НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Шевченко В.В.
«13» 12 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві приладів»

на тему: «Автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблювальному центрі»

Виконав:
студент VI курсу, групи ПБ-71мп
Манзюк Юрій Юрійович

Керівник:
Професор, доктор технічних наук
Антонюк В.С.

Консультант з «Розроблення стартап-проекту»:
к.е.н., доцент Бояринова К.О

Рецензент:
д.т.н. проф. каф. ПБ Кириченко Ю.В.

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 151: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Шевченко В.В.
«05» 11 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Манзюку Юрію Юрійовичу

1. Тема дисертації «Автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблювальному центрі», затверджена наказом по університету від "05" 11 2018 р. №1078-с

2. Термін здачі оформленої дисертації "17" грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження – сучасні засоби контролю, які використовуються у приладобудівному виробництві.

4. Вихідні дані: автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблювальному центрі.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

5.1.1 Провести аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел щодо видів контролю деталей.

5.1.2 Проаналізувати особливості сучасних засобів контролю.

5.1.3 Розробити автоматизовану систему контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі.

5.1.4 Створити програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6.1 Автоматизована система контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі, яка включає:

1. Підпрограми для прив'язки системи координат заготовки до системи координат верстата.

2. Цикли виміру геометричних елементів заготовки/деталі: радіальні вимірювання, вимірювання по діаметру, заміри ребер/канавок, вимірювання довжини, передача інформації;

3. Вимірювальні цикли для контролю деталі/заготовки на оброблювальному центрі верстаті.

6.2 Програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

7.1 Подання та опублікування однієї статті в науковому журналі.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5. Стартап проект «Автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблювальному центрі»	Бояринова К.О., кандидат економічних наук, доцент		

9. Дата видачі завдання 10 вересня 2018 р.

Антонюк В.С.

ведення контролю

матеріалу:

пусних деталей

заготовки до

еталі: радіальні

к, вимірювання

аготовки на

міжосьових

рналі.

с, дата завдання прийняв

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Провести аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел щодо видів контролю деталей.	25.09.2018	
2	Проаналізувати особливості сучасних засобів контролю.	01.10.2018	
3	Розробити автоматизовану систему контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі.	15.10.2018	
4	Створити програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус.	20.11.2018	
5	Написання пояснювальної записки до магістерської дисертації на основі проведених досліджень.	10.12.2018	

Студент Манзюк Ю.Ю.

Науковий керівник дисертації Антонюк В.С.

ЗМІСТ

ABSTRACT 7
АНОТАЦІЯ 8
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ. 12
1.1 Класифікація засобів контролю і вимоги до них 12
1.2 Порівняльний аналіз переваг і недоліків засобів контролю 14
Висновки. 16
1.3 Принцип роботи засобів активного контролю 16
1.4 Контрольно-вимірювальні головки 16
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ 19
ОСНОВНІ ЕТАПИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ. 22
2.1 Базування деталі 23
2.2 Створення траєкторії вимірювання в SolidWorks. 23
2.3 Імітація траєкторії щупа в SolidWorks. 24
2.4 Запис файлу програми обробки 25
Висновки до розділу 26
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ 26
3.1 Вибір контрольно-вимірювальної головки 27
Установчий модуль датчика 28
Контактно-вимірювальний модуль TP20 29
3.2 Характеристики верстата 30
3.3 Опис розробленої автоматизована система контролю корпусних деталей 33
Висновки до розділу 36
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ 37
4.1 Імітація траєкторії щупа в Solidworks 37
4.2 Інструкція з використання програми. 38

Висновки до розділу 40
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОБРОБЛЮВАЛЬНОМУ ЦЕНТРІ» 41
5.1. Опис ідеї проекту 41
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту 43
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту 44
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту 51
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту 53
Висновки до розділу 57
ВИСНОВКИ 58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 59
ДОДАТОК А 62
Блок-схема програми 63
..... 67
ДОДАТОК Б 66
Код програми 68

ABSTRACT

In the master's dissertation are considered means of control of geometric parameters of body parts, which are used to assess the quality of products manufactured at instrument-making enterprises.

The aim of the study is to create an automated control system for body parts directly at the CNC processing center.

Modern control tools can improve the quality of the process of evaluation, as well as increase the accuracy of measurements. To maintain high productivity at instrument-making enterprises, it is necessary to reduce time on control operations. In order to ensure the quality requirements of instrumentation products in serial and mass production, effective and precise measuring instruments are needed.

As a result of the study, an automated control system for body parts was created directly at the processing center, and mathematical, metrological and algorithmic assurance of measuring cycles at the CNC machining centers was developed.

Key words: control; measurement accuracy; control means, automated control system.

АНОТАЦІЯ

У магістерській дисертації розглядаються засоби контролю геометричних параметрів корпусних деталей, які використовуються для оцінки якості продукції, що виготовляється на приладобудівних підприємствах.

Метою дослідження є створення автоматизованої системи контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі з ЧПК. Сучасні засоби контролю дозволяють підвищити продуктивність процесу оцінки якості, а також підвищити точність вимірювань. Для підтримки високої продуктивності на приладобудівних підприємствах, необхідно скоротити час на операціях контролю. Для забезпечення вимог до якості виробів приладобудування в умовах серійного та масового виробництва потрібні ефективні і точні вимірювальні засоби.

В результаті дослідження створена автоматизована система контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі, розроблено математичне, метрологічне і алгоритмічне забезпечення вимірювальних циклів на оброблювальних центрах з ЧПК.

Ключові слова: контроль; точність вимірювань; засоби контролю, система автоматизованого контролю.

ВСТУП

Подальший розвиток приладобудування вимагає впровадження в виробництво найсучаснішого обладнання і модернізація експлуатованого обладнання. Це дозволить підвищити якість виробів і, як наслідок, конкурентоспроможність приладів.

Контроль в приладобудуванні здійснюється засобами вимірювань, що дозволяють контролювати лінійні розміри, і спеціальними засобами контролю, які дають можливість здійснювати контроль шорсткості поверхні, форми об'єкта, а також взаємного розташування поверхонь. Контроль виробів приладобудування дозволяє виявити вироби, невідповідні поставленим вимогам, тобто брак. Таким чином експлуатаційні властивості приладів, які виробляються, будуть на високому рівні. Контроль виробів проводиться переважно після обробки заготовок, проте сучасні засоби контролю дають можливість перевіряти якість деталей в процесі їх обробки.

Сучасні засоби контролю є складно влаштовані прилади й прилади, які відрізняються високою точністю і продуктивністю проведених контрольних операцій.

Розвиток техніки пред'являє високі вимоги до якості продукції в цілому, і як наслідок до окремих деталей приладів.

Актуальність поставленої задачі полягає в тому, що в приладобудівному виробництві до 15% трудових ресурсів використовується на виконання лінійних і кутових вимірів, які забезпечують якості, надійність і взаємозамінність виробів.

Використання сучасних засобів контролю на вимірювальних операціях дозволить підвищити продуктивність праці на контрольних операціях, що важливо в умовах серійного і масового виробництва. Таким чином, використання сучасних засобів контролю в приладобудуванні підвищує ефективність виробництва. Однак, застосування високотехнологічних засобів контролю підвищує вартість контрольних операцій, тому актуальна проблема оптимального вибору засобів контролю.

Сучасні засоби контролю виробів дозволяють мінімізувати участь людини в процесі оцінки якості виробів та мінімізуються похибки вимірювань, пов'язані з людським фактором.

Метою дисертаційного дослідження є створення автоматизованої системи контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі, розробити математичне, метрологічне і алгоритмічне забезпечення вимірювальних циклів на оброблювальних центрах з ЧПК.

Для вирішення поставленої задачі необхідно:

– провести аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел щодо сучасних засобів контролю деталей;

– запропонувати методику автоматизованого контролю корпусних деталей;

– створити програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус.

– розробити автоматизовану систему контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі.

Об’єктом дослідження є засоби контролю корпусних деталей.

Предметом дослідження є система контролю корпусних деталей на оброблювальному центрі.

Методи дослідження.

Дослідження базуються на методах вимірювань, теорії похибок, математичному моделюванні та комп’ютерному моделюванні на основних принципах контролю за допомогою контрольно-вимірювальних головок на оброблювальних центрах.

При цьому використовувалась об’єктно-орієнтована мова програмування **Java 8**, платформа на основі Java для створення додатків з насиченим графічним інтерфейсом **JavaFX**, програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва **SolidWorks**.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Проведено аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел щодо сучасних засобів контролю.

2. Створено програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус.

3. Запропоновано автоматизовану систему контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено автоматизовану систему контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі, яка включає:

- підпрограми для прив'язки системи координат заготовки до системи координат верстата;
- цикли виміру геометричних елементів заготовки/деталі: радіальні вимірювання, вимірювання по діаметру, заміри ребер/канавок, вимірювання довжини, передача інформації;
- вимірювальні цикли для контролю деталі/заготовки на оброблювальному центрі верстаті.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Важливу роль у забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції сучасного приладобудування відіграє контрольно-вимірювальна техніка, в якій особливе місце займають засоби вимірювання та контролю геометричних параметрів відповідальних деталей, вузлів приладів та механізмів.

Висока точність геометричних розмірів деталей визначає можливість їх взаємозамінності, що дозволяє істотно знизити витрати при складані, ремонті і експлуатації механізмів і приладів.

При цьому, гостро постає проблема швидкого і всебічного контролю деталей, оснащення, заготовок, для забезпечення повного циклу автоматизації підготовки виробництва.

1.1 Класифікація засобів контролю і вимоги до них

Сучасні засоби контролю активно розвиваються і удосконалюються методи автоматичного контролю, тобто вимірювання проводяться за відсутності людини або з її мінімальною участю.

До цих засобів пред'являються наступні вимоги [1]:

1) низька похибка;
2) висока точність вимірювань;
3) великий діапазон вимірювань;
4) стійкість до факторів впливу зовнішнього середовища;
5) надійність і довговічність;
6) простота і безпека в експлуатації.

Класифікація сучасних засобів контролю деталей приладів представлена в на рисунку 1:

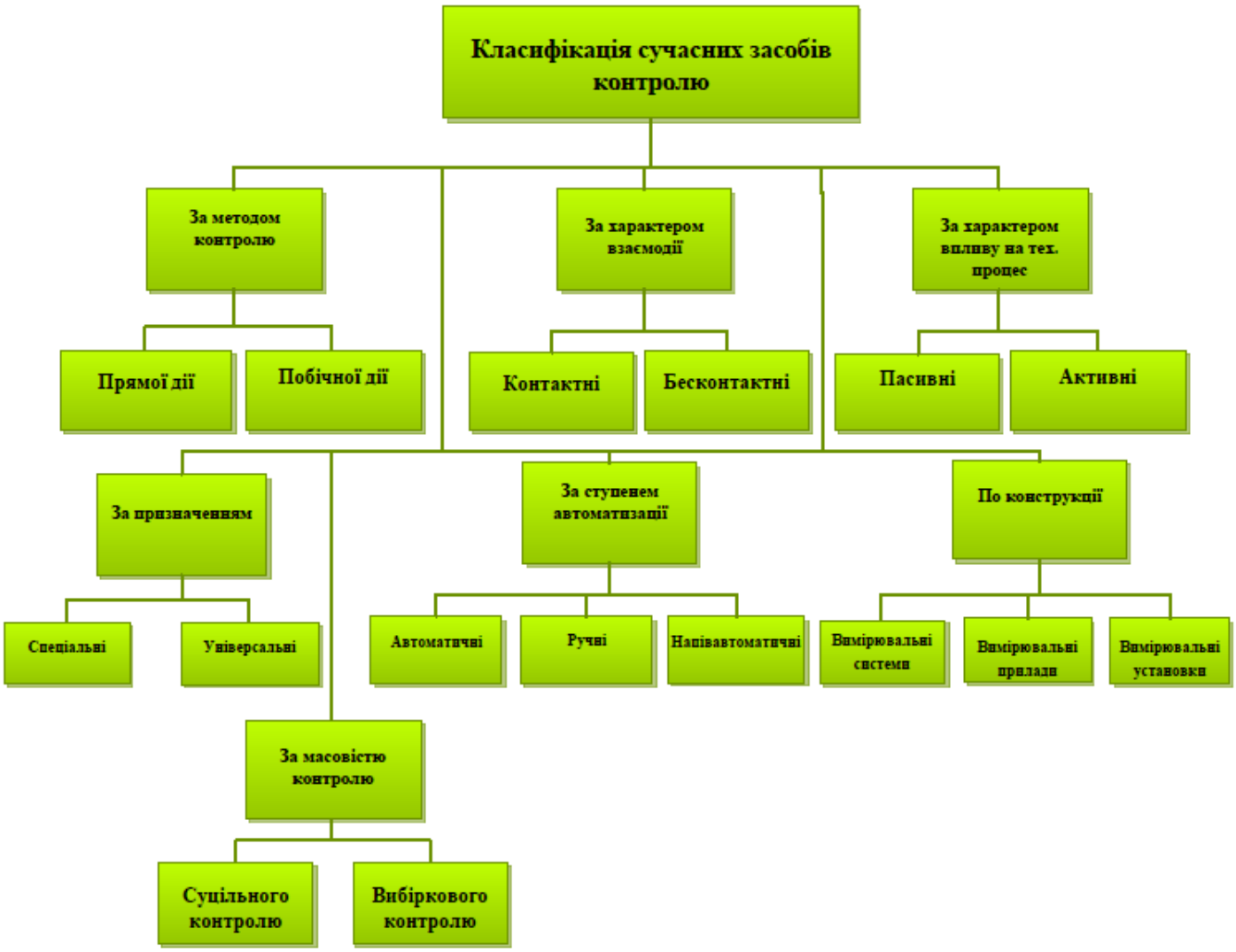


Рис.1 Класифікація сучасних засобів контролю

Кожному типу засобів контролю властиві свої переваги і недоліки, виділимо їх і порівняємо для кожної групи.

До універсальних приладів відносяться такі прилади, як: вимірювальні головки, оптичні довгоміри, проекційні прилади й т. д. До групи спеціальних приладів входять: засоби вимірювання і контролю різьбових з'єднань, кутів і конусів, форми і розташування поверхонь і т. д. Вибір універсальних і спеціальних засобів контролю залежить від виду контрольованих параметрів. Значить, ефективність виробництва не пов'язана з призначенням приладів контролю.

Принцип роботи приладу прямої дії простіше, ніж побічної дії. У перших приладах, шукана величина визначається на основі прямих вимірювань, а в приладах другого типу контрольована величина знаходиться з функціональної залежності іншої величини, пов'язаної з шуканої. Причому пов'язана величина знаходиться методом прямої дії [2].

Широке поширення набули прилади, засновані на непрямому методі контролю, так як далеко не завжди контрольовані параметри можна отримати прямим методом. Однак, прилади побічної дії можуть давати додаткову похибку вимірювань в процесі їх перетворень. Тому, по можливості, слід віддавати перевагу приладам прямої дії.

Засоби пасивного контролю використовуються для перевірки готових деталей з метою виявлення бракованих виробів і збору інформації про причини браку [3].

1.2 Порівняльний аналіз переваг і недоліків засобів контролю

Засоби активного контролю дозволяють проводити вимірювання безпосередньо на верстаті в процесі обробки. Це дає можливість:

- коригувати технологічний процес;
- уникнути великої кількості браку;
- скоротити час виробництва на підготовчих операціях.

Переваги засобів активного контролю над засобами пасивного контролю очевидні.

Одними з деяких переваг ручних засобів контролю за порівняно з іншими в групі «за ступенем автоматизації» є:

- простота конструкції;
- простота в експлуатації;
- надійність;
- низька вартість.

Засобам ручного контролю притаманні недоліки, а саме:

- низька точність;
- велика тривалість контрольних операцій;
- висока похибка, викликана людським фактором;
- зниження точності в процесі експлуатації пристроїв.

Сучасні засоби ручного контролю оснащуються електронними табло, його наявність підвищує точність вимірювань і зняття показань, тому знижується похибка контролю параметрів об'єкта, викликана людським фактором [4].

Напівавтоматичні засоби контролю передбачають участь людини в процесі визначення якості деталей. Роль людини в даному випадку невелика. Операціями, до яких людина може бути причетна наступні: здійснення підготовчих операцій, налаштування приладу і зняття показань з нього. У порівнянні з ручними засобами контролю виробів приладобудування - напівавтоматичні мають низьку похибку, високу точність і продуктивність. Однак настільки цінні переваги обумовлюються: високою вартістю пристроїв, складністю їх конструкції і збільшеними розмірами пристроїв.

Автоматичні пристрої є найточнішими, складними і дорогими. Але дозволяють здійснювати контроль за один установ, що істотно знижує витрати часу в процесі контролю. Автоматичні засоби контролю працюють без участі людини, за рахунок цього якість і точність вимірювань знаходяться на високому рівні [5].

Отже, засоби ручного контролю в силу своїх переваг і недоліків мають обмежене застосування в приладобудуванні.

Контактні засоби контролю широко поширені на машинобудівних підприємствах, вони мають просту конструкцію і невибагливі в експлуатації. Однак торкання контролюючого пристрою і контрольованого об'єкта може вплинути на точність поверхні останнього, що є істотним недоліком.

До мінусів також можна віднести похибки зняття показань з приладу людиною і похибки внаслідок неправильного монтажу приладу.

Безконтактні засоби контролю відрізняються більш складною конструкцією і налаштуванням пристроїв. Проте, вони характеризуються більш високою стабільністю характеристик і меншою похибкою, ніж контактні [6].

Висновки. Розглянуті переваги і недоліки дозволяють зробити висновок про те, що найбільш перспективними засобами контролю в розвитку і застосуванні є засоби активного, неруйнівного і автоматичного контролю.

1.3 Принцип роботи засобів активного контролю

Контроль виробів на верстатному обладнанні став можливим після оснащення їх системами вимірювання, які діляться на два типи: контактні і безконтактні.

Прикладом для розгляду принципу роботи безконтактних засобів активного контролю може служити - лазерна система для контролю діаметра деталей на токарних станках [7].

1.4 Контрольно-вимірювальні головки

Контактні датчики розроблені в 70-х роках минулого століття і в основному застосовувалися на стаціонарних координатно-вимірювальних машинах (КВМ).

Використання їх на металорізальних верстатах стримувалося обмеженими можливостями систем ЧПК того часу, а також скептичним ставленням користувачів самих верстатів, яке має місце і в наші дні [8].

Вдосконалення багатоосьового обладнання підвищило рівень вирішуваних завдань, що, в свою чергу, призвело до тривалого налаштування інструменту і прив'язки заготовки.

Контактні системи вимірювання дозволили вирішити подібні завдання, а універсальні цикли вимірювання, такі як визначення координат точок вздовж осей X, Y, Z, відхилення лінії від вертикалі або горизонталі, визначення діаметра отвору або габаритів прямокутних елементів, і інші стали незамінні для оператора при налагодженні верстата на обробку деталі.

Рішення більш серйозних завдань, як правило, викликає у інженерного персоналу питання: «А чи може верстат контролювати виріб, яке він виробляє, тобто сам себе?»

Щоб відповісти на нього, потрібно зрозуміти причини, за якими виникає необхідність в подібних вимірах [9].

До контактних засобів активного контролю відносяться контрольно-вимірювальні головки.

На рис.2 наведено приклад інфрачервоної вимірювальної головки.

Рис.2 Інфрачервона вимірювальна головка

Вони фіксують фактичний стан вимірювального щупа, що знаходиться в контакті з контрольованою поверхнею деталі при переміщенні робочого органу верстата по керуючій програмі.

Тому немає необхідності в зв'язку головки з пристроєм ЧПК верстата, що збільшує точність виконуваних вимірювань.

Перевагою вимірювальних головок є можливість негайного корегування виявлених помилок і відхилень. Інфрачервоний вимірювальний датчик являє собою комутаційну контактну систему.

При торканні до поверхні деталі вимірювальний щуп відхиляється, і за допомогою інфрачервоного променя сигнал передається на приймач в зоні верстата.

Головку відхилення для визначення розмірів деталей закріплюють в стандартній шпиндельній оправці і при налагодженні верстата поміщають в одне з гнізд інструментального магазину.

Для переміщення в робоче положення вимірювальна головка за заданою програмою подається автооператором верстата в шпиндель і автоматично там закріплюється.

Після вимірювань головка автоматично повертається в інструментальний магазин [10].

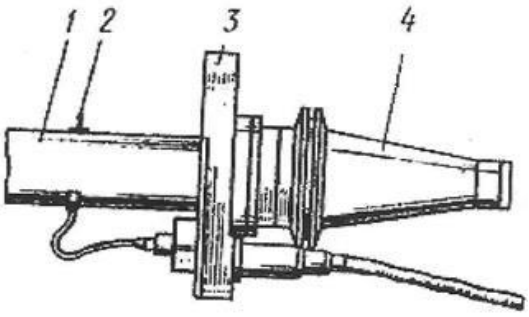


Рис.3 Одноконтактна вимірювальна головка

Одноконтактна вимірювальна головка (рис. 3) дозволяє впізнати відповідну заготовку за характерними для неї поверхнями, контролювати точність установки (базування) пристосування-супутника або заготовки, вимірювати розміри, а також відхилення форми різних поверхонь.

Вона призначена для роботи на багатоцільових верстатах з ЧПК свердлильно-фрезерно-розточної групи.

Така вимірювальна головка виконана у вигляді перехідної рамки 1 з закріпленим в ній віброконтактним датчиком 2 і пристроєм 3 електричного

зв'язку з автономним електронним відліковим пристроєм або з пристроєм ЧПК-верстата.

Головку, закріплену в стандартній шпиндельній оправі 4, встановлюють в інструментальний магазин, і для необхідних вимірювань автооператор магазину подає її в шпиндель верстата [11].

На виробництві використовуються також двоконтактні, двокоординатні і інші вимірювальні головки, які без вимірювальної системи верстата або спільно з нею можуть:

- визначати діаметри заготовок і відхилення форми їх отворів;
- контролювати міжцентрові відстані і відстані між площинами заготовки;
- контролювати відхилення положення пристосування-супутника або заготовки на верстаті;
- визначати зміщення точки позиціонування шпинделя верстата від розрахункової точки;
- визначати відхилення форми прямолінійних і циліндричних поверхонь.

Також на виробництві використовують трьох-координатні вимірювальні головки. Вони дозволяють проводити вимірювання в усіх напрямках осей (X / Y / Z) з однаковою здатністю [12].

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ

Для створення автоматизованої системи контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі, запропонована методика проведення контролю (Рис. 4).

Після обробки деталь залишається на верстаті, тобто її установчі бази зберігають свою сталість. Це означає, що похибки обробки, знайдені в результаті обміру будь-яких елементів виробу, можуть бути доопрацьовані.

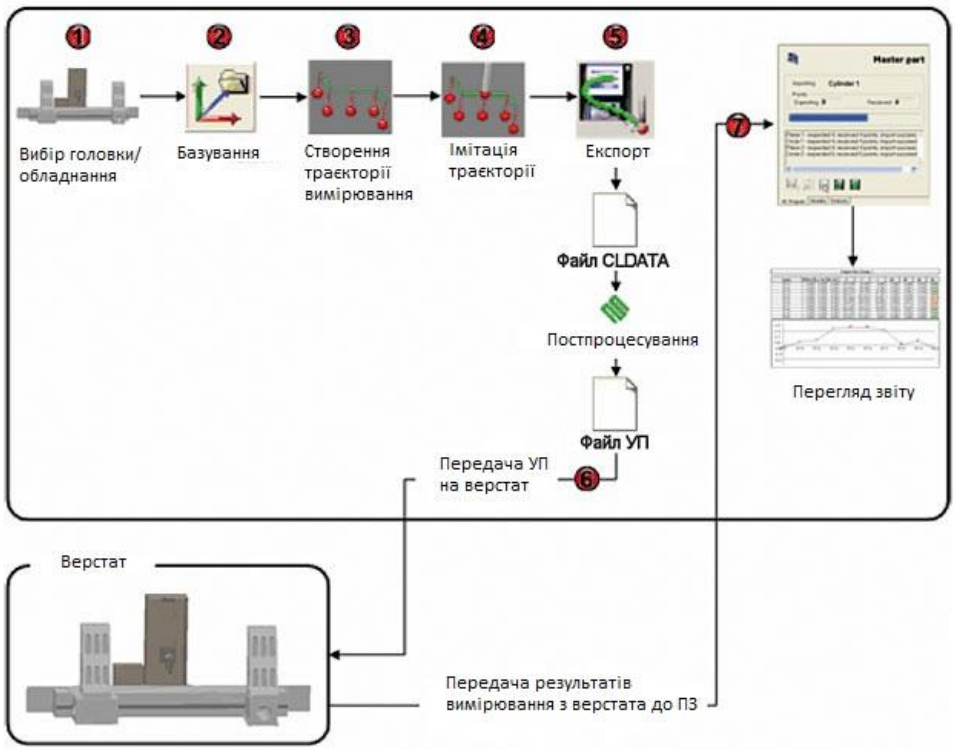


Рис.4 Схема проведення контролю на верстатах за допомогою вимірювальних головок та спеціалізованого ПЗ

У разі контролю виробу поза верстатом, в подібній ситуації деталь, як правило, визнається бракованою, навіть якщо брак поправний, внаслідок неможливості повернути її на верстат для доопрацювання, особливо якщо вона великогабаритна.

В умовах серійного виробництва міжопераційний контроль вигідно здійснювати на верстаті, оскільки це скоротить час його простою, поки не будуть отримані результати з КВМ; якщо в даному випадку не зупиняти виготовлення продукції, то можливе отримання бракованих виробів [13].

З'ясуємо, наскільки точно будуть виконуватися вимірювання. Загальна похибка вимірювання буде складатися з точності позиціонування лінійних і поворотних осей верстата, а також точності вимірювальної системи.

В даний час для визначення точності обладнання на ринку пропонується безліч рішень, заснованих на апаратному та програмному забезпеченні.

Очевидно, що верстат, будучи силовою машиною, схильний до навантажень і під час експлуатації буде погіршувати показники точності. Тому рекомендується через певний інтервал часу проводити перевірку і налаштування обладнання.

Розглянемо тепер точність вимірювальної системи, яка встановлюється на верстат та складається з датчика (вимірювальна головка), приймача сигналу і інтерфейсу для зв'язку з системою ЧПК.

Основна функція, яка виконується системою, - повідомити ЧПК про спрацювання датчика, після чого ЧПК проводить запис координат поточного становища щупа [14].

Датчик - це основний елемент вимірювальної системи, і від того, наскільки швидко він спрацює (пройде деяку відстань) після торкання з об'єктом, залежить точність вимірювання.

В даний час компанія Renishaw - світовий лідер в області виробництва інноваційного метрологічного обладнання, випускає два типи вимірювальних головок, що відрізняються за механізмом спрацьовування: кінематичні та тензометричні.

Вимірювальні головки першого покоління, засновані на кінематичній схемі спрацьовування (вони мають в позначенні двозначні числа, наприклад OMP40 або OMP60), дозволяють проводити вимірювання з точністю спрацьовування 12 мкм (після калібрування по кільцю) при направленні вимірювання вздовж осей X і Y.

Істотним їх недоліком є значне зниження точності при просторових вимірах - до 20 мкм. Більшість верстатів за замовчуванням оснащуються даним типом датчиків. Щоб вирішити проблему 3D вимірів, Renishaw розробила новий тип головок, заснованих на тензодатчиках.

Після калібрування (в даному випадку по сфері) точність спрацьовування в будь-якому напрямку становить 1 мкм.

Позначаються такі головки тризначними числами, наприклад OMP400 або OMP700.

Рис. 5 Тензометричний датчик OMP400

Слід сказати, що дані результати отримані при використанні щупа довжиною 50 мм. При збільшенні довжини щупа показники будуть погіршуватися.

Таким чином, при правильному виборі і коректній експлуатації похибка в роботі вимірювальної системи не вносить істотного внеску в загальну похибку вимірювань, а отже, нею можна знехтувати [15].

ОСНОВНІ ЕТАПИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ.

Вибір обладнання пов'язаний з вибором датчика вимірювання і завданням деяких технологічних параметрів. SolidWorks містить велику кількість вже змодельованих датчиків і інших необхідних компонентів (щупів, подовжувачів).

Користувачеві досить вибрати потрібну йому вимірювальну головку з бібліотеки.

2.1 Базування деталі

Базування застосовується, якщо деталь не оброблялася до вимірювання та її реальний стан в просторі не збігається з номінальним, заданим в CAI або CAM-системі.

Як правило, таке завдання виникає, якщо деталь повертається для доопрацювання або ремонту, або відсутні пристосування для точної установи. Шляхом вимірювання поточного положення програма визначає так звану матрицю зсувів і поворотів щодо осей X, Y, Z.

Знаючи ці значення, користувач може перерахувати УП обробки щодо фактичного становища деталі або компенсувати різницю робочими органами верстата.

Вибір способу базування залежить від наявності геометричних елементів на виробі.

Вимірювані елементи повинні позбавляти деталь шести ступенів свободи. Більшість оброблюваних деталей зазвичай мають площині і отвори. Тому один зі способів базування в SolidWorks заснований на цих об'єктах і називається ППТ (площина - пряма - точка).

Для визначення його положення досить визначити і проміряти на виробі три даних елемента. Однак бувають випадки, коли виріб не містить такої геометрії, наприклад лопатка компресора авіадвигуна.

В даному випадку на допомогу приходить інший спосіб базування - оптимальне поєднання. При цьому програма намагається поєднати виміряні точки і точки на моделі так, щоб відстань до кожної з них була мінімальною. Існують і інші способи [16].

2.2 Створення траєкторії вимірювання в SolidWorks.

Це основний етап, на якому користувач визначає потрібні геометричні елементи для вимірювання на деталі. SolidWorks дозволяє працювати з двома групами об'єктів: геометричними елементами (площини, прямі, кола і т.д.) і довільними точками на поверхні.

За допомогою першої групи можна перевіряти відхилення елементів виробу від форми і розташування, друга група допомагає здійснювати контроль вільних формотворчих поверхонь.

Створення вищевказаних елементів здійснюється вручну або автоматично за допомогою «Аналізатора геометрії».

Для елементів, розпізнаних за допомогою даної функції, автоматично створюється траєкторія руху щупа і точки обміру.

Змінюючи параметри елемента, стратегію і метод обміру, користувач може вносити зміни в траєкторію руху щупа.

За даними, які отримані з оброблювального центра, програма вираховує координати центрів отворів корпусної деталі, враховуючи непаралельність їх розміщення відносно координати *X* верстата [17].

2.3 Імітація траєкторії щупа в SolidWorks.

SolidWorks дозволяє створити віртуальну картину процесу вимірювання (рис.6). Щуп рухається уздовж траєкторії, виробляючи дотик в заданих точках.

На даному етапі можна виявити багато помилок, наприклад зіткнення з незапрограмованою частиною деталі або дотик поверхні щупом, а не накінечником (сферою).

При багатоосьових вимірах є можливість завантажувати модель верстата і імітувати рух поворотних осей, що дозволить запобігти поломці дорогого устаткування.

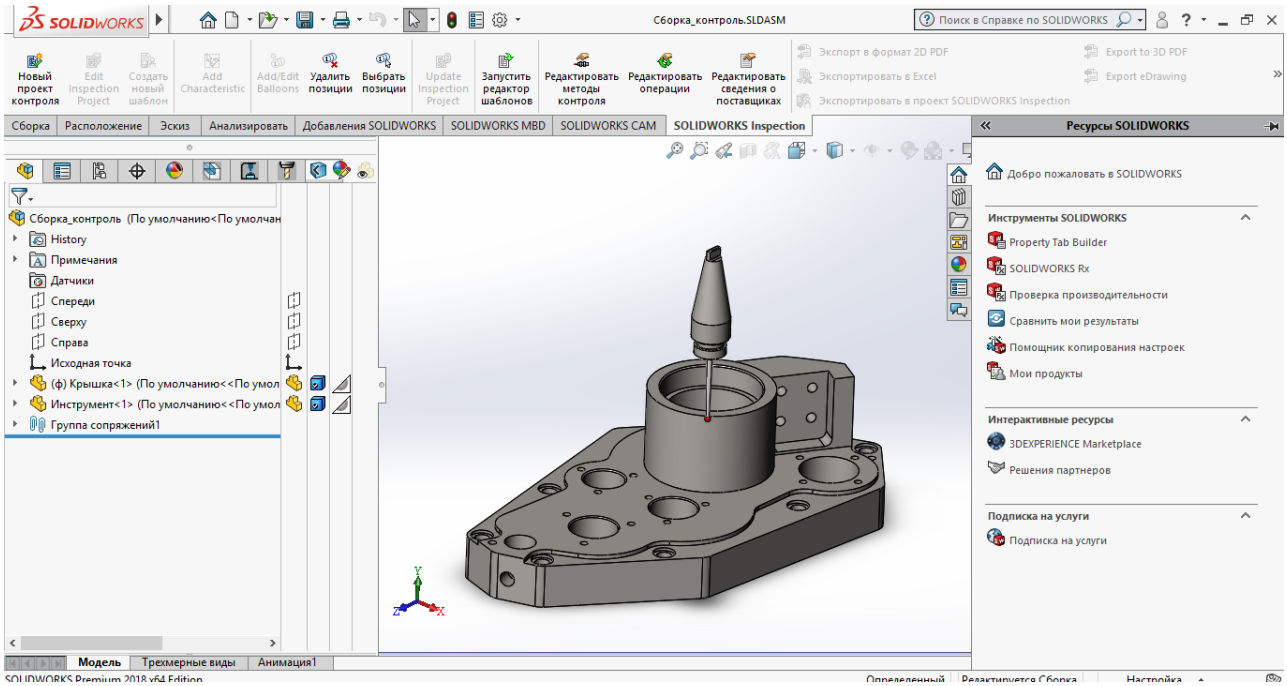


Рис.6 Створення проекту вимірювання у SolidWorks

2.4 Запис файлу програми обробки

У SolidWorks запис файлу програми обробки не відрізняється від процесу запису програм обробки в CAM-системах.

Користувачеві досить задати ім'я файлу ПО і вказати файл постпроцесора. Отриману ПО користувач передає на верстат для проведення вимірювань.

У процесі її відпрацювання щуп виконує дотик в заданих точках, координат X, Y, Z точки дотику записуються в файл результатів.

За записами в даному файлі складно зробити які-небудь практичні висновки для деталей складної форми, тому дані вимірів повертаються назад в SolidWorks, де програма робить обробку і видає звіт в зручному для користувача вигляді. SolidWorks надає користувачеві великий вибір опцій для настройки і виведення отриманих результатів в потрібному форматі.

Наприклад, для експрес аналізу можна вивести на екрані разом з номінальними точками математичної моделі виміряні точки з чисельним відображенням відхилень від перших.

Для детального вивчення результатів виміру можна представити у вигляді таблиці-звіту, включивши в неї висновок об'єктів, які цікавлять.

Далі звіт можна зберегти або вивести на друк. В рамках підприємства можливе налаштування оформлення звіту згідно з внутрішніми стандартами.

Висновки до розділу

Проведений аналіз показав, що виконання контролю на верстатах за допомогою вимірювальних головок та спеціалізованого програмного забезпечення забезпечує підвищення точності вимірювань та усуває похибки через людський фактор.

Встановлено, що найбільш перспективними засобами контролю корпусних деталей є автоматизовані засоби контролю з використанням контрольно-вимірювальних головок.

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ

Для створення автоматизованої системи контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі з ЧПК, необхідно розробити математичне, та алгоритмічне забезпечення вимірювальних циклів.

Один з способів рішення цього завдання – контроль оброблювальної деталі і різального інструменту безпосередньо в процесі обробки або після її закінчення.

Для цього застосовуються стаціонарні координатно-вимірювальні машини, проте у ряді випадків, наприклад при вимірі важкодоступних порожнин, а також зробити заміри в ході технологічного процесу. провести вимірювання безпосередньо на верстаті ці машини непридатні.

У таких ситуаціях використовують маніпулятори, - вони компактні і легкі і для проведення вимірювань встановлюються безпосередньо поруч з вимірюваною деталлю.

Для вимірювання на верстатах встановлюють вимірювальні датчики компанії Renishaw.

Діапазон цих вимірів обмежений стандартними циклами, які є в системі ЧПК.

Такі вимірювання програмуються вручну, і інформація про їх результати зчитується з екрану системи ЧПК.

Тому для використання вимірювальних датчиків безпосередньо на верстаті необхідно підключити до системи ЧПК комп'ютер, який прийматиме зворотні дані з верстату ЧПК, виконувати їх відповідну обробку.[18]

В основу автоматизованої системи контролю розмірів корпусних деталей прийнятий метод, запропонований у 2 розділі.

3.1 Вибір контрольно-вимірювальної головки

Обрано модульний датчик **Renisaw TP20.** TP20 являє собою 5- або 6-осьовий датчик торкання з механічним спрацюванням.

Цей двомодульний датчик складається з установчої частини і змінного контактно-вимірювального модуля, який дозволяє змінювати щуп як в автоматичному, так і в ручному режимі без повторного калібрування, що істотно скорочує час виконання вимірювань.

Будучи «наступником» широко використовуваного в промисловості датчика TP2, TP20 відкриває ряд нових можливостей для КВМ з ручним і автоматичним управлінням і легко стикується з уже використовуваною контактно-вимірювальною системою, спочатку укомплектованою TP2.

Датчик TP20 може бути встановлений в різні ручні або моторизовані головки Renishaw. Він встановлюється безпосередньо в різьбове з'єднання

M8 головки або через перехідник PAA # в автоматичне стикувальне з'єднання.

До складу системи TP20 входять:

• Установчий модуль датчика TP20 / TP20 NI.

• Контактно-вимірювальний модуль TP20 – один з семи різних модулів завжди дозволить досягти максимальної ефективності вимірювань при вирішенні будь-якого конкретного завдання.

• Магазин MCR20 для автоматичної зміни модулів датчика.

• Контактно-вимірювальна система TP20 може використовуватися з інтерфейсами Renishaw PI 4-2, PI 7-2 або PI 200.

Установчий модуль датчика

В установчому модулі датчика TP20 (рис.7) знаходиться одна частина магнітного з'єднання точного базування, яке служить для стикування контактно-вимірювального та установчого модулів датчика.

Усередині інсталяційного модуля також знаходиться неконтактна магнітний вимикач, який активує функцію придушення спрацьовування датчика при автоматичній зміні контактно-вимірювальних модулів за допомогою MCR20.

Якщо датчик експлуатується поблизу намагнічених елементів / магнітних опор і т. п., спрацьовування датчика може виявитися заблокованим.

Щоб цього не сталося, можна використовувати довгі щупи, щупи з подовжувачами або розташовувати установчу частина датчика так, щоб вона була максимально віддалена від джерел магнітного поля.

Крім того, в цьому випадку можна використовувати інсталяційний модуль TP20 NI.

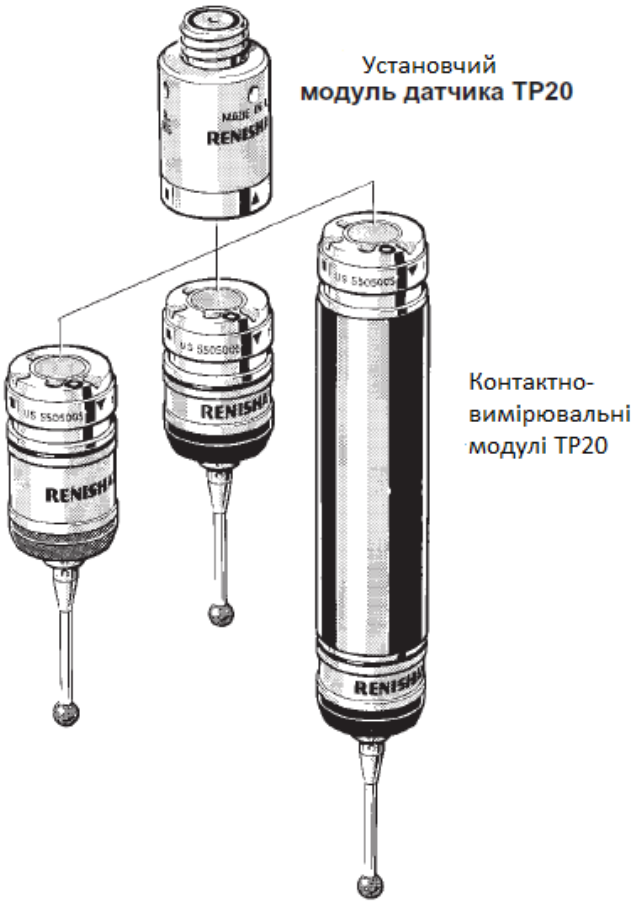


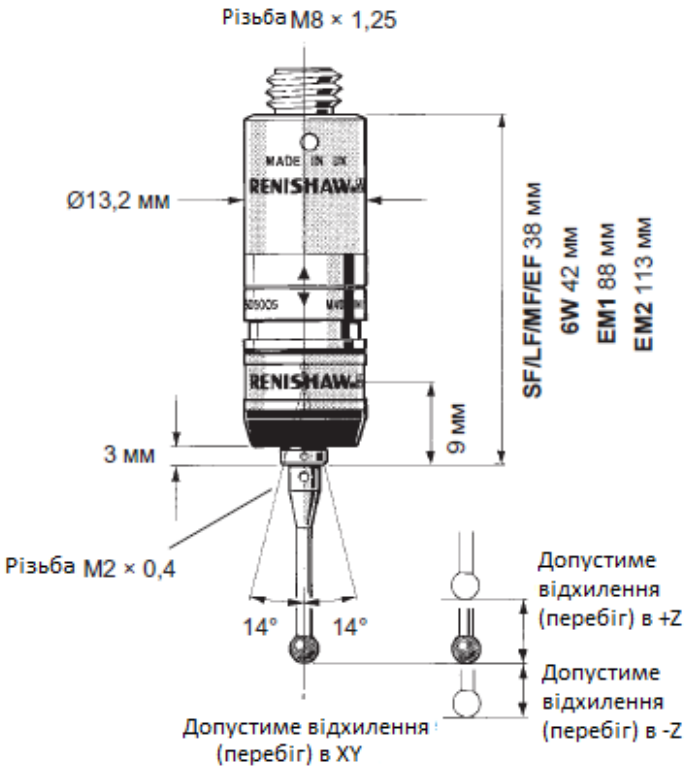
Рис.7 Установчий модуль датчика TP20

Контактно-вимірювальний модуль TP20

Усередині контактно-вимірювального модуля TP20 (рис.8) знаходиться сенсор фіксації моменту торкання, що приводиться в дію перемикачем точного базування.

Щуп встановлюється безпосередньо в цей модуль і дозволяє виконувати вимірювання в напрямках ± X, ± Y і + Z (або ± Z, якщо мова йде про 6-осьовому модулі TP20).

В контактно-вимірювальний модуль можна безпосередньо встановлювати щупи серії Renishaw M2.[19]



Допустиме відхилення (перебіг) +Z		Допустиме відхилення (перебіг) -Z
SF/EM1/EM2	4 мм	**6W** 1,5 мм
LF	3,1 мм	
MF	3,7 мм	
EF	2,4 мм	
6W	4,5 мм	

Рис.8 Контактно-вимірювальний модуль

3.2 Характеристики верстата

Прецизійний 3-х осьовий вертикально-фрезерний обробний центр з ЧПК «SCHAUBLIN 160- CNC» призначений для обробки деталей складної конфігурації з високою точністю і якістю обробленої поверхні.

Для забезпечення можливостей обробки по 4 осі верстат оснащується додатковим поворотним столом.

Для вивірки інструменту і деталі в процесі обробки застосовуються головки "Renishaw" різної конструкції.

Зона обробки закрита розсувними прозорими екранами, оснащеними системою блокування, що дозволяють ефективно захищати оператора

верстата в процесі обробки деталі і повністю повертати використовувані в процесі різання мастильно-холодильні рідини (МХР) в систему.

У верстаті передбачена подача МХР через інструмент.

Для зручності роботи оператора при контролюванні процесу різання застосована регульована підсвічування.

Для видалення утворюється в процесі обробки стружки, верстат комплектується розміщених в нижній частині станини, піддоном-конвеєром видалення стружки.

Шафа управління змонтований безпосередньо на верстаті, що дозволяє економити виробничі площі та забезпечує безперешкодний доступ при обслуговуванні.

Панель стаціонарного пульта управління розташована в зручному для оператора місці з урахуванням вимог ергономіки.

Верстат відповідає вимогам ЄС і всім найсучаснішим вимогам, що пред'являються до металообробного обладнання [20] .

Таблиця 2. Характеристики верстата Schaublin 160 CNC

Переміщення:	
Поздовжнє по осі X, мм	1600
Поперечний по осі Y, мм	700
Вертикальне по оси Z, мм	635
Відстань між торцем шпинделя і площиною столу, мм	155-790
Відстань між віссю шпинделя і площиною колони, мм	725
Стіл:	
Довжина, мм	1700
Ширина, мм	700
Максимальне навантаження на стіл, кг	1500
Т-образні пази , мм/кіл-ть шт.	18/5
Відстань між Т-образними пазами, мм	125
Шпиндель:	

Конус	BT/ISO/SK 40
Потужність привода, кВт	26
Привод	реміний
Кількість обортів шпинделя, об/хв	10 000
Обертаючий момент, Н·м	149
Зусилля затиску інструменту, кг	1200
Осьові двигуни:	
Fanuc, кВт	4
Подачі:	
Прискорені переміщення по осях X, Y, Z, м / хв	36
Максимальна подача при різанні, м / хв	12
Максимальна толчковая подача, м / хв	36
Автоматичний змінник інструмента:	
Кількість інструментів, шт. (Стандарт)	30
Кількість інструментів, шт. (Опція)	40
Стандарт хвостовика інструмента	BT/ISO/SK 40
Максимальний діаметр інструмента, мм	76,2
Максимальна вага інструмента, кг	8
Максимальна довжина інструмента, мм	350
Точність верстата:	
Позіціонування (X, Y, Z) мм	0,014
Повторюваність: ось X ,мм	0,007
Повторюваність: вісь Y і Z, мм	0,007
З лінійною шкалою на всіх осях (ВАРІАНТ), мм	0,007
Параметри кулькової гвинтової пари:	
Діаметр (усі вісі), мм	45
Крок осей X и Y	12
Крок вісі Z	12
Параметри системи електроживлення:	
Напруга, В	400
Частота, Гц	50
Допустимі відхилення, %	± 5

Споживана потужність , кВА	35
Габарити і вага верстата:	
Габаритні розміри: - довжина, мм - ширина, мм - висота, мм	3 898 2 581 2 888
Маса верстата, кг	9 400

3.3 Опис розробленої автоматизована система контролю корпусних деталей

Для вирішення поставленої задачі розроблена автоматизована система контролю корпусних деталей безпосередньо на оброблювальному центрі, яка включає:

- підпрограми для прив'язки системи координат заготовки до системі координат верстата;
- цикли виміру геометричних елементів заготовки/деталі: радіальні вимірювання, вимірювання по діаметру, заміри ребер/канавок, вимірювання довжини, передача інформації;
- вимірювальні цикли для контролю деталі/заготовки на оброблювальному центрі верстаті.

Принцип роботи системи полягає в тому, що з керуючої програми відбувається виклик потрібного циклу вимірювання (підпрограми), який керує верстатом, отримує через передавальний пристрій сигнал про спрацювання датчика, після чого проводиться запис поточного положення шпинделя в пам'ять оброблювального центра Schaublin 160-CNC [5].

За основу вимірювань міжосьових відстаней корпусних деталей взято використання вимірювальної головки Renisaw TP20 (розділ 3.1) з ціною поділки 0,001 мм, як засобу контролю міжосьових відстаней на верстатах з ЧПК [6].

Перед початком роботи автоматизованої системи вимірювальну головку Renisaw TP20, яка зберігалась в інструментальному магазині, встановлювали в шпиндель оброблювального центра Schaublin 160-CNC ЧПК

і обміряючи вибраний отвір у взаємно перпендикулярному напрямку, визначали центр отвору, який приймали за базову (нульову) точку.

Для вимірювання міжцентрових відстаней насадку щупа встановлювали таким чином, щоб кулька щупа торкалась стінки отвору у чотирьох діаметрально-протилежних точках.

Насадка сковзала вздовж заготовки на низьких обертах шпинделя і передавала це переміщення на стрілки приладу. Отримані дані записуються у пам’ять компьютера.

Для реалізації запропонованої автоматизованої системи контролю міжосьових відстаней корпусних деталей розроблена програма на мові програмування Java 8.

На рисунку 10 представлена блок-схема програми автоматизованої системи контролю корпусних деталей:

Обравши положення центра отвору відносно обраної базової поверхні *І*, яку встановлюють вздовж однієї з координат верстата (наприклад *Х*), міжосьові відстані між центрами отворами (*А,В,С…*) визначають переміщуючи вимірювальну головку вздовж координат *Х, У*. (рис.9).

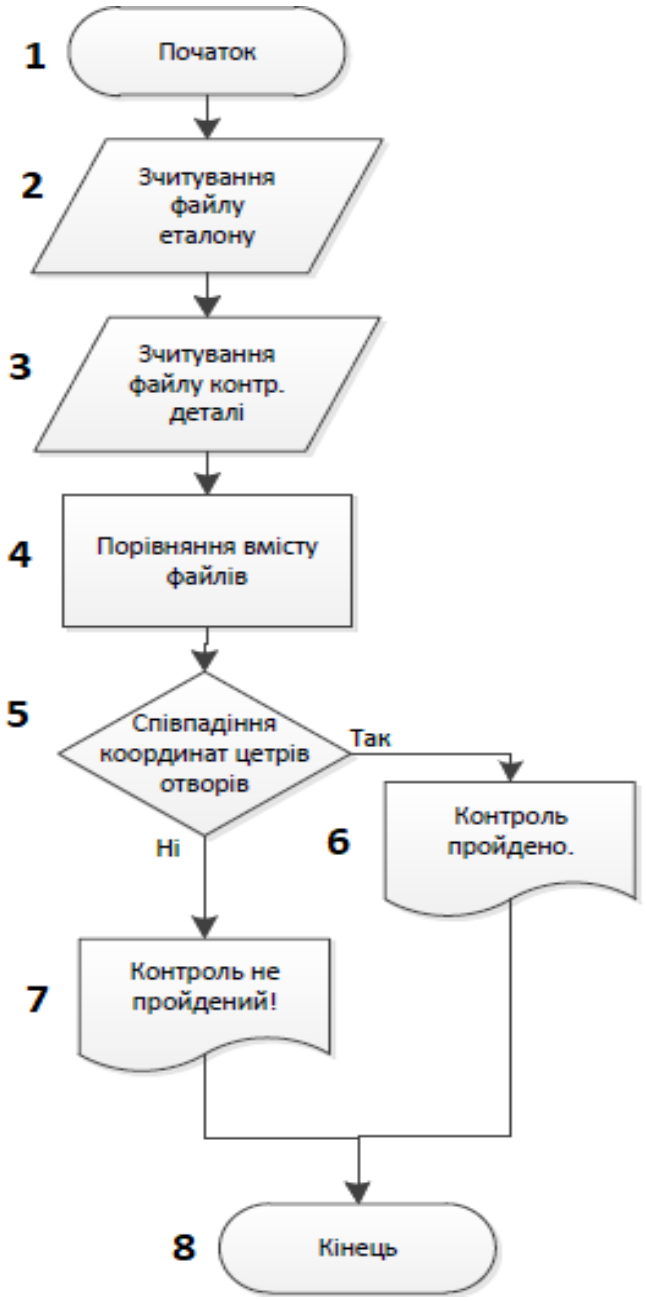


Рис.9 Блок-схема алгоритму програми автоматизованої системи контролю корпусних деталей

Алгоритм програми автоматизованої системи контролю корпусних деталей

блок №1 – початок;

блок №2 – зчитування з пам’яті оброблювального центра даних про міжосьові відстані еталонної деталі, які отримуються після роботи контрольно-вимірювальної головки;

блок №3 – зчитування з пам’яті оброблювального центра даних про міжосьові відстані об’єкту контролю, які отримуються після роботи контрольно-вимірювальної головки;

блок №4 – обробка змісту попередньо зчитаних даних та відбувається порівняння даних еталонного зразку з даними об’єкта контролю;

блок №5 – перевірка на співпадіння координат центрів отворів деталі, яка прийнята за еталон, та деталі, що контролюється;

блок №6 – повідомлення про те, що деталь без браку

блок №7 – повідомлення про те, що деталь з браком

блок №8 – кінець роботи програми.

Висновки до розділу

У цьому розділі наведені характеристики контрольно-вимірювальної головки та оброблювального центра. Наведено блок-схему роботи автоматизованої системи, до складу якої входить:

- контрольно-вимірювальна головка з модульним датчиком Renisaw TP20. Ця головка відповідає необхідним вимогам для використання у запропонованій системі автоматизованого контролю корпусних деталей на оброблювальному центрі (розділ 3.1).
- прецизійний 3-х осьовий вертикально-фрезерний оброблювальний центр з ЧПК «SCHAUBLIN 160-CNC» призначений для обробки деталей складної конфігурації з високою точністю і якістю обробленої поверхні (розділ 3.2).
- створене програмне забезпечення для проведення контролю геометричних параметрів корпусних деталей.

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Імітація траєкторії щупа в Solidworks

Перший етап - це імітація траєкторії щупа в SolidWorks (рис.10). Для цього необхідно накреслити 3D-модель деталі та явно вказати ключові точки, до яких повинен доторкнутися щуп головки. Створити траєкторію руху головки, згідно якої вона буде рухатися. Після чого деталь встановлюється на стіл оброблювального центра.

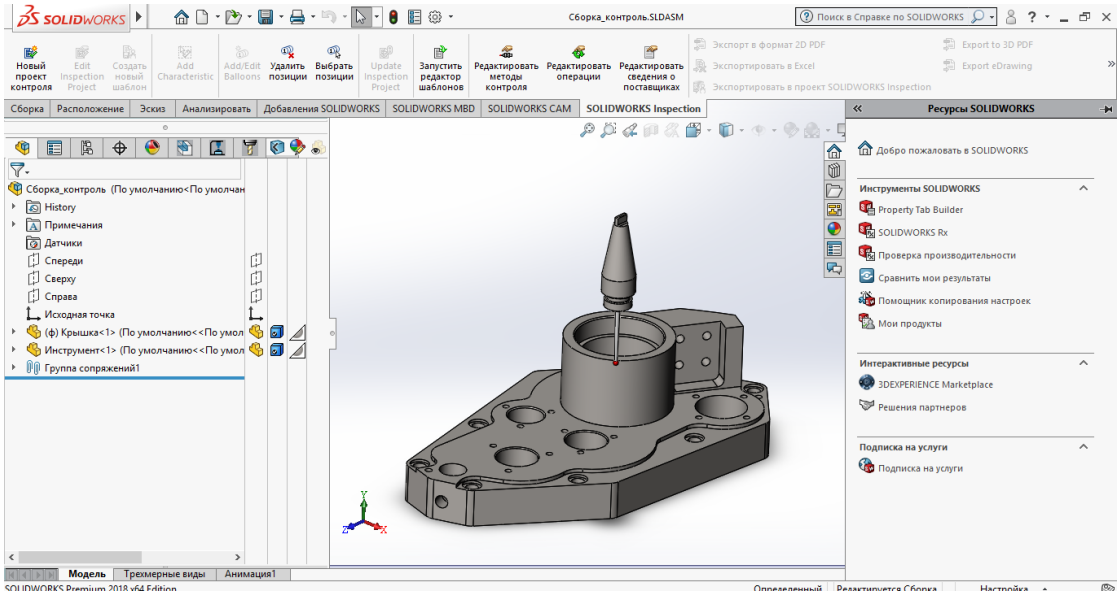


Рис.10 Моделювання вимірювання у SolidWorks

Обравши положення центра отвору А відносно обраної базової поверхні І, яку встановлюють вздовж однієї з координат верстата (в даному випадку *X*), міжосьові відстані між центрами отворів (*A, B, C*...) визначають переміщуючи вимірювальну головку вздовж координат *X, У* (рис.11). Вимірювальна головка реєструє координати положення шпинделя та записує їх у спеціальний файл-звіт у вигляді G-коду. Далі за даними, які отримані з оброблювального центра, розроблена програма вираховує координати центрів отворів корпусної деталі, враховуючи непаралельність їх розміщення відносно координати *X* верстата [17].

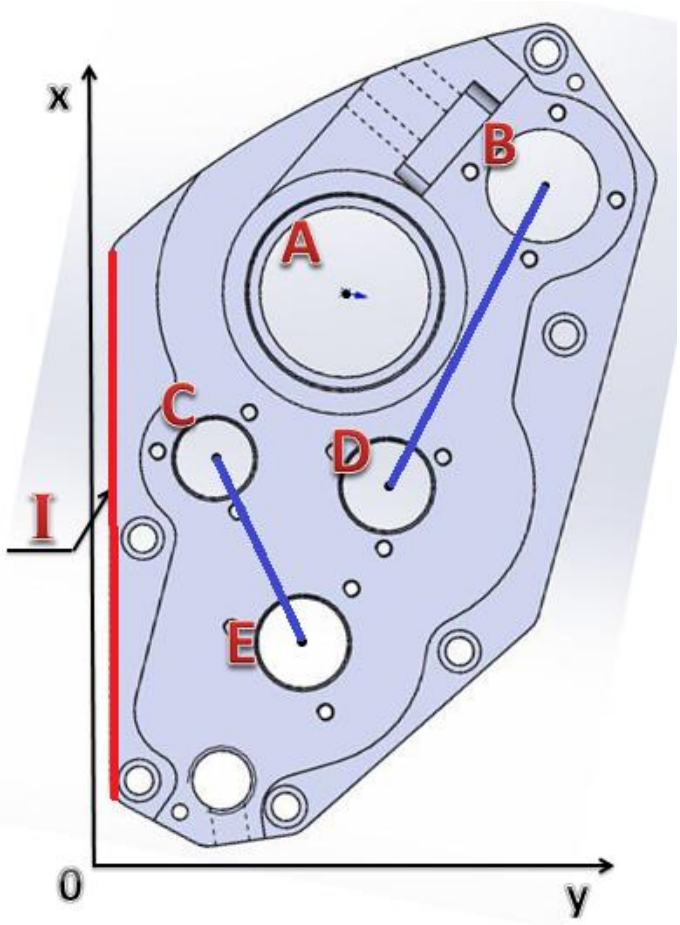


Рис.11. Корпусна деталь: *I* – базова поверхня; *A*, *B*, C, *D*. *E*. – центри отворів.

4.2 Інструкція з використання програми.

Після проведення вимірів міжосьових відстаней на еталонному зразку деталі та об’єкті контролю необхідно:

- зберегти файли роботи вимірювальної головки на комп’ютер;
- відкрити файл «AppControl.jar»;
- натиснути кнопку «Обзор» рядка «Еталон» та відкрити файл з даними про виміри еталонного зразка. Цей файл буде еталоном, відносно якого будуть порівнюватись деталі;
- натиснути кнопку «Обзор» рядка «Деталь» та обрати файл з даними про виміри об’єкту контролю;
- натиснути кнопку «Контролювати».

В разі необхідності перегляду G-коду еталонного зразка деталі або деталі, що контролюється – натисніть кнопку «Отримати», яка знаходиться під відповідним полем для виведення інформації на екран.

За допомогою кнопки «Очистити» можна видалити всю інформацію з текстового поля.

В разі, якщо браку деталі не було виявлено, поле «Брак» залишиться пустим. У блоці «Повідомлення» буде показано повідомлення про успішне проходження контролю(рис.12).

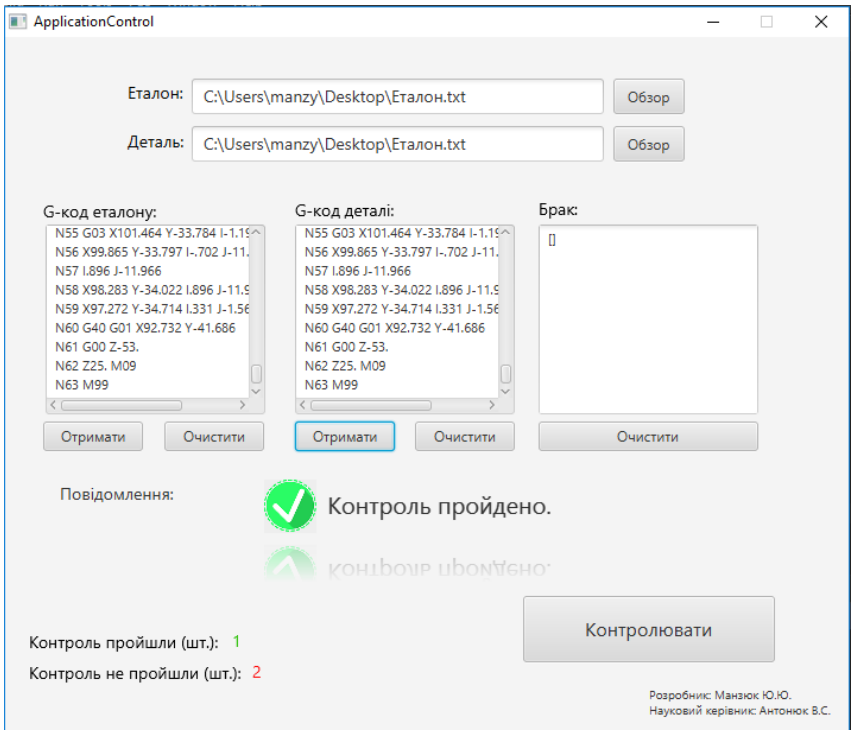


Рис.12 Деталь без брака

Якщо деталь з браком, в полі «Брак» відобразиться фрагмент G-коду, у якому виявлено неспівпадіння з еталоном (рис.13).

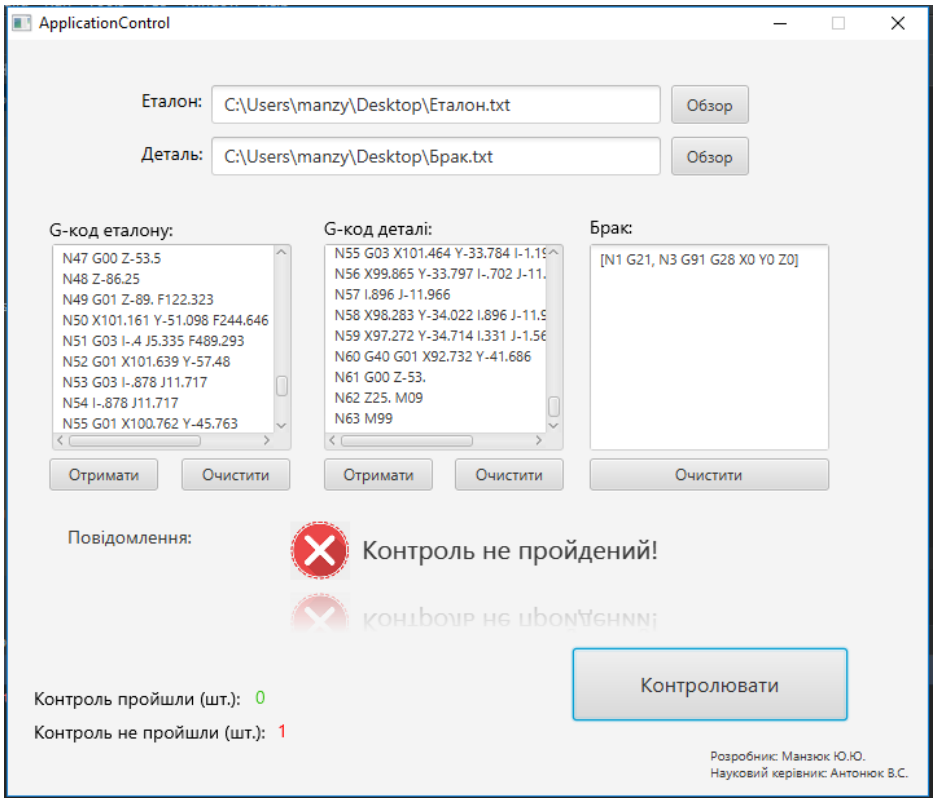


Рис.13 Деталь з браком

В результаті проведених досліджень створена автоматизована система контролю корпусних деталей, розроблено математичне, метрологічне і алгоритмічне забезпечення вимірювальних циклів на оброблювальних центрах з ЧПК з контрольно-вимірювальною головкою.

Висновки до розділу

У розділі 4 апробовано методику проведення контролю міжосьових відстаней отворів корпусних деталей на оброблюваних центрах з ЧПК за допомогою запропонованої автоматизованої системи контролю.

Наведена схема базування деталі на оброблюваних центрах з ЧПК з контрольно-вимірювальною головкою, а також приклади комп’ютерного моделювання вимірювання у системі автоматизованого проектування SolidWorks.

Розроблено покрокову інструкцію з використання програми автоматизованої системи проведення контролю корпусних деталей на оброблюваних центрах з ЧПК.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОБРОБЛЮВАЛЬНОМУ ЦЕНТРІ»

5.1. Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах методики проведення контролю корпусних деталей на верстатах було написано програмне забезпечення для проведення контролю, а також моделювання проведення вимірів міжосьових відстаней у програмному комплексі SolidWorks.

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту який має на меті визначення змоги нашого продукту вийти на ринок і конкурувати з продуктами які вже зайняли на ньому своє місце.

У таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів[21].

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка програмного забезпечення для проведення контролю корпусних деталей	Підприємства по виготовленню корпусних деталей	Прискорення процесу контролю. Покращення якості продукту. Збільшення попиту на продукт.
	Металообробка	Прискорення процесу контролю. Покращення якості продукту. Збільшення попиту на продукт.
	Приладобудування	Прискорення процесу контролю. Покращення якості продукту. Збільшення попиту на продукт.

Отже, пропонується нова методика контролю корпусних деталей за допомогою оброблювальних центрів, яка реалізована шляхом розробки

програмного забезпечення, що прискорює процес проведення контролю та запобігає виникненню похибок, які можуть виникнути під час виконання контролю в ручному режимі.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

− визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

− визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

− проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.2)[21].

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/п	**Техніко-економічні характеристики ідеї**	**(потенційні) товари/концепції конкурентів**				**W (слабка сторона)**	**N (нейтральна сторона)**	**S (сильна сторона)**
		Мій проект	Renisaw,	Schaublin,	Ascon			
1.	Торгівельна марка	немає	є	є	є	+		
2.	Показники точності розрахунків	Висока	Середня	Середня	Середня			+
3.	Показники надійності програмного продукту	Висока	Середня	Середня	Середня			+
4.	Патенти на продукти	-	є	є	є		+	
5.	Економічність	Низька ціна	Висока ціна	Висока ціна	Середня ціна			+

Після порівняння характеристик проекту з конкурентами був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик і властивостей ідеї потенційного товару, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (методики розрахунків), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 5.3[21].

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка системи вимірювань	Технологія проектування систем проведення вимірювань	Наявні	Доступні
2	Проведення вимірів деталі	Технологія моделювання вимірювання	Наявні	Доступні
3	Обробка результатів роботи контрольних приладів	Технологія обробки даних роботи верстатів	Наявні	Доступні
4	Нормалізація вихідної інформації за допомогою ПЗ	Технологія розробки програмного забезпечення	Наявні	Доступні

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що наш проект можна реалізувати за допомогою вищевказаних технологій, до найкращих результатів приведе об'єднання їх в єдиний комплекс.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4) [21].

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	3000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Конкуренція як вітчизняних, так і зарубіжних фірм
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	35%

За попереднім оцінюванням ринок має зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт, тому робим висновок, що ринок є привабливим для входження, хоча на ньому вже існують вітчизняні і іноземні фірми, які працюють багато років і роблять продукцію хорошої якості, але за рахунок нової технології і переваг, які вона надає, робить продукт конкурентоспроможним.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5)[21].

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Якісне і недороге програмне забезпечення	Підприємства по виготовленню корпусних деталей	Якість програмного продукту і ціна є основними факторами, які формують поведінку клієнтів	Правильність методики розрахунків, технічна підтримка.

Отже потенційною групою клієнтів продукту мають стати підприємства по виготовленню корпусних деталей, які побачать економічну вигоду у виготовленні інструментів за новою методикою.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні висококваліфіковані фахівці. Також, повинно своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 5.6)[21].

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Широкий асортимент продукції конкурентів	Доведення на практиці, що технологія буде економічно вигіднішою, ніж у конкурентів
2	Старіння	Поява модернізованої продукції	Моніторинг трендів, постійна модернізація згідно з вимогами ринку
3	Відсутність попиту на продукцію	Не бажання споживачів переходити на нову технологію	Реклама. Приведення аргументованих доказів, що зміна технології

			приведе до збільшення попиту на продукт.
4.	Постачання	Проблема з фірмами постачальниками	Зміна політики розповсюдження продукту
5.	Технічний	Не розуміння методики в зв'язку з некваліфікованими кадрами	Спрощення алгоритмів методики або впровадження постійної підтримки кваліфікованих техніків

В таблиці 5.6 ми визначили фактори загроз які перешкоджають ринковому впровадженню нашого проекту, а також можливу реакцію на фактор щоб звести до мінімуму його вплив.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7) [21].

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	**Фактор**	**Зміст можливості**	**Можлива реакція компанії**
1	Науково-технічні	Зміниться технологія написання продукту	Впровадить технологію і змінить вартість товару
2	Поява нової роздрібної мережі	Увійти до числа постачальників нової мережі	Зробити акцент на якості продукції
3	Попит	Потреба збільшення і надійності програмних продуктів	Модернізація продукту, розробка нових ідей
4.	Політико правові	Може вплинути на купівлю/продаж товару.	Зміна напрямків імпорту
5	Економічні	Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.	Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску

В таблиці 5.7 визначили фактори можливостей які сприяють ринковому впровадженню нашого проекту, а вигоди які компанія може отримати відповідно від реакції на той чи інший фактор [21].

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	**В чому проявляється дана характеристика**	**Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)**
1. Олігополія	В галузі домінує декілька конкуруючих фірм	Виготовлення вдосконаленого товару
2. Національний	Конкуренція фірм на міжнародному рівні	Приведення математичних розрахунків про різницю в часі проведення контролю
3. Внутрішньогалузева	Виробники виготовляють продукти, які задовольняють одну потребу	Виготовлення товару відмінного в якості, ціні.
4. Товарно-видова	Різноманітні товари для задоволення конкретної потреби	Розробка нових технологій
5. Цінова	Використання ціни як засіб кращих умов збуту	Підвищення якості продукту, за такою ж ціною, що і у конкурентів
6. Марочна	Вказує, яке підприємство відповідальне за готовий продукт	Створення власної марки

В даній таблиці ми проаналізували ринок збуту нашого продукту і визначили загальні риси конкуренції на ньому.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 5.9) [21].

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	**Прямі конкуренти в галузі**	**Потенційні конкуренти**	**Постачальники**	**Клієнти**	**Товари-замінники**
	Renisaw, Schaublin, Ascon	Великий асортимент товарів у конкурентів.	Значення розміру поставок, Диференціація витрат	Розмір закупівель, торгівельні знаки	Ціна, марки конкурентів.
Висновки:	Інтенсивність конкуренції прийнятна.	Присутні можливості входу в ринок	Існує залежність від постачальникі	Диктують. Вимоги до ціни і якості	Велика кількість товарів-

	Більшість фірм отримують цілком помірний прибуток.	за рахунок нової технології та інвестицій.	в як якості продукції, так можливих обсягів її виробництва. Також ціна кінцевої продукції залежить від сировини	продукту	замінників

Отже, відповідно до наведеного вище аналізу головними силами, які діють на конкуренцію в галузі є постачальники і споживачі. Також все більшого значення набуває інтенсивність конкуренції між існуючими конкурентами.

Таким чином в межах структурного підходу до аналізу конкуренції тип конкуренції – олігополістична конкуренція.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовуєтеся перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не впроваджено в життя, це важко зробити точно, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	**Фактор конкурентоспроможності**	**Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)**
1	Надійність	Більша надійність продукту, ніж у конкурентів
2	Довговічність	Більша довговічність продукту, ніж у конкурентів
3	Час роботи	За рахунок нового програмного забезпечення підвищується швидкість проведення контролю
4	Якість	Вищеперечисленні фактори покращують якість продукту, а це один із головних критеріїв у клієнтів
5	Ціновий	Опрацювання відгуків клієнтів, вдосконалення відповідно до їх пропозицій та за можливості зниження ціни на продукт.

6	Новизна	Нова технологія дозволяє продукту стати конкурентоспроможними на ринку

В таблиці 5.10 на основі аналізу проведеного в таблиці 5.9 визначили та обґрунтували фактори конкурентоспроможності нашого проекту[21].

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Нульові напруження»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з КСК						
			–3	*–2*	*–1*	*0*	*+1*	*+2*	*+3*
1	Надійність	14						+	
2	Довговічність	16						+	
3	Час роботи	17					+		
4	Якість	15					+		
5	Ціна	12				+			
6	Новизна	16					+		

Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін показав, що надійність, довговічність і час роботи, за таку ж саму ціну на продукт, дає перевагу над іншими продуктами і тому проект може стати конкурентоспроможним на ринку.

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: більший час роботи інструменту, ніж у конкурентів; краща надійність і довговічність; краща якість продукту; ціна така ж як і у конкурентів; наявність патентів дозволяє споживачу бути впевненим у якості продукту.	Слабкі сторони: продукт який ще не зарекомендував себе на ринку; так як на ринку багато постачальників, у клієнтів багатий вибір продукту, компанії необхідно проводити рекламу свого продукту і збільшувати кількість його постачальників. за рахунок високої ціни клієнти обирають більш дешевий продукт, що призводить до втрати потенційного заробітку.
Можливості: потреба у збільшення надійності і довговічності інструменту, тим самим	Загрози: широкий асортимент продукції конкурентів;

витіснити застарілий продукт із ринку; забрати собі клієнтів у вже існуючих фірм за рахунок створення нової мережі постачання; отримання нових замовлень на продукт; збільшення продаж; отримання державних замовлень на отримання послуг; розширення ринку за рахунок іноземних замовників.	поява якіснішихтехнологій у конкурентів; не бажання споживачів переходити на нову; зменшення продажів через несвоєчасне виконання замовлень; втрата клієнтів через недостатню технічну підтримку.

В таблиці 5.12 проводимо перелік сильних та слабких сторін проект. А також ринкових загроз та ринкових можливостей який складаємо на основі факторів загроз і можливостей який ми складали раніше. Ринкові загрози та можливості на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [21].

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу.	Висока	1,5 роки
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.	Висока	1 рік
3	Стратегія виходу з ринку	Низька	

Проводимо аналіз розроблених нами альтернатив ринкового впровадження і з зазначених альтернатив обираємо ту яка має найбільшу ймовірність отримання ресурсів, а також є найшвидшою в реалізації. Отже обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями[21].

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Державні підприємства	Готові	Середній попит	Висока	Середня
2	Приватні підприємства	Готові	Високий попит	Висока	Складна
3	НДІ	Готові	Середній попит	Низька	Просто
Які цільові групи обрано: Державні та приватні підприємства. Використовується стратегія диференційованого маркетингу.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обрані цільові групи, для яких будемо пропонувати свою програму для розрахунку напруження в різальному інструменті та визначили стратегію охоплення ринку: стратегію диференційованого маркетингу, тому що працюємо із конкретним сегментом, розробляючи для нього програму ринкового впливу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку [21].

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Передбачає надання товару важливого з точки зору споживача властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів	Краща надійність і довговічність Краща якість Ціна така, як і у конкурентів	Стратегія диференціації

За базову стратегію розвитку було взято стратегію диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від конкурентів.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16) [21].

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Проект не є «першопрохідцем»	Компанія буде забирати існуючих у конкурентів	Не буде копіювати основні характеристики товару конкурента	Стратегія заняття конкурентної ніші

За базову стратегію конкурентної поведінки була прийнята стратегія зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру. Головне завдання компанії при цьому – це постійна турбота про підтримку і розвиток своєї

конкурентної переваги, формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціювання яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект[21].

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока надійніть і довговічність Час роботи	Стратегія диференціації	Краща якість ніж у конкурентів за такою ж ціною	Надійність Стабільність Довговічність

Компанія за стратегію розвитку обрала диференціацію, і за цільові групи було обрано державні та приватні підприємства, хоча у них вже є постачальники, але за рахунок нової технології компанія буде забирати клієнтів у конкурентів, і проводити турботу і підтримку та реалізовувати розвиток своєї конкурентної переваги.

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару [21].

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити
1	Потреба в програмному забезпеченні для спрощення	Автоматизовану систему контролю корпусних деталей	Постійна технічна підтримка та оновлення. Вдосконалення алгоритму розрахунків та його вдосконалення. Вдосконалення програми шляхом додавання

	і прискорення процессу контролю		нових можливостей і методів розрахунків.

За рахунок ключових переваг товару і стратегії диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей за такою ж ціною як і у конкурентів буде розроблено маркетингову програму стартап-проекту [21].

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	**Сутність та складові**		
I. Товар за задумом	Програма для контроля корпусних деталей Можна виділити наступні вигоди використання: спрощення процесу розрахунків; підвищення швидкості контролю; зменшення похибок. підвищена надійність і довговічність деталей		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Економічні Призначення Надійність Технологічні Транспортабельності Безпеки	Нм Нм М М М М	Вр Тх Тл Тх Тх Тх
	Якість: відповідає нормам програмного забезпечення для виробництва		
	Пакування: jar-архів		
	Марка: назва організації-розробника		
III. Товар із підкріпленням	Розповсюдження реклами		
	Акція, яка передбачає придбати кілька товарів за зниженою ціною		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Захист інтелектуальної власності, патент на винахід.			

В таблиці 5.19 ми створюємо три - рівневу модель нашого товару, що включає задум товару та його вигоди, основі характеристики готового товару, спосіб його пакування та захисту від копіювання та плагіату.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20) [21].

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	1000 грн	1000	Середній	1000 - 3000 грн

В таблиці проаналізовано ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буду встановлена верхня та нижня межа на нашу програму [21].

Таблиця 5.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості постачання).	Доставка товару покупцю, його встановлення та налаштування.	Канал нульового рівня	Власна система збуту. Виробник безпосередньо продає товар клієнту і використовує три способи прямого продажу: Торгівля через магазини Посилкова торгівля Торгівля в роздріб

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту через торгівлю в магазинах, посилками чи в роздріб. Також заглибину каналу збуту було обрано канал нульового рівня, тому що

компанія хоче мати тісні контакти із споживачами на обмеженому цільовому каналі [21].

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Перегляд інформаційний ресурсів із потрібним якісним товаром за доступною ціною.	Інтернет ресурси, каталоги інструментів, виставки, рекламні статті.	Послідовність у реалізації обраної позиції. Доступність та об'єктивність інформації про фірму та товар. Послідовність при прийнятті рішень.	Інформаційне завдання про новий товар, та формування знань про марку та виробника.	Швидкість виконання контролю

Висока надійність та час роботи програмного забезпечення є головною концепцією товару, за рахунок яких він є конкурентоспроможним на ринку.

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту.

Ціноутворення відбувається на основі аналізу товарів – аналогів і відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту з залученням експертів.

За ринкову поведінку буде прийнята стратегія зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру. Головне завдання компанії при цьому – це постійна турбота про підтримку і розвиток своєї конкурентної переваги, формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.

Висновки до розділу

Ринкова комерціалізація проекту опирається на наявний попит, динаміку ринку та рентабельність роботи на ринку. Клієнти на даному ринку зазвичай займаються звичною купівлею з деякими змінами, яка передбачає придбання дещо змінених товарів, або зміну ціни на товар, саме на це і розрахований даний стартап, так як за рахунок розробленої програми відбудеться покращення характеристик деталей, вони матимуть кращі властивості при роботі порівняно із товарами конкурентів.

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів і розробивши власну систему збуту є хороші перспективи впровадження даного продукту на ринок. Бар'єром входження на ринок є велика кількість товарів-аналогів, але порівняно із ними дана програма по новій методиці спрощує розрахунки, зменшує похибки та надає виробу більшу надійність і довговічність, за рахунок чого він може стати конкурентоспроможним на ринку.

Впровадження на ринок розроблено на основі стратегії зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру.

Отже, подальша імплементація продукту є доцільною за рахунок сильних сторін продукту і наявного попиту на ринку.

Також потрібно підтримувати зворотній зв'язок з клієнтами, удосконалювати програмне забезпечення для задоволення рекламацій клієнтів що виникли в процесі технічного обслуговування програми.

Як альтернативний варіант впровадження нашого стартап проекту для ринкової реалізації проекту доцільно обрати початок продаж нашого продукту в мережі інтернет і для одного сегменту ринку, а тільки після закріплення на ринку вже починати шукати клієнтів в інших сегментах і пропонувати їм наш продукт.

ВИСНОВКИ

Створена автоматизована система контролю корпусних деталей на оброблювальному центрі, розроблено математичне і алгоритмічне забезпечення вимірювальних циклів на оброблювальних центрах з ЧПК.

Для вирішення поставленої задачі було:

– проведено аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел щодо сучасних засобів контролю деталей;

– запропоновано методику автоматизованого контролю корпусних деталей;

– створено програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус;

– розроблено автоматизовану систему контролю корпусних деталей на оброблювальному центрі.

Для написання програмного забезпечення використовувалась об’єктно-орієнтована мова програмування **Java 8**, платформа на основі Java для створення додатків з насиченим графічним інтерфейсом **JavaFX**, програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва **SolidWorks**.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Секацкий В. Ф. Методы и средства измерений и контроля [Текст]: учебное пособие / В. С. Секацкий, Н.В. Мерзликина. - Красноярск: ИСЦСФУ, 2007. - 286 с.

2. Федеральный портал «PROTOWN.RU» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.protown.ru/information/hide/4486.html (дата обращения 20.11.17).

3. Остафьев В.А., Антонюк В.С., Тымчик С. Диагностика процесса металлобработки - К.: Тэхника. 1991. - 152 с.

4. Л. И. Анисимова метрологические характеристики средств измерений и технического контроля геометрических величин [Текст]: справочник / Л. И. Анисимова, А. С. Кривоногова. - Екатеринбург: Изд-во Рос. Гос. Проф.-пед. Ун-та, 2010. - 260 с.

5. Словарь «Академик» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/22442 (дата обращения 20.10.18).

6. Каталог оборудования «Оснастка и инструмент для ЧПУ станков» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://tme-osnastka.ru/izmeritelnyy-instrument/privyazka-na-stanke/3d-tester-schup-datchik-kasaniya-haimer-atorn-tschorn.html (дата обращения 23.10.18).

7. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.

8. Кондашевский В.В., Лотце В. Активный контроль размеров дета-лей на металлорежущих станках. Омск: Западно-Сибирское книжное из-дательство, 1976. – 431 с.

9. Kondaschewski W.W., Lotze W. Mesteuergeräte spanender Werk-zeugmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik, 1974. – 624 S.

10. Теория и проектирование контрольных автоматов /Л.Н. Ворон-цов, С.Ф. Корндорф, А.В. Федотов и др. Уч. пособ. для вузов. М.: Высшая школа, 1980. – 560 с.

11. Хомченко В.Г., Федотов А.В. Математическое обеспечение для САП ЧПУ при управлении точностью обработки. Омск. гос. техн. ун-т. – Омск, 2006. – 89 с. Деп. в ВИНИТИ 20.04.2006, № 532-В2006.

12. Федотов А.В. К вопросу управления точностью обработки на обрабатывающих центрах. / А.В. Федотов // Автоматизированные станочные системы и роботизация производства: сб. науч. тр. /Тульский политехн. и-т. – Тула, 1991. – С. 20-28.

13. Гибкое автоматическое производство. / В.О.Азбель, В.А.Егоров, А.Ю. Звоницкий и др. Л.: Машиностроение, 1985.- 454 с.

14. Координатные измерительные машины / В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. М.: Машиностроение, 1988. 328с.

15. Пат. 1796865 РФ, МКИ G 01 B 5/03. № ГР 4857280; Заявлено 7.8.90; Опубл. 23.02.93, Бюл. N 7.

16. Федотов А.В., Компанейц А.Н. Применение измерительных головок на обрабатывающих центрах //Измерительная техника, 1990, № 9. С. 24.

17. Федотов А.В. Измерительная система для обрабатывающего центра // Прикладные задачи механики: Сб. научн. тр. /Под. ред. В.В. Евстифеева. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 1997. - Кн. 2. С. 3 - 7.

18. Базров Б.М. Технологические основы проектирования самонастраивающихся станков / Б.М. Базров.– М.: Машиностроение, 1978.–216 с. 138

19. Офіційний сайт виробника контрольних головок «Renisaw» [Електроний ресурс]. - Режим доступа: https://www.renishaw.it/it/renishaw-più-efficienza-per-i-professionisti-dell’industria-e-della-medicina--1030
(Дата звернення: 25.11.18)

20. Офіційний сайт виробника верстатів «Schaublin» [Електроний ресурс]. - Режим доступа: http://schaublin.org/schaublin-160-cnc-fanuc (Дата звернення: 25.11.18)

21. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ "Екстудер"
_____ Бабченко В.В.
"___" _____ 2018 р.

АКТ
про впровадження результатів магістерської дисертації студента гр. ПБ-71мп Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Манзюка Юрія Юрійовича

Комісія в складі голови – директора Бабченка Василя Васильовича і членів: головного конструктора Бабченка Олександра Васильовича і головного технолога Попова Євгена Віталійовича склали дійсний акт про те, що результати магістерської дисертації «Автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблювальному центрі» зокрема:

– методика автоматизованого контролю корпусних деталей;

– програмний продукт для проведення контролю міжосьових відстаней деталі типу корпус;

– автоматизована система контролю корпусних деталей на оброблювальному центрі.

використані під час контролю корпусних деталей в службі головного технолога Попова Є.В.

Впровадження в технологічний процес обробки результатів магістерської роботи дозволило підвищити точність вимірювань міжосьових відстаней корпусних деталей за рахунок вдало обраного обладнання, написання керуючої програми контролю деталі на верстаті ЧПК з числовим програмним керуванням та створеного програмного забезпечення. Це підвищило точність вимірювань, швидкість проведення контролю та усунуло похибки через людський фактор.

ГОЛОВА КОМІСІЇ:
Директор — Бабченко В.В.

ЧЛЕНИ КОМІСІЇ:
Головний конструктор — Бабченко О.В.
Головний технолог — Попов Є.В.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан приладобудівного факультету
_____ Г. С. Тимчик
(підпис) (ініціали, прізвище)
«13» грудня 2018 р.

АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

магістранта Манзюка Юрія Юрійовича

на тему

«Автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблюваному центрі»

Комісія у складі:

Голова комісії: заст. декана з навч.-метод. роботи, кт.н., доцент Філіппова М.В.

Члени комісії: - д.т.н., професор Антонюк В.С.

- к.т.н., доцент Вислоух С.П.

цим актом засвідчую те, що результати магістерської дисертаційної роботи Манзюка Юрія Юрійовича на тему «Автоматизована система контролю розмірів корпусних деталей на оброблюваному центрі», а саме розробка програмного забезпечення для автоматизованого контролю розмірів корпусних деталей на оброблюваному центрі, використовується викладачами кафедри виробництва приладів приладобудівного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського при проведені комп'ютерних практикумів з дисциплін «Оптимізація складних виробничих систем» та «Технології приладобудування».

Голова комісії: _____ Філіппова М.В.

Члени комісії: _____ Антонюк В.С.

_____ Вислоух С.П.

СПИСОК
наукових та навчально-методичних праць
Манзюка Юрія Юрійовича

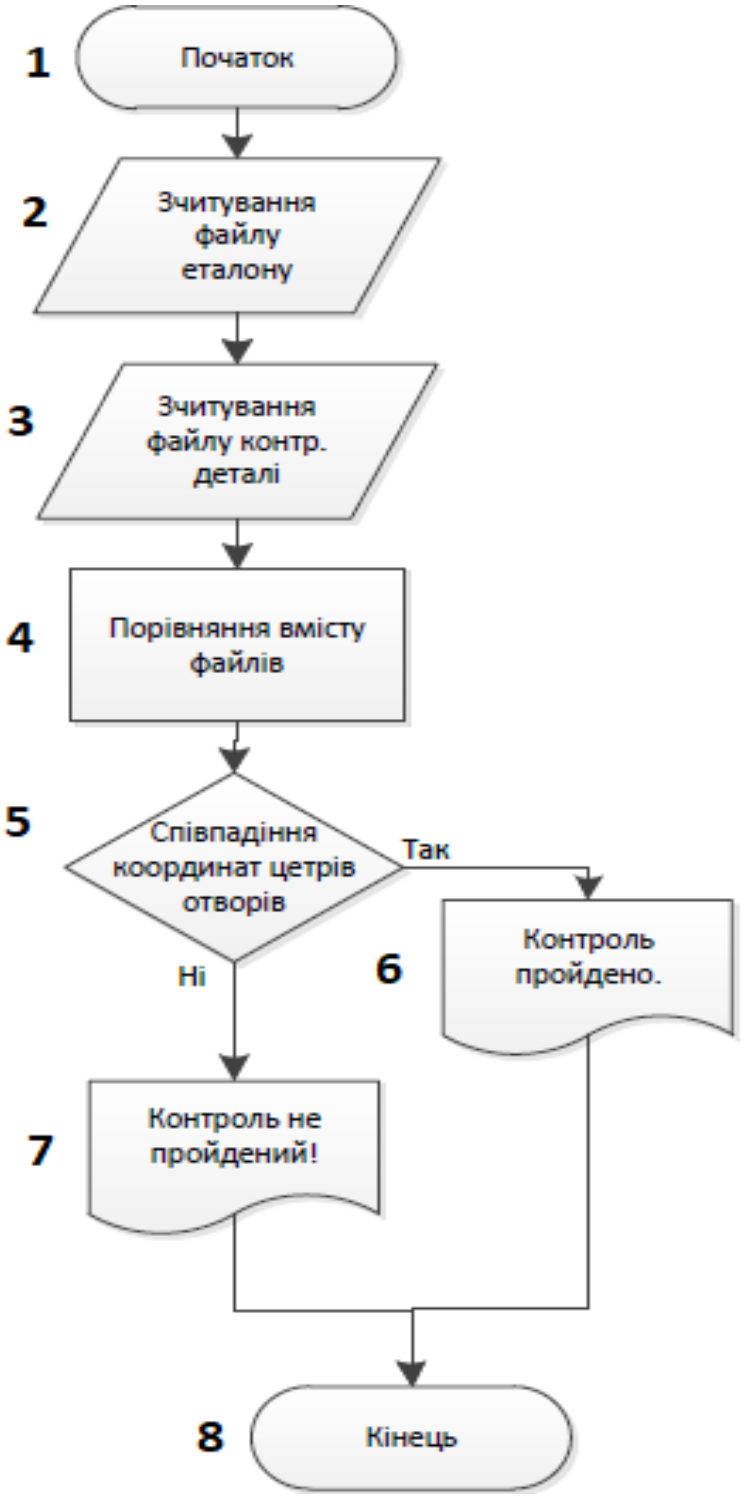
№ п/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік), або номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Співавтори
1	2	3	4	5	6
	1. Наукові статті				
1	Автоматизована система контролю корпусних деталей	Друк.	XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 4-5 грудня 2018 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського (м.Київ)	4	Антонюк Віктор Степанович

Студент _____ Манзюк Ю.Ю.
(підпис) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____ Антонюк В.С.
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДОДАТОК Б

Блок-схема програми



Код програми

```
package sample;
import javafx.application.Application;
import javafx.fxml.FXMLLoader;
import javafx.scene.Parent;
import javafx.scene.Scene;
import javafx.stage.Stage;
public class Main extends Application {
    public static void main(String[] args) {
        launch(args);
    }
    @Override
    public void start(Stage primaryStage) throws Exception {
        Parent root = FXMLLoader.load(getClass().getResource("file.fxml"));
        primaryStage.setTitle("ApplicationControl");
        primaryStage.setScene(new Scene(root, 700, 575));
        primaryStage.setResizable(false);
        primaryStage.show();
    }
}
package sample;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.scene.control.*;
import javafx.scene.text.Text;
import javafx.stage.FileChooser;

import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.net.URL;
import java.nio.file.Files;
```

```
import java.nio.file.Paths;
import java.util.*;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import java.util.stream.Collectors;
public class Controller {
    @FXML
    private Button deleteDiffereceButton;
    @FXML
    private ResourceBundle resources;
    @FXML
    private URL location;
    @FXML
    private Button findFileEtalonButton;
    @FXML
    private Button findFileObjectControlButton;
    @FXML
    private Button mainControlButton;
    @FXML
    private TextField etalonEdit;
    @FXML
    private TextField controlObjectEdit;
    @FXML
    private Text controlPassedLabel;
    @FXML
    private Text controlFailedLabel;
    @FXML
    private Button getResultEtalonButton;
    @FXML
    private Button getResultControlObjectButton;
    @FXML
```

```
private Button deleteResultEtalonButton;


@FXML
private Button deleteResultControlObjectButton;
@FXML
private Label controlPassedMessage;
@FXML
private Label controlFailedMessage;
@FXML
private TextArea listEtalon;
@FXML
private TextArea listObjectControl;
@FXML
private TextArea differences;
@FXML
private MenuBar HelpBar;
private int passedCount;
private int failedCount;
private List<String> etalonList;
private List<String> actualList;
private List<String> resultOfCompare;
@FXML
void initialize() {
   findFileEtalonButton.setOnAction(event -> {
      etalonList = readFile(etalonEdit);
   });
   findFileObjectControlButton.setOnAction(event -> {
      actualList = readFile(controlObjectEdit);
   });
   mainControlButton.setOnAction(event -> {
      System.out.println("MainActions button");
```

```
        boolean isVisible = isControlPassed();
        controlPassedMessage.setVisible(isVisible);
        controlPassedLabel.setText(String.valueOf(passedCount));
        controlFailedMessage.setVisible(!isVisible);
        controlFailedLabel.setText(String.valueOf(failedCount));
        differences.setText(String.valueOf(resultOfCompare));
    });

    getResultEtalonButton.setOnAction(event -> {
        System.out.println("get result etalon");
        String res = String.join("\n", etalonList);
        listEtalon.appendText(res);
    });

    deleteResultEtalonButton.setOnAction(event -> {
        System.out.println("delete result etalon");
        listEtalon.clear();
    });
    getResultControlObjectButton.setOnAction(event -> {
        String res = String.join("\n", actualList);
        listObjectControl.appendText(res);
    });
    deleteResultControlObjectButton.setOnAction(event -> {
        System.out.println("delete Result Control Object");
        listObjectControl.clear();
    });
    deleteDiffereceButton.setOnAction(event -> {
        differences.clear();
    });
}
```

```
private List<String> readFile(TextField tf) {
   System.out.println("Find file");
   FileChooser fileChooser = new FileChooser();
   fileChooser.getExtensionFilters()
         .addAll(
               new FileChooser.ExtensionFilter("TXT files (*.TXT)", "*.TXT"),
               new FileChooser.ExtensionFilter("txt files (*.txt)", "*.txt"));
   List<String> tokens = new ArrayList<>();
   File file = fileChooser.showOpenDialog(null);
   if (file != null) {
      try {
         tf.appendText(String.valueOf(file.toPath()));
         List<String> lines = Files.readAllLines(file.toPath());
         for (String line : lines) {
            Collections.addAll(tokens, line.split("\n"));
         }
      } catch (IOException ex) {
         Logger.getLogger(Controller.class.getName())
               .log(Level.SEVERE, null, ex);
      }
   }
   return tokens;
}

// The main logic
private boolean isControlPassed() {
   resultOfCompare = compareTwoListsOfString(etalonList, actualList);
   if (resultOfCompare.isEmpty()) {
      passedCount += 1;
   } else {
      failedCount += 1;
```

```
        System.out.println(resultOfCompare);
    }
    return resultOfCompare.isEmpty();
}
public List<String> compareTwoListsOfString(List<String> fileOne, List<String> fileTwo) {
    Set<String> differentValuesSet = fileTwo.stream()
            .map(String::new)
            .collect(Collectors.toSet());
    return fileOne.stream()
            .filter(w -> !differentValuesSet.contains(w))
            .collect(Collectors.toList());
}
public List<String> readFile(String path) {
    List<String> lines = null;
    try {
        lines = Files.readAllLines(Paths.get(path));
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
    List<String> tokens = new ArrayList<>();
    for (String line : lines) {
        Collections.addAll(tokens, line.split("\n"));
    }
    return tokens;
}
```