба кінцевої фрези на размах автоколивань та параметр Ra



До Закупу

- 1 Диаметр 20-20 мм
- 2 Радиусы фаски R16 R17 R18
- 3 Диаметр радиуса R 2 мм
- 4 Радиусы фаски R16 R17 R18

ТММ131-087М2104.001		№	Изм.	Всего
Деталь "Линка"		149	251	
ГОСТ 1269-76		ИТУ "ИТ"		

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

студента гр. 131м-19н-1

Носачов Валентин Сергійович

НТУ «Дніпровська політехніка»

на тему:

«Підвищення ефективності механічної обробки легованих сталей за умови використання CAD / CAM систем»

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно отриманого завдання, затвердженого завідувачем кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства. В науково-дослідній роботі магістра наявна ідеологія автоматизації та удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі при застосуванні сучасного обладнання та інтеграція отриманих оптимізацій процесу різання при комп'ютерному моделюванні механічної обробки деталі.

Валентин Носачов доцільно та чітко змоделивав об'єкт розроблення дипломної роботи як раціональний технологічний процес виготовлення деталі з застосуванням сучасних систем програмування для обробки та контролю виміру розмірів деталі і верстатного обладнання з числовим програмним керуванням

Метою кваліфікаційної роботи являється розрахунок оптимальних траєкторій фрезерної і свердлильної обробки для багатоцільових обробляючих верстатів з ЧПУ для підвищення рівня автоматизації сучасного виробництва.

Наукова частина дипломної роботи полягає у складанні методичних вказівок з оптимізованого міцнісного розрахунку деталі при застосуванні комп'ютерних систем та дослідження вібростійкості при кінцевому фрезеруванні та утворенню коливаль.

Роботі можна висловити декілька зауважень. Авторіві варто було б приділити більше уваги до розрахунку міцнісного аналізу деталі в декількох CAE-системах, а також спробувати інтегрувати аналізовані дані щодо вібростійкості інструменту з подальшим використанням його при механічній обробці деталі.

Виявлені зауваження ніяк не знижують цінності здійснених автором розробок. Кваліфікаційна робота варта оцінки «відмінно» (92-94 балів), а Носачов В.С. заслуговує здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 131 Прикладна механіка за ОНП «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

**Рецензент д.т.н, професор
кафедри комп'ютерно-інтегрованих
технологій та автоматизації
ДВНЗ «Український державний
хіміко-технологічний університет»**

**В.І. Корсун**

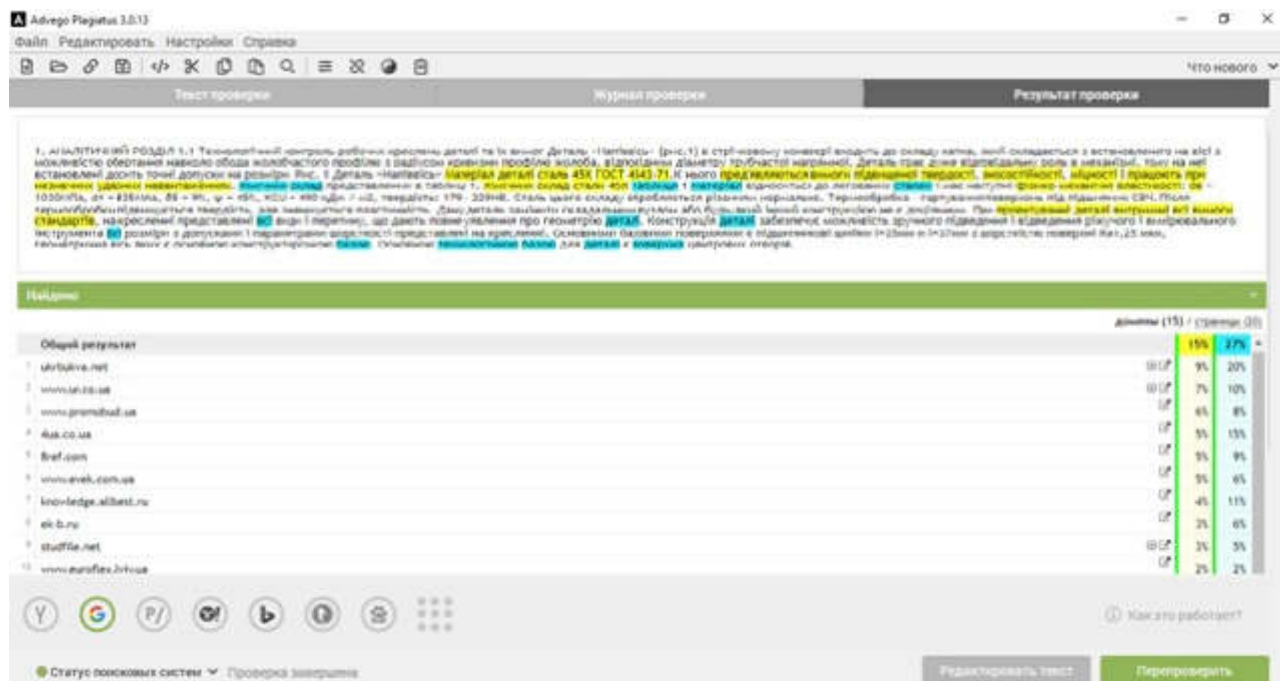
19 травня 2021 р.

Результат перевірки унікальності тексту

випускної кваліфікаційної роботи магістра Носачов В.С.

Advego Plagiat <https://advego.com/antiplagiat/>

Дата перевірки: 10 травня 2021 року;
Інструмент перевірки: ADVEGO Plagiat 3.0.16 for Windows 10 x64 bit
Пошукові системи: Google, DuckDuckGo
Зміст перевірки: пояснювальна записка та додатки роботи
Кількість перевірених символів: 61204
Унікальність за фразами, %: 85
Унікальність за словами, %: 73
Збіги, %: 15
Рерайт, %: 27



Процент заповнення: 100%

Унікальність: по фразах 85% / по словам 73%

Виконавець кваліфікаційної роботи _____ В.С. Носачов

Керівник кваліфікаційної роботи _____ В.А. Дербаба

Перевірив текст _____ В.А. Дербаба

Завідувач кафедри _____ В.В. Проців

