



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) Підвищення якості контролю

(вказати тему дипломного проекту (роботи))

можливості симуляційно-прогнотичних деталей за допомогою
модерних системСтудент Клишуров Олександр СергійовичСпеціальність ІВІ Прикладна механіка група М-ІВМОбсяг проекту (роботи) Товий

Кількість аркушів креслення _____

Кількість сторінок пояснювальної записки 109а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень У роботі
проведено аналіз методів підвищення якості контролю
можливості симуляційно-прогнотичних деталей за допомогою
модерних системб) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню виконана
робота повністю відповідає поставленому завданнюв) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту
(роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і
передовим методам роботиВиконана робота на достатньому рівні підтримує
останній досягнення науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей
не виявлено

д) позитивні особливості Позитивною особливістю можна вважати: вираження видних особливостей існуючого методу вимірювання програм мереж поєднати, а саме: можливість використання логічних систем та підвищення якості контролю програм мереж.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) Презентація та пояснювальне зписки виконані у відповідності до вимог стандартів

е) відгук про роботу загалом В цілому магістерська робота студента Килиндрова Олександра Сергійовича виконана високої яком

ж) інші зауваження Недостатньо розкрито питання використання коментарів програмно-вимірювальних машин.

з) оцінка проекту (роботи) В цілому магістерська робота студента Килиндрова Олександра Сергійовича, групи М-434 заслуговує оцінку "добре"

Рецензію склав к.т.н., доцент ЗНТУ Галонкін А.В. 
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

«07» 12 2018 р.

- [10:49:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №647 [4] (200052 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:51:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №652 [4] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:52:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №657 [4] (200046 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:53:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №667 [4] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:53:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №662 [4] (200051 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:54:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №677 [4] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:54:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №682 [4] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:54:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №672 [4] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:55:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №687 [4] (200059 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:56:26] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №692 [4] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:56:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №697 [4] (200055 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:58:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №702 [4] (200038 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [10:59:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №707 [4] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:01:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №717 [4] (200045 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:02:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №712 [4] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:05:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №722 [4] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:06:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №727 [4] (200061 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:07:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №732 [4] (200062 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:07:28] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №737 [4] (200031 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:07:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №742 [4] (200041 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:08:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №747 [4] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
- [11:08:10] Тип проверки: *Стандартная*
- [11:08:11] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 30%)**
- [11:08:11] **Уникальность текста 77%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**
-

Иванов



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівництво

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології машинобудування

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему *Рівнищеня якості контролю
точності складально-кратильних деталей за
допомогою лазерних систем*

Виконав: студент *VI* курсу, групи *M-113M*
спеціальності (напряму підготовки)

131 Застосована механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Никифоров О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник *Кондратюк Е.В.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент *Гатюк А.В.*

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет машинобудівний
 Кафедра технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) другий (магістерський)
 Спеціальність 131 Фрикційна механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЯМБ
доцент Дядя С.І.
 "02" _____ 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Микирдрову Олександр Сергійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення якості контролю точності складально-профільних деталей за допомогою лазерних систем

керівник проекту (роботи) Кондрешук Євген Васильович, к.т.н.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2018 року №366

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 30.11.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Підвищення якості контролю точності складально-профільних деталей за допомогою лазерних систем

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Проблеми, що виникають при виготовленні авіаційних деталей. Предмет та об'єкт дослідження.

2. Аналіз методів вимірювання складально-профільних деталей

3. Аналіз особливостей вимірювання запропонованим методом.

4. Оцінка праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1.1	Кондратиюк Е.В., к.т.н		
1.2	Кондратиюк Е.В., к.т.н		
1.3	Кондратиюк Е.В., к.т.н		
4.	Шмирко В.І. к.т.н, доц.		
Корисокоєв	Дере С.І. з.в. к.с.р. т.м.б		04.12.18.

7. Дата видачі завдання 5.9.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

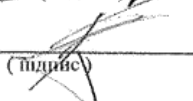
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз проблем, що виникають при контролі деяких складових частин	10.03.2018	
2.	Огляд та аналіз літератури	03.04.2018	
3.	Проведення експерименту за допомогою існуючих методів та засобів контролю	26.05.2018	
4.	Замки альтернативним засобів контролю	11.07.2018	
5.	Дослідження засобів, технічних характеристик	15.09.2018	
6.	Аналіз проблем, що можуть виникнути при вимірюванні деяких альтернативним засобами	25.10.2018	
7.	Оформлення роботи	30.11.2018	

Студент


 Кощук О.С.
 (прізвище та ініціали)

/ Керівник проекту (роботи)

(підпис)


 Кондратиюк Е.В.
 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: стор.109, табл.1, рис.51, 17 посилань.

Об'єкт роботи - лопатка турбіни високого тиску двигуна ТВЗ-117.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

Мета роботи - дослідження ефективності існуючих методів контролю профілю пера лопатки турбіни та пошук альтернативних методів контролю з вищими показниками точності при менших показниках трудомісткості.

Актуальність теми роботи полягає в тому, що під час виготовлення авіаційної продукції, зокрема газотурбінних двигунів, виникають проблеми, пов'язані з появою відхилень в деталях складного профілю. В роботі були розглянуті схеми вимірювання деталей контактними та безконтактними методами, досліджені переваги та недоліки кожного з методів. Запропонована установка для проведення вимірювань на основі датчику лазерного типу фірми Wenzel.

ЛІТАК, ДВИГУН, ТУРБІНА, ЛОПАТКА, ПРОФІЛЬ, КОНТАКТНИЙ МЕТОД, БЕЗКОНТАКТНИЙ МЕТОД, ПІДСТАВКА, ШАБЛОН, КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНА МАШИНА ЛАЗЕР, ДАТЧИК, ПОХИБКА, WENZEL.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	6
Вступ.....	7
1 Проблеми, що виникають при виготовленні авіаційних деталей.	
Предмет та об'єкт дослідження.....	8
1.1 Оцінка вимірювальних засобів та їх характеристик. Вимоги, що висуваються до вимірювальних засобів.....	19
1.2 Аналіз особливостей процесу вимірювання складнопрофільних деталей.....	21
1.3 Використання термінології про контактні та безконтактні методи контролю.....	28
2. Аналіз методів вимірювання складнопрофільних поверхонь деталей....	31
2.1 Вимірювання лопатки турбіни контактним методом за існуючою технологією.....	34
2.2 Безконтактні методи вимірювання.....	43
2.3 Безконтактний контроль лопатки за допомогою запропонованого методу.....	62
3 Аналіз особливостей вимірювання запропонованим методом.....	74
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуація	88
Висновки.....	107
Перелік посилань.....	108

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

МХ – метрологічна характеристика

КВМ – координатно-вимірювальна машина

СБК – системи безконтактного контролю

ФПЗС - фотоелектричні перетворювачі на приладах із зарядним зв'язком

ПЗ – програмне забезпечення

СВД - світловипромінюючі діоди

ПК – персональний комп'ютер

ВСТУП

Сучасне авіабудування вимагає високоточного виробництва деталей складної геометричної форми. Так як матеріал, з якого виготовляються деталі, є дорогим, то виробництво має бути високоефективним, а контроль одержуваної продукції - високоточним.

Більшість деталей авіаційного двигуна мають складний профіль і отримання таких деталей - досить трудомісткий процес, результат якого має бути проконтрольований. Контроль якості отриманих деталей в разі складнопрофільних деталей є високоточним і займає велику кількість часу і вимірювального засобів.

У даній роботі буде розглянуто проблематику проведення вимірювань геометрії лопатки турбіни авіаційного двигуна. Турбіна авіаційного двигуна - складний, відповідальний вузол авіадвигуна, який працює в важких умовах підвищених температур (800°C не межа), так як турбіна розташована відразу за камерою згоряння. Одним з найбільш складних елементів турбіни є лопатки, виконані з жароміцних матеріалів (ЖС6К, ЖС26, ЖС32- сплав жароміцний на нікелевої основі).

Виготовлення лопаток - трудомісткий і дорогий процес, який складається з шліфувальних операцій, фрезерування, протягування, поліровок і термічних обробок. На кожному етапі технологічного процесу контроль деталей повинен проводитися з особливою пильністю. Деталь має складний профіль та ряд конструктивних елементів, контроль розмірів яких є проблемним.

В розділі «Охорона праці» були розглянуті питання виникнення можливих несприятливих факторів при роботі з установкою та шляхи усунення цих факторів. Проведено розрахунок освітленості приміщення та визначені основні параметри санітарно-гігієнічних норм.

1 ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ АВІАЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ. ПРЕДМЕТ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Сучасне авіабудування постійно намагається вирішити питання отримання продукції з підвищеними показниками якості одночасно зі зменшенням витрат на її виготовлення, використання коштовних матеріалів, зниженням трудомісткості та використання людських ресурсів.

Двигун - найважливіша складова частина конструкції будь-якого літака або гвинтокрила. Прогрес в літакобудуванні у більшій мірі визначається прогресом в двигунобудуванні. Одним з характерних прикладів розвитку сучасного світового літакобудування є літак «Мрія», наведений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – «Мрія»

Створення нового авіаційного двигуна з високими показниками по масі, габаритам і паливної економічності - досить трудомісткий процес, що вимагає

складних і тривалих випробувань і займає тривалий період часу, як правило, 12...15 років.

Авіаційною силовою установкою називають конструктивно об'єднану сукупність двигуна з вхідним і вихідним пристроями (з тими їх елементами, які виготовляються на літакобудівному заводі), вбудовану в конструкцію планера (фюзеляжу або крила) або скомпоновану в окремих рухових гондолах. Силова установка крім двигуна, вхідного і вихідного пристроїв, включає в себе ще системи постачання палива, автоматичного управління, що забезпечують її надійне функціонування, а також вузли кріплення, необхідні для передачі зусиль від двигуна до планеру [1].

Двигуном прийнято називати пристрій, яка бере участь у створенні тяги (або потужності), необхідної для руху літального апарату [1]. Двигун є складовою частиною силової установки, тією її частиною, яка виготовляється і поставляється заводом виробником двигунів. Як приклад можна привести двигун Д-18Т, який показано на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Двигун Д-18Т

Двигун складається з безлічі вузлів, які при роботі в складі двигуна виконують різні функції. Одними з найбільш складнопрофільних деталей двигуна є моноколеса (рис. 1.3) і лопатки (рис. 1.4).

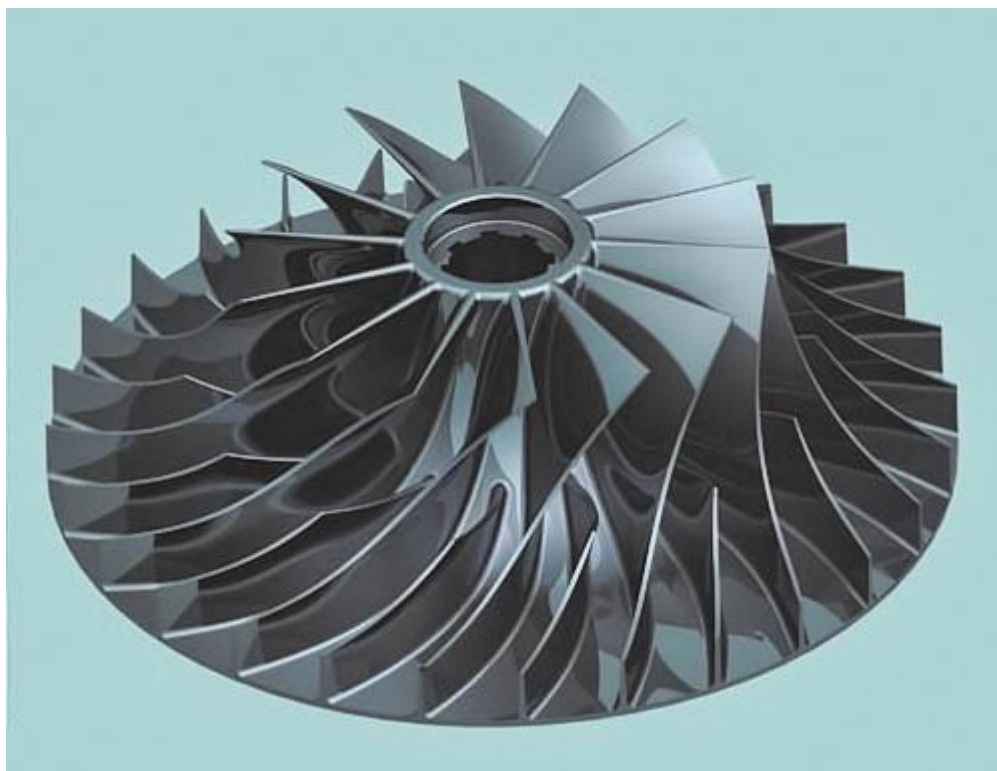


Рисунок 1.3 – Моноколесо



Рисунок 1.4 – Види лопаток, працюючих в різних вузлах двигуна

Виготовлення такого роду деталей пов'язано з рядом складнощів:

- висока вартість матеріалів, з яких виконані деталі (лопатки компресора виконані з титанових сплавів ВТ, лопатки турбіни - з жароміцних сплавів ЖС-6К);
- складна їх геометрична конфігурація;
- вартість обладнання, що застосовується (багато з деталей виконуються на п'ятикоординатних верстатах);
- складністю контролю складнопрофільних деталей (пристосування і прилади складної конструкції, обмірні установки);
- високою трудомісткістю (моноколесо може фрезеруватися до 5 годин);
- високою кваліфікацією робітників і контролерів (полірування лопаток турбіни виконується вручну полірувальниками 5-го розряду, контролер повинен мати як мінімум 4-й розряд.)
- використання при контролі спеціалізованого оснащення.

Все вищевикладене веде до того, що виробництво авіаційного двигуна - основного вузла літака, є коштовним і складним процесом, що в свою чергу впливає на його вартість.

Будь-які заходи, спрямовані на зниження витрат при виробництві, одночасно з підвищенням точності виготовлення, будуть актуальними завданнями на протязі великого проміжку часу.

Для вирішення цього комплексного питання необхідно визначитись з найважливішою проблемою виготовлення авіаційної продукції – підвищення точності при виробництві та контролі деталей.

Точність - один з основних показників якості продукції в машинобудуванні. Лінійні вимірювання складають не менше 90% всіх вимірювань, виконаних в машинобудуванні, від їх точності, в кінцевому підсумку, залежить якість контролю продукції, що випускається.

Як правило, при вирішенні проблеми забезпечення точності вимірювання деталей, в машинобудуванні найчастіше мають на увазі точність самого процесу вимірювання. У меншій мірі при цьому розглядають об'єкт

вимірювання як елемент певного механізму, тобто не аналізують, якою мірою результат вимірювання характеризує і дозволяє оцінити відповідність вимірюваного об'єкта своєму службовому призначенню і чи може він виконати задані розробником функції. Однією з причин цього є невизначеність поняття розміру деталі з урахуванням призначення об'єкта вимірювання. Одними з характерних складнопрофільних деталей авіаційного двигуна є лопатки й лопасті.

Лопатка (лопасть) - деталь лопаткових машин, призначена для зміни в них параметрів газу [2].

Особливої різниці в конструктивних особливостях і способах застосування між лопастями і лопатками немає, але у вживанні цих понять частіше лопатками називають лопасті, у яких ширина не менше чверті їх довжини.

Машини або механізми, оснащені робочими колесами з встановленими на них лопатями або лопатками, в залежності від типу джерела енергії для їх переміщення в потоці рідини або газу, можуть бути нагнітальними (компресори, вентилятори, повітродувки, насоси) або приводними (турбіни, вітрогенератори, млини, гідро- та пневмоприводи).

У нагнітальних машинах лопасті або лопатки переміщують потік. У приводних - потік рідини або газу приводить в рух лопаті або лопатки.

Диски, в залежності від типу і призначення машини, можуть обертатися з абсолютно різними швидкостями - від одиниць оборотів в хвилину у вітрогенераторів і млинів, до десятків і сотень тисяч оборотів на хвилину у газотурбінних двигунів і турбонагнітачів.

Лопатки сучасних лопаткових машин, в залежності від призначення, виконуваної цим пристроєм завдання і середовища, в якій вони працюють, мають саму різну конструкцію. Еволюція цих конструкцій простежується при порівнянні лопаток середньовічних млинів - водяний і вітряної, з лопатками вітродвигуна і гідротурбіни гідроелектростанції, рис. 1.5.



а)

б)

Рисунок 1.5 - Лопатки вітро двигунів а) – середньовічний млин;
б) – сучасна вітряна електростанція

Розрізняють робочі (рис. 1.6), спрямляючі (рис. 1.7) і поворотні (рис. 1.8) лопатки. Крім того, в компресорах можуть бути направляючі лопатки, а також вхідні напрямні лопатки, а в турбінах - соплові лопатки і лопатки з самоохолодженням, наведені на рис. 1.6.

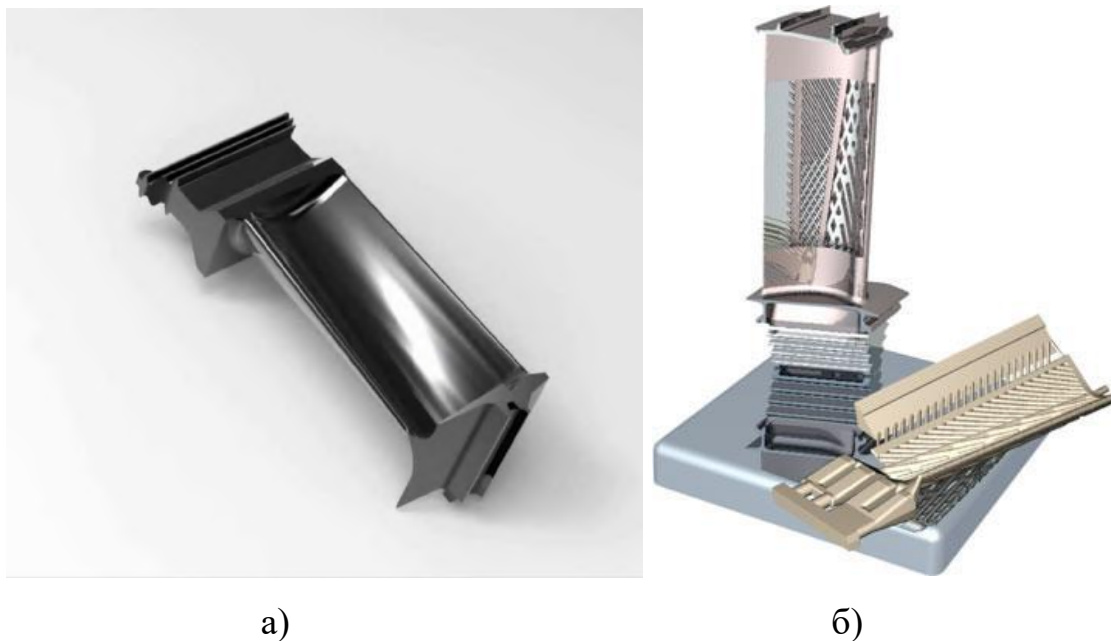


Рисунок 1.6 – а) - соплова лопатка турбіни; б) - лопатка турбіни з самоохолодженням



Рисунок 1.7 – Спрямляючі (а) та поворотні компресорні (б) лопатки

По конструкції профільної частини лопатки підрозділяються на лопатки постійного і змінного перерізів. Лопатки приведені на рис. 1.8.



а)

б)

Рисунок 1.8 - Лопатки постійного (а) та змінного (б) перерізу

Лопатки постійного перерізу застосовуються для ступенів, в яких довжина лопатки не більше однієї десятої середнього діаметра ступені. У турбінах великої потужності це, як правило, лопатки перших ступенів турбіни високого тиску. Висота цих лопаток невелика і складає 20...100 мм.

Лопатки змінного перерізу мають змінний профіль на наступних ступенях турбіни, причому площа поперечних перерізів плавно зменшується від кореневого перерізу до вершини. У лопаток останніх ступенів турбіни це співвідношення може досягати 6...8. Лопатки змінного перерізу завжди мають початкову закрутку, тобто кути, утворені прямою, що з'єднує кромки перетину, з віссю турбіни, так званими кутами установки перетинів. Ці кути, з міркувань аеродинаміки, по висоті лопатки задаються різними, з плавним збільшенням від кореня до вершини [2].

Для відносно коротких лопаток кути закрутки профілю (різниця між кутами установки периферійного $A_{\text{п}}$ і кореневого $A_{\text{к}}$ перерізів) складають 10...30°, а для лопаток останніх ступенів можуть досягати 65...70°. Схема перерізів наведена на рис. 1.9.

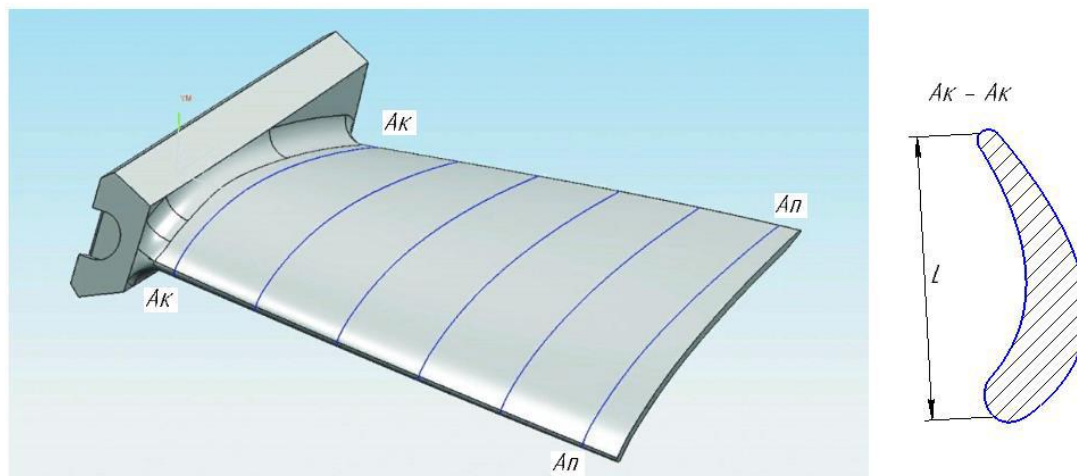


Рисунок 1.9 – Схема розташування перерізів

Взаємне розташування перетинів по висоті лопатки при утворенні профілю та положення цього профілю щодо диска являє собою установку лопатки на диску і має задовольняти вимогам аеродинаміки, міцності і технологічності виготовлення.

Лопатки в основному виготовляються з попередньо відштампованих заготовок. Також застосовуються методи виготовлення лопаток точним литтям або точним штампуванням. Сучасні тенденції в авіабудуванні ведуть до підвищення потужності турбін шляхом збільшення довжини лопаток останніх ступенів. Створення таких лопаток залежить від рівня наукових досягнень в області аеродинаміки потоку, статичної та динамічної міцності і наявності матеріалів з необхідними властивостями.

Сучасні титанові сплави дозволяють виготовити лопатки довжиною до 1500 мм. Але в цьому випадку обмеженням є міцність ротора, діаметр якого доводиться підвищувати, але тоді необхідно зменшувати довжину лопатки для збереження відношення довжини лопатки до діаметру ротора з міркувань аеродинаміки, інакше збільшення довжини лопатки неефективне. Тому існує обмеження довжини лопатки, більше якої вона не може ефективно працювати.

Лопатка турбіни - деталь, що встановлюється по колу робочих і напрямних дисків або роторів турбіни. Направляючі лопатки служать для

зміни напрямку і швидкості руху пари, що проходить між цими лопатками. Робочі лопатки сприймають енергію струмені пари, який своїм тиском на них призводить ротор турбін в обертання [1].

Модель лопатки першого ступеня турбіни двигуна ТВ3-117, наведена на рис. 1.10.

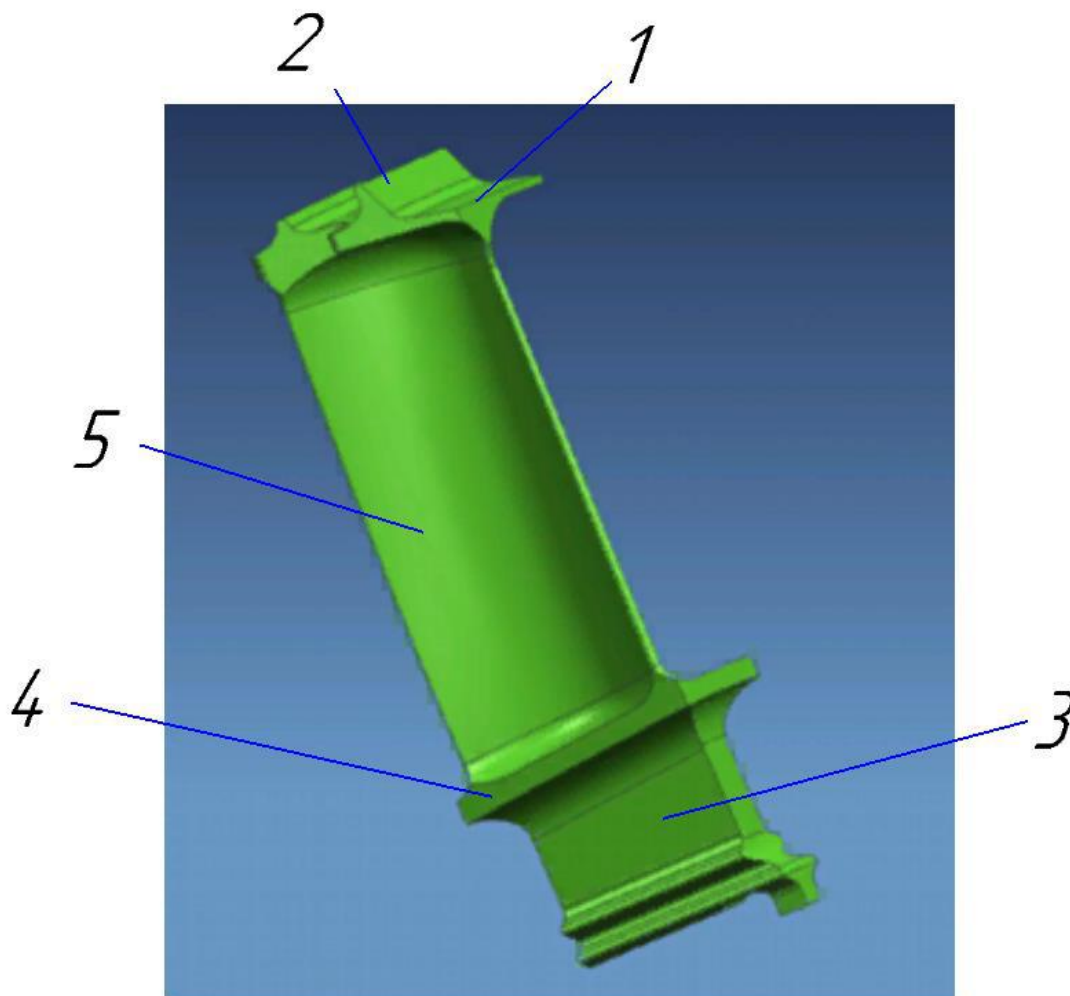


Рисунок 1.10 – Лопатка першої ступені турбіни двигуна ТВ3-117

Основні елементи лопатки: 1 - полиця бандажу, 2 - гребінці лабіринтового ущільнення радіального зазору, 3 - хвостовик ялинкового типу, 4 - полиця хвостовика, 5 - перо.

Згідно конструкторської документації, в ході технологічного процесу обробки лопатки, отриманої литтям, обробляється ялинковий хвостовик і

бандажна полиця. Профіль пера отримується литтям і в разі задовільної шорсткості, не обробляється.

Однак, в виробничих реаліях, не завжди вдається забезпечити рівномірний розподіл припуску, що веде до появи браку в процесі обробки деталі. Лиття лопаток проводиться методом лиття по витоплюємих моделях. Низька точність виготовлення моделей веде до появи відхилень у отриманих виливках.

Складність обробки лопаток полягає в складності базування її в пристроях і відповідно в складності контролю геометричних розмірів.

Існуючі методи контролю хоч і точні, проте вельми трудомісткі. У більшості операцій технологічного процесу передбачається 100% контроль деталей, що веде до збільшення часу отримання одиниці деталі.

Предмет дослідження – покращення існуючої технології контролю профілю пера лопатки.

Підводячи підсумки, можна скласти наступний перелік проблем, які будуть вивчені в даній роботі:

- поняття про основні розмірах лопатки турбіни;
- похибки, що виникають при проведенні обмірів;
- проведення обмірів об'єктів складної геометрії;
- аналіз методів вимірювань;
- існуючий метод вимірювання - алгоритм і недосконалість;
- альтернативний метод - аналіз доцільності його використання і визначення його місця в серійному технологічному процесі;
- особливості застосування альтернативного методу.

1.1 Оцінка вимірювальних засобів та їх характеристик. Вимоги, що висуваються до вимірювальних засобів.

Етап технічного контролю відповідності виготовленої деталі необхідним конструкторським параметрам є заключним етапом виробництва деталей. На даному етапі приймається рішення про подальше використання деталі для складання виробу або відбракування неякісної деталі. Засоби вимірювання, що використовуються на етапі контролю, повинні забезпечувати необхідну точність і володіти високою швидкістю роботи.

Метрологічна характеристика засобів вимірювання (метрологічна характеристика, МХ) - характеристика однієї з властивостей засобу вимірювань, що впливає на результат вимірювань і на його похибку згідно ГОСТ 8.009-84 ГСИ.

Для кожного типу засобів вимірювальної техніки встановлюють свої метрологічні характеристики. Метрологічні характеристики, що встановлюються нормативно-технічними документами, називають нормованими метрологічними характеристиками, а визначаються експериментально - дійсними метрологічними характеристиками.

Точнісні характеристики засоби вимірювань (точності характеристики) - сукупність метрологічних характеристик засобу вимірювань, що впливають на похибку вимірювання. До точносних характеристик відносять похибка засобу вимірювань, нестабільність, поріг чутливості, варіацію, дрейф нуля і ін.

Якість вимірювань характеризується точністю, достовірністю, правильністю, збіжністю і відтворюваністю вимірювань, а також розміром допустимих похибок.

Точність - це якість вимірів, що відбиває близькість їх результатів до істинного значення вимірюваної величини. Висока точність вимірювань відповідає малим похибок як систематичним, так і випадковим.

Точність кількісно оцінюють зворотною величиною модуля відносної похибки. Наприклад, якщо похибка вимірювань дорівнює 10^{-6} , то точність дорівнює 10^6 .

Достовірність вимірювань характеризує ступінь довіри до результатів вимірювань. Достовірність оцінки похибок визначають на основі законів теорії ймовірностей і математичної статистики. Це дає можливість для кожного конкретного випадку вибирати засоби і методи вимірювань, що забезпечують отримання результату, похибки якого не перевищують заданих кордонів з необхідною достовірністю.

Під правильністю вимірювань розуміють якість вимірів, що відбиває близькість до нуля систематичних похибок в результатах вимірювань.

Збіжність - це якість вимірів, що відбиває близькість один до одного результатів вимірювань одного і того ж параметра, виконаних повторно одними і тими ж засобами одним і тим же методом в однакових умовах і з однаковою ретельністю.

Відтворюваність - це така якість вимірювань, яке відображає близькість один до одного результатів вимірювань, які виконуються в різних умовах (в різний час, в різних місцях, різними методами і засобами).

Наявність вище перерахованих якостей у використовуваного вимірювального засобу дозволяє проводити контроль якості деталей більш ефективно, а достовірність отриманих даних - вище.

Координатно-вимірювальні машини (КВМ) і установки мають ряд вимог, згідно з якими вони можуть бути допущені до експлуатації.

Згідно ГОСТ ISO 10360-4-2017 Приймальні і перевірочні випробування координатно-вимірювальних машин. Координатно-вимірювальні машини, застосовувані в режимі сканування. Для координатно-вимірювальних машин, в яких задіяний поворотний стіл для орієнтації деталі в просторі.

1.2 Аналіз особливостей процесу вимірювання складнопрофільних деталей.

Результат будь-якого вимірювання відрізняється від істинного значення фізичної величини на певне значення, яке залежить від точності засобів і методів вимірювання, кваліфікації працівника, умов, в яких проводилося вимірювання, і т. д. Відхилення результату вимірювання від істинного значення фізичної величини називається похибкою вимірювання.

Похибки вимірювання виникають у будь-якому випадку, однак для кожної деталі і кожного вузла, допустимі похибки коливаються в залежності від призначення деталі та ступеня її важливості. Також, похибки вимірювань можуть накопичуватися від операції до операції, що в кінцевому підсумку призводить до геометричних відхилень та невідповідності розмірів при, здавалося б, ідеальному виконанні операцій. Щоб розуміти який вид похибки має найбільший вплив при проведенні вимірювання деталей складного профілю, слід розглянути поняття похибок більш докладно.

Абсолютна похибка вимірювання – це різниця між результатом вимірювання і дійсним (дійсним) значенням фізичної величини [3], наведена у формулі (1.1):

$$D = X_i - X \quad (1.1)$$

де X_i – істинне значення;

X – результат вимірювання.

Відносна похибка вимірювання – це відношення абсолютної похибки до дійсного (істинного) значення вимірюваної величини (часто виражене у відсотках) [3], наведена у формулі (1.2):

$$d = (D / X_i) 100\% \quad (1.2)$$

Наведена похибка – це виражене у відсотках відношення абсолютної погрішності до нормуючого значення L – умовно прийнятим значенням фізичної величини, постійного у всьому діапазоні вимірювань – формула (1.3):

$$g = (D / L) 100\% \quad (1.3)$$

Для приладів з нульовою відміткою на краю шкали, нормуюче значення L дорівнює кінцевому значенню діапазону вимірювань. Для приладів з двосторонньою шкалою, тобто з відмітками шкали, розташованими по обидва боки від нуля значення L дорівнює арифметичній сумі модулів кінцевих значень діапазону вимірювання.

Похибка вимірювання (результуюча похибка) є сумою двох складових: систематичної похибки і випадкової похибки.

Систематична похибка – це складова похибки вимірювання, що залишається постійною або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини. [3] Причинами появи систематичної похибки можуть бути несправності засобів вимірювань, недосконалість методу вимірювань, неправильна установка вимірювальних приладів, відступ від нормальних умов їх роботи, особливості самого оператора. Систематичні похибки в принципі можуть бути виявлені і усунені. Для цього необхідне проведення ретельного аналізу можливих джерел похибок у кожному конкретному випадку. Систематична похибка при проведенні вимірювань за допомогою профільної підставки є найбільш частою.

Систематичні похибки поділяються на методичні, інструментальні та суб'єктивні.

Методичні похибки походять від недосконалості методу вимірювання, використання спрощувальних припущень і припущень при виведенні вживаних формул, впливу вимірювального приладу на об'єкт вимірювання. Даний вид похибки має місце при вимірюванні величини хорди – ширини пера лопатки

(рис.1.11), за допомогою штангенциркуля, який складно коректно встановити по перетинах, враховуючи радіуси скруглення.

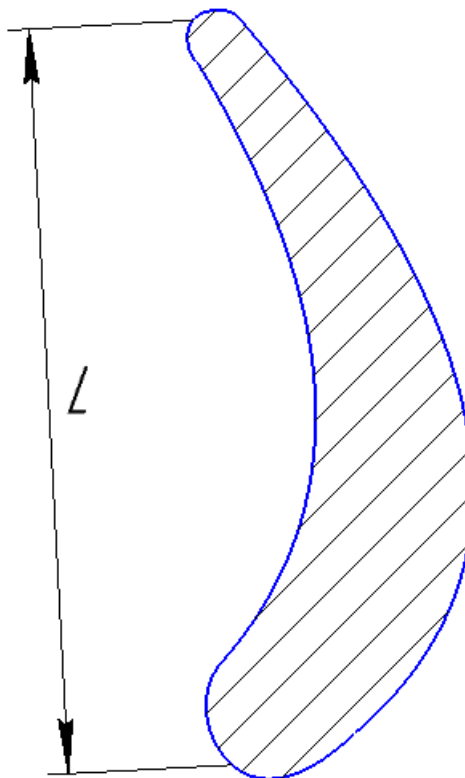


Рисунок 1.11 – Хорда пера

Інструментальні похибки залежать від похибок застосовуваних засобів вимірювання. Неточність градування, конструктивні недосконалості, зміни характеристик приладу в процесі експлуатації і т.д. є причинами основних похибок інструменту виміру. При вимірі ялинкового профілю хвостовика лопаток використовують обмірні ролики певного діаметру (рис. 1.12), які встановлюють в ялинкові пази. Далі встановлені ролики фіксують за допомогою мірильної скоби, таким чином, контролюючи правильність виконання ялинкового профілю.

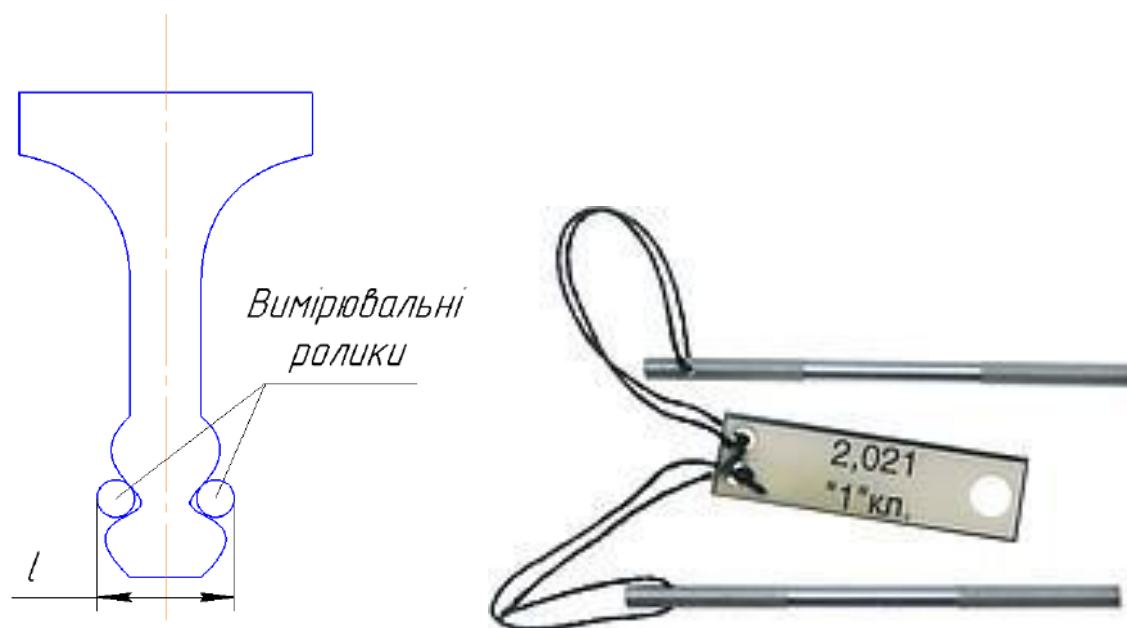


Рисунок 1.12 – Вимірювальні ролики

Додаткові похибки, пов'язані з відхиленням умов, в яких працює прилад, від нормальних, відрізняють від інструментальних (ГОСТ 8.009-84), т. як вони пов'язані скоріше з зовнішніми умовами, ніж з самим приладом. За умов роботи вимірювального пристосування для вимірювання полки бандажа в приміщенні з кондиціонером з температурою близько 25°C , показання на індикаторних годиннику в допуску, в той час, як в умовах роботи на ділянці, де температура досягає до 30°C , показання відрізняються до $0,05\text{ мм}$.

Суб'єктивні похибки викликаються неправильним відліком показань приладу людиною (оператором). Установка еталона в прилад виконується контролером з силою затиску в значній мірі меншою, ніж у робітника, котрий міряє деталь на ділянці. Таким чином, у контролера і робочого різниця в показаннях може бути значною. Використання цифрових приладів і автоматичних методів вимірювання дозволяє виключити такого роду похибки.

У багатьох випадках систематичну похибку в цілому можна уявити як суму двох складових адитивної D_a і мультиплікативної D_m . Адитивна похибка - це частка систематичної складової похибки, яка залишається постійною в межах діапазону вимірювання. Мультиплікативна похибка - це частка

систематичної складової похибки, яка міняється залежно від значення вимірюваної величини.

Таким чином, підхід розділення систематичної похибки на адитивну і мультиплікативну дозволяє легко компенсувати вплив систематичної похибки на результат вимірювання шляхом введення роздільних поправочних коефіцієнтів для кожної з цих двох складових.

Випадкова похибка - це складова похибки вимірювання, що змінюється випадковим чином при повторних вимірах однієї і тієї ж величини. Наявність випадкових похибок виявляється при проведенні ряду вимірювань постійної фізичної величини, коли виявляється, що результати вимірів не збігаються один з одним. Часто випадкові похибки виникають через одночасне дії багатьох незалежних причин, кожна з яких окремо слабо впливає на результат вимірювання. У деяких випадках випадкова похибка може бути пов'язана з мінливістю виконання ливарних розмірів, що веде до відмінності деталей між собою.

У багатьох випадках вплив випадкових похибок можна зменшити шляхом виконання багаторазових вимірювань з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів.

У деяких випадках виявляється, що результат одного вимірювання різко відрізняється від результатів інших вимірів, виконаних при тих же контрольованих умовах. У цьому випадку говорять про грубу похибку (промах вимірювання). Причиною можуть послужити помилка оператора, виникнення сильної короточасної перешкоди, поштовх, порушення електричного контакту і т. д. Такий результат, що містить грубу похибку необхідно виявити, виключити і не враховувати при подальшій статистичній обробці результатів вимірювань.

Контроль деталей, що мають складну форму, наприклад гребних гвинтів, лопаток турбін, моноколес і т.д., роблять у спеціальних контрольних пристроях.

Просторові, або об'ємні, шаблони найчастіше представляють собою набір шаблонів, вимірювальні поверхні яких орієнтовані в просторі відповідно до

профілю деталі в певному перетині. Приклад просторового шаблону наведено на рис. 1.13. Про величину відхилення судять візуально або вимірюючи щупом зазор між шаблоном і деталлю.

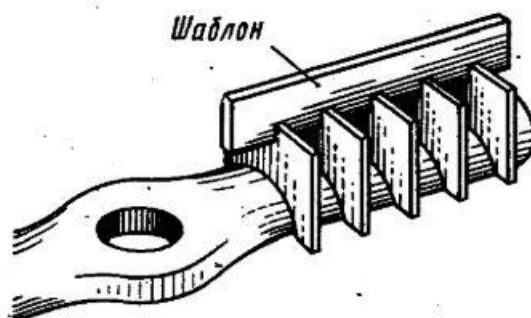


Рисунок 1.13 – Просторовий шаблон

Принцип методу копіювання полягає в порівнянні профілю деталі в заданому перерізі з профілем шаблону або копіра. Спеціальні контрольні пристосування, що працюють за методом копіювання, влаштовані так, що при одночасному поверненні деталі або копіра за відповідним профілем заданого перетину ковзають з'єднані загальним повідцем індикатор і жорсткий упор. Жорсткий упор знаходиться в постійному контакті з копіром 1, а накінецьник індикатора - з контрольованою деталлю 2 (рис. 1.14).

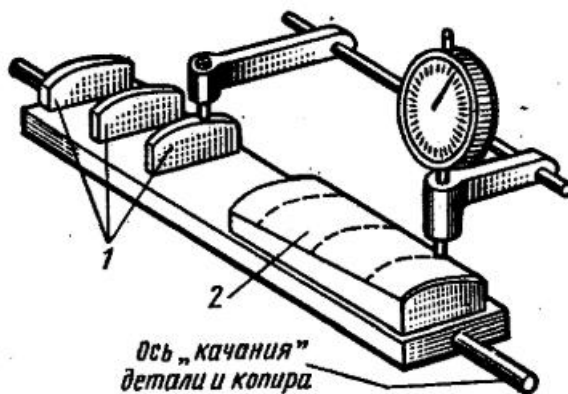


Рисунок 1.14 – Схема контрольного приладу з копіром

Більш ефективним є використання спеціальних приладів, що побудовані за принципом світлового перетину та дозволяють отримати на екрані профіль контрольованого перетину лопатки як з боку «спинки», так і з боку «корита». Поверхня пера лопатки попередньо покривають тонким шаром спеціального покриття (товщина 0,01 мм), що дає можливість отримати дифузійне розсіювання світла. На поверхню лопатки, вісь якої розташовується уздовж оптичної осі приладу, через щілини S_1 направляють пучки світла великої інтенсивності. По контуру пера лопатки утворюються яскраві пояски S_2 , що проєктуються на екрані 1 і порівнюювані з вихідним контуром. Відхилення спроектованого профілю від вихідного вимірюються за допомогою переміщення екрану мікрометричними парами. Похибка вимірювання при 10-кратному збільшенні дорівнює $\pm 0,05$ мм, при 20-кратному - $\pm 0,02$ мм [4]. Схема наведена на рис. 1.15.

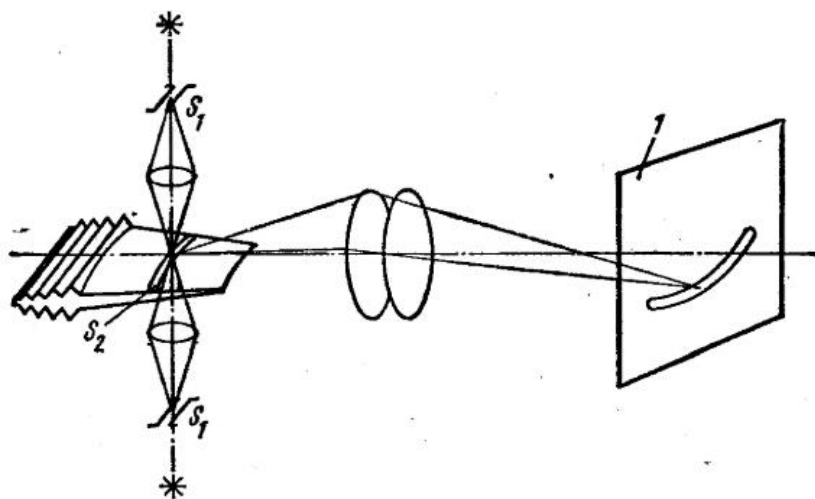


Рисунок 1.15 – Схема вимірювання профілю пера методом світлового підсвічування

1.3 Використання термінології про контактні та безконтактні методи контролю.

Основним принципом вимірювання лінійних розмірів є так звана концепція двоточкової схеми. Концепція двоточкової схеми вимірювання – прийняття за розмір відстань між двома певними точками, що ввійшла певним чином поняття «розмір» нормативних документів, не характеризує «чинного» розміру, тобто розміру деталі з усіма викривленнями за формою і розташуванню, який «функціонує» в тих умовах, для яких дана деталь призначена. Дуже часто постає питання про те, що ж прийняти за розмір деталі при вимірюванні за двоточковою схемою. Крім того, на практиці процес вимірювання дуже рідко здійснюється як вимір між двома точками, тобто немає однозначності вимірювання розмірів, яким присвоюється розмір деталі. На практиці за розмір деталі приймають відстань між двома невеликими поверхнями (наприклад, при вимірюванні мікрометра, скобами тощо), між лінією і точкою (вимірювання при розташуванні циліндричного тіла на столі стійки) або, значно рідше, відстань між двома точками (при вимірюванні на координатно-вимірювальних машинах). Конфігурація деталей обмежується поверхнями. Ці поверхні можуть бути простими (плоскими, циліндричними) і складними (гвинтовими, шліцьових та ін). Всі поверхні поділяються на номінальні та дійсні згідно ГОСТ 25346-2013.

Номінальними (ідеальними) називаються поверхні, форма і розміри яких задані кресленням.

Реальними (дійсними) називаються поверхні, отримані в результаті обробки заготовки або видозмінені в процесі експлуатації.

Розмір – числове значення величини (діаметра, довжини, кути), виражене в одиницях виміру.

Допуском називається різниця між верхніми і нижніми граничними відхиленнями.

Для того щоб домогтися високоточного виробництва і знизити ймовірність появи браку, слід провести ряд заходів щодо підвищення автоматизації виробництва і знизити похибку контролю отриманих деталей. Точність вимірювання залежить від багатьох чинників, серед яких найважливішу роль відіграє метод вимірювання.

Метод вимірювань — прийом або сукупність прийомів порівняння вимірюваної величини з її одиницею відповідно до реалізованого принципу вимірювань. Методи вимірювань класифікують за кількома ознаками. По загальних прийомах отримання результатів вимірювань розрізняють: 1) прямий метод вимірювань; 2) непрямий метод вимірювань. Перший реалізується при прямому вимірі, другий — при непрямому вимірі [5].

Прямі вимірювання — це вимірювання, при яких шукане значення фізичної величини визначається безпосередньо шляхом порівняння з мірою цієї величини. Наприклад, прямим є вимірювання довжини рулеткою або лінійкою рис. 1.16.



Рисунок 1.16 – Метод прямого вимірювання

Непрямі вимірювання - вимірювання, при яких значення величини знаходиться на підставі відомої залежності між цією величиною і величинами, що піддаються прямим вимірам.

Наприклад, значення опору знаходиться за допомогою двох вимірювань (послідовних або одночасних) - напруги і сили струму і розрахунку на підставі закону Ома.

За умовами вимірювання розрізняють контактний і безконтактний методи вимірювань.

Якщо під контактом мати на увазі тільки механічний контакт чутливого елемента засоби вимірювання із об'єктом вимірювання, то розподіл методів вимірювань на контактні і безконтактні має певний сенс. Це істотно для аналізу похибок, які виникають через взаємодію приладу з об'єктом вимірювань. При механічному контакті необхідно враховувати взаємодії об'єкта і засоби вимірювань (деформації через їх недостатню твердість, контактні деформації, коливання перехідних опорів та ін.). При відсутності механічного контакту слід враховувати особливості "безконтактного знімання" вимірювальної інформації - оптичні спотворення в повітрі, ослаблення сигналу на відстані і т.д.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

Контактний метод вимірювань- метод вимірювань, заснований на тому, що чутливий елемент приладу приводиться в контакт з об'єктом вимірювання. Приклади інструментів та контактного методу вимірювання показано на рис. 2.1



а)



б)

в)



г)



д)

Рисунок 2.1 – а) - контактний метод вимірювання; б) – мікрометр;
в) – цифровий штангенциркуль; г) – індикаторний годинник; д) – набір
щупів

Для визначення розмірів деталей і правильності їх обробки застосовують вимірювальні та перевірочні інструменти. Залежно від ступеня точності вимірювальні інструменти ділять на прості і точні.

Прості вимірювальні інструменти забезпечують точність вимірювання до 0,5 мм. До них відносяться вимірювальні лінійки, метри, рулетки, кронциркулі, нутроміри. Точні вимірювальні інструменти дозволяють проводити вимірювання з точністю в 0,1...0,001 мм. До них відносяться штангенциркулі, мікрометри, кутоміри, граничні калібри, індикатори, рівні, щупи, а також різні оптико-механічні, електромеханічні, пневматичні та інші прилади.

При точних вимірах необхідно попередньо звірити показання інструменту, що знаходиться в обігу, з показаннями контрольного інструменту (стандарту) і усунути неточності; якщо конструкція інструменту не дозволяє зробити це, то слід врахувати відхилення, допущені ним при вимірюванні. Контрольні інструменти періодично перевіряють у лабораторії. Точні виміри виконують при температурі навколишнього середовища 20 С. Не можна робити виміри відразу після обробки деталі, так як деталь нагріта і результати вимірювання будуть неточними. Більш точні результати можна отримати, виводячи середнє значення з показників початкового і повторних вимірів після закінчення кожної операції, а також після закінчення виготовлення деталі в цілому.

Точність вимірювання залежить від досвіду і вміння користуватися інструментом. Якщо немає спеціальних вказівок про правила користування інструментом, то при вимірюванні необхідно стежити за тим, щоб вимірювальний інструмент знаходився в площині, перпендикулярній однієї з осей деталі, без будь-якого перекосу або нахилу.

До переваг контактних засобів вимірювання варто віднести:

- простота конструкції засобів вимірювання;
- простота сприйняття інформації;
- простота виготовлення пристосувань;
- низька кваліфікація контролерів;

- в більшості випадків - відсутність строгих вимог до приміщення;

До недоліків контактних засобів вимірювання відносять:

- низька точність вимірів;

- трудомісткість процесу вимірювання;

- висока похибка вимірювання;

- в деяких випадках - не універсальність пристосувань для вимірювання

(профільні підставки);

- ручна праця, відсутність автоматизації.

2.1 Вимірювання лопатки турбіни контактним методом за існуючою технологією.

В даний час у виробництві широко використовують методи прямого вимірювання параметрів - систему приладів і налагоджень, еталонів, шаблонів і щупів, за допомогою яких контролюють геометричні відхилення. У деяких випадках використовують еталонні деталі (контрольні зразки) для проведення візуального контролю. Для контролю товщини профілю пера лопатки в даний момент використовують набір профільних шаблонів і підставку. Прилад з шаблонами показано на рис. 2.2.

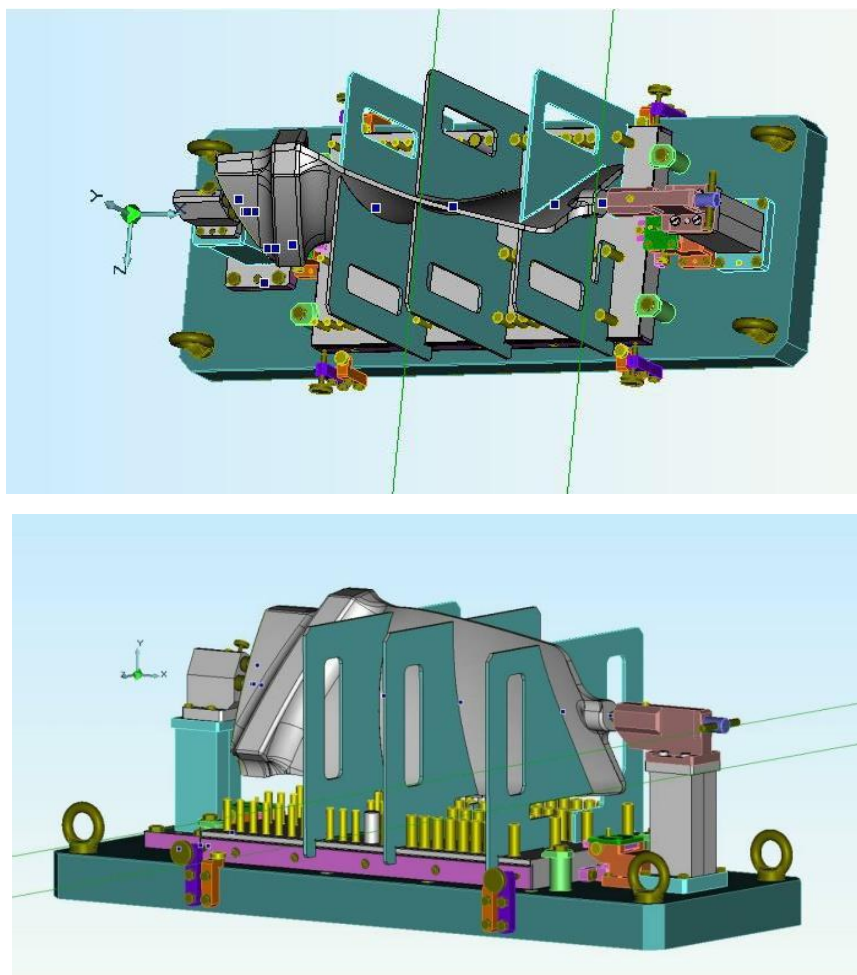


Рисунок 2.2 - Шаблонна підставка

Даний метод має ряд недоліків, серед яких низька продуктивність вимірювання, а також високий ступінь похибки вимірювання.

Проведення обмірів профілю пера лопатки ускладнюється також великою кількістю перерізів профілю і складністю підведення вимірювального інструмента до них.

Контрольовані перерізи пера лопатки розташовуються на певній відстані від полки хвостовика і дозволяють проконтролювати товщину пера в даному перерізі, а також зміщення пера щодо баз - полки хвостовика і бандажної полиці. Розмітка по перерізах проводиться за допомогою наведених вище шаблонних підставок, в яких закладений необхідний розмір від хвостовика до потрібного перетину. Реалізовано це за допомогою системи напрямні - шаблон. По напрямних спеціальний шаблон підводиться до пера і проводиться вимір зазорів або ж розмітка перетинів шляхом нанесення синьки на крайку шаблона, що стосується профілю пера і залишає слід.

Перевірка профілю пера проводиться на двох етапах обробки: перший етап - отримання баз, на якому попередньо шліфується хвостовик і полка бандажа, другий етап - полірування профілю пера, де безпосередньо проводиться зняття припуску з поверхні пера. Підставки на цих двох операціях відрізняються лише кількістю перерізів. На попередній операції перевіряють два перерізи, на операції полірування - всі перерізи. Алгоритм перевірки однаковий для обох операцій: по закінченню обробки робочий встановлює лопатку в підставці, базуючи її по полиці бандажа і хвостовику як це відбувається в процесі обробки - збіг технологічної та вимірювальної бази веде до відсутності похибки пов'язаної з установкою. Після установки лопатки, робочий в спеціальні пази на підставці, розміщені згідно перерізів профілю пера лопатки, встановлює шаблони з набору, які відповідають своєму перерізу і пазу. Не підбиваючи шаблон, працівнику потрібно підвести його до тіла лопатки до зіткнення. Після чого, за допомогою щупа і лампи визначається величина зазору між шаблоном і профілем пера. Також, робочий перевіряє

наявність зазорів між шаблоном і самої підставкою «по заплічиках». Схема зазорів приведена на рис. 2.3.

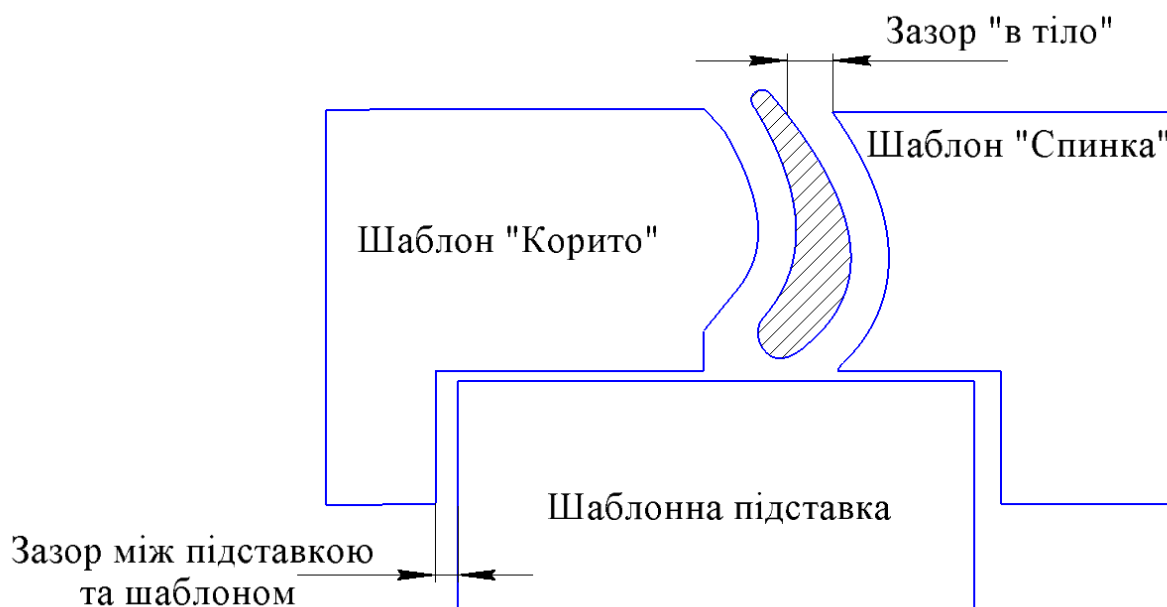


Рисунок 2.3 – Схема вимірювання зазорів за допомогою шаблонної підставки та набору шаблонів

У разі нерівномірності зазорів робочий виконує додаткове зняття припуску. По завершенні обробки першої деталі і відповідно до періодичності перевірки деталей, контролер проводить перевірку деталей за тим же алгоритмом.

Таким чином, можна говорити про недосконалість даного методу вимірювань виходячи з суб'єктивності вимірювання. Робочий і контролер можуть по-різному встановлювати шаблон, при цьому зазори будуть відрізнятися. Точність даного методу низька, оскільки візуальний контроль за допомогою щупа і лампи не дозволяє провести точні виміри. Опорні штирі, які лягає деталь при установці, також повинні бути строго розміщені, забезпечуючи відсутність зсувів деталі.

Також, має місце нерівномірність лиття, через яку в ряді випадків є неможливою правильна постановка лопатки в шаблонну підставку на операціях обробки баз. Приклад підставки приведений на рис. 2.4.

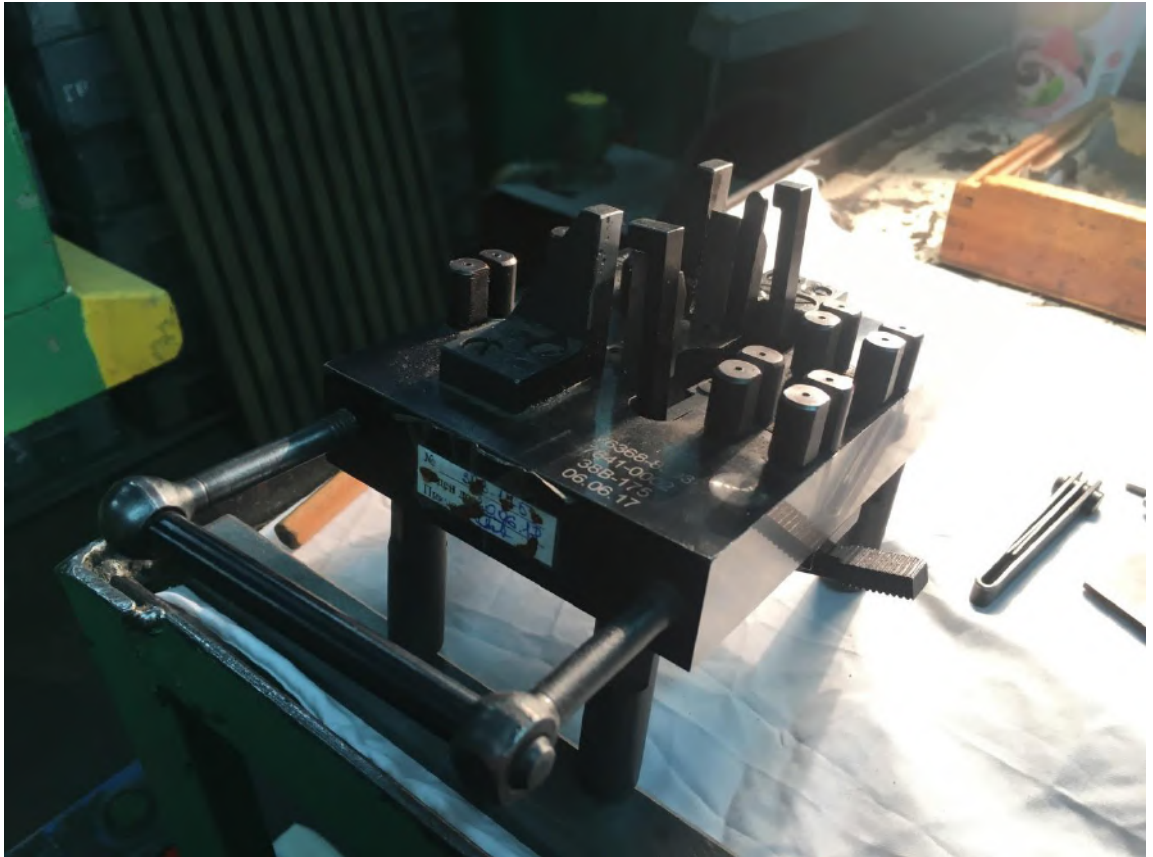


Рисунок 2.4 - Шаблонна підставка на базовій операції

Для проведення вимірювання робітникам необхідно правильно встановити деталь в підставку, перевірити установку на наявність перекосів, потім встановити профільні шаблони в певні перетину і за допомогою щупа перевірити деталь на наявність зазорів за профілем пера. У разі відсутності таких, деталь вважається придатною.

Для контролю товщини пера по перетинах використовується мікрометр, за допомогою якого робочий і контролер по розмічених перетинах проводять вимірювання.

Для перевірки величини хорди використовують штангенциркуль, який також підводять по розмічених перетинах.

Говорячи про трудомісткість процесу, варто відзначити, що вищевикладена процедура триває від 3 до 5 хвилин, при операційному часі близько 1,5 хвилин. Так як операції, пов'язані з профілем пера є особливо відповідальними, контролю підлягає 100% деталей, що веде до втрати часу на контролі.

Операція отримання баз не є трудомісткою, в разі постійності лиття, і займає $T_{п.з} + t_{маш} = 1 + 2 = 3$ хв. Далі, робочий знімає деталь з пристосування і проводить контроль.

Час установки в прилад - $t_{уст} = 1$ хв;

Час підведення шаблонів по перетинах $A_2, A_4 - t_{шабл} = 0,5$ хв;

Час підведення щупа і визначення зазору між підставкою та шаблоном-
 $t_{зап} = 2$ хв;

Час підведення щупа і визначення зазору «в тіло» $t_{тіло} = 2$ хв.

Час операції: (установка, зняття, вимір, контроль), формула (2.1):

$$T_{опер} = T_{осн} + (T_{уст} + T_{зняття} + T_{контр}) = 1,5 + (2 + 1 + 4,5) = 9 \text{ хв.} \quad (2.1)$$

При тому, що велика частина часу витрачається на контроль деталі.

Шаблонні підставки виготовляють для кожного виду лопаток індивідуально. Тобто великогабаритні лопатки вентилятора довжиною до 300 ... 400 мм, мають свої підставки, а для лопаток турбіни АІ-450, 13 ... 20мм, підставки інші. Приклади підставок наведені на рисунку 2.5.

Операція полірування профілю пера є більш трудомісткою, так як в ході неї проводиться обробка всього профілю пера вручну за допомогою полірувальних верстатів (бабок). Контроль деталі комплексний і включає в себе контроль розмірів товщини пера, величини хорди пера (обхват пера по колу), а також правильність геометрії профілю пера. Товщини пера, хорда перевіряються за допомогою вимірювального скоб і штангенциркуля, а геометрія профілю пера - за допомогою шаблонної підставки і набору шаблонів за схемою, зазначеної на рис. 2.3.



Рисунок 2.5 – Шаблонні підставки для різних лопаток

Таким чином, проблема проведення вимірювань за допомогою шаблонних підставок зводиться до наступного:

- складність у виготовленні шаблонних підставок;
- необхідність точного проектування підставок згідно перерізів профілю пера лопаток;

- виготовлення індивідуальних шаблонних підставок під кожне найменування деталей;

- тривалість контролю профілю пера;

- відносно низька точність отриманих параметрів;

При використанні шаблонних підставок великого значення набуває питання їх зносостійкості під час вимірювання великої кількості партій деталей.

Для вимірювальних приладів причини зносу подібні факторам, що впливають на знос будь-яких деталей машин

Швидкість зношування деталей залежить від багатьох факторів, які можна поділити на такі три групи: конструктивні, технологічні, експлуатаційні.

Конструктивні фактори, такі, як форма, розміри, зазори і посадки сполучених деталей; матеріали, які плануються для їх виготовлення; умови, що забезпечують легкість доступу до з'єднань при обслуговуванні та ремонті враховуються в процесі конструювання машин і вимірювальних приладів. Правильність їх вибору значно впливає на надійність і довговічність деталей і конструкцій в цілому.

Великий вплив на знос надають: питомий тиск між поверхнями, що труться і швидкість їх відносного переміщення, якість обробки поверхонь, ступінь запиленості, температура навколишнього середовища, якість технічного обслуговування.

Технологічні фактори пов'язані з процесами виготовлення деталей. До них відносяться: якість матеріалу, застосованого для виготовлення деталей, механічна і термічна обробка деталей.

Експлуатаційними чинниками є: режим роботи, кліматичні умови в зоні експлуатації, якість застосовуваних мастильних матеріалів, своєчасність і якість технічного обслуговування і ремонту.

Згідно з наведеними вище факторам, можна визначити, що на даний вимірювальний прилад - шаблонну підставку з набором шаблонів істотно впливають всі перераховані вище фактори.

Конструкція підставки громіздка, велику вагу і незручність в перевірці приладу на точність.

З технологічної точки зору якість матеріалу - сталь 20 без термічної обробки не забезпечує довговічність використання підставки в режимі щоденного використання протягом двох змін.

Експлуатаційні умови - двозмінний режим роботи зі 100% контролем деталей.

Методи визначення зносу діляться на дві групи: періодичної вимірювання деталей, що утворюють з'єднання, і непрямим шляхом при випробуванні машини без її зупинки.

Методи визначення зносу періодичним вимірюванням деталей визначають: мікрометричними вимірами або методом мікрометражу. Найчастіше його використовують при великих абсолютних величинах зносу деталей. Він заснований на вимірюванні деталі до і після випробування на зношування. Точність вимірювань зазвичай становить 0,01 ... 0,001 мм.

В якості засобів при оцінці зносу методом:

- мікрометражу - застосовуються кінцеві міри довжини, мікрометри, індикаторні нутрометри, важільні скоби, важільно-механічні прилади, важільно-оптичні прилади, інструментальні та універсальні мікроскопи;

- по втраті маси - цей метод зазвичай застосовується для визначення зносу невеликих деталей їх зважуванням до і після зношування.

Найбільш обґрунтованим методом визначення витрат інструменту, що застосовуються в масовому і велико серійному виробництві, є експериментально-розрахунковий метод, при якому встановлюються нормативи зносу інструменту (величина шару, що знімається при кожній переточуванні, число можливих переточувань, стійкість інструменту, коефіцієнт передчасного зносу і т. д.) і добові норми витрат інструменту.

Вирахуємо норму зносу для шаблонних підставок. Норма зносу одного шаблону визначається за формулою (2.2):

$$m_0 = \frac{a \cdot b \cdot K_p \cdot (1 - K_3)}{l \cdot (f_1 + f_2)} K_{ш} \quad (2.2)$$

де a - величина допустимого зносу по ГОСТ, мкм для шаблонів = 5;

b - норматив стійкості вимірювача (число промірів на 1 мкм зносу вимірювача) приймаємо = 5000;

l – довжина контакту об'єкта вимірювання з шаблоном, мм;

K_p - коефіцієнт ремонту = 0,7.

K_n - коефіцієнт передчасного виходу інструменту з ладу = 0,1;

$K_{ш}$ – коефіцієнт, що враховує кількість шаблонів, що задіяні при вимірюванні, при кількості шаблонів 4 шт., $K_{ш} = 0,25$.

Отримуємо:

$$m_0 = \frac{5 \cdot 5000 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,1)}{10} \cdot 0,25 = 433 \text{ шт}$$

Тобто, знос набору шаблонів величиною в 1 мкм настане приблизно після контролювання 433 шт. деталей. Однак ремонт подібного роду вимірювального приладу є трудомістким, а атестація - тривалою.

Контроль шаблонів здійснюють із застосуванням базуючих елементів для позиціонування шаблонів щодо контршаблонів. Для цього шаблон встановлюють в задане положення і визначають допустимий зазор між робочими поверхнями шаблону і контршаблону. Шаблон і контршаблон фіксуються між собою за допомогою припасування по дотичних поверхонь. При цьому базують елементи розташовуються за межами робочих поверхонь. Технічний результат полягає в можливості масового контролю різних типів шаблонів.

Тобто довготривалість проведення вимірювань контактним методом, знос елементів вимірювального інструменту та велика вірогідність появи похибок вимірювання веде до пошуку альтернативних методів проведення вимірювання. Серед яких найефективнішим є метод безконтактного контролю.

2.2 Безконтактні методи вимірювання

Безконтактний метод вимірювань (безконтактний метод) - метод, заснований на тому, що чутливий елемент засобу вимірювань не наводиться в контакт з об'єктом вимірювання. Прикладами можуть бути вимір температури в доменній печі пірометром (рис. 2.6) і вимір відстані до об'єкта радіолокатором [5].

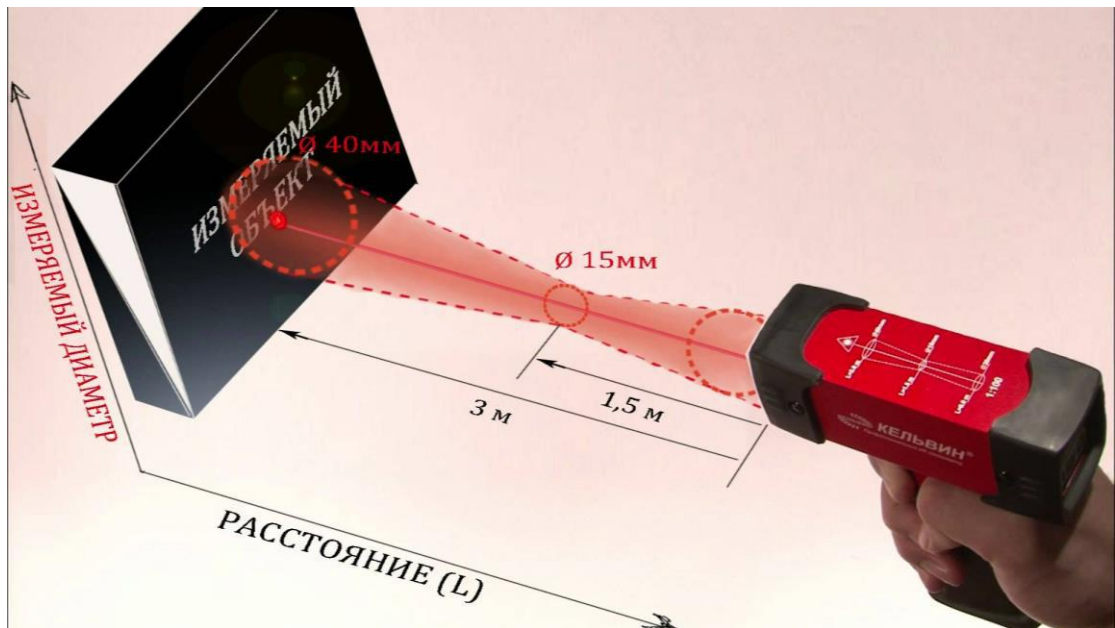


Рисунок 2.6 – Вимірювання температури за допомогою пірометра

Системи безконтактного контролю (СБК) мають наступні переваги:

- можливість дистанційних вимірювань при великих відстанях між вимірювальним пристроєм і об'єктом;
- відсутністю сил, що впливають на об'єкт вимірювання;
- високою швидкістю і можливістю одночасного багатопараметричного контролю параметрів об'єктів;
- високою точністю і стабільністю вимірювань;

- можливістю широкого варіювання роздільної здатності і діапазону вимірювань;
- можливістю здійснення автоматизованих вимірювань без участі людини.

Також, СБК володіють наступними недоліками:

- строгі вимоги до умов експлуатації;
- висока кваліфікація контролера-оператора;
- дорожня установка;
- складність конструкції, обслуговування.

Цілі методу безконтактного вимірювання - повна відсутність контакту вимірювального пристосування з деталлю, що дозволяє уникати помилок, пов'язаних з базуванням. Установки і прилади, що працюють за методом безконтактного вимірювання різні за принципом дії і методу отримання інформації про вимірюваному об'єкті.

В умовах сучасного виробництва в таких галузях, як загальне машинобудування, авіаційна, аерокосмічна і медична промисловість, вимоги до точності і швидкості вимірювань безперервно підвищуються. З цієї причини зростає роль вимірювальних засобів, точність яких повинна бути на порядок вище, ніж допустима похибка. Відповідно до цих тенденцій в останні роки спостерігається стрімкий розвиток конструкцій і технічних можливостей КВМ.

Незважаючи на різноманітність моделей КВМ, їх можна згрупувати за типами виконання (рисунок 2.7):

- 3D-портальні.
- Стійкові.
- Шарнірно-зчленовані типу «рука».
- Шестиосьові на основі платформи Стюарта.
- Фото- та рентгенографічні.
- Лазерні дальноміри з об'ємним скануванням (Laser Tracker).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 2.7- Моделі КВМ а) - 3D-портальні; б) - стійкові; в) - шарнірно-зчленовані типу «рука»; г) - шестиосьові на основі платформи Стюарта; д) - рентгенографічні; е) - лазерні дальноміри з об'ємним скануванням

В даний час КВМ і тривимірний (3D) лазерний сканер широко використовуються в областях для зворотного проектування форми і контролю якості. Більшість КВМ використовують критичний зонд, але також у виробництві зустрічаються машини з механічним аналоговим скануючим зондом. КВМ тригерного типу отримує дані точок, торкаючись зондом до деталі, так що він підходить або вимірює примітивні функції, яким потрібна невелика кількість точкових даних. КВМ скануючого типу можуть захоплювати більше точок відбору проб, ніж сенсорний критичний тип, і мають кращу точність, ніж датчики зору. Вони можуть використовуватися для вимірювання деталей вільної форми, проте вони не можуть виміряти деталі з м'яких матеріалів і мають відносно низьку швидкість сканування в порівнянні з лазерними сканерами. З іншого боку, лазерні сканери можуть отримати велику кількість точкових даних по безконтактному методу за короткий час. Оскільки точність лазерного сканера поліпшується, вони широко застосовуються для багатьох сфер виробництва в промисловості. При лазерному скануванні складних тривимірних деталей важко визначити кількість необхідних сканувань, напрямки сканування і траєкторії сканування, оскільки пристрій має кілька оптичних обмежень, таких як глибина різкості, поле зору і самооклюзія. Потрібно багато часу і витрат через метод проб і помилок, коли деталі скануються вручну. Щоб вирішити цю проблему, необхідна автоматична вимірювальна система, в якій автоматично виконуються генерація і сканування плану сканування [6]. Крім того, для сканування відображають або прозорих матеріалів, потрібна попередня обробка з належним розпиленням.

Неодмінні вимоги до всіх вимірювальних машин - точність і швидкість вимірювань, адаптованість до умов реального виробництва, простота в навчанні персоналу та експлуатації КВМ. Одними з найбільш точних - з огляду на хорошій збалансованості конструкції і традиційної кінематики - є установки портального типу.

Тенденція до мініатюризації багатьох виробів в таких галузях, як робототехніка або імплантологія в медицині, привели до розширення

виробництва мікрокомпонентів. З цієї причини зростає потреба в точності виробів малих розмірів, в розробці методик перевірки геометрії мікродеталей, які випускаються досить великими партіями. Зменшення розмірів і допусків призводить до більш жорстких технічних вимогам до вимірювальних машин та їх сенсоричі - системі датчиків і точності сприйняття датчиками інформації.

Для виготовлення високоточних медичних деталей, наприклад, імплантантів для суглобів, внутрішньовенних катетерів, а також окремих видів хірургічних інструментів, де якість вимірювань відіграє особливу роль, застосовуються нові спеціалізовані КВМ, з САD-моделюванням і програмним забезпеченням САМ 10 Studio. При двокоординатному контролі оптично перевіряють якість виготовлення поверхні штучних суглобів, при трикоординатних - дотримання заданих розмірів.

Однак за технологією виробництва не завжди потрібна мікронна точність і не завжди є можливість використання стаціонарних КВМ. Наприклад, при виготовленні кузовів легкових автомобілів з штампованих елементів неточність готових деталей може становити до декількох міліметрів, а сам процес складання вимагати періодичного контролю безпосередньо на місці. Тому в сегменті вимірювальних систем з'явилися мобільні координатно-вимірювальні машини, що володіють універсальними можливостями, автономністю, простотою в експлуатації і навчанні роботі з ними - і до того ж з більш низькою, ніж у портальних установок, вартістю. Таким обладнанням можна проводити 3D- контроль в діапазоні від 0 до 70 м з точністю від ± 5 до ± 176 мкм. До їх числа відносяться шарнірно-зчленовані вимірювальні машини (типу «рука») в 6 і 7-осьовому виконанні, а також пристрої типу Laser Tracker (лазерні КВМ).

В якості первинних перетворювачів СБК – систем безконтактного контролю, в даний час застосовуються фотоелектричні перетворювачі на приладах із зарядним зв'язком (ФПЗС) - прилад із зарядним зв'язком, що відображає спосіб зчитування електричного потенціалу методом зсуву заряду

від елемента до елемента і лазерні точкові або скануючі дальноміри, рисунок 2.8, спільно зі спеціальними засобами освітлення.



Рисунок 2.8 – Лазерний скануючий дальномір

Ці прилади мають високу експлуатаційну надійність, практично необмежений термін служби, відсутність геометричних спотворень растра, високу частоту формування зображень та зручність сполучення з мікропроцесорною технікою.

Сучасні установки безконтактного вимірювання деталей дозволяють в реальному часі отримувати тривимірне зображення деталі, і шляхом накладення отриманої моделі на еталонну модель, отримати результат вимірювань у вигляді відхилень від номінального розміру.

Спосіб безконтактного виміру лінійних розмірів тривимірних об'єктів. Винахід відноситься до галузі вимірювальної техніки і може бути використане для безконтактного вимірювання форми поверхні складних тривимірних

об'єктів в машинобудуванні, медицині, стоматології, судово-медичної експертизи і т. д.

Один із способів безконтактного виміру лінійних розмірів тривимірних об'єктів є багаторазове формування на поверхні контрольованого об'єкта зонduючого структурованого підсвічування шляхом висвітлення поверхні контрольованого об'єкта пучком оптичного випромінювання і послідовної реєстрації зображень спотвореної рельєфом поверхні контрольованого об'єкта структури зонduючого підсвічування. Для кожної точки контрольованого об'єкта визначають залежність інтенсивності випромінювання від зареєстрованого номеру зображення. Для визначення координат точки контрольованого об'єкту в просторі використовують калібрування калібрувальною мішенню [7].

Технічний результат - спрощення процедури калібрування, зменшення вартості вимірника, підвищення точності та вірогідності контролю. Схема винаходу наведена на рис. 2.9.

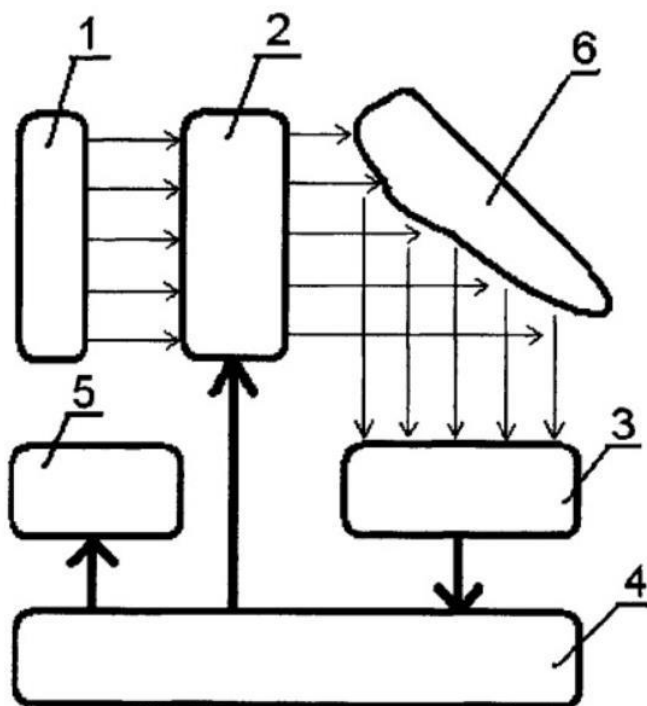


Рисунок 2.9 - Схема винаходу

Пристрій містить джерело оптичного випромінювання 1, просторовий модулятор інтенсивності 2, фоторегістратор 3, цифровий електронний блок 4, блок реєстрації результатів 5 і вимірюваний об'єкт 6. Вхід цифрового електронного блоку 4 з'єднаний з виходом фоторегістратора 3, а вихід з'єднаний з керуючим входом модулятора 2.

Один з методів безконтактного вимірювання є формування опорної текстури поверхні об'єкта шляхом нанесення плоских міток на особливості поверхні об'єкту. Проводиться виділення дрібних деталей, розташованих на поверхні об'єкта шляхом нанесення додаткового числа плоских міток, причому розмір і щільність нанесення плоских міток залежать від чутливості оптичного фіксуєчого приладу. За допомогою оптичного фіксуєчого пристрою отримується зображення поверхонь об'єкта. Сприйняття зображень дрібних деталей на поверхні об'єкту здійснюється за допомогою оптичного фіксуєчого приладу з великою роздільною здатністю. Проводиться пошук найкращого зіставлення оптичних характеристик ділянок поверхні об'єкта на всіх зображеннях об'єкта і за результатами зіставлення визначають форму об'єкта. Технічний результат - розширення діапазону застосування способу і збільшення точності вимірювання форми об'єкта шляхом зміни процедури попередньої обробки об'єкта і програмної обробки зображень поверхонь об'єкта [8].

Безконтактне вимірювання форми об'єкта здійснюється в кілька етапів.

Спочатку, на етапі попередньої обробки формують опорну штучну текстуру, що представляє собою сукупність плоских міток, нанесених на ділянку вимірюваної поверхні об'єкту.

Залежно від мети нанесення плоских міток на ділянку поверхні об'єкта розрізняють принаймні два види опорної текстури поверхні об'єкту:

- для зміни оптичних властивостей ділянки поверхні використовують суцільну опорну текстуру, що представляє собою сукупність плоских міток, в довільному порядку нанесених на що виділяється ділянку поверхні. Використання суцільної опорної текстури дозволяє проводити вимірювання

форми об'єкта з прозорими, що відображають і іншими незручними для методів пасивної фотометрії поверхнями. На відміну від повного фарбування, нанесення суцільної текстури при достатній розрідженості елементів дозволяє зберегти текстуру поверхні.

- для виділення ділянки поверхні об'єкта використовують контурну опорну текстуру, що представляє собою сукупність плоских міток, що наносяться по контуру ділянки, що виділяється поверхні. Застосування контурної опорної текстури служить для фіксування на знімках вершин, граней, площин, заокруглень з постійним радіусом і т.п., які будуть враховуватися при проведенні вимірювань, побудові моделі вимірюваного об'єкта в системах комп'ютерного моделювання.

Розмір плоскою мітки повинен бути пропорційний розміру даної ділянки поверхні об'єкту.

При цьому на дрібні деталі поверхні, де потрібна велика точність вимірювання, наносять додаткове число плоских міток, розмір і щільність яких залежать від чутливості оптичного фіксуючого приладу.

Потім за допомогою оптичного фіксуючого пристрою, встановленого з можливістю переміщення навколо вимірюваного об'єкта, роблять зйомку вимірюваної поверхні об'єкта, при цьому координати оптичного фіксуючого пристрою для кожного одержуваного зображення відомі.

Після отримання зображень поверхонь вимірюваного об'єкта в ході програмної обробки за допомогою зіставлення оптичних характеристик зображень знаходять координати кожної розпізнаної точки об'єкта на різних знімках і за результатами зіставлення визначають форму об'єкта

З урахуванням даних про координатах оптичного фіксуючого пристрою для кожного одержуваного зображення обчислюють область знаходження кожної точки по кожному зображенню, де вона була розпізнана. Обчислення координат конкретної точки виробляють за допомогою визначення центру області знаходження даної точки, отриманої вирахуванням одна з одної

областей знаходження даної точки з різних зображень об'єкта і в результаті отримують дані про форму об'єкта у вигляді хмари координат точок.

На рис. 2.10 наведено вимірюваний об'єкт.

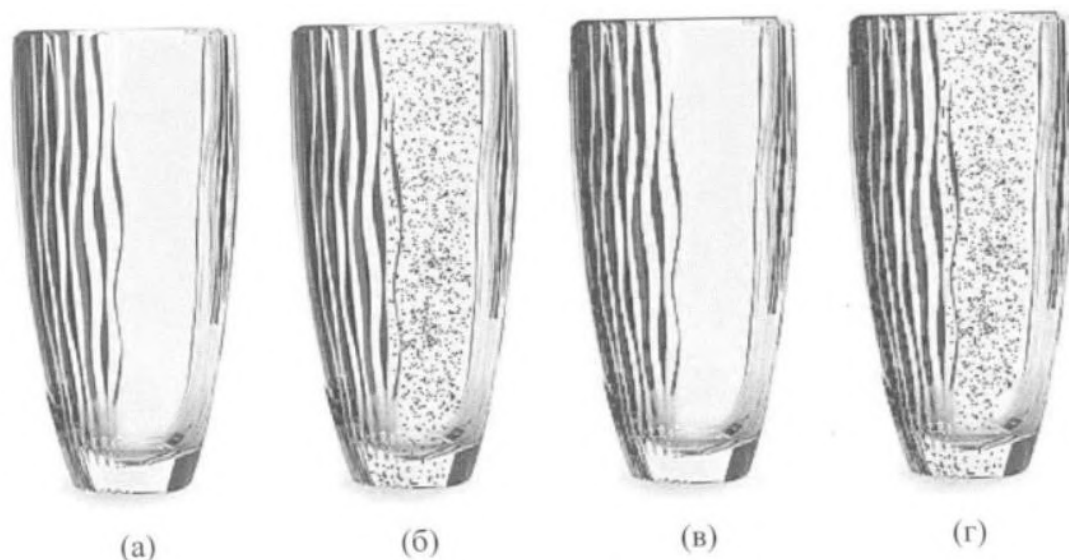


Рисунок 2.10 - а) вимірюваний об'єкт; б) - вимірюваний об'єкт із суцільною текстурою; в) - вимірюваний об'єкт з контурної текстурою; г) - вимірюваний об'єкт, підготовлений до вимірювання, з нанесеними на його поверхню суцільною і контурної текстурами

Принцип використання СБК для контролю розмірів деталей полягає в проектуванні тіньового зображення деталі або її фрагментів на ФПЗС або в лазерний далекомір, перетворенні оптичного зображення в електричний сигнал, здійсненні його логіко-математичної обробки в обчислювальному пристрої та передачі результатів обробки в систему технологічного управління виробництвом і оператору [9]. Системи БК повинні бути здатні проводити 100% контроль продукції, що випускається в цеху, а також мати можливість бути вбудованими в технологічну лінію. Конструкції таких систем забезпечують мінімальний вплив навколишнього середовища на процес вимірювання і на похибка цих вимірів, відповідно. Схема проведення замірів приведена на рис. 2.12.

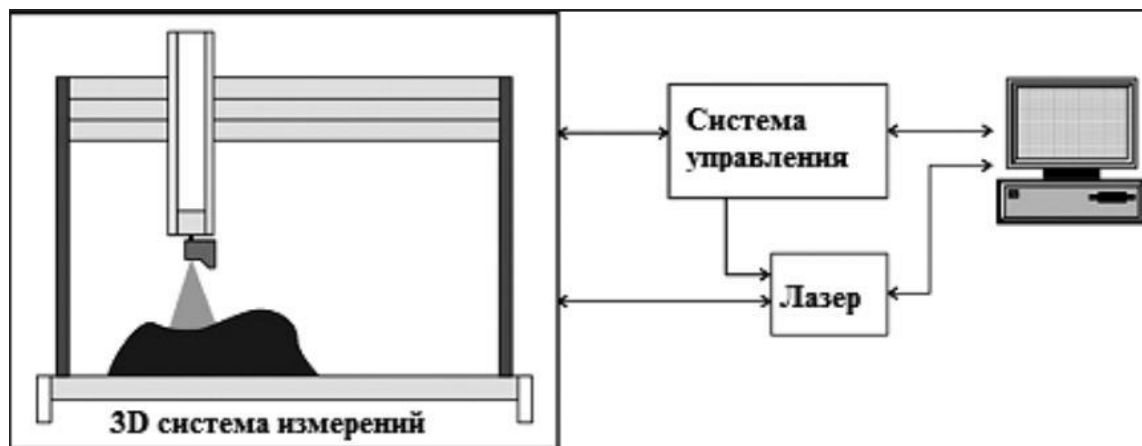


Рисунок 2.12 – Схема проведення вимірювання безконтактною лазерною системою

Аналізуючи існуючі безконтактні системи вимірювання можна скласти загальний алгоритм проведення вимірювання будь-яких деталей. Приклад такого алгоритму приведено на рис. 2.13.



Рисунок 2.13 – Загальний алгоритм обробки інформації, отриманої з лазерної системи безконтактного контролю

Механізм 3D-лазерного сканера, який використовується в цьому дослідженні працює за наступним принципом: лазерний промінь проектується на поверхню деталі від якої відбитий промінь сприймається камерою чи сенсором. Завдяки методу обробки зображень і триангуляції отримані тривимірні координати. Лазерний зонд встановлений на трьохосовою

транспортному механізмі і переміщається уздовж шляху сканування, який складається з серії заданих відрізків лінії. Він також обертається в двох напрямках. Схема сканера наведена на рис. 2.14.

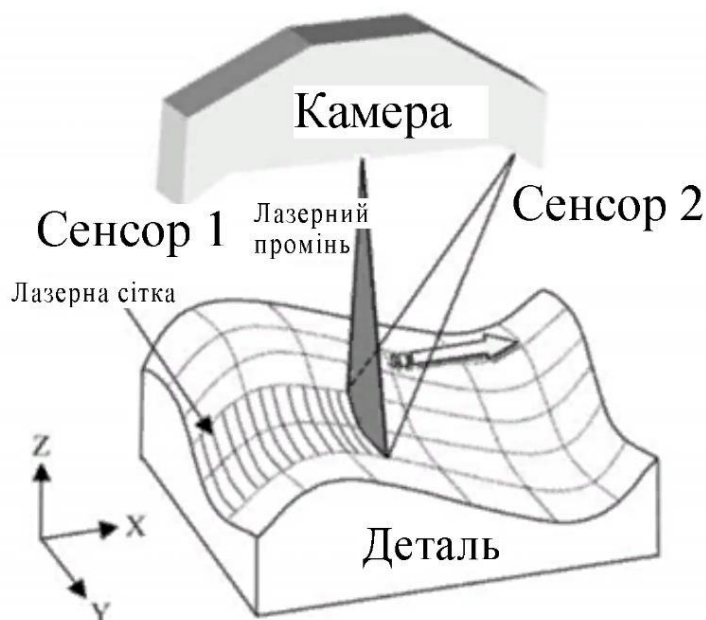


Рисунок 2.14 – Принцип роботи лазера

Коли лазерний сканер захоплює зображення, система автоматично знаходить оптичний фокус і утримує дистанцію. Оператор не може змінити довжину лазерного променя і дистанції до деталі. Оскільки лазерний сканер складається з оптичних датчиків і механічних рухомих частин, при вимірюванні певної точки на частини необхідно виконати різні обмеження рис. 2.15.

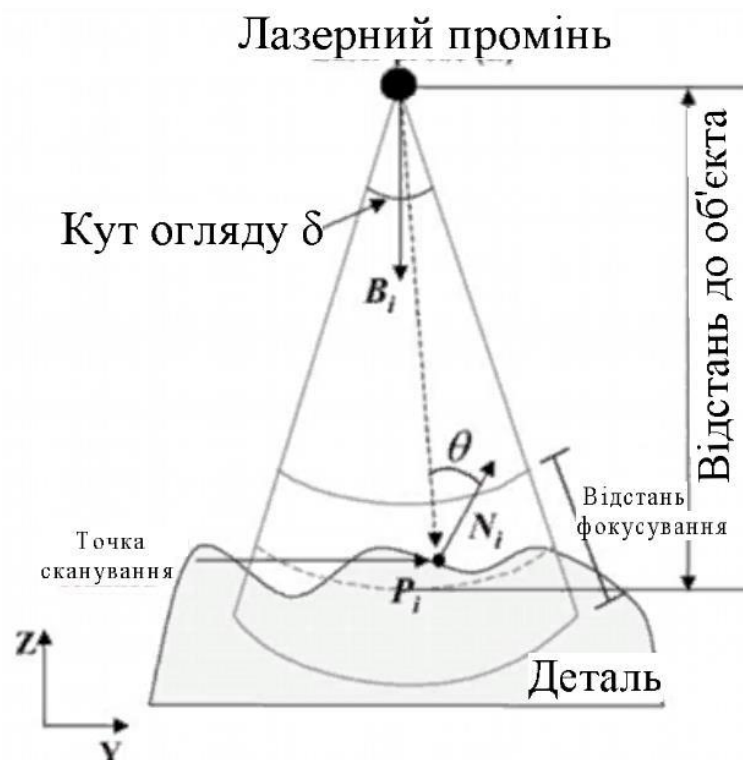


Рисунок 2.15 – Обмеження лазерного сканера

Під час процесу сканування відбувається послідовний рух скануючої голівки вздовж поверхні деталі, що в свою чергу обертається на поворотному столі. Узгодження цих рухів має враховувати обмеження, що є у роботі лазера для того щоб процес сканування був максимально ефективним та точним. Якщо процес сканування не оптимізований, сканування буде виконуватись не правильно – можливе сканування деталі, коли вона знаходиться поза полем зору сканера, або кут огляду не дозволяє захопити поверхню, що контролюється [6].

Мета оптимізації процесу сканування - створити оптимальний план сканування, який задовольняє наступним основним обмеженням:

1. Кут огляду: кут між падаючим лазерним променем і нормаллю поверхні вимірюваної точки повинен бути менше максимального кута огляду δ
2. Поле зору: вимірювана точка повинна розташовуватися в межах довжини лазерної смуги

3. Глибина різкості або фокусна відстань: виміряна точка повинна знаходитися в заданому діапазоні відстані від джерела лазера

4. Оклюзія – перетин променів, накладання відбитого променя на деталь замість камери: падаючий промінь, а також відбитий промінь не повинні заважати самій деталі.

5. Лазерний зонд повинен проїжджати по безконтактному шляху.

6. Якщо деталь блискуча або прозора, потрібна попередня обробка, наприклад, напилення.

Для формування плану сканування поверхня повинна бути розділена на функціональні поверхні, і план сканування буде генеруватися для кожного шляху поверхні. Замість того, щоб мати справу з усією поверхнею, поверхня апроксимується набором точок, відібраним з поверхні, і сканування всіх вибраних точок на мінімальну кількість сканувань є кінцевою метою цього алгоритму. Використовуючи вибіркові точки, виходять пари точок, які не можуть бути відскановані разом, і використовуються для оцінки необхідної кількості сканів, розглядаючи обмеження кута огляду. Генерується план внутрішнього сканування, включаючи напрямки сканування та шляхи сканування для кожного напрямку сканування, перевіряються обмеження фокусної відстані і оклюзії. Якщо деякі точки не можуть бути відскановані, додатковий напрям або змінений напрямок обчислюються відповідно до геометричною формою. Для цих нових напрямків повторюються ті ж процедури, поки не буде сформований остаточний план сканування.

Оскільки кількість вибірових точок впливає на здійсненність плану сканування, необхідно відбирати правильну кількість точок. Відстань між сусідніми точками використовується в якості критерію в алгоритмі. Тобто відстань між сусідніми вибіровими точками повинно бути менше довжини лазерної смуги. Щоб сканувати дві точки в одному і тому ж скануванні, кут між нормальними векторами двох точок повинен бути менше, ніж в два рази більше кута огляду. Точки, які не задовольняють обмеження, називаються критичними точками.

Оскільки існування критичних точок означає, що поверхня не може бути сканувати за один раз, необхідну кількість сканувань оцінюється на основі критичних точок. Після знаходження всіх критичних точок згруповані ті, які мають відхилення нижнього кута в своїх нормальних векторах, ніж кут огляду. Кількість груп є необхідна кількість напрямків сканування.

Після створення шляху сканування необхідно перевірити обмеження фокусної відстані та оклюзії для перевірки напрямку сканування. Для перевірки фокусної відстані лазерний промінь спрощується як п'ять ліній, як показано на рис. 2.16 (а). Якщо всі крапки, в яких промінь контактує з поверхнею, розташовані в області фокусування, область можна сканувати.

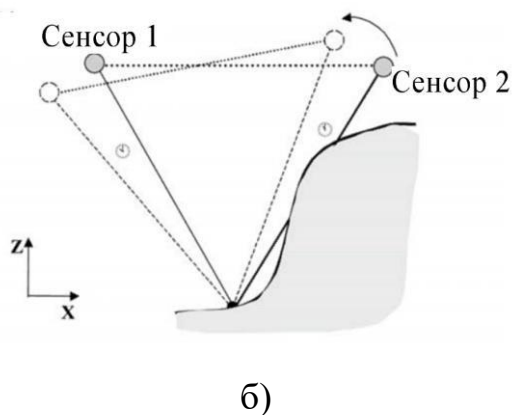
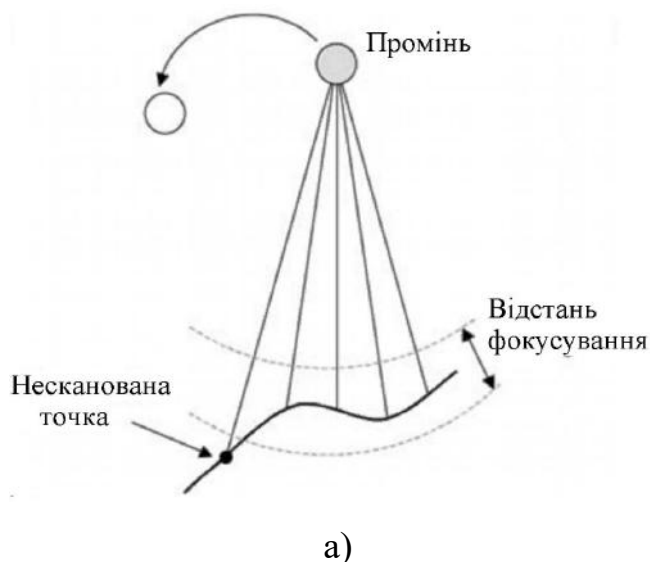


Рисунок 2.16 – Схеми перевірки фокусування та оклюзії

Перевірка оклюзії використовує аналогічний процес в порівнянні з алгоритмом, використовуваним для перевірки фокусування. На практиці точка може скануватися, поки відбитий промінь досягає хоча б одного з датчиків. Однак для більш надійних результатів передбачається, що точка сканується тільки тоді, коли відбитий промінь досягає обох датчиків. Трикутник, що з'єднує два датчика камери і перевіряє точку, використовується для перевірки оклюзії рис. 2.16 (б). Якщо будь-яка зі сторін трикутника втручається в поверхню, існує оклюзія [6].

В процесі проведення вимірювання на лазерній установці, лазерний промінь, відбиваючись від поверхні деталі, фіксується камерою. Параметри камери в даному випадку впливають на точність отриманих даних. Найбільш важливим параметром камери в разі проведення вимірювань є фокусна відстань. Об'єктив камери - це система, що складається з декількох лінз. Зображення, що знімається, потрапляє в об'єктив, заломлюється там і зводиться в одну точку на певній відстані від задньої частини об'єктива. Ця точка називається фокусом (точкою фокусування), а відстань від фокуса до лінзи (системи лінз) називається фокусною відстанню.

Наведемо приклад розрахунку фокусної відстані і кута огляду камери. Розрахунки будемо робити ґрунтуючись на піраміді, наведеної на рис. 2.17

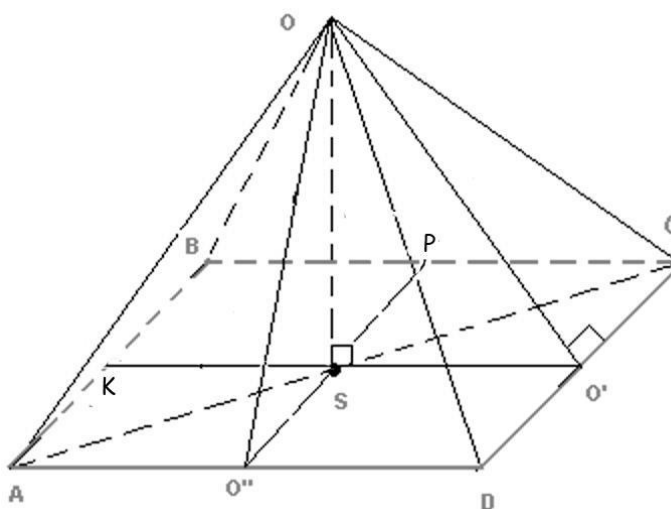


Рисунок 2.17 – Піраміда розрахунку фокусної відстані.

У даній піраміді $\angle AOC = \angle BOD$ - ці кути вказуються в інструкціях до об'єктиву. Вихідні дані для розрахунку:

$AD = BC = 2 \cdot SO' = 2 \cdot O'D = w = 36$ мм - ширина матриці;

$AB = CD = 2 \cdot SO'' = 2 \cdot DO' = h = 24$ мм - висота матриці.

$OS = f$ - висота піраміди, дорівнює фокусної відстані об'єктива

Залежність кута огляду від фокусної відстані визначається за формулами (2.3), (2.4), (2.5):

$$\angle AOS = \angle COS = \alpha;$$

$$\angle AOC = 2 \cdot \alpha = \beta;$$

$$AS = \frac{AC}{2} = \frac{\sqrt{AD^2 + CD^2}}{2}; \quad (2.3)$$

$$tg \alpha = \frac{AS}{OS} = \frac{\sqrt{AD^2 + CD^2}}{2 \cdot OS} = \frac{\sqrt{w^2 + h^2}}{2 \cdot f} \quad (2.4)$$

$$\alpha = arctg\left(\frac{\sqrt{w^2 + h^2}}{2 \cdot f}\right) \quad (2.5)$$

Отримуємо формулу для розрахунку (2.6):

$$\beta = 2 \cdot arctg\left(\frac{\sqrt{w^2 + h^2}}{2 \cdot f}\right) \quad (2.6)$$

Виконаємо перевірку для об'єктива з фокусною відстанню 50 мм:

$$\beta(50\text{мм}) = 2 \cdot arctg\left(\frac{\sqrt{36^2 + 24^2}}{2 \cdot 50}\right) = 46,79^\circ$$

Тепер знайдемо кут огляду по горизонталі (χ) і по вертикалі (τ) за формулами (2.7), (2.8):

$$\chi = \angle O''OP = 2 \cdot \angle O''OS = 2 \cdot \angle SOP \quad (2.7)$$

$$\tau = \angle KOO' = 2 \cdot \angle KOS = 2 \cdot \angle SOO' \quad (2.8)$$

Звідки кут для горизонталі за формулою (2.9):

$$\chi = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{O'P}{2 \cdot OS} \right) = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{h}{2 \cdot f} \right) \quad (2.9)$$

Для вертикалі кут знаходимо за формулою (2.10):

$$\tau = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{KO'}{2 \cdot OS} \right) = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{w}{2 \cdot f} \right) \quad (2.10)$$

Формули для визначення співвідношення фокусної відстані об'єктива до його куту огляду по діагоналі за формулою (2.11), по горизонталі за формулою (2.12), по вертикалі за формулою (2.13):

$$\beta = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{w^2 + h^2}}{2 \cdot f} \right) \quad (2.11)$$

$$\beta = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{h}{2 \cdot f} \right) \quad (2.12)$$

$$\beta = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{w}{2 \cdot f} \right) \quad (2.13)$$

Виконаємо перевірку для об'єктива з фокусною відстанню 50 мм:

$$\beta \text{ (гориз.)} = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{36}{2 \cdot 50} \right) = 39.59^\circ$$

$$\beta \text{ (верт.)} = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{24}{2 \cdot 50} \right) = 26.99^\circ$$

Розрахуємо відстань з якої потрібно виконувати зйомку, щоб в кадрі помістився об'єкт із заданим розміром Н, зображений на рис. 2.18.

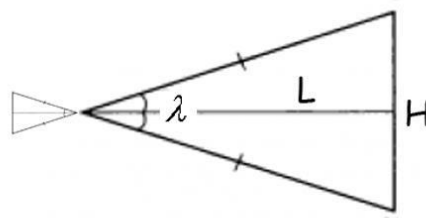


Рисунок 2.18 – Схема об'єкту для зйомки

Формула (2.14) для підрахунку дистанції L:

$$L = \frac{H}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\lambda}{2}\right)} \quad (2.14)$$

де λ – кути огляду по вертикалі τ та горизонталі χ .

Відстань по вертикалі:

$$L_{\tau} = \frac{H}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{w}{2 \cdot f}\right)\right)} = \frac{H \cdot f}{w} = \frac{H \cdot f}{36}$$

Відстань по горизонталі:

$$L_{\chi} = \frac{H}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{h}{2 \cdot f}\right)\right)} = \frac{H \cdot f}{h} = \frac{H \cdot f}{24}$$

Максимальна висота вимірюваної лопатки 500 мм, розрахуємо, на якій відстані від вимірювальної головки повинен розташовуватися зажим зі встановленою лопаткою:

$$L_{\tau} = \frac{500 \cdot 50}{36} = 694 \text{ мм}$$

$$L_{\chi} = \frac{500 \cdot 50}{24} = 1041 \text{ мм}$$

2.3 Безконтактний контроль лопатки за допомогою запропонованого методу

Для здійснення вимірювань профілю лопатки була обрана установка Wenzel з можливістю універсального кріплення лопаток будь-якого розміру і конфігурації. Вибір конкретної установки обумовлений її універсальністю та простотою в експлуатації, установка не потребує проектування та виготовлення спеціального затискного обладнання. Установка проводить вимірювання профілю пера шляхом лазерного сканування і передачі даних на персональний комп'ютер, де за допомогою програмного забезпечення накладає отримані обміри на існуючу модель лопатки. Приклад обміру колінного суглоба наведено на рис. 2.19.

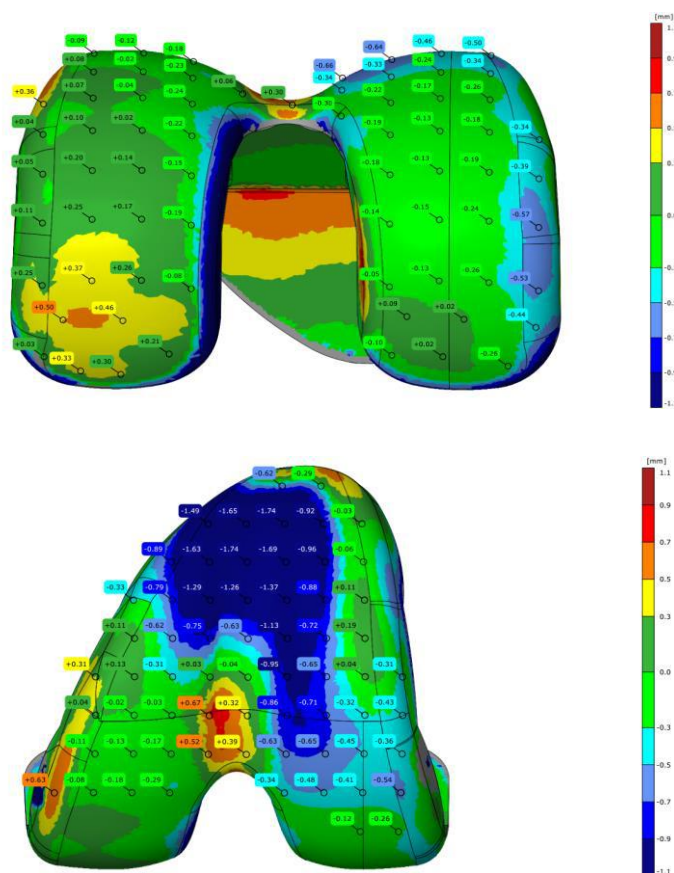


Рисунок 2.19 - Результати вимірювання колінного суглоба методом безконтактного вимірювання

Згідно рисунку, області від червоної до синьої, позначають величину відхилення розміру від номінального, позначеного зеленою областю. Червона область - збільшений шар металу, синя - зменшений шар металу. Також, кожна область розбита на точки, в кожній з яких показана величина відхилення.

Установка фірми Wenzel являє собою вимірювальний центр виробничої метрології на основі системи Core . Система розроблена спеціально для вимірювання різних деталей на виробництві. Дозволяє проводити 100% контроль виготовлених лопаток, установка наведена на рис. 2.20.



Рисунок 2.20 – Система Core

Система Core виготовлена на основі нової концепції механічної структури. Розроблена та виготовлена на новому виробничому майданчику Wenzel в місті Вістхаль, забезпечує необхідну точність, надійність і якість. Вбудовані в конструкцію сенсори SP 25M / SM2. забезпечують високу швидкість роботи, дозволяючи проводити швидкі вимірювання повного комплексу розмірів деталей.

Оптична високошвидкісна скануюча система ідеально підходить для експлуатації безпосередньо в важких умовах цехових приміщень. Систему Core M характеризує температурна стабільність, захищеність від пилу, вібростійкість.

Інноваційний оптичний світловий датчик високої інтенсивності, розроблений Wenzel ScanTec, забезпечує швидке захоплення точок як на важкодоступних елементах деталей, так і на поверхнях з високою дзеркальною здатністю, не вимагає постійної зміни положення деталі або спеціальної попередньої обробки поверхонь.

Вимірювальні системи Core M володіють великим діапазоном вимірювань при компактній конструкції та застосовуються в першу чергу для контролю великогабаритних лопаток до 2500 мм довжиною.

Системи Core призначені спеціально для роботи в цехових умовах, забезпечуючи 100% контроль виготовлених деталей, гнучкість, взаємозамінність і вбудовуваність в технологічну лінію.

Конструкція системи забезпечує мінімальний вплив навколишнього середовища. Напрямні великого розміру, широко рознесені підшипники забезпечують довговічність навіть у найважчих цехових умовах. Лінійні шкали з допусками в 0.1 мікрона, встановлені на вуглепластикові композитні напрямні забезпечують високоточні вимірювання в широкому діапазоні температур.

Конструкція Core спеціально розроблена для використання на виробництві, як частина технологічної лінії, компактна, легка, не вимагає пневмомагістралі. Вбудований високоточний поворотний стіл з допуском в 0,2 кутової секунди дозволяє синхронізувати позиціонування деталі щодо

оптичного датчика для оптимізації часу вимірювання. Деталі можуть бути зафіксовані як на високоточних лещатах, так і спеціальними пристосуваннями, що встановлюються на поворотний стіл. Конструкція наведена на рис. 2.21.

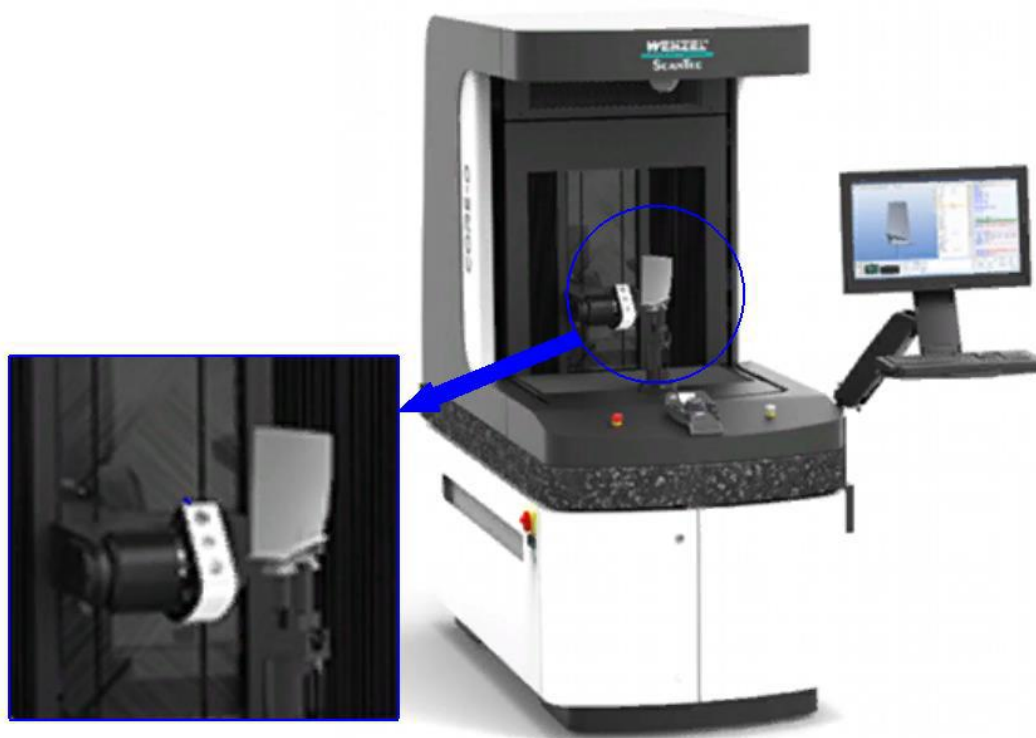


Рисунок 2.21 – Конструкція установки

П'ятиосьовий контролер і ПК встановлені в корпус машини забезпечують швидкий і легкий доступ для обслуговування.

Сере має діапазон вимірювань 300x200x450 мм і оптимізована для вимірювання турбінних та компресорних лопаток. Спеціальний сервопривід оптичного датчика забезпечує прискорення до 4500 мм / с і плавне переміщення зі швидкістю до 750 мм / с

Скануючий оптичний датчик з джерелом «білого» світла і двома камерами дозволяє проводити вимірювання деталей з поверхнями, що мають високу відбивну здатність. Скануюча головка приведена на рис. 2.22.

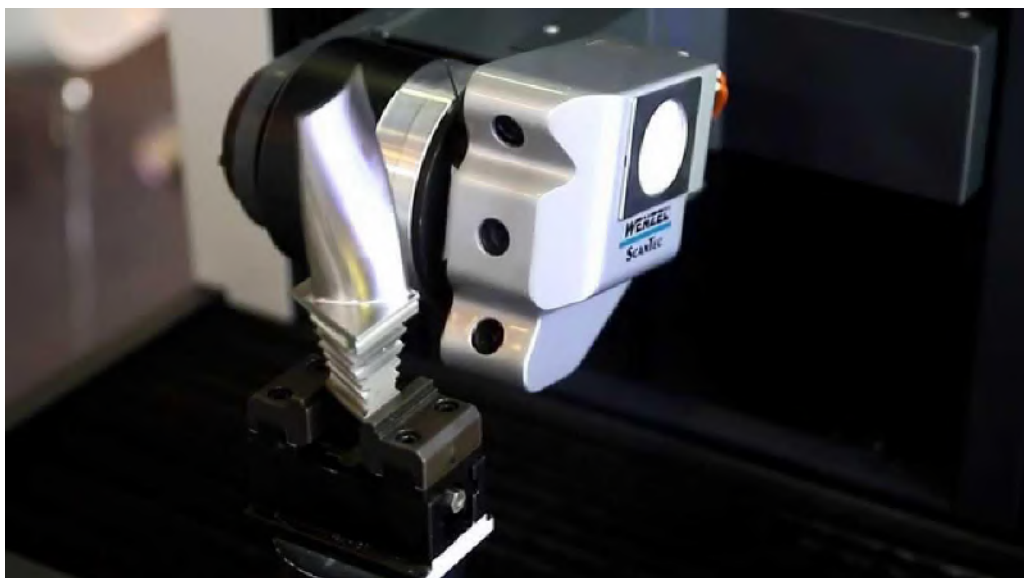


Рисунок 2.22 – Скануючий датчик

Велика робоча дистанція і діапазон виміру мінімізують рухи в процесі вимірювання, оптимізуючи тим самим час циклу.

Разом з максимальними кутом щодо нормалі до поверхні деталі в 85° , велика робоча відстань забезпечують чудову можливість вимірювання важкодоступних елементів деталей.

Датчик Core не вимагає розрахунку компенсації форми щупа, як це необхідно робити для контактних машин.

В основі конструкції оптичного датчика Phoenix лежать інноваційні технології, що дозволяють вирішувати завдання «безконтактного вимірювання точок і геометрії», що забезпечує більш високу швидкість вимірювання в порівнянні з контактними датчиками. У порівнянні з іншими оптичними датчиками, Phoenix, зображений на рис. 2.23, також дозволяє забезпечити більшу гнучкість і швидкість вимірювань.

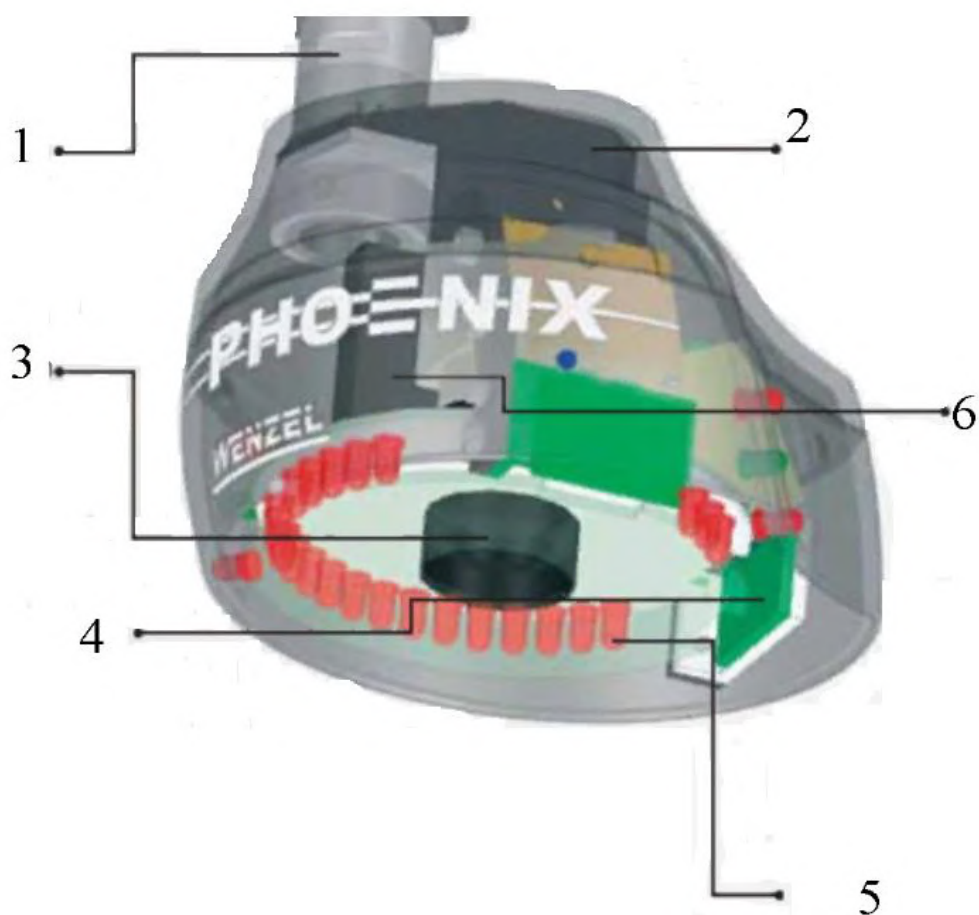


Рисунок 2.23 - Оптичний датчик Phoenix

Датчик встановлюється безпосередньо на голівках Renishaw PHS або PH10M з допомогою автоматичного адаптера 1, розпізнавання елементів здійснюється за допомогою самого датчика 2, що дозволяє здійснювати швидку передачу даних в програмне забезпечення. Вузькосмуговий режекторний фільтр 3, обмежує вплив навколишнього світу, тим самим збільшуючи стабільність результатів вимірювань. Послідовна лазерна проекція дозволяє здійснювати точне завдання ліній. Подвійна рухома система лазерних ліній 4, дозволяє обійтися без використання додаткової поворотної осі. Область вимірювання рівномірно висвітлюється світлодіодами 5. Система з камерою з високою роздільною здатністю для обробки зображення в площині X-Y і лазерної триангуляційної системи для вимірювання дистанції по осі Z, 6.

Оснащеність датчику приведена на рис. 2.24.



Рисунок 2.24 - Оснащеність датчику

Система Core може повністю провести сканування деталі, отримуючи «мережу точок» для подальшої обробки. Також як контактні координатно-вимірювальні машини, тільки швидше.

Найбільш важливі характеристики:

- Висока точність, максимально допустима похибка $8 + L / 350$ мкм
- Повністю автоматична система
- Може бути вбудована в автоматизовану виробничу лінію
- Розроблено для цехових умов
- 5 незалежних осей
- Висока швидкість проведення калібрування (менше 2-х хвилин)
- Перевірка за стандартними еталонами
- Можливість зворотного зв'язку з блоком ЧПУ верстата
- Робота з будь-якими поверхнями
- Мобільна

Обробка результатів вимірювання виконується у програмному забезпеченні (ПЗ) для проведення вимірювань, що спеціально розроблено для координатно-вимірювальних машин, виконане на базі. Скріншот результатів вимірювання лопатки наведено на рис. 2.25.

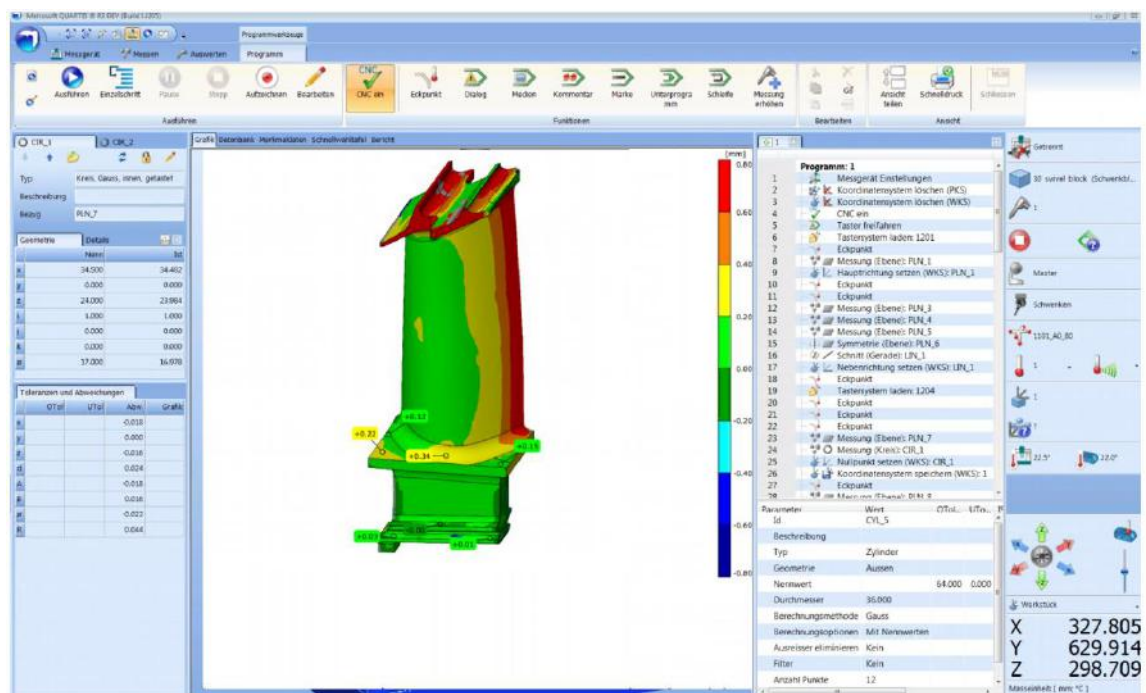


Рисунок 2.25 – Результат вимірювання лопатки

«Віконна» архітектура інтерфейсу дозволяє швидко перемикатися між різними модулями ПЗ. Результати вимірювань можливо зберігати в корпоративній базі даних.

Програмне забезпечення працює з відкритим інтерфейсом, що дозволяє застосовувати з практично будь-яким програмним забезпеченням. Також встановлюється програмне забезпечення спеціально розроблене для вимірювання параметрів турбінних лопаток.

Установка дозволяє проводити контроль в автоматичному режимі використовуючи номінальні і параметричні дані. Потужна бібліотека з більш ніж 500 функцій, включаючи безліч різних методів вирівнювання, прив'язки і базування.

Програмне забезпечення отримує дані від вимірювальних пристроїв і формує просторову модель лопатки в системі координат пристрою. У програмному забезпеченні використовуються дві системи координат пристрою - по одній для скануючого датчику та поворотного столу.

Оцінка якості виготовлення деталі проводиться шляхом порівняння вимірюваної деталі з номінальною формою, заданої конструкторської документації. Номінальна форма задається в локальній системі координат, тому першим етапом контролю геометрії виготовленої лопатки є перетворення координат точок з системи координат вимірювального пристрою в локальну систему координат деталі. Для цього необхідно визначити параметри перетворення систем координат - вектор переносу та кути повороту уздовж кожної осі.

Попередні результати вимірювання шаблонних елементів, що імітують площину, показали, що локальна система координат деталі змінюється при русі рухомої платформи. Для оцінки систематичних похибок в координатно - вимірювальних машинах широко використовуються такі інструменти як гранітні і сталеві лінійки, кінцеві міри і калібрувальні плити. Зазначені інструменти складно використовувати в розробляється приладі, так як існують

технічні складності в правильній фіксації зазначених інструментів, калібрувальні плити є дуже складним і дорогим інструментом, що вимагає кваліфікованого обслуговування. У зв'язку з цим було розроблено методику визначення системи координат з використанням шаблонних інструментів, які не потребують суттєвих витрат .

Для визначення параметрів перетворення систем координат застосовуються два шаблонних елемента у вигляді площини і один у вигляді кулі. За допомогою вимірювання елементів на сторонній координатно-вимірювальній машині будуються рівняння площин і сфери в системі координат деталі.

Щоб побудувати рівняння елементів в системі координат вимірювального приладу передбачається, що локальна система координат постійна на деякій ділянці від X до $X + \Delta X$. Вимірюючи еталонні елементи при положенні рухомої платформи X і $X + \Delta X$, будуються рівняння площин і сфери в системі координат вимірювального приладу [11].

За допомогою вектора нормалі площин і центру сфери, будуються залежності між локальною системою координат деталі і глобальною системою координат вимірювального приладу. Вирішуючи систему рівнянь, отримуємо параметри перетворення для заданого положення вимірювальної платформи.

Для побудови функції перетворення систем координат проводиться вимір шаблонних елементів для різних положень рухомої платформи. У подальшому отримані дані використовуються для інтерполяції функції [12].

Використання отриманої функції дозволяє компенсувати систематичні помилки, що виникають внаслідок недосконалості геометричної форми вимірювального приладу і оперувати координатами, прив'язаними до локальної системи координат деталі, що дозволяє коректно порівнювати виготовлену деталь з її номінальною формою.

Стандартне програмне забезпечення, інтуїтивне, просте, скріншот наведено на рисунку 2.26.

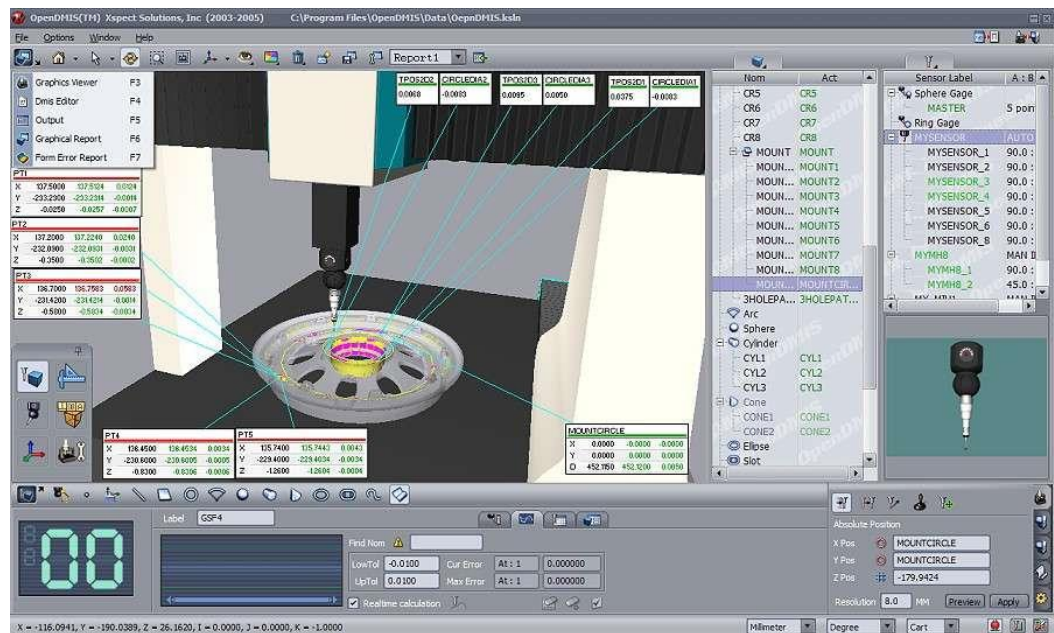


Рисунок 2.26 - DMIS програмне забезпечення

Відкритий протокол передачі даних між координатно-вимірювальною машиною і вимірювальним програмним забезпеченням дозволяє використовувати будь-яке програмне забезпечення, незалежно від виробника. Не потрібно додаткове навчання персоналу, можливе перенесення програм вимірювання від інших КВМ.

Технічні характеристики установки наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики установки

Механіка	
Параметр	Величина
Діапазон вимірювання X/Y/Z, мм	300/200/450
Діапазон повороту датчика	180°
Вага, кг	1000
Габарити, мм	1300x700x1900
Параметр	Величина
Діапазон повороту столу	360°
Прискорення, мм/с ²	4500
Швидкість переміщень, мм/с	750
Швидкість при вимірюванні, мм/с	400
Швидкість повороту	360°/с
Живлення	
Струм	Однофазний 100...240V, 50...60Hz
Точність	
Максимально допустима похибка, мкм	8+L/350
Допуск шкал, мкм	0,1
Допуск поворотного столу, кут. сек	0,2
Мінімальний радіус вимірювання, мм	0,12
Оптичний датчик	
Тип	«Біле світло» (ксенонова лампа)
Метод	Триангулярний
Діаметр точки, мкм	35
Діапазон вимірювання, мм	±3
Робоча відстань, мм	80
Швидкість калібрування	< 1 хв.
Швидкість сканування	350 точок/хв

3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИМІРЮВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

При вимірюванні геометричних параметрів складнопрофільних деталей необхідно враховувати стан поверхні, який має значний вплив на якість вимірювань

Оптичні властивості поверхні значно визначають продуктивність лазерного сканера. Оптимальним типом поверхні для цілей сканування є повністю ламбертова поверхня – поверхня максимально зручна для відбиття з високим показником відбиття. Такою поверхнею прийнято вважати поверхню неметалів і покритих металів. На рис. 3.1 показано як промінь світла веде себе як на дзеркальній, так і на ламбертовій поверхні.

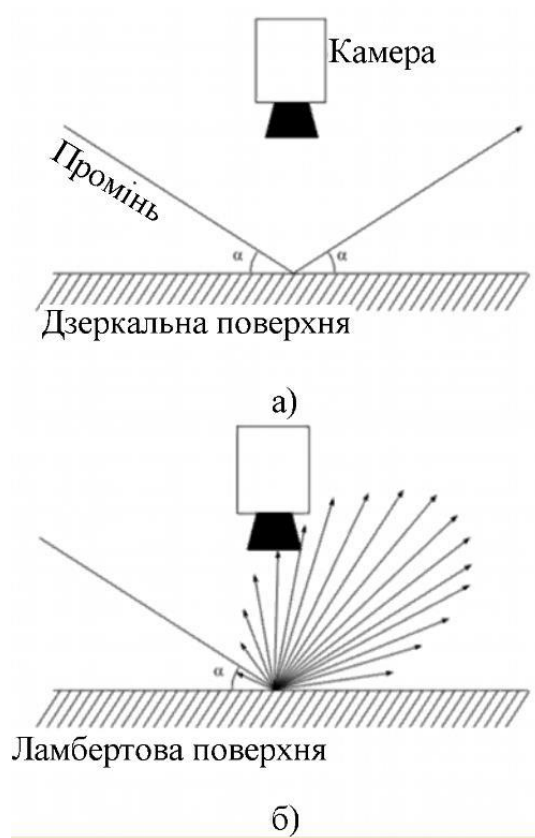


Рисунок 3.1 – а) - дзеркальна поверхня; б) – ламбертова поверхня.

Прозорі поверхні часто присутні в нашому повсякденному житті (деякі типи пластик, тканина тварин, кремній, смоли, деякі породи або мінерали тощо) [13]. Рисунок 3.2 показує, як промінь світла веде себе, коли він стикається з такою поверхнею.

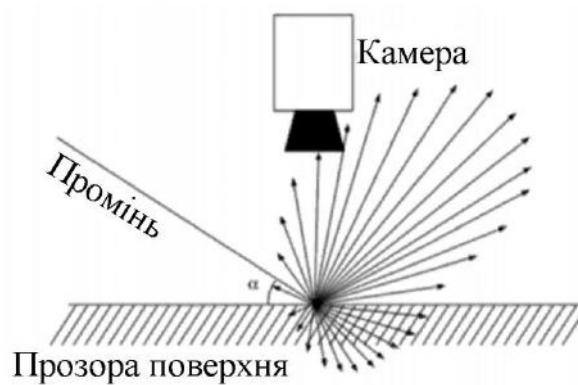


Рисунок 3.2 – Прозора поверхня

У напівпрозорій поверхні світло відбивається як на ламбертовской поверхні, але йде через матеріал до певної глибини. Чим вище потужність світла, тим глибше проникає світло в середину матеріалу. Крім того, світло розсіюється всередині матеріалу, так що камера, дивиться на неї, «бачить» лазерні рефлекси пошук зсередини.

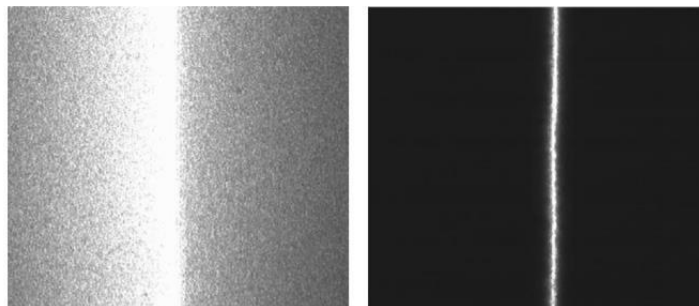


Рисунок 3.3 - праворуч - лазерна смуга, відображена на поверхні Ламберта, а зліва - як відображення на напівпрозорій поверхні проглядається камерою.

Як показано на рис. 3.3, лазерна смуга, падаюча на напівпрозору поверхню, викликає багато небажаних світлових піків, де вони не очікуються. Крім того, якщо потужність світла знижується, шум з-за різних джерел стає все більш значним і, отже, погіршується якість відновлення

На точність відображення, крім якості поверхні, можуть також впливати шуми. Накладення цих двох факторів веде до отримання смуг з певною кількістю небажаних піків освітлення, накладених на них.

З точки зору обробки сигналів, представляється розумним розглянути це як прояв шумового сигналу, який відповідає принципу суперпозиція. Що стосується кожного рядка зображення смуги в якості сигналу, то цифровий фільтр нижніх частот може бути спроектований з правого частотою відсічення, затуханням і параметри ширини смуги переходу. Існує кілька способів отримання коефіцієнти фільтра.

У цій роботі обчислення точки перетину нуля першої похідної кожного рядка зображення смуги були розглянуті для отримання оцінки положення піка. Хоча інші методи використовують один і той же підхід, в даній роботі набагато більший акцент було введено в дію похідного оператора, узагальнюючого кінцевий імпульсний відгук.

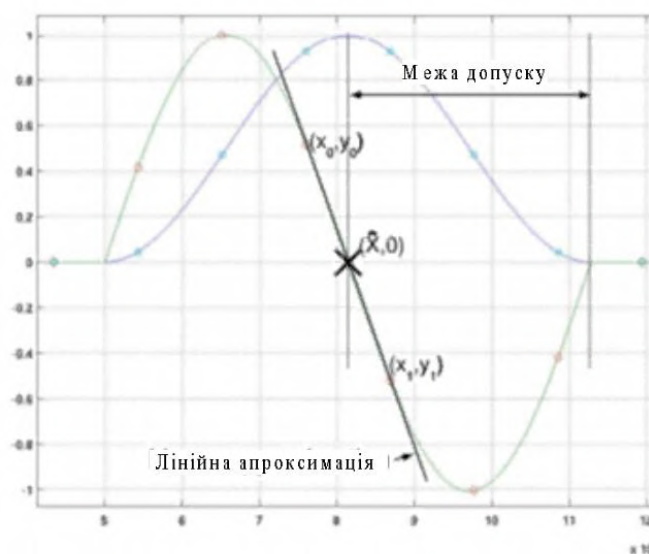


Рисунок 3.4 – Процес фільтрації шумів

Фільтрація полягає в обчисленні сигналів рядків ($x(n)$) з коефіцієнтами фільтра $h(n)$. Метод отримання точки перетину нуля полягає в наступному.

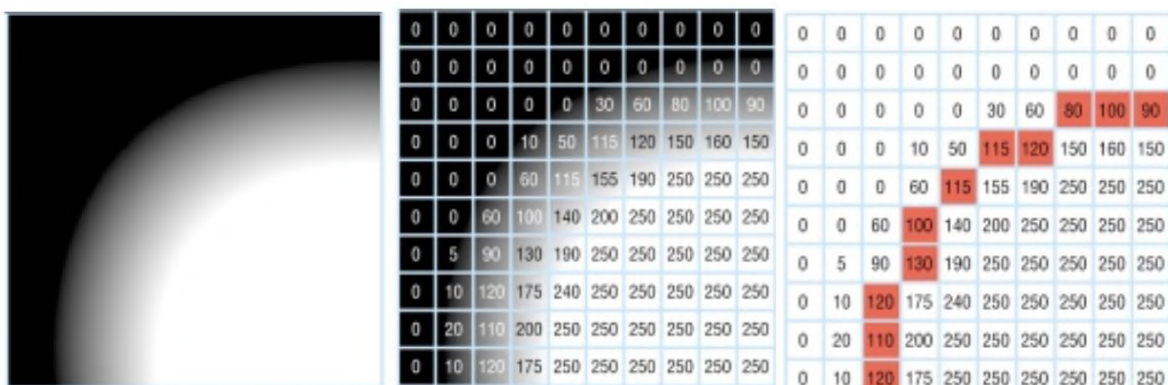
Вибирається максимальне значення рівня сірого. Потім, сигнал відстежують від його максимуму, зліва направо на зображенні, до першого негативного значення. Нарешті, пряма лінія обчислюється між точками, відповідними до першим негативним і останнім позитивним значенням сигналу, і обчислюється нульове перетин. Рисунок 3.4 підсумовує цей процес

Перетворення зображень в цифрову форму проводиться за допомогою камер і компонентів ПК, призначених для введення зображень (плати захоплення зображення, тощо). Основною перевагою камер в порівнянні з чіпами, використовуваними в тих же цілях, є високі метрологічні характеристики. Наприклад, істотною умовою точності вимірювань є лінійність співвідношення вхідного сигналу інтенсивності світла й вихідного цифрового сигналу.

Крім цього, програмне забезпечення, використовуване для розпізнавання вимірюваних точок на оцифроване зображення, також сильно впливає на якість результатів вимірювання, одержуваних з допомогою датчиків обробки зображень. Існує дві основні концепції програмного забезпечення: «пошук країв» об'єкта зображення і обробка контуру зображення [14].

При пошуку країв точки перетину заданих ліній на зображенні визначаються з допомогою видимих контурів об'єкта. Ця операція повторюється в різних позиціях в заздалегідь заданому діапазоні оцінки або в вікні. Результатом є деяка кількість вимірюваних точок, які потім об'єднуються в вікні в одну групу. Для розпізнавання кожної окремої точки проводиться одновимірна оцінка. Таким чином, повні двовимірні дані, що містяться в зображенні, в розрахунок не приймаються. Це призводить до виникнення труднощів при проведенні вимірювань у відбитому світлі. Перешкоди на контурах, що виникають через специфічну фактуру поверхні, поглиблень і забруднень, можна виявити і компенсувати тільки при певних умовах.

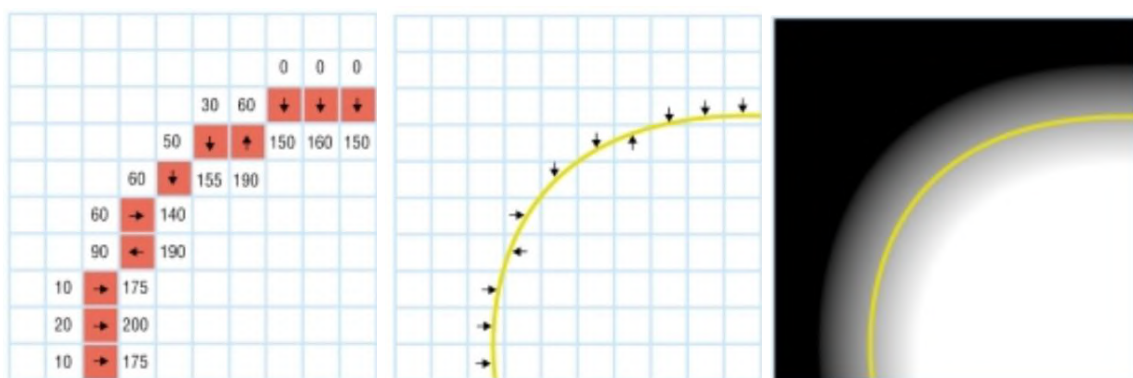
Під час обробки контурів зображення (рисунок 3.5 і 3.6) останнє представлено у вікні для оцінки у вигляді цілісної поверхні. Виділення контурів на зображенні проводиться за допомогою використання відповідних математичних алгоритмів (операторів). На одну точку вимірювання виділяється один піксель (або мінімальний елемент зображення) контуру. Потім точки вимірювання вирівнюються так, щоб вийшло зображення нагадувало нитку бус. Таким чином стають можливими визначення і фільтрація перешкод без зміни форми контурів. В межах однієї смуги захоплення різні контури можна розділяти, що особливо важливо з практичної точки зору.



а)

б)

в)



г)

д)

е)

Рисунок 3.5 - Процес обробки контурів зображення

Згідно рисунку процес обробки відбувається наступним чином: датчик обробки зображень «бачить» об'єкт як сіре зображення (а). Пікселі сірого зображення перетворюються в цифрові амплітуди (б). За допомогою порогового оператора розраховується контур з елементів зображення (в). З суміжних значень кожної точки контуру з елементів інтерполюються «точки субелементів» (г). По контуру з субелементів розраховується об'єднаний елемент (наприклад, шляхом раціонального наближення Гаусса) (д), який потім виводиться в сірому зображенні для візуального обстеження (е).

Допуск або похибка вимірювання обмежуються безпосередньо піксельною відстанню. На другій стадії операції обробки контуру найсучасніші системи виконують інтерполяцію всередині сітки елементів зображення, завдяки чому підвищується точність вимірювання навіть більше [14].

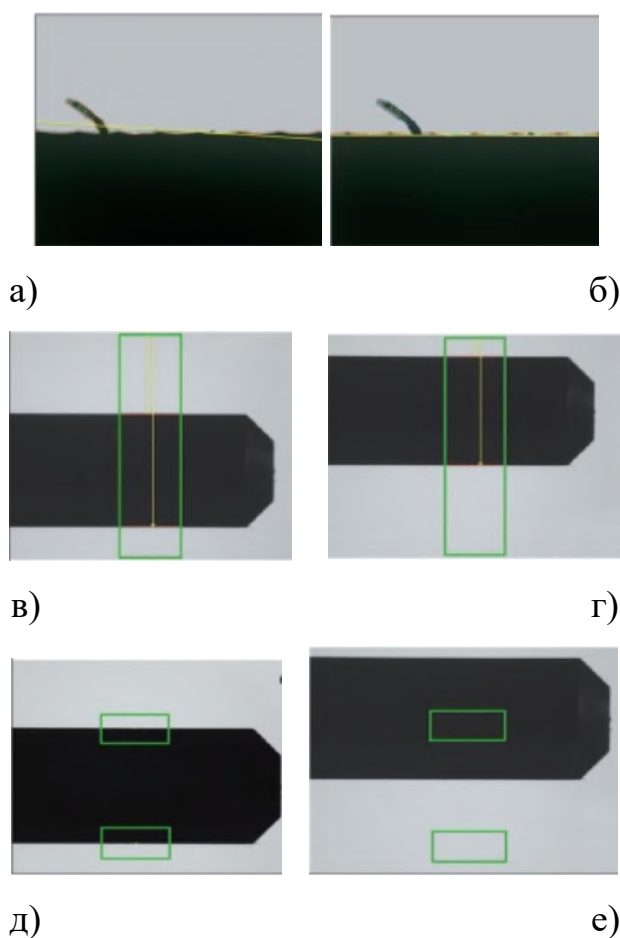


Рисунок 3.6 - Дефекти при обробці контурів

На рисунку зображені наступні дефекти під час обробки контурів: а) - помилка вимірювання внаслідок забруднення; б) - правильне вимір, що включає відхилення форми, вироблене за допомогою фільтра обробки зображень; в), г) - велике вікно: вірне розташування країв, певне шляхом виділення контурів; д) - пошук країв; е) - помилка вимірювання внаслідок зсуву деталі.

Для візуальних сенсорів одним із найважливіших факторів є освітлення. Основоположним принципом будь-якого оптичного вимірювання є відображення вимірюваних елементів з підвищеною контрастністю. Найкраще контраст підсилюється на зовнішніх кордонах об'єктів. В цьому випадку вимір можна проводити в світлі. Ідеальними параметрами для такого виміру мають плоскі об'єкти. З іншого боку, якщо у вимірюваних об'єктів широкі кромки, слід брати до уваги взаємозв'язок освітлення, об'єкта і траєкторії відтворює пучка світла. Виробник координатно-вимірювальної машини повинен гарантувати взаємне вирівнювання апертурних кутів окремих оптичних систем і можливість виконання калібрування алгоритмів визначення місцезнаходження країв в програмі обробки зображень. Інші джерела світла, що проходить з регульованими апертурами використовуються для вирішення таких завдань, як вимір осесиметричних деталей (наприклад, циліндрів в горизонтальному положенні) [14].

Використання візуальних сенсорів, як правило, вимагає застосування як відбитого, так і прохідного світла. Слід розрізняти два види освітлення методом прохідного світла: світло, відбите в яскравому полі, проектується на об'єкт паралельно осі траєкторії пучка. В ідеалі це виконується безпосередньо системою лінз відтворює оптичного устаткування. В результаті ми отримуємо, наприклад, дзеркальні відображення світла від металевих поверхонь. Об'єкт виявляється яскравим. Похилі поверхні відбивають світло крім системи лінз, і тому виявляються темними. Світло, відбите в темному полі, потрапляє на об'єкт, що вивчається, під косим кутом до траєкторії відтворюючого пучка. Зазвичай в якості джерела такого світла використовуються кільцеподібні

конфігурації (або кільцеві волоконно-оптичні освітлювальні прилади). Перевага цих приладів полягає в низькій кількості тепла, що виділяється ними в зоні вимірювання. За допомогою сегментації з різних просторових напрямів можна створювати ефекти освітлення. Світловипромінюючі діоди (СВД) дозволяють оптимально адаптувати світло, відбите в темне поле, до поточної вимірювальної задачі. Кути освітлення можна змінювати шляхом перемикання діодних матриць. За допомогою спеціального освітлювача в поєднанні з об'єктивом зі змінною робочою відстанню, також стає можливим змінювати кут оптичної осі в широкому діапазоні, а крім того, і проводити вимірювання на досить віддаленій відстані від об'єкта, зображеного на рис. 3.7.

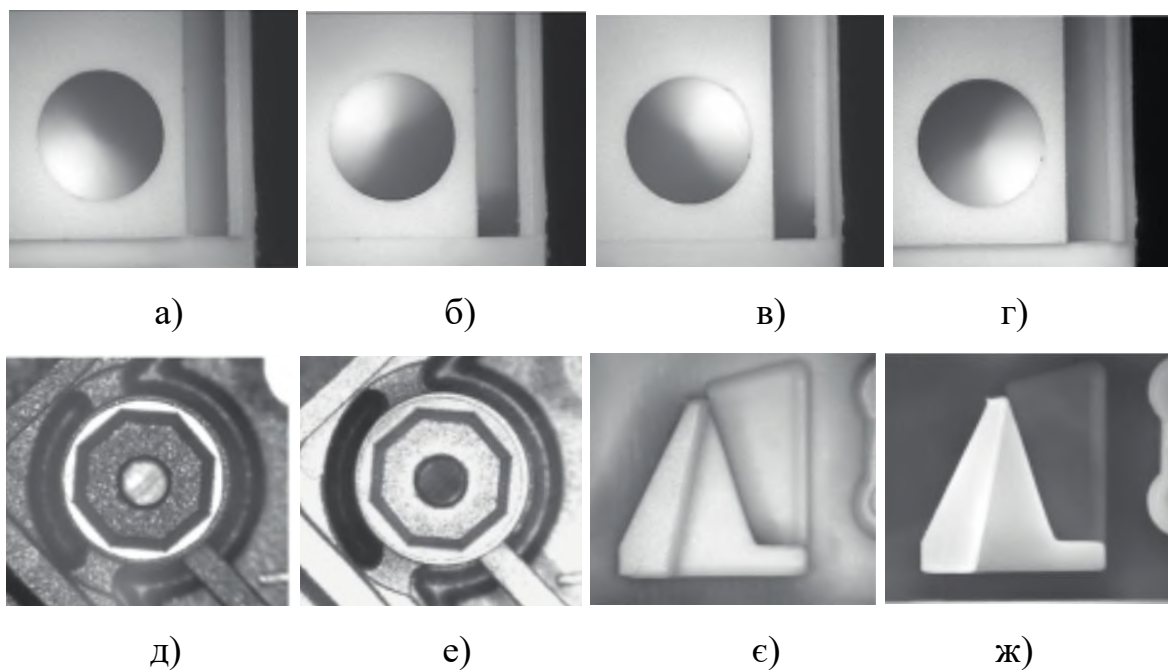


Рисунок 3.7 - Досліджувані об'єкти в різному освітленні:

На рисунку: світло, відбите в темному полі з різних напрямків (а-г), світло, відбите в яскравому і темному полях на той самий об'єкт (д, е), підвищена контрастність, малий кут освітлення (є, ж).

В сучасних мультисенсорних координатно-вимірювальних машинах всі джерела світла можуть контролюватися автоматично, за допомогою

вимірювального програмного забезпечення. Яскравість можна контролювати шляхом використання світла, відбитого об'єктом. Практичне застосування цих можливостей забезпечується при вимірюванні поверхонь різних матеріалів. Математична корекція характеристик освітлювачів дозволяє безперервно використовувати програми навіть після зміни цих освітлювачів [14].

Основою установки є лазерний датчик точкового вимірювання, що функціонує наступним чином: пучок світла, що випускається лазером (як правило, це лазерний діод), проектується на вимірюваний об'єкт. Пляма відбитого променя відображається на оптоелектронному датчику. Позиція вимірюваної точки визначається відповідним для цього способом. Найвідоміші способи належать до однієї з двох категорій: це метод тріангуляції і інтерференційний метод.

Тріангуляційні датчики часто застосовуються з метою автоматизації технології вимірювань згідно наступним принципом: лазерний пучок і вісь відтворює оптичного устаткування датчика охоплюють кут вимірювання в кілька десятків градусів. Таким чином лазерний передавач, яка вимірюється точка і датчик формують трикутник, який потім використовується для визначення відстані через тригонометричні відносини (або тріангуляцію). Результат вимірювання сильно залежить від структури і кута нахилу поверхні, що виражається у відносно високих погрішності вимірювання. Внаслідок цього даний метод підходить для застосування тільки на менш точних координатно-вимірювальних машинах. Кращих результатів можна досягти за допомогою лазерних датчиків, що працюють за принципом Фуко (рисунок 3.8). Цей принцип полягає в використанні кута апертури відтворює оптичного устаткування датчика в якості тріангуляційного кута. Замість лазерної плями на об'єкті відображається лезо ножа Фуко, розташоване на траєкторії пучка світла. Оцінка характеристик сигналів виконується за допомогою диференціального фотодіода. Відхилення від нульової позиції лазерного датчика, що визначаються таким способом, використовуються для регулювання відповідних осей координатно-вимірювальної машини. Результат вимірювання отримують

шляхом накладення значень, отриманих лазерним датчиком, на значення, отримані координатно-вимірною машиною. Як і в випадку, описаному вище, результат вимірювання, виробленого за допомогою такого датчика, піддається значному впливу властивостей матеріалу і кута нахилу поверхні. Отже, виникає необхідність корекції цих впливають змінних. Однак при використанні відповідного програмного забезпечення похибка вимірювання можна знизити до меж, в яких вона буде відповідати вимогам для високоточних координатно-вимірних машин. На практиці лазерні датчики Фуко, як правило, вбудовують в траєкторію пучка датчика обробки зображень. Така схема дозволяє перемикатися між двома датчиками, не роблячи при цьому будь-яких механічних рухів. Більш того, процес дослідження поверхні лазером можна спостерігати наочно рис. 3.8.

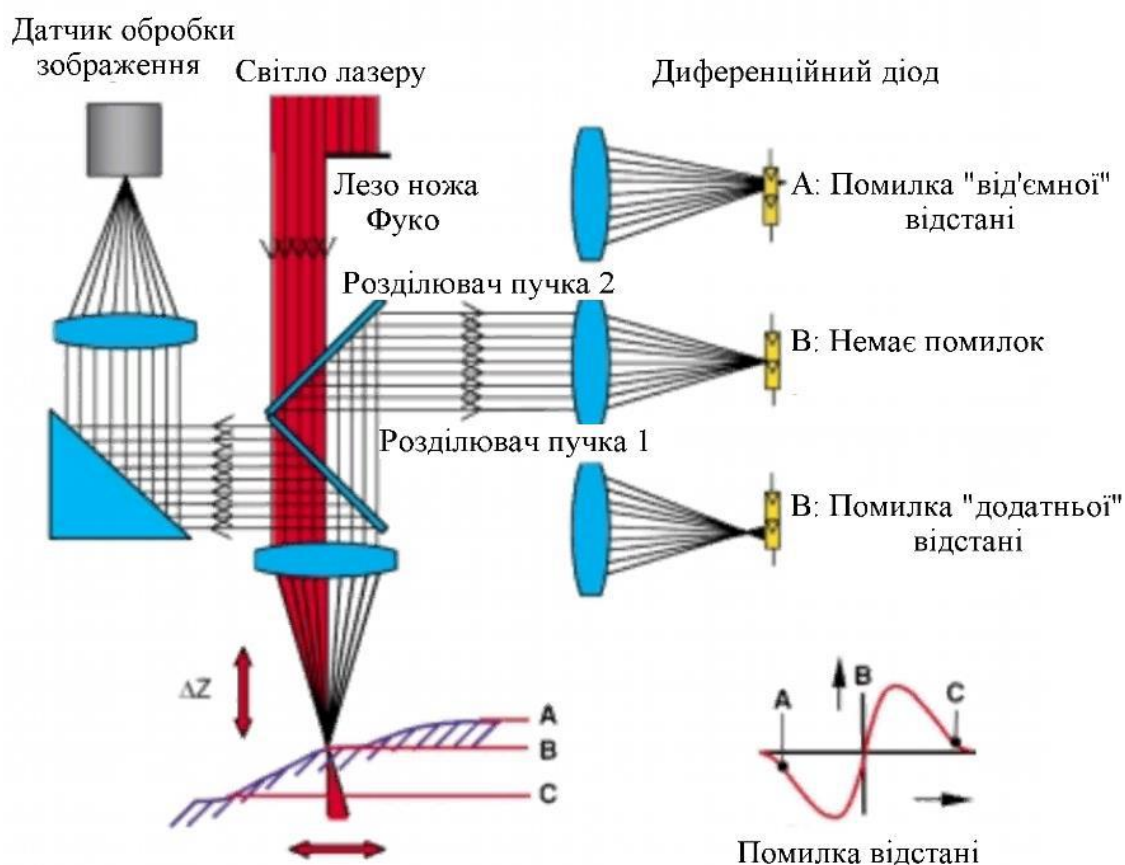


Рисунок 3.8 - Лазерний датчик із вбудованим датчиком розпізнавання об'єктів

Найважливішою властивістю координатно-вимірювальної машини є її внесок у похибку вимірювання. Готуючись до покупки, користувач повинен порівнювати різні машини і перевіряти їх технічні характеристики. Стандарти ISO 10360 визначають технічні характеристики і методи їх перевірки. Однак в даний час ці стандарти застосовуються тільки до контактних датчикам. Стандартизація оптичних датчиків ґрунтується на тих же самих фундаментальних принципах і в даний момент знаходиться в підготовці. По суті перевірка координатно-вимірювальних машин зосереджується на двох параметрах: похибка контактної вимірювання і похибка вимірювання довжини. Вивчення похибки контактної вимірювання має на меті одержання характеристики поведінки використовуваних датчиків і повторюваної точності вимірювання. Воно проводиться шляхом вимірювання каліброваної сфери в певній кількості точок і подальшого визначення граничної величини (похибки контактної вимірювання) з області окремих точок навколо сфери як пов'язаного елемента. Спеціальні фактори, що враховуються щодо випробування оптичних датчиків, визначені в німецьких директивах VDI / VDE 2617 серії 6. Основними факторами, що обмежують точність механічних щупів, є сфера щупа або сам наконечник, вигин вала щупа і нелінійність або запізнювання зворотного ходу датчика. У разі оптичних датчиків ці чинники включають дозволююча здібність, оптичні збільшення об'єктивів, глибину поля при вимірюванні з автофокусуванням, а для лазерних датчиків - і коефіцієнт відбиття поверхні матеріалу. Вплив машини залежить в основному від дозволу шкал і схильності вібрацій. У той час як контактними датчиками сферу можна вимірювати в двох напрямках і з усіх боків, оптичні датчики передбачають тільки однонаправлений вимір. Для здійснення двонаправленого вимірювання слід використовувати двовісну вимірювальну головку покрокового переміщення, що також вимагає контролю. Похибка вимірювання довжини є поєднанням декількох факторів. Це характеристики контактної вимірювання датчика, що залежить від довжини вимірювальної похибка, що впливає з похибок механічних направляючих деталей, програмна поправка на геометрію і

залежить від довжини вимірювальна похибка, що впливає з температурних умов. Похибка вимірювання довжини контролюється відповідно до стандарту ISO 10360-2 шляхом вимірювання довжин на паралельному або ступеневу калібрі. За допомогою всіх контактних датчиків, а також волоконного датчика Werth можливий вимір кінцевих мір довжини. При контролі похибки вимірювання довжини іншими оптичними датчиками проводиться аналогічна операція, проте використовуються інші стандарти [15]. Для проведення вимірювання в системі обробки зображень кінцеві міри довжини замінюються скляними шкалами з напиленням у вакуумі хромованими поділами. Вимірювання виконується тим же способом, що і з застосуванням ступеневої калібру. Необхідний двонаправлений вимір кінцевих мір довжини не є можливим у разі застосування одно- та багатоспрямованих датчиків відстані. В цьому випадку слід використовувати кулькові плити або кулькові датчики. Для того, щоб забезпечити порівнянність вимірювань цим методом з контактними вимірами, виконуваними на кінцевих заходи довжини, слід виконувати математичну корекцію. Завдяки їй в розрахунок приймається той факт, що похибка калібровки датчика (викликана, наприклад, неправильним діаметром його сфери, некоректним значенням початку координат лазера або невірним збільшенням) впливає на результат вимірювання кінцевих мір довжини, але не сфери. У той же час ефект усереднення, який досягається шляхом вимірювання сфери у великій кількості точок, коригує результат.

Технічні характеристики машини в великій мірі залежать від використовуваної на ній системи датчиків. Отже, при проведенні всіх приймальних випробувань користувач повинен упевнитися в тому, що в них застосовується система датчиків, зазначена в специфікації. Якщо використовувана система відрізняється від зазначеної, можна очікувати збільшення вимірювальної похибки.

Будь-яке вимірювання таких величин, як розмір, кут, радіус, форма і положення, піддається певній вимірювальній похибки. Впливає на цю похибку весь процес вимірювання, поряд з технологією машини, властивостями деталі,

геометричними характеристиками вимірюваних елементів, зовнішніми умовами і самим оператором. Геометричні характеристики вимірюваних елементів мають найбільш сильний вплив на результати вимірювань.

Наприклад, в умовах застосування однієї і тієї ж технології машини радіус сектора можна виміряти значно менш точно, ніж радіус повної окружності. При вимірюванні кутів або напрямків осі довжина сторін визначається прямо в похибці вимірювання. Додатковий вплив на похибку надають і інші властивості деталі, наприклад, форма, шорсткість поверхні, наявність забруднень.

Що стосується досягання похибки вимірювання мультисенсорних координатно-вимірювальних машин, то крім властивостей самої машини, особливо важливими є параметри датчиків. Для визначення похибки вимірювання використовуються різні методи. Якщо застосовуються тільки вимірювання довжини, то для оцінки можна використовувати максимальну припустиму похибку. Однак ця величина не є фактичною помилкою і використовується тільки для оцінки в кожному конкретному випадку. У розрахунок не приймаються поліпшення результатів (наприклад, при вимірюванні великої кількості точок або при математичній оптимізації) і негативний вплив властивостей вимірюваної деталі. Згідно «Керівництва з висловом похибки у вимірі» (відомому також як «GUM»), похибку вимірювання слід визначати шляхом математичного накладення оцінюваних окремо компонентів похибки (сумарна похибка). Описана нижче операція ґрунтується на цьому принципі. Для технології координатних контактних вимірювань похибку вимірювання можна встановлювати за допомогою математичної симуляції (віртуальної координатно-вимірювальної машини). Цей процес описується в стандарті ISO 15530-4. Даний стандарт ще не передбачає опис математичної симуляції для оптичних або мультисенсорних координатно-вимірювальних машин, оскільки надійної симуляції похибок в оптичних системах поки не існує. Стандарт ISO 15530-3 містить опис процесу визначення похибки вимірювання по-засобом вимірювання каліброваних

деталей. Цей метод також можна застосовувати для визначення величин корекції (техніка підстановки), які використовуються для значного зменшення систематичної частки похибки вимірювання. Ця техніка застосовується в вимірі калібрів і валів. При визначенні похибки вимірювання цим методом не враховується вплив зміни властивостей поверхні деталі, наприклад, появи помилкових ліній, змін кольорів і здатності відбивати промені. Найнадійнішим методом залишається контроль реальних деталей. Цей метод часто використовується для оцінки загальної похибки вимірювання. Він описується в багатьох внутрішньофірмових стандартах і зазвичай входить в зміст терміну «технічні характеристики вимірювальної системи». За допомогою репрезентативних вимірювань контролюється як повторювана точність, так і відповідність вимірювання окремим каліброваним раніше компонентів. Повторювана точність вимірювання контролюється шляхом постійного вимірювання раз-особистих деталей одного і того ж типу (зразків типового виробничого процесу) і їх спільної оцінки. Зовнішній вплив, вплив властивостей вимірюваного деталі (поверхні, кольору), а також вплив оператора (фіксація і звільнення від фіксації) можна вивчати в поєднанні з випадковими похибками, викликаними вимірювальної машини. Однак для того, щоб отримати загальне значення похибки вимірювання, слід також враховувати параметри впливу, які не приймаються в розрахунок на фазі випробувань (наприклад, довго-часові коливання температури). На мультисенсорних координатно-вимірювальних машинах також можна виконувати вимірювання за допомогою прецизійних датчиків (наприклад, волоконних датчиків Werth) або калібрувати деталі. Таким чином можна контролювати систематичні похибки розмірів в оптичних вимірах [14].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

В даній дипломній роботі розглядається координатно-вимірювальна установка лазерного типу, основою роботи якої є вимірювальний лазер. В розділі охорони праці розглядаються питання виникнення можливих потенційних небезпек при роботі на установці та заходи щодо охорони праці та першої допомоги при отриманні травм під час роботи на установці.

Згідно з класифікацією лазерів за ступенем небезпеки, лазер, що застосовується для проведення вимірювань можна віднести до лазерів І класу – це означає, що в цих лазерах вихідне коліміроване випромінювання не становить небезпеки при опроміненні очей і шкіри. Колімірованим називають лазерне випромінювання у вигляді пучків, що генеруються безпосередньо лазером або відбиваючою поверхнею шляхом віддзеркалення.

В процесі роботи на персонал можуть діяти такі несприятливі фактори:

1) Пряме лазерне випромінювання в очі людини може призвести до тимчасового засліплення. Тривалість засліплення залежить від інтенсивності лазерного світла та періодичності потрапляння його в очі людини.

2) Електромагнітні поля ВЧ, ЗВЧ мають незначний вплив на стан людини, але в разі тривалого впливу можуть викликати підвищену стомлюваність, періодично з'являється головний біль, сонливість або порушення сну, підвищення артеріального тиску і болю в області серця.

3) Подразнення і пошкодження шкіри в окремих випадках при індивідуальній підвищеній чуттєвості шкіри оператора. Може з'являтися почервоніння та свербіж уражених областей.

4) При роботі механічних частин установки можливі травми, пов'язані з потраплянням кінцівок в зону роботи поворотного столу при порушенні правил безпеки.

5) При роботі за комп'ютером на оператора має вплив випромінювання від монітору, що може проявлятися як головний біль, втрата координації та порушення сну, а також нервова напруга, що виникає в разі стресової ситуації та може викликати дратівливість, депресію, втрату апетиту.

6) Потенційні небезпеки, пов'язані з незадовільною організацією робочого місця можуть виникати при порушенні правил організації робочого місця, ергономіки робочого місця та захаращення робочої зони оператора установки.

7) Небезпеки санітарно-гігієнічного характеру можуть виникати внаслідок порушення правил провітрювання приміщення, порушення температурного режиму і можуть призвести до захворювання органів дихання та переохолоджень оператора.

8) Небезпеки, пов'язані з порушенням правил пожежної безпеки можуть виникати у разі недотримання протипожежних норм та виникнення короткого замикання.

9) Небезпеки, пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій можуть виникати внаслідок невідповідності персоналу в умовах надзвичайних ситуацій

Враховуючи вищевикладені несприятливі фактори, розглянемо заходи по забезпеченню безпеки при роботі з установкою

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

До роботи на лазерних установках допускаються особи не молодше 18-ти років, з закінченою вищою і середньою освітою, що мають посвідчення про проходження курсу спеціального навчання, які вивчили технічну документацію, інструкцію з правилами експлуатації згідно ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні правила користування», охорони праці та техніки безпеки при роботі установки, інструкцію з надання першої допомоги при нещасних випадках, які пройшли інструктаж безпосередньо на

робочому місці згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

У приміщеннях, де проводяться роботи на лазерних установках повинні дотримуватися діючі правила пожежної безпеки. Захаращення проходів, захаращення приміщень не допускається.

Установка, її конструкція виключають можливість доступу обслуговуючого персоналу до джерела живлення у включеному стані згідно ГОСТ 12.1.040-83 « ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения». В установці передбачені сигналізація і блокування, що забезпечують безпеку обслуговуючому персоналу згідно ДСТУ EN 457-2001 «Безпечність машин. Звукові сигнали небезпеки. Загальні вимоги, проектування та випробування»

До обслуговування лазерних установок допускаються особи, які мають третю кваліфікаційну групу. Робоче місце та приміщення згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату”

Заходи безпеки, що передбачені при роботі з координатно-вимірною машиною лазерного типу:

1. На дверях приміщення повинен бути напис «Не входити» і знак лазерної небезпеки з написом «Обережно, випромінювання лазера» відповідно до ГОСТ 12.4.026-76 « Кольори сигнальні і знаки безпеки ».

2. У приміщенні, де розташована установка, забороняється використовувати прилади і предмети з дзеркальними поверхнями. Робочий інструментарій повинен мати матову поверхню.

3. Персонал, що працює з лазерними установками, зобов'язаний користуватися необхідними засобами індивідуального захисту і у відповідність до вимог, обумовленими класом лазерної небезпеки. Очі співробітників повинні бути захищені масками або окулярами.

4. З метою забезпечення безпечних та комфортних умов праці при роботі з ПК, передбачено виконання вимог згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні

санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин”, та згідно ДСанПіН 5.5.6.009-98 «Влаштування і обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режим праці учнів на персональних комп'ютерах».

Відповідно до вимог директиви ЕС 90/270 ЕЕС виконані основні вимоги до моніторів, які жорстко регламентують безпечні умови роботи і захист здоров'я осіб, що працюють з комп'ютерами:

- символи на екрані чіткі і добре розрізняються;
- зображення позбавлене блимання;
- яскравість та / або контрастність легко регулюються;
- екрани вільні від відблисків і відбиття;
- випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів.

5. Персонал, зайнятий ремонтом і складанням установки, повинен мати кваліфікаційну групу з техніки безпеки не нижче IV групи з електробезпеки.

6. Про всі порушення в роботі лазера, невідповідність засобів індивідуального захисту пред'явленим до них вимогам і інших відступах від нормального режиму роботи персонал зобов'язаний негайно доповісти адміністрації і записати в журнал оперативних записів по експлуатації та ремонту лазерної установки.

З метою запобігання нещасним випадкам забороняється:

1. При роботі з лазерним випромінюванням:
 - Дивитися назустріч первинному і дзеркально відбитому променю;
 - Залишати безконтрольним простір, в якому відбуваються маніпуляції;
 - Працювати без захисних окулярів в зоні випромінювання;
 - Проводити ремонтні та налагоджувальні роботи за підключеної установки до мережі;
2. При експлуатації установки:
 - Виконувати заміну мережевих запобіжників, з'єднання і роз'єднання кабелів при включеній в мережу установці;

- Спостерігати пряме або дзеркальне відображення лазерного випромінювання;
- Працювати на свідомо несправній установці;
- Залишати установку без нагляду у включеному стані;
- Застосовувати саморобні і нестандартні запобіжники;
- Роз'єднувати високовольтний роз'єм раніше, ніж через 2 хвилини після відключення джерела живлення лазера від мережі;
- Вмикати лазер при роз'єданому роз'ємі випромінювача джерела живлення;
- Користуватися саморобними пристосуваннями в якості затискних пристроїв для фіксації деталей;
- Виконувати маніпуляції при русі обертового столу та механізмів руху міряльної голівки.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці для приміщення дослідницької лабораторії, обладнаної персональним комп'ютером (ПК) розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Для забезпечення оптимального рівня параметрів повітряного середовища виробничого середовища в холодну пору року температура повітря має складати 25°C, відносна вологість 40...60%, та в теплу пору року 23...25°C з відносною вологістю 40...60% для легкої категорії робіт згідно з ГОСТ

12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В проєкті передбачено: устрій системи водяного опалення приміщення для забезпечення необхідної температури повітря в холодний період року відповідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

В приміщеннях, де немає викидів шкідливих речовин у великій кількості, для забезпечення необхідного повітряобміну 20-25 м³/год для робіт з мінімальним фізичним навантаженням в теплий період року, передбачено устрій штучної механічної загально обмінної вентиляції відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

Освітленість (природна і штучна) повинна відповідати оптимальним величинам, визначеним відповідними інструкціями для певних приміщень навчальних закладів, відповідно до вимог діючих санітарних правил.

Загальне рівномірного освітлення в приміщенні відповідає вимогам ДБН В.2.5-28- 2006 "Природне і штучне освітлення" та визначається методом світлового потоку.

4.3.1 Вибір системи освітлення

Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається за державними будівельними нормами України. Приймаємо в якості системи освітлення комбіноване освітлення.

4.3.2 Визначення рівня нормованої освітленості (E_n).

За кількісну характеристику освітленості у приміщенні береться найменша освітленість, яка залежить від: розряду зорових робіт, фону, контрасту об'єкта з фоном, системи освітлення. За умовою $E_n = 300$ лк.

4.3.3 Вибір джерела світла.

У якості джерел штучного освітлення використовують лампи розжарювання та газорозрядні лампи.

В даній роботі обираємо люмінесцентні лампи. Люмінесцентні лампи у складі світильників при загальному освітленні рекомендовані у приміщеннях висотою до 6 м.

Лампи ЛЛ мають наступні переваги: висока світловіддача (до 75 лм/Вт), висока стабільність світлового потоку, термін експлуатації до 10000 годин, високий індекс кольоропередачі.

Недоліки: висока вартість, повинні обслуговуватись фахівцями, мають складну пускову апаратуру, можливі шум та миготіння, значна пульсація при однофазній схемі підключення.

4.3.4 Вибір типу світильника для обраних ламп

Проводиться з урахуванням умов навколишнього середовища, характеристики і класу освітлювального приміщення за вибухопожежонебезпекою. Згідно [10], с.24, дод. В, обираємо тип світильника ЛПО, зі ступенем захисту IP = 20 (2 - захист від твердих тіл до 12 мм, 0 – захист від вологи відсутній), та коефіцієнтом світильника (L/h) (відношення відстані (L) між рядами або сусідніми світильниками у ряду до висоти (h) їхнього підвісу над робочою поверхнею), для світильника ЛПО L/h = 1,4.

4.3.5 Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнта нерівномірності (мінімального) освітлення.

Коефіцієнт запасу k_3 враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов [10], с.27, дод. Г, табл.4. Коефіцієнт запасу для люмінесцентних ламп в умовах відсутності запилення $k_3 = 1,4$.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює:

$z = 1,1$ – для люмінесцентних ламп низького тиску.

1.3.6 Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення

В залежності від виділення пилу у процесі роботи для світлих приміщень $\rho_c=70\%$ (стіни); $\rho_{ст}=50\%$ (стеля); $\rho_{п}=30\%$ (підлога);

4.3.6 Чисельне значення індексу приміщення визначають за формулою (4.1):

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{70}{1,78 \cdot 17} = 2,31 \quad (4.1)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м

Висоту розміщення світильників на робочою поверхнею розрахуємо за формулою (4.2):

$$h = H - h_p - h_z = 3 - 0,8 - 0,42 = 1,78 \text{ м.}, \quad (4.2)$$

де H – висота виробничого приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м; (як правило, висота умовної робочої поверхні $h_p=0,8$ м)

h_z – висота звисання світильника від стелі, м.

Висоту звисання світильника від стелі знайдемо за формулами :

а) розрахуємо кількість рядів світильників у приміщенні за формулою (4.3):

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p)\left(\frac{L}{h}\right)} = \frac{10}{(3-0,8)1,4} = 3,24 = 4 \text{ ряди.} \quad (4.3)$$

б) розраховуємо максимально припустиму відстань між рядами світильників за формулою (4.4):

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ м.} \quad (4.4)$$

в) розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею за формулою (4.5):

$$h = \frac{L_{max}}{L/h} = \frac{2,5}{1,4} = 1,78 \text{ м.} \quad (4.5)$$

г) висота звисання світильника від стелі знаходимо по формулі (4.6):

$$h_3 = H - h_p - h = 3 - 0,8 - 1,78 = 0,42 \text{ м.} \quad (4.6)$$

4.3.7 Значення коефіцієнта використання світлового потоку η

Вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення та індексу приміщення згідно [16], с.29, дод. Д, приймаємо $\eta = 58\%$.

4.3.8 Визначення світлового потоку лампи та загальної кількості світильників проводимо за схемою:

а) визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні за формулою (4.7):

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta} = \frac{300 \cdot 70 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{0,58} = 55758,6 \text{ лм.} \quad (4.7)$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку приміщенні, лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м²;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

б) використовуючи (L/h) та h визначаємо максимальну відстань L_{max} між рядами та сусідніми світильниками у ряду за формулою (4.8):

$$L_{max} = (L/h) \cdot h = 1,4 \cdot 1,78 = 2,5 \text{ м.} \quad (4.8)$$

в) визначаємо кількість рядів світильників у приміщенні за формулою (4.9):

$$N_p = \frac{B}{L_{max}} = \frac{10}{2,5} = 4 \text{ ряди} \quad (4.9)$$

г) визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата за формулою (4.10):

$$N^* = \frac{AB}{L_{max}^2} = \frac{70}{6,25} = 11,2 = 12 \text{ шт.} \quad (4.10)$$

д) розраховуємо світловий потік умовного джерела світла за формулою (4.11):

$$\Phi_{л}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{л}} = \frac{55758,6}{24} = 2323,3 \text{ лм.} \quad (4.11)$$

де $N_{л}$ – загальна кількість ламп у приміщенні, визначається за формулою (4.12):

$$N_{л} = N^* \cdot n = 12 \cdot 2 = 24 \text{ шт.} \quad (4.12)$$

де n – кількість ламп у світильнику.

е) – вибираємо з [16], с.21, дод. Б тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{л}$ і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи Φ^* та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{л}$):

$$m = \frac{\Phi_{л}^*}{\Phi_{л}} = \frac{2323,3}{2500} = 0,92$$

ж) визначаємо оптимальну кількість світильників у приміщенні за формулою (4.12):

$$N = N^* \cdot m = 12 \cdot 0,92 = 11,04 = 12 \text{ шт.}$$

4.3.9 Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп за формулою (4.13):

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{s \cdot k_3 \cdot z} = \frac{2500 \cdot 24 \cdot 0,58}{70 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 322,8 \text{ лк.} \quad (4.13)$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова (4.14):

$$E_p = (-10\% \dots +20\%) E_{\text{н}} = 322,8 = 300 \cdot 7,06\% \quad (4.14)$$

4.3.10 Розраховуємо загальну потужність освітлювальної установки за формулою (4.15):

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} = 24 \cdot 40 = 960 \text{ Вт} \quad (4.15)$$

4.3.11 Виконуємо ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників рис. 4.1.

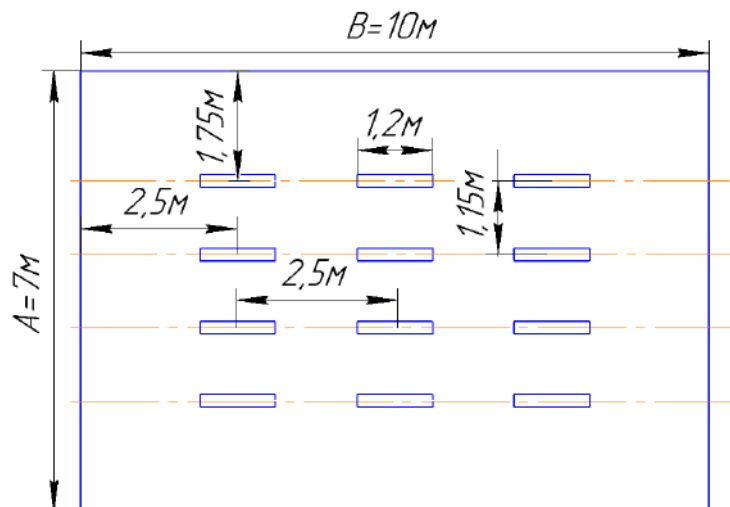


Рисунок 4.1 – Ескіз розташування світильників.

4.4 Заходи протипожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для приміщення вимірювальної лабораторії, обладнаного ПК з ВДТ та координатно-вимірювальною установкою лазерного типу, розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії обладнане ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у приміщенні лабораторії, обладнаному ПК з ВДТ для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, офісу, тощо)

обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Порядок ліквідації наслідків застосування біологічних речовин.

Одним із видів небезпек виступають біологічні речовини – це збудники інфекційних захворювань. До них належать різні види мікроорганізмів – бактерії, віруси, грибки тощо [17].

Характерними властивостями цих речовин є:

- висока ефективність зараження людей;
- здатність викликати захворювання у результаті контакту здорової людини із хворою або з певними зараженими предметами;
- наявність певного інкубаційного періоду, тобто з моменту зараження до прояву певного захворювання (від декількох годин до десятків днів);
- певні труднощі з визначенням окремих видів збудників;
- здатність проникати в негерметизовані приміщення, інженерні споруди і заражати в них людей тощо.

В організм людини збудники інфекцій можуть потрапляти багатьма шляхами:

- через верхні дихальні шляхи (повітрям);
- через шлунково-кишковий тракт (повітряно-крапельним);
- через проникнення у кров (в основному передаються кровоносними паразитами);
- через шкіру;
- через слизові оболонки.

Основними інфекційними захворюваннями в наш час вважають: чуму, сибірську язву, сап, холеру, лихоманку, віспу, ботулізм, грип тощо.

Проникаючи у внутрішні органи людини, збудники інфекційних захворювань можуть викликати різні розлади як клінічного, так і анатомічного характеру. Деякі із збудників захворювань можуть спричиняти інфекційні хвороби через харчі (воду, молоко, продукти), вживаючи які, людина хворіє. Поширенню багатьох інфекцій сприяють і комахи, а також недотримання правил особистої гігієни.

Дуже велика кількість інфекційних захворювань передається через дихальні шляхи. Збудники цих захворювань паразитують на слизових оболонках носа, горла, гортані, тобто на слизових так званих верхніх дихальних шляхах. Під час спілкування хворого із здоровою людиною збудник захворювання передається під час розмови – з носа і рота найдрібніші частки слизу розбризкуються і внаслідок цього відбувається ураження здорової людини. Патогенні мікроорганізми легко проникають у верхні дихальні шляхи здорової людини. Внаслідок цього відбувається поширення епідемій, особливо в місцях скупчення людей. Боротьба з цими захворюваннями ведеться шляхом ізоляції хворих людей, за допомогою правил особистої гігієни та безпеки, а також при використанні різних видів гігієни.

Під час кров'яних інфекцій, що передаються в момент укусу комахами, необхідно використовувати такі засоби, як ізоляція інфікованих людей, їх лікування, захист неінфікованих людей від укусів комах, знищення збудників інфекційних захворювань тощо.

Якщо хворий уражений інфекцією зовнішніх покривів, то його необхідно повністю ізолювати, створити замкнене коло передачі інфекцій, зробити родичам та близьким потерпілого в момент ураження певні види щеплення.

Патогенність – здатність живих істот (як правило, мікроорганізмів) викликати захворювання інших організмів.

Отруйні рослини

Близько 700 видів рослин можуть викликати важкі чи смертельні отруєння людей. Токсичною речовиною отруйних рослин є різні сполуки, що належать переважно до алкалоїдів, глікозидів, кислот, смол, вуглеводнів тощо.

За ступенем токсичності рослини поділяють на:

- отруйні (біла акація, бузина, конвалія, плющ тощо) ;
- сильноотруйні (наперстянка, олеандр тощо);
- смертельно отруйні (білена чорна, беладона, дурман звичайний).

Отруйні тварини

Серед тваринних організмів отруйні форми зустрічаються частіше, ніж у рослинних організмах. Отрути, що виробляються тими чи іншими організмами, є хімічними чинниками, які беруть участь у міжвидових взаємодіях. Приклади використання хімічних речовин для нападу або захисту зустрічаються на всіх етапах еволюційного розвитку.

Патогенні організми

Особливу небезпеку для здоров'я становлять патогенні організми – збудники хвороб людей, тварин, рослин, а також токсини – продукти життєдіяльності деяких мікробів. Залежно від розмірів, будови та властивостей ці організми поділяються на бактерії, віруси, рикетсії, гриби тощо.

Біологічна зброя

Біологічна (або бактеріологічна) зброя – це спеціальний вид зброї, зарядженої біологічними засобами, призначений для масового ураження живих організмів (людей, тварин, рослин), а також для пошкодження військових об'єктів. Основу такого виду зброї становлять патогенні організми (бактерії, віруси, грибки, рикетсії) та токсини, що виробляють бактерії.

Особливих методів захисту від негативної дії отруйних рослин і тварин не існує. Лише необхідно досконало знати симптоми їх дії, вміти відрізнити їх серед інших і якомога менше з ними “зустрічатися”. Що стосується біологічної зброї, патогенних організмів та викликаних ними захворювань, то справи інші.

Одним із найбільш ефективних методів боротьби з інфекційними захворюваннями виступає специфічна профілактика. Вона заснована на створенні штучного імунітету шляхом випереджувальних щеплень. У наш час широкого вжитку набули щеплення проти чуми, туляремії, бруцельозу, туберкульозу, сибірської виразки, стовбняка, дифтерії, черевного тифу,

висипного тифу, натуральної віспи, коклюшу тощо. Проти деяких захворювань випереджувальні щеплення проводяться за певним розробленим планом (проти віспи, дифтерії, туберкульозу). Проти інших інфекцій щеплення проводять лише в тих випадках, коли виникає небезпека їх виникнення та поширення.

Для успішної боротьби з інфекційними захворюваннями, навіть в умовах мирного часу, у багатьох випадках необхідно здійснювати масові щеплення в дуже короткі терміни.

У наш час існує дуже велика кількість захворювань, збудники яких можуть бути використані ворогом в якості бактеріальних засобів. Зробити щеплення проти всіх цих захворювань неможливо, тому що жодна людина не витримає такої їх кількості. У цих випадках, особливо для встановлення виду використаного збудника, застосовують антибіотики та інші спеціальні препарати. Вони забезпечують загибель вірусу у незахищеному щепленням організмі, а також допомагають організму, якому зроблено щеплення, легше подолати збудники захворювання. Також для лікування використовуються бактеріофаги та лікувальні сироватки.

Бактеріофаги викликають в організмі людини розчинення хвороботворних мікробів та попереджують розвиток хвороби або забезпечують лікувальний ефект. Сироваткам властиве швидке створення в організмі штучної несприйнятливості до того чи іншого інфекційного захворювання.

Для захисту від проникнення в організм людини використовують такі засоби, як і для захисту від радіоактивних та хімічних отруйних речовин. Ці засоби захисту поділяють на:

- індивідуальні (протигази, захисні маски і засоби захисту шкіри);
- колективні (спеціально обладнані інженерні споруди).

У комплексі заходів протибіологічного захисту обов'язковою складовою частиною є дезинфекція, дезинсекція і дератизація.

Дезинфекція – це знищення або вилучення хвороботворних мікробів у зовнішньому середовищі. Поряд із дегазацією та дезактивацією, дезинфекція

входить у поняття спеціальної обробки різних об'єктів з метою ліквідації наслідків застосування бактеріологічної зброї.

Дезинсекція проводиться для знищення шкідливих для людини комах та кліщів – збудників інфекційних захворювань.

Дератизація проводиться для боротьби з гризунами, що можуть бути джерелом або переносником інфекцій.

Дезінфекція — знищення хвороботворних мікроорганізмів і руйнування токсинів на місцевості, спорудах, техніці, різних предметах. Проводиться двома способами — хімічним і фізичним. Хімічний спосіб — це застосування дезінфікуючих речовин, що знищують хвороботворні мікроби і токсини. При фізичному способі хвороботворні мікроби гинуть під дією високих температур.

Для дезінфекції території, різних об'єктів, предметів домашнього вжитку використовують хлорне вапно, моно-хлораміни, дихлораміни, їдкий натр у розчинах від 0,2 до 10 %. Приміщення, меблі і речі обробляють 3 — 5 процентним розчином фенолу (карболовою кислотою). 1 — 10 процентним водним розчином формаліну або його парами дезінфікують приміщення, одяг, м'які речі; розчином лізолу — взуття, гумові і шкіряні вироби; розчином гашеного вапна — будинки, склади, транспорт, туалети, дороги, подвір'я та інші території. Одяг і взуття кладуть у камери, куди подаються гаряче повітря, пароповітряна і парофор-малінова суміші.

Профілактичну дезінфекцію здійснюють систематично в місцях ймовірно присутності патогенних мікроорганізмів (громадські туалети, вокзал, школи, спортзали). Для дезінфекції використовуються фізичні та хімічні методи. До фізичних методів належить механічне усунення збудника (миття, чищення щіткою, витрушування, фільтрація), спалювання, кип'ятіння, обробка в пароповітряній камері.

Спалюванню підлягають речі, що не мають цінності. Кип'ятіння широко використовується для дезінфекції медичних інструментів та посуду.

Хімічну дезінфекцію здійснюють за допомогою різних речовин, що згубно діють на збудника.

До них належать:

- хлорвмісні засоби (хлорне вапно, хлорамін, гіпохлорид натрію, дезол та інші);
- йод, бром та їх сполуки (наприклад, дибромантин, йодором);
- похідні фенолу (мильне) – фенолова суміш;
- альдегіди (формальдегід);
- окисники (перекис водню, дехоксон);
- луги;
- спирти.

Широкого вжитку набули імпортовані дезінфекційні препарати.

Найчастіше вдаються до волого методу дезінфекції з використанням дезінфекційних розчинів або аерозолів. Зануренням у дезрозчини обробляють білизну, посуд, іграшки, зрошенням – підлогу панелі, меблі, протиранням – картини, поліровані речі. У домашніх умовах можна застосовувати мийні засоби “Саніта”, “Посудомий”, “Гексахлор”, що поступають у продаж.

Перш ніж вдатись до хімічної дезінфекції, треба ознайомитись з інструкцією, звернути особливу увагу на показання до застосування засобу, спосіб його вживання та заходи безпеки.

В профілактичній дезінфекції важливе значення має санітарно-освітня робота серед населення.

Дотримання санітарно-гігієнічного режиму на харчових підприємствах, у магазинах і на ринках, епіднагляду за водопостачанням населення, очищенню населених пунктів від сміття, в боротьбі з мухами та їх виплодом.

Патогенні мікроорганізми, що потрапили в повітря. Можна знищити провітрюванням приміщення та опроміненням ультрафіолетовим промінням (квартуванням). У сонячні дні використовують прямі сонячні промені через відчинені вікна для дезінфекції кімнат і поверхні різних предметів, вивішують білизну на вулиці. Мікроби, що осіли на меблі і підлогу, знищують шляхом вологого прибирання дезінфекційними розчинами.

У медичних установах серед потенційних факторів перенесення збудників інфекційних хвороб особливої уваги потребують руки медичного персоналу. На руки медичної сестри та інших працівників можуть потрапити золотистий стафілокок, стрептокок групи А, сальмонела, вірус гепатиту А та багато інших патогенних мікроорганізмів. У зв'язку з цим, дуже важливо зрозуміти, що належний захист і профілактична дезінфекція – необхідний захід профілактики внутрішньо-лікарняних інфекцій. Ось чому під час контакту з кров'ю, матеріалом, який забруднений патогенними мікроорганізмами, треба користуватись гумовими рукавичками, а відразу після закінчення роботи їх зняти, та якісно вимити руки.

ВИСНОВКИ

В ході дипломної роботи було розглянуто питання виробництва деталей авіаційного двигуна та досліджена проблема контролю виготовлення складнопрофільних деталей. В ході дослідження були розглянуті контактний та безконтактний методи контролю деталей. На прикладі лопатки турбіни був проаналізований існуючий контактний метод контролю профілю пера лопатки. Встановлено, що існуючий метод є низькопродуктивним, трудомістким та неточним. В якості альтернативи було запропоновано безконтактний метод вимірювання деталі за допомогою координатно-вимірювальної установки.

В ході роботи були досліджені установки безконтактного способу вимірювання, основані на різних принципах роботи. Серед розглянутих КВМ було обрано в якості альтернативного способу вимірювання установку лазерного типу.

Під час детального розгляду установки було описано та проаналізовано принцип її роботи, основні робочі органи та датчики вимірювання. Досліджено процес вимірювання датчиками лазерного типу та можливі недоліки використання такого типу датчиків.

Досліджені проблеми використання даного типу вимірювальної техніки, проаналізовані причини виникнення проблем та способів їх вирішення.

На основі проведених досліджень зроблені технологічні рекомендації щодо обрання даної установки в якості основного засобу вимірювання профілю пера лопаток турбін.

В розділі охорони праці були проаналізовані шкідливі фактори впливу на робітників, працюючих на даній установці. На основі факторів були запропоновані засоби попередження несприятливих ситуацій, розроблені заходи щодо пожежної безпеки та гігієни і санітарії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технология производства авиационных двигателей: монография: в 2-х ч. / В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, В. Ф. Мозговой, Е. Я. Кореневский. – 2-е изд., перераб. и допов. – Запорожье: Мотор Сич, 2010. – 417 с.
2. Скубачевський Г.С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет на прочность. М.: Машиностроение, 1981г. –550 с
3. Анцыферов С.С., Куртев Н.Д , Голубь Б.И. Основы метрологии .Часть 1 Учебное пособие. Издательство: Москва,2000 год. Редактор: А. А Щука количество страниц: 91
4. Блинов, Ф.Т. Технология механической обработки деталей авиадвигателей /Ф.Т. Блинов, В.П. Фираго. – М.: Оборонгиз, 1951. – 532 с.
5. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 256 с.
6. Automated laser scanning system for reverse engineering and inspection. Seokbae Son, Hyunpung Park, Kwan H. Lee. Department of Mechatronics, Kwangju Institute of Science and Technology (K-JIST), 1 Oryong-dong, Puk-gu, Kwangju, 500-712, South Korea Received 30 August 2001; received in revised form 5 March 2002; accepted 6 March 2002
7. Техническое зрение роботов. - Под ред. А.Пью, пер. с англ. - М.: Машиностроение, 1987, с.56-57
8. Патент PCT WO 00/70303, PCT/US99/70303, G01B 11/24, 23.11.2000
9. М.Франсон. Оптика спеклов. - М.: Мир, 1980, с.141-143
10. Патент PCT WO 99/58930, PCT/US99/106777, G01B 11/24, 1999 г.
11. Джунковский А.В. Повышение точности измерений и совершенствование программного обеспечения координатно-измерительных машин [Текст]:диссертация кандидата технических наук: 05.11.13 Москва, 2007 168 с. РГБ ОД,61:07-5/2731

12. Swornowski J. A critical look at the coordinate measuring technique [Text]/J. Swornowski // Mechatronics. – 2013, № 23 – Pp. 80-93

13. Борн М., Вольф Э. Основы оптики Изд. 2-е. Перевод с английского. — Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973. — 713 с.

14. Coordinate Measuring Machines and Systems (Manufacturing Engineering and Materials Processing) 2nd Edition by Robert J. Hocken (Editor), Paulo H. Pereira (Editor)

15. Шухгальтер Л.Я. Управление качеством машин. М.: Машиностроение, 1977. 96 с.

16. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень методом світлового потоку» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання / Укл. В.І. Шмирко, О.В. Коробко, А.Є. Островська. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 34с.

17. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: Учебник / Бондаренко В.А., Евтушенко С.И., Лепихова В.А. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 325 с.

ПРЕЗЕНТАЦІЯ

Підвищення якості контролю точності складнопрофільних деталей за допомогою лазерних систем

Автор роботи: студент групи М-113м

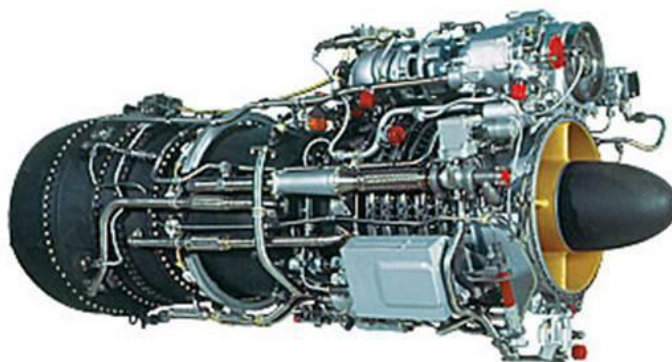
Никифоров О.С.

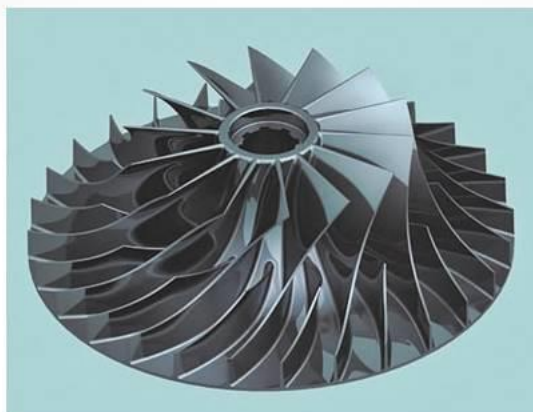
Керівник: Кондратюк Е.В., к.т.н.

Консультант: Вишнепольський Є.В., старший викладач.

Двигун ТВЗ-117

2



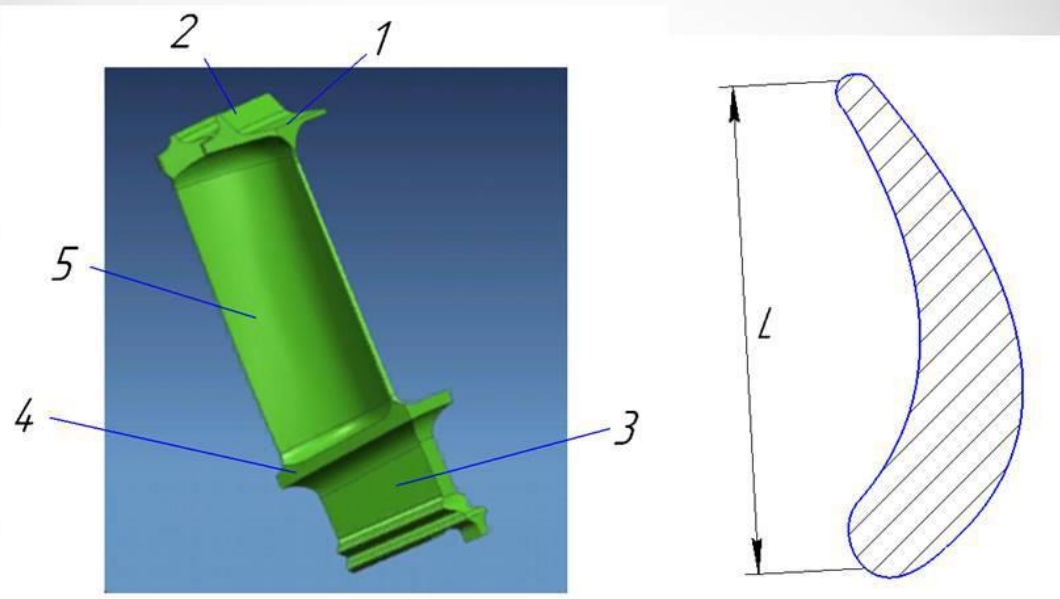


Деталі зі складним профілем

4



Лопатки авіаційного двигуна



Основні елементи лопатки турбіни

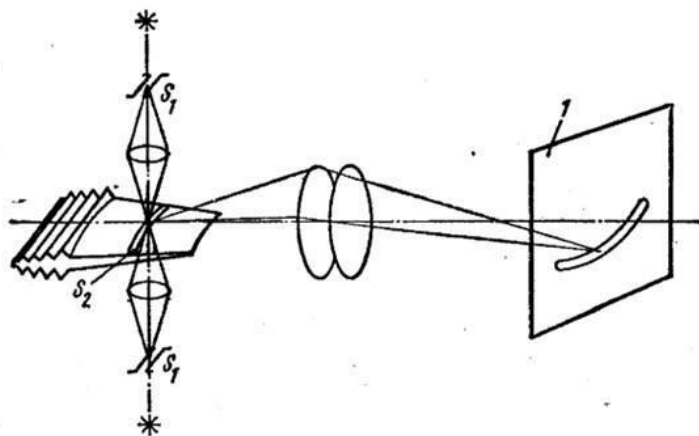
Контактні методи вимірювання

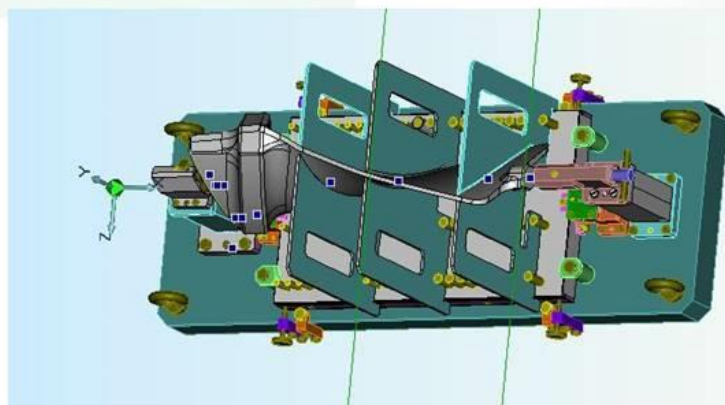
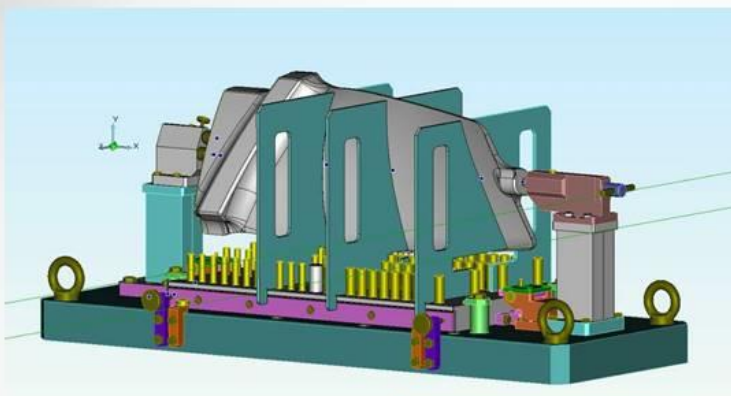
6



Схема обміру профілю пера лопатки методом світлового свічення

7





Модель шаблонної підставки

Діючі підставки для вимірювання профілю пера з профільним шаблоном

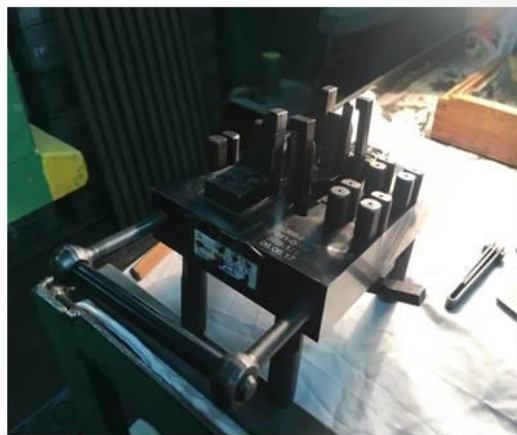
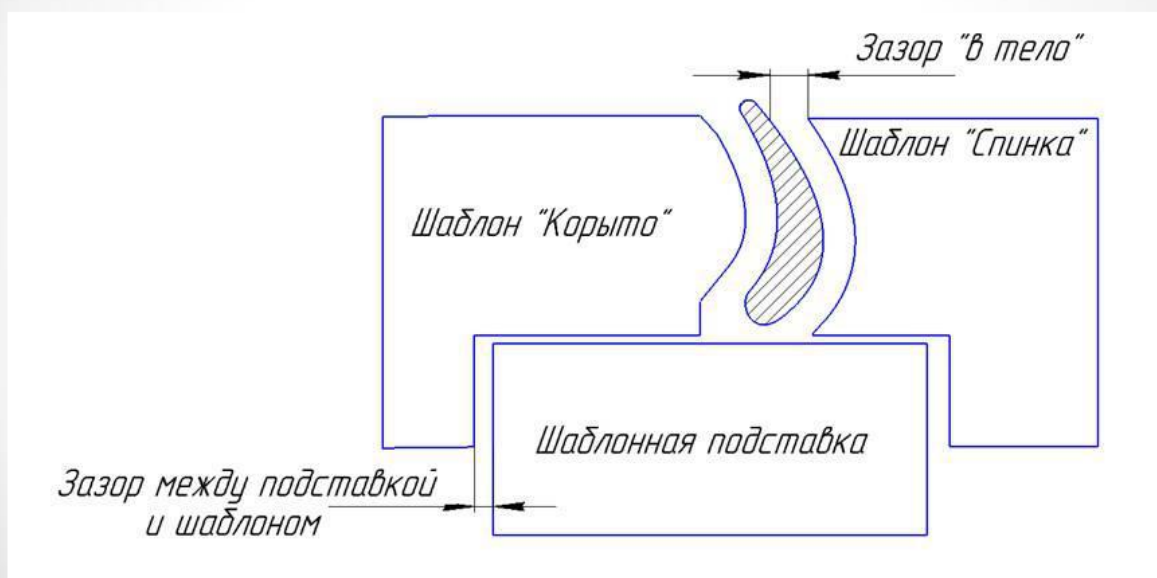


Схема визначення відхилень профілю



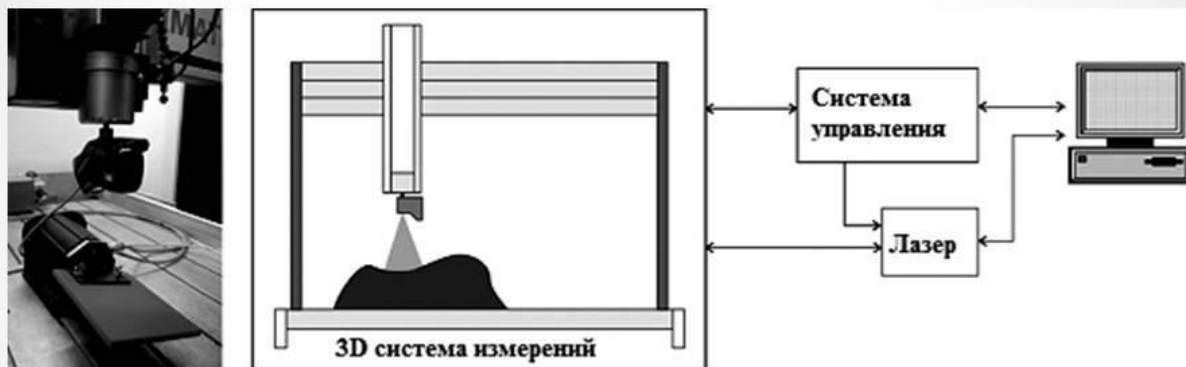




Установки контактного методу вимірювання







Принципова схема установки для дослідження профілю поверхні

Схема проведення вимірювання поверхні

16

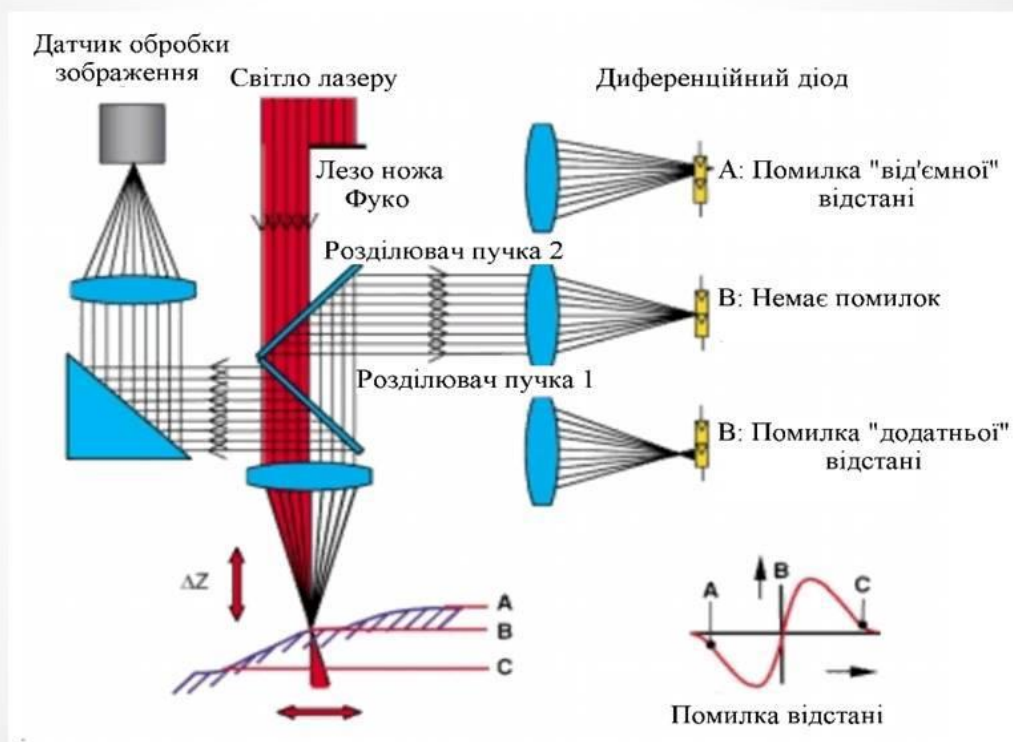


Схема обмежень лазерного вимірювання

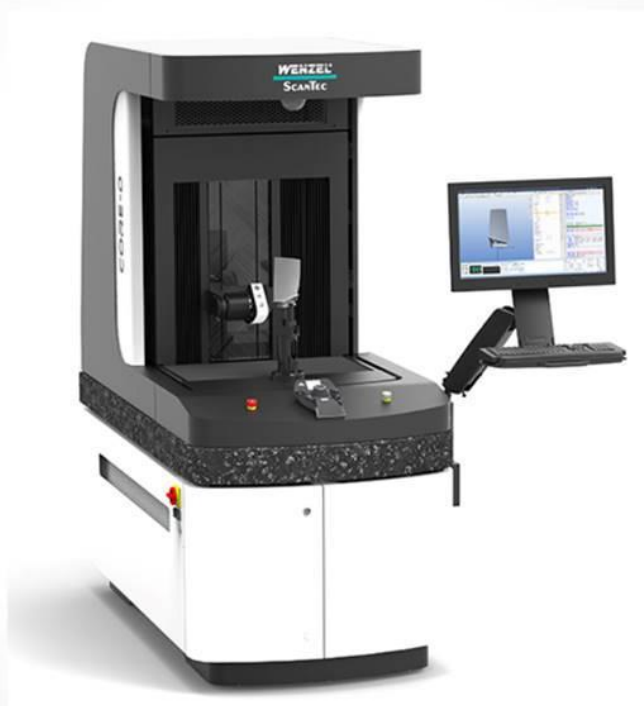
17



Лазерний датчик з розпізнаванням об'єктів



Установка Wenzel для контролю складнопрофільних поверхонь



Відображення деталі за допомогою ПЗ

20

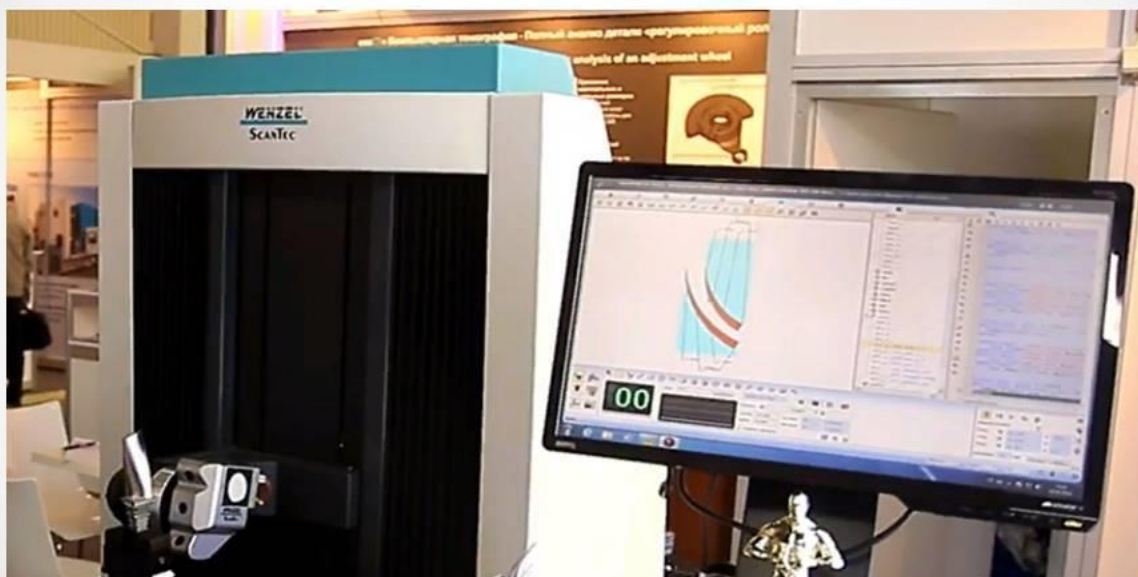
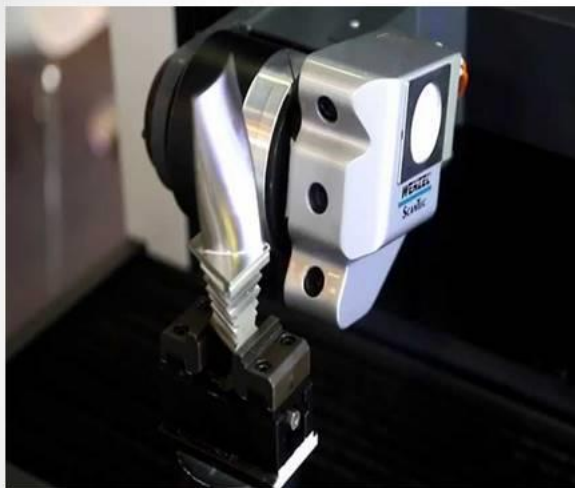


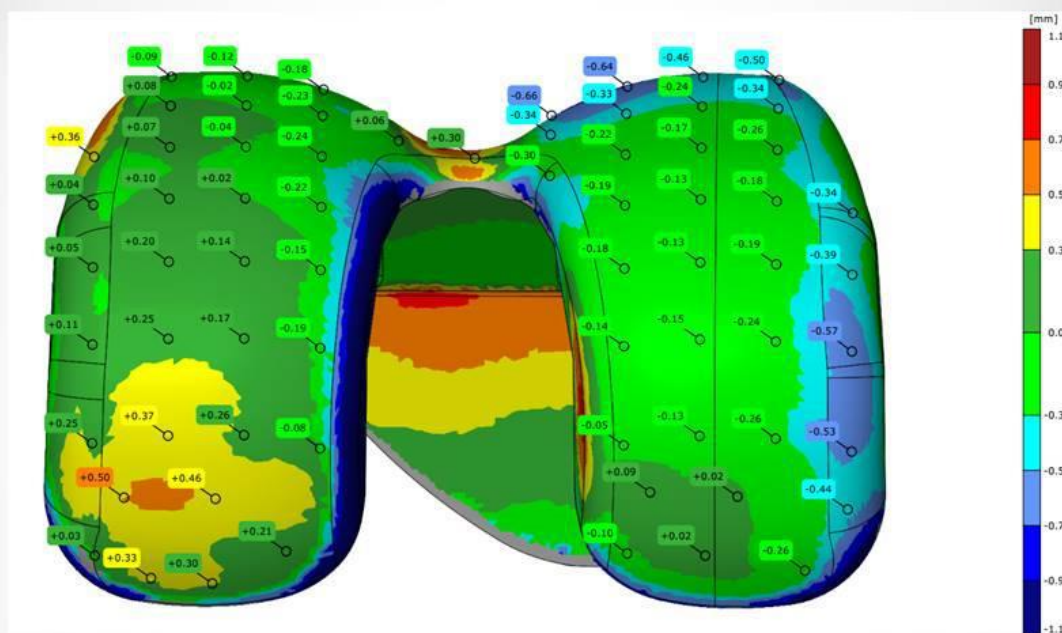
Схема скануючого пристрою



Деталь та скануючий датчик

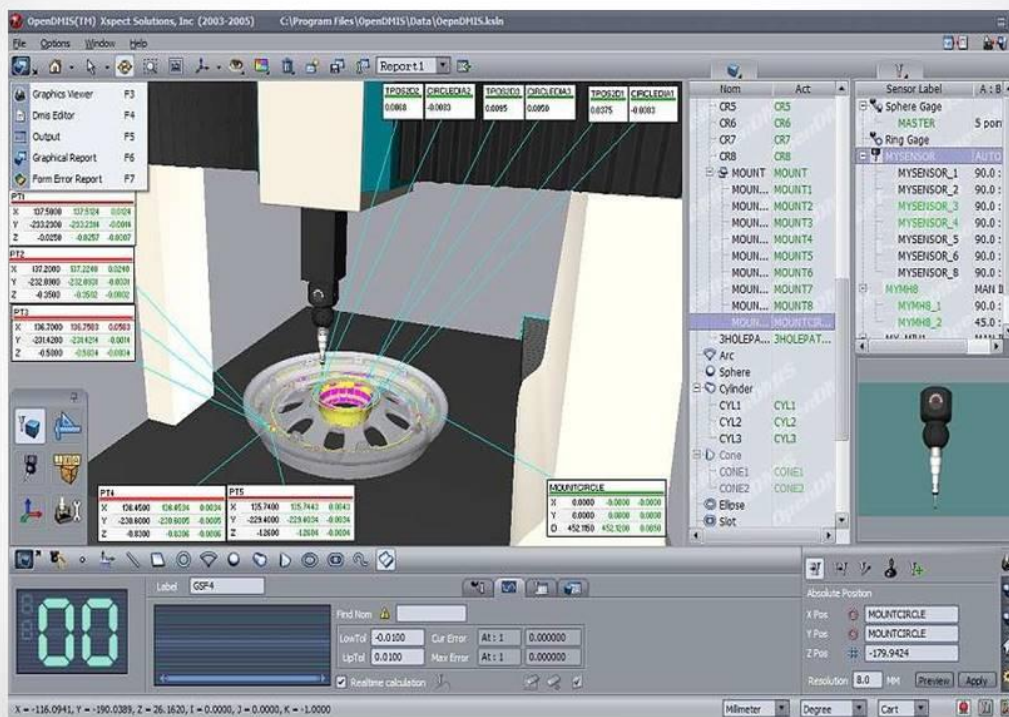
22





Приклад вимірювання протезу
колінного суглоба

Програмне забезпечення



Процес вимірювання



Результат обміру лопатки турбіни ТВЗ-117

26

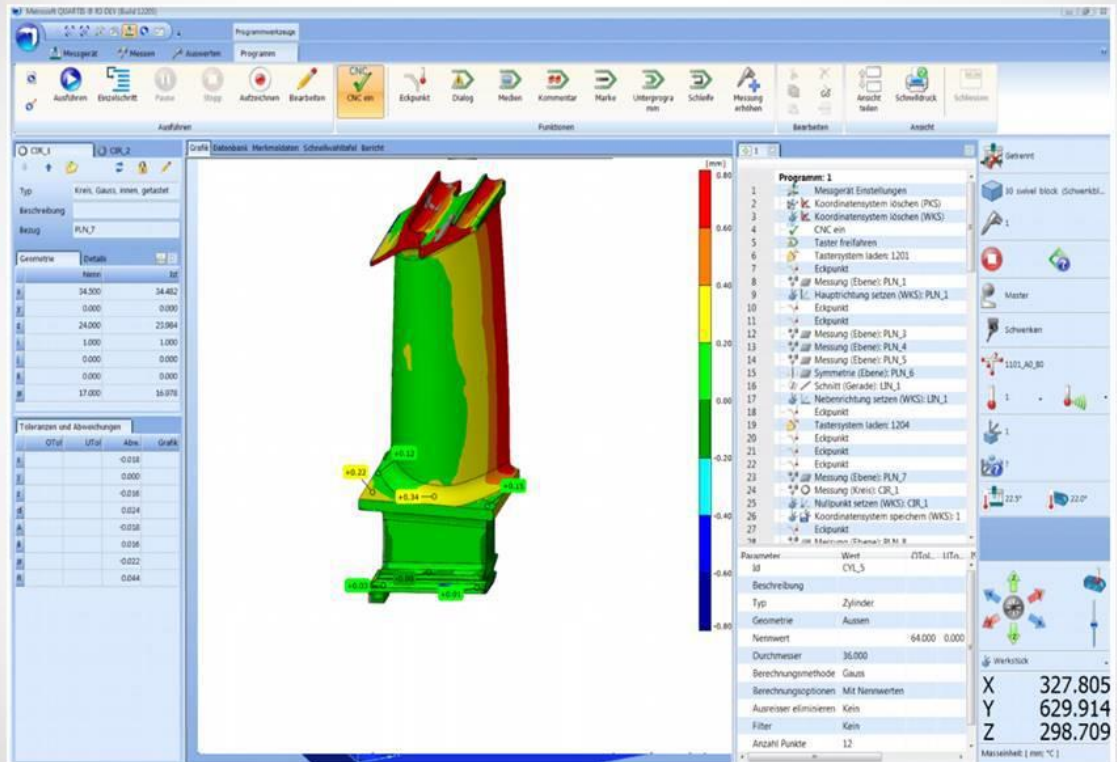
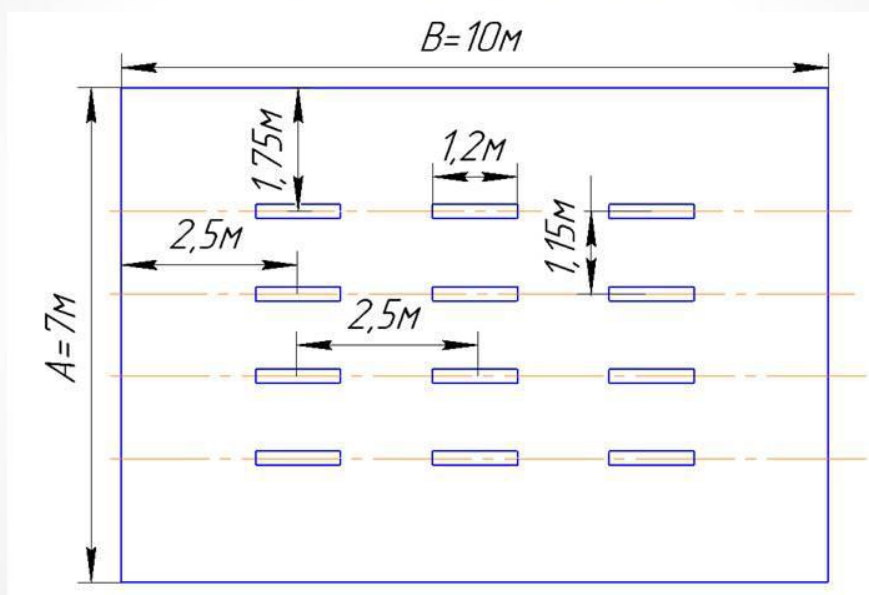
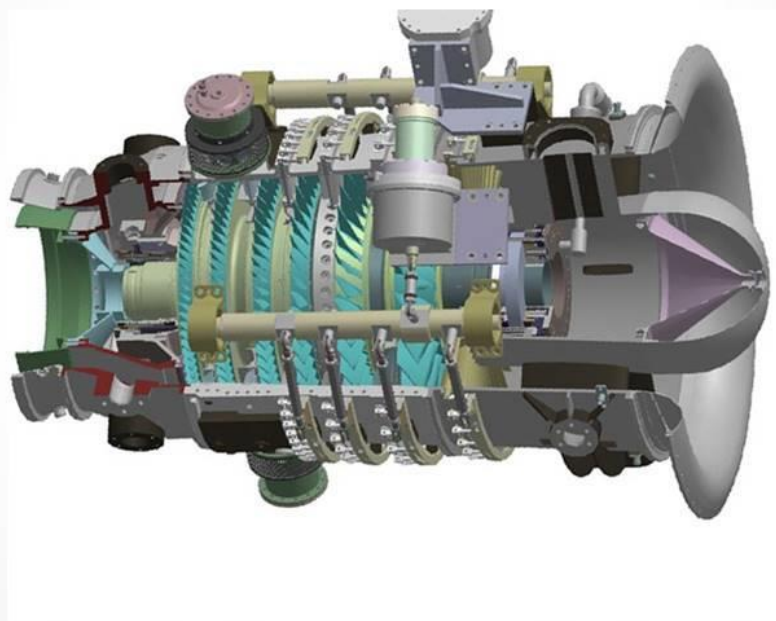


Схема системи освітлення

27



Дякую за увагу!





УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) Повищення якості контролю
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
можливості швидко-кратільних деталей за допомогою
лезерних систем

Студент Кижиряков Олександр СергійовичСпеціальність В1 Прикладна механіка група М-НЗМОбсяг проекту (роботи) Товий

Кількість аркушів креслення _____

Кількість сторінок пояснювальної записки 109

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень У роботі
проведено аналіз методів підвищення якості контролю
можливості швидко-кратільних деталей за допомогою
лезерних систем

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню виконана
робота повністю відповідає поставленому завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту
 (роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і
 передовим методам роботи

Виконана робота на достатньому рівні відповідно
станнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей
не виявлено

д) позитивні особливості До позитивною особливістю можна вважати: використання виданих особливостей існуючого методу вирішення профілю кривих ліній, який дозволяє виконувати лінійні системи та підсилює якість кривої профілю крива.

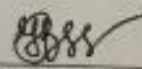
е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) Презентація та пояснювальне зписки виконані у відповідності до вимог стандартів

є) відгук про роботу загалом В цілому магістерська робота студента Кикиджорова Олександр Сергійовича виконана високою якістю

ж) інші зауваження Недостатньо розкрито питання виконання кривих ліній при вирішенні профілю машини.

з) оцінка проекту (роботи) В цілому магістерська робота студента Кикиджорова Олександра Сергійовича, групи М-434 заслуговує оцінку "Відмінно"

Рецензію склав К.т.н., доцент ЗНТУ Галонкін А.В.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

«07» 12 2018 р.