

Сасовець Олександр Валерійович

Розробка автоматизованої системи керування процесом контролю геометрії при виготовленні гребного гвинтаинтових поверхонь

Керівник: д-р. техн. наук, проф. Стухляк П.Д.

Development of an automatic control system of geometry at screw surface making

АНОТАЦІЯ

У процесі виконання дипломного проектування отримані наступні основні результати:

1) Виконано аналіз типового технологічного процесу виготовлення гребних гвинтів і особливостей роботи контрольно-вимірювальної апаратури при виконанні вимірювальних і розмічальних операцій. На підставі цього аналізу сформовані основні вимоги до контрольно-вимірювальної системи;

2) Розглянуто безконтактні методи контролю геометрії складнопрофільних конструкцій і обрана найбільш оптимальна V-STARs, яка дозволяє автоматизувати окремі трудомісткі операції при виготовленні гребних гвинтів;

3) Розглянуто теоретичні основи та методика отримання цифрових 3D-моделей заготовок елементів гребних гвинтів на різних етапах виготовлення, а так само особливостей вписування теоретичної 3D-моделі в 3D-модель заготовки;

4) Виконано і систематизовано обсяг експериментальних досліджень використання V-STARs на початкових етапах технологічного процесу виготовлення гребних гвинтів. Зокрема: отримані дані по суцільнолитим гребним гвинтам трьох різновидів, а так само експериментальні дані по отриманню цифрових 3D-моделей лопатей великогабаритних гребних гвинтів;

5) За отриманими результатами дослідження встановлено, що найбільш доцільним є отримання стаціонарного драйвер-файлу безпосередньо на місцях обробки заготовок. Це істотно скорочує тривалість циклу виготовлення гребних гвинтів;

Ключові слова: ГРЕБНИЙ ГВИНТ, ВИМІРЮВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТОЧНІСТЬ АНАЛІЗ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	6
<i>1.1 Аналіз типового технологічного процесу виготовлення гребних гребного гвинтів ...</i>	<i>6</i>
<i>1.2 Контрольно-вимірвальна апаратура, яка використовується в технологічному процесі.....</i>	<i>10</i>
2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	19
<i>2.1. Автоматизація процесу контролю геометрії гребного гвинта при їх виготовленні</i>	<i>19</i>
<i>2.2. Фотограметричні методи (ФГМС).</i>	<i>20</i>
<i>2.3. Лазерні системи</i>	<i>24</i>
<i>2.4. Лазерні сканери, трекери і радари</i>	<i>29</i>
<i>2.5. Методика отримання цифрової 3D-моделі заготовки елементів гребного гвинта за допомогою V-STARS.</i>	<i>30</i>
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	37
<i>3.1. Експериментальні дослідження контролю геометрії гребних гвинтів з використанням стереофотограметричної системи v-stars.</i>	<i>37</i>
<i>3.2. Експериментальні дослідження використання стереофото-граметричної системи V-STARS</i>	<i>44</i>
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ	52
<i>4.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління</i>	<i>52</i>
<i>4.2. Загальна характеристика приміщення і робочого місця.....</i>	<i>53</i>
<i>4.3. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочому місці.....</i>	<i>55</i>
<i>4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....</i>	<i>56</i>
ВИСНОВКИ	60
БІБЛІОГРАФІЯ.....	61

ВСТУП

В даний час в суднобудуванні спостерігається тенденція до посилення вимог до точності виготовлення важкопрофільних об'ємних судових конструкцій і до більш широкого використання сучасних інформаційних технологій.

Використовувані засоби не відповідають сучасним вимогам, у зв'язку з цим, виникла гостра необхідність впровадження у виробництво безконтактних методів контролю геометрії гребного гвинтаинтів, і автоматизувати технологічний процес контрольно-вимірювальних операцій і тим самим забезпечити оперативне коректування технологічного процесу виготовлення гребного гвинта.

В рамках роботи були поставлені наступні завдання:

- 1) Розглянути технологічний процес виконання контрольно-розмічальних операцій при виготовленні гребного гвинтаинтів і їх елементів;
- 2) Провести аналіз існуючих безконтактних методів контролю геометрії важкопрофільних конструкцій і відокремлено вибрати обладнання інформаційно-вимірювальної системи;
- 3) Розглянути можливості автоматизації вимірювально-розмічальних операцій;
- 4) Систематизувати і виконати попередню обробку результатів експериментальних досліджень використання V-STARS в спеціалізованому гребневому виробництві.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз типового технологічного процесу виготовлення гребних гребного гвинтів

Процес виготовлення лопасті гребного гребного гвинта досить трудомістка робота, яка включає в себе більшість операцій пов'язаних з контролем геометрії і розміткою елементів гребного гвинта на різних етапах виготовлення (наприклад, первісна розмітка, відновлювально-розмічальні операції, протокол контроль геометрії лопасті, відновлення розмітки на окремих операціях і т. д.). Для того, щоб розглянути всі операції, які використовуються при виготовлення лопасті, необхідно отримати модель заготовки, з якої знімається метал і потрібно точне позиціонування заготовки на верстаті. До основних операцій, де потрібен контроль геометрії і відновлення розмітки на різних технологічних операціях відноситься:

020 - Первинна розмітка заготовки. Виконується в такій послідовності:

Встановити лопать на розмічальну плиту носовим торцем ($\phi 1491$) на призми. Встановити крокомір. Нанести крейдяний розчин. Виставити лопать по нахилу і кроку. Провести розмітку осьової лінії. Розмітити підрізування кормового торця на зовнішній поверхні фланця лопасті. Дати контрольні ризики (поглиблення) на зовнішній поверхні фланця у скосів і на кромці лопасті для її установки в горизонтальній площині. Нанести радіальні перетини 0,4R; 0,5R; 0,6R; 0,7R; 0,8R; 0,9R; 0,95R. Нанести на перетинах точки виміру кроку і товщини. Провести виміри геометричних параметрів лопасті: радіус лопасті, довжини перетинів (вхід, вихід), висоти точок виміру щодо кормового торця, товщини перетинів, катети перетинів, відкид лопасті на перетинах 0,4R; 0,6R; 0,7R; 0,9R. Розмітити центр отвору 55H9 в перерізі лопасті по перетину «V-V». Розмітку поглибити, дати контрольний окіл. Дані заносяться в паспорт розмітки гребного гвинта.

«LL» з виконанням R5, витримуючи розміри 254 мм по виду «У-У», 218 мм по виду «С-С», 156 мм по виду « DD », 100 мм по виду « E-E » і 95 мм по виду « LL ». Розфрезерувати 7 внутрішніх кільцевих канавок 166 шириною 14 мм (дивись вид «N»), витримуючи розміри 70 мм по виду «J-J», і 50 мм по виду «L-L». Розточити 7 фасок $5 \times 45^\circ$ на 107 по видам «J-J» і «K-K». Точити 2 заходні фаски $116 \times 120^\circ$, фрезерувати різьблення M110x4-6H. Фрезерувати скоси лопасті під 72° , з пониженням $2 \pm 0,5$ мм. Фрезерувати на двох скосах канавки R3 по виду «R» і перетину «М - М», витримуючи розміри 265 мм, 550 мм, 130 мм і 650 мм.

125 - Розмічальна операція після складання фальшступиці виконується на контрольно-вимірній плиті в наступній послідовності:

Встановити крокомір. Нанести крейдяний розчин. Провести розмітку осьової лінії. Нанести радіальні перетини 0,4R; 0,5R; 0,6R; 0,7R; 0,8R; 0,9R; 0,95R. Нанести на перетинах точки виміру кроку і товщини. Провести виміри геометричних параметрів лопасті: радіус лопасті, довжини перетинів (вхід - вихід), висоти точок виміру щодо кормового торця, товщини перетинів, катети перетинів, відкидку лопасті на перетинах 0,4R; 0,6R (або 0,7R); 0,9R. Заповнити паспорт. Копію паспорта передати майстрові механічного ділянки, оригінал в ОТК. Зняти крокомір.

140 - Розмічальна операція перед фрезерно-програмною обробкою нагнітальної поверхні.

Встановити крокомір. Нанести крейдяний розчин. Провести розмітку осьової лінії. Нанести радіальні перетини 0,4R; 0,5R; 0,6R; 0,7R; 0,8R; 0,9R; 0,95R. Нанести на перетинах точки виміру. Провести виміри геометричних параметрів лопасті: радіус лопасті, довжини перетинів (вхід, вихід), висоти точок виміру щодо кормового торця, товщини перетинів, катети перетинів, відкидку лопасті на перетинах 0,4R; 0,6R; 0,7R; 0,9R. Заповнити паспорт. Копію паспорта передати майстрові механічного ділянки. Зняти крокомір.

175 - Розмічальна операція після попередньої фрезерної програмної обробки всмоктувальної поверхні.

Провести виміри товщини по перетинах. Заповнити паспорт.

185 - Розмічальна операція після остаточної фрезерної програмної обробки нагнітальної поверхні.

Встановити крокомір. Нанести крейдяний розчин. Провести розмітку осьової лінії. Нанести радіальні перетину $0,4R$; $0,5R$; $0,6R$; $0,7R$; $0,8R$; $0,9R$; $0,95R$. Нанести на перетинах точки виміру. Провести виміри геометричних параметрів лопасті: радіус лопасті, довжини перетинів (вхід, вихід), висоти точок виміру щодо кормового торця, товщини перетинів, катети перетинів, відкидку лопасті на перетинах $0,4R$; $0,6R$; $0,7R$; $0,9R$. Заповнити паспорт. Зняти крокомір.

205 - Розмічальна операція після остаточної фрезерної-програмної обробки засмоктуючої поверхні.

Встановити крокомір. Відновити осьову лінію, розмітити перетину, розмітити точки вимірів кроку і товщини. Перевірити геометричні параметри лопасті, заповнити паспорт наступним чином: радіус лопасті; показання крокоміра при замірах кроку і місцевого кроку перетинів; довжини перетинів (вхід - вихід); товщини перетинів; ухил лопасті. Розмаїття (поглибити) контур лопастей. Копію паспорта передати майстрові обрубної ділянки. Зняти крокомір.

230 - Розмічальна операція виконується після кольорової капілярної дефектоскопії і усунень дефектів виконується в наступній послідовності:

Встановити крокомір. Відновити осьову лінію, розмітити перетину і точки вимірів кроку і товщини. Перевірити геометричні параметри лопасті, заповнити паспорт в наступному обсязі: радіус лопасті; показання крокоміра при замірах кроку і місцевого кроку перетинів; довжини перетинів (вхід - вихід); товщини перетинів; ухил лопасті. Копію паспорта передати майстрові обрубної ділянки. Зняти крокомір.

275 - Остаточна розміточна контрольна операція виконує остаточне усунення всіх дефектів і обробку наплавлених ділянок, здійснюється в наступній послідовності:

Встановити крокомір. Нанести крейдяний розчин. Провести розмітку осьової лінії. Нанести радіальні перетину $0,4R$; $0,5R$; $0,6R$; $0,7R$; $0,8R$; $0,9R$; $0,95R$. Нанести на перетинах точки виміру кроку і товщини. Провести виміри геометричних параметрів лопасті: радіус лопасті, довжини перетинів (вхід, вихід), висоти точок виміру щодо кормового торця, товщини перетинів, катети перетинів, відкидку лопасті на перетинах $0,4R$; $0,6R$; $0,7R$; $0,9R$. Заповнити паспорт. Зняти крокомір.

1.2 Контрольно-вимірювальна апаратура, яка використовується в технологічному процесі

Останнім часом в машинобудуванні і суднобудуванні широко використовуються вимірювальні пристрої різного типу. Вони застосовуються для вимірювання розмірів деталей в двох або трьох напрямках. Використання вимірювальних пристроїв дозволяє оперативно вимірювати геометричні параметри простих і складних прецизійних деталей, включаючи корпусні, вимір яких традиційними способами вимагає дорогої спеціального оснащення або вимір яких неможливо взагалі; скорочувати час на наладку обробних верстатів, центрів і модулів за рахунок швидкого і достовірного контролю перших оброблених деталей з подальшою партії; виключати шлюб, використовуючи постійний контроль точності процесу обробки деталей, і своєчасно коригувати його.

Сучасні вимірювальні пристрої (рис. 1.2) являють собою високоточні пристрої, що забезпечують п'ять або більше ступенів свободи при орієнтації вимірювального щупа в просторі.

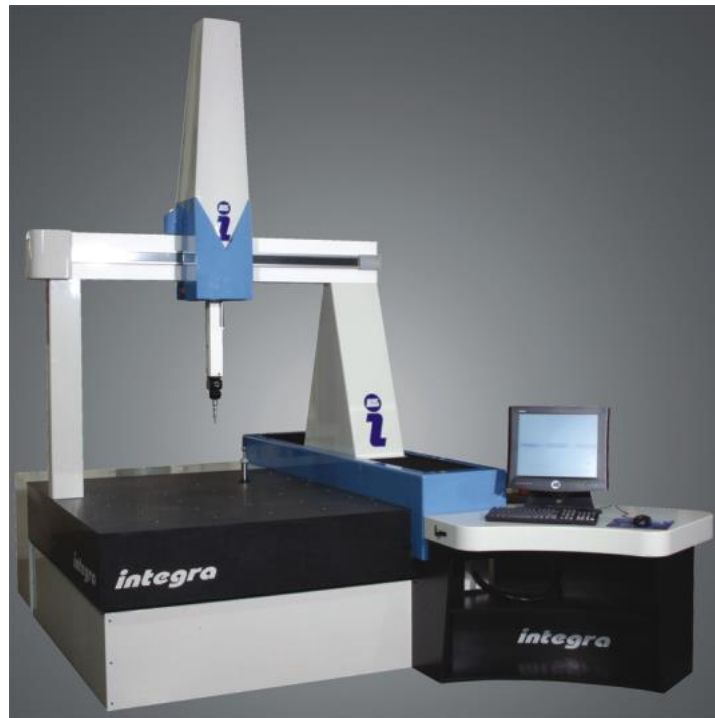


Рисунок 1.2 - Програмно-керований вимірювальний пристрій.

Вимірювальний пристрій складається з трьох взаємно перпендикулярних пристроїв, для вимірювання лінійних і кутових переміщень і чутливого щупа (датчика контакту). На сучасних вимірювальних машинах в момент торкання щупом поверхні деталі автоматично фіксуються всі координати датчика. Переміщення датчика може здійснюватися вручну або автоматично за заздалегідь заданою програмою. При цьому результати вимірів обробляються спеціалізованим програмним забезпеченням, що визначає відхилення форми реальної поверхні деталі.

Одним з основних переваг вимірювальних пристроїв є те, що на ній концентруються операції контролю, які виконуються за одну установку деталей з усіх боків. Це дозволяє уникнути помилок базування, неминучих при неодноразовій установці виробу. Однак більшість вимірювальних пристроїв є атрибутом лабораторного, кондиціонованого приміщення, ізольованого від основного виробництва, так як точність і достовірність отримання результатів істотно знижується в промислових умовах. Крім того,

вимірювальні пристрої не можуть бути включені в систему автоматичного управління верстатом.

У великому різноманітті приладів і пристроїв, що використовують контактні методи, найбільше використання отримали вимірювальні машини, а для контролю геометрії гребного гвинта також широко використовуються крокоміри і товщиноміри [8].

Крокоміри.

Крокомір УРКГВ-7500, що представляє собою вимірювальний пристрій, що забезпечує п'ять ступенів свободи при орієнтації вимірювального щупа в просторі. Перш за все, вони орієнтовані на вимірювання параметрів поверхні виробів типових геометричних об'єктів, таких як площині, тіла обертання, призми та ін.

Контроль геометричних параметрів гребного гвинта за допомогою крокомірів вимагає великого обсягу однакових вимірів при їх високій точності. Ця рутинна робота забирає багато часу у обслуговуючого персоналу, з ростом часу роботи падає і уважність, тобто точність одержуваних результатів вимірювань.

Пристрій цифрової індикації лінійних переміщень призначене для визначення геометричних розмірів гребного гвинта по двох координатах X і Y і індикації результатів вимірювання на цифровому табло. Пристрій використовується замість візуального лімбового вимірювача лінійних переміщень по осях X і Y .

Відповідно до технології виготовлення гребного гвинта, контроль геометричних параметрів проводиться періодично на різних етапах його виготовлення, і за результатами контролю вводиться відповідна корекція технологічного процесу виготовлення гребного гвинта.

Основними етапами є:

- 1) Вхідний контроль заготовки і оптимальне вписування гребного гвинта в цю заготовку;

2) Виміри геометричних параметрів після обробки зовнішньої поверхні кожної лопасті гребного гвинта;

3) Контроль параметрів заготовки після її переустановлення і повороту;

4) Контроль геометричної поверхні кожної лопасті на відповідних етапах обробки внутрішньої поверхні лопасті. На цих етапах контролюється не тільки геометрична поверхня, але і товщина лопасті в відповідних перетинах. Причому інформація про товщину є основною для коригування технологічного процесу фрезерування;

5) Контроль товщини лопасті гребного гвинта в процесі їх доведення і шліфування;

6) Контроль геометрії і товщини лопастей в процесі остаточного доведення і шліфування зовнішньої поверхні лопасті після окантовки і установки. На цьому етапі процес контролю лопасті гребного гвинта виконується багаторазово по ходу обробки.

Остаточний контроль геометрії і товщини лопастей гребного гвинта проводиться на спеціалізованому стенді, де гребного гвинта встановлюється нерухомо з відповідною орієнтацією. Контроль проводиться за допомогою спеціального крокоміра шляхом вимірів координат 8-10 точок у відповідних перетинах гребного гвинта, при цьому розмітка контрольних точок на поверхні гребного гвинта проводиться за допомогою того ж крокоміра. Попередньо ці поверхні обмілюються. Заміри проводяться двома операторами, один з яких за допомогою ручного приводу переміщає крокомір навколо вертикальної осі з необхідним кроком, а другий керує роботою двох електроприводів за координатами X і Y , за допомогою яких встановлюється вимірювальний щуп в зазначену точку заданого перетину. Вимірювання вертикальної координати Y виробляється в момент торкання щупа поверхні гребного гвинта. При цьому в якості щупа використовується мікрометр. Після установки щупа в задану точку і моменту торкання, знімаються показання з усіх лімбів і заносяться в таблицю (другим оператором). Точність вимірювань відповідно до вимірювальними лінійками

становить $\pm 0,2$ мм. Після розмітки і вимірів координат проводять виміри товщини лопасті гребного гвинта у всіх зазначених перетинах на тих же точках, в яких вимірювалися і координати поверхні. Результати остаточного контролю оформляються у вигляді таблиць і відповідних протоколів і надалі вносяться в паспорт гребного гвинта. За цими параметрами оцінюється якість і проводиться приймання гребного гвинта.

Основою для визначення відхилення від заданої форми є вимірний профіль у формі гілки кривих (лінійної діаграми) або точок $P_i (X_i, Y_i)$ для $i = 1, \dots, n$ цього виміряного профілю. Координати точок отримують в залежності від методу вимірювання безпосередньо з вимірів відстаней або побічно з кутових вимірювань.

Координати X_i, Y_i точок P_i профілю, виміряного дискретними методами, має бути поданий у відповідному масштабі в прямокутній системі координат X, Y , причому вісь X базової прямої або базового напрямку відповідає вимірюванню. Масштаб напрямки Y необхідно вибрати завжди значно більше масштабу в напрямку X . Шляхом прямолінійного з'єднання, представленого в системі координат точок P_i , отримують вимірний профіль у формі полігональної лінії.

Вимірювання відхилення форми в заданому напрямку координатно-вимірювальної машиною.

Вимірювану деталь встановлюють на стіл координатно-вимірювальної машини, і розглянутий профіль поверхні вирівнюють з однією з осей координат вимірювальної машини. Обмацують розглянутий профіль і вимірюють координати X_i, Y_i вимірюваних точок P_i . Номінальний еталонний профіль міститься в пам'яті ПК у вигляді числового масиву.

На похибку методів вимірювання впливає особливо похибка вимірювального приладу, що визначається вимірювальною лінійкою спільно з німбом. Вона становить $\pm 0,2$ мм. Крім цього існують і менш значущі складові:

- 1) похибка вимірювального містка;

- 2) Похибка, обумовлена кроковим методом;
- 3) Похибка від обмеженої кількості вимірюваних точок;
- 4) Похибка від впливу зовнішнього середовища;
- 5) Суб'єктивна похибка. Результати знімаються візуально оператором, і їх точність залежить від його професіоналізму та стану. Ця похибка може досягати $\pm (0,2-0,5)$ мм.

Характерним прикладом засоби вимірювання є комп'ютерна лазерна інтерференційна система фірми Renishaw.

Товщиноміри

Товщиномір призначений для спрощення технологічного процесу вимірів товщини лопасті гребного гвинта в контрольних точках, а також для підвищення точності цих вимірів.

Відповідно до технології виготовлення гребного гвинта, контроль геометричних параметрів проводиться періодично на різних етапах його виготовлення, і за результатами контролю вводиться відповідна корекція технологічного процесу виготовлення гребного гвинта.

Основними етапами є:

- 1) Вхідний контроль заготовки і оптимальне вписування гребного гвинта в цю заготовку;
- 2) Виміри геометричних параметрів після обробки зовнішньої поверхні кожної лопасті гребного гвинта;
- 3) Контроль параметрів заготовки після її переустановлення і повороту;
- 4) Контроль геометричної поверхні кожної лопасті на етапах обробки внутрішньої поверхні лопасті. На етапах контролюється геометрична поверхня, товщина лопасті в відповідних перетинах. Причому інформація про товщину є основною для коригування технологічного процесу фрезерування;
- 5) Контроль товщини лопасті гребного гвинта в процесі їх доведення і шліфування;

6) Контроль геометрії і товщини лопастей в процесі остаточного доведення і шліфування зовнішньої поверхні лопасті після окантовки і установки. На цьому етапі процес контролю лопасті гребного гвинта виконується багаторазово по ходу обробки;

7) Остаточний контроль геометрії і товщини лопастей гребного гвинта проводиться на спеціалізованому стенді, де гребного гвинтите встановлюється нерухомо з відповідною орієнтацією. Контроль геометрії проводиться за допомогою спеціального шагом ера шляхом вимірів координат 8-10 точок у відповідних перетинах гребного гвинта, при цьому розмітка контрольних точок на поверхні гребного гвинта проводиться за допомогою того ж крокоміра. Попередньо ці поверхні обмілюються. Після розмітки і вимірів координат проводять виміри товщини лопасті гребного гвинта у всіх зазначених перетинах на тих же точках, в яких вимірювалися і координати поверхні. Результати остаточного контролю оформляються у вигляді таблиць, і відповідних протоколів і надалі вносяться в паспорт гребного гвинта. За цими параметрами оцінюється якість і проводиться приймання гребного гвинта.

Технологічний процес остаточного контролю товщини лопасті гребного гвинта у відповідних перетинах полягає в наступному:

1) Гребний гвинт встановлюється і відповідним чином орієнтується на спеціальній контрольній-вимірювальній плиті;

2) Зовнішня поверхня гребного гвинта покривається крейдованим розчином;

3) Проводиться розмітка за допомогою крокоміра перетинів і точок вимірювання. Число перетинів і точок виміру на кожній лопасті обмовляється вимогою реєстра Ллойда;

4) Залежно від типорозмірів гребного гвинта вибирається необхідний кронциркуль таким чином, щоб за допомогою цього кронциркуля можна було виміряти будь-яку точку лопасті аж до середини лопасті;

5) Встановлюють верхній щуп кронциркуля в потрібну контрольну точку, а потім орієнтують його так, щоб площина кронциркуля збігалася з площиною перерізу. Необхідно щоб нижній і верхній щупи були перпендикулярні поверхні гребного гвинта. При цьому буде контролюватися мінімальна товщина перерізу;

6) Обережно, не змінюючи відстані між щупами, виймають кронциркуль;

7) Вимірюють відстань між щупами кронциркуля за допомогою вимірювальної лінійки або штангенциркуля;

8) Виміряні відстані заносяться в таблицю контролю в відповідну графу;

9) Знову встановлюють кронцикуль в наступну точку перетину і повторюють операції під пунктами 5-8 для всіх точок даного перетину і по всьому перетинах в цілому.

На поточний момент існують декілька методик контролю. В якості можливих у використанні варіантів розглядалися лазерний спосіб вимірювання товщини лопасті гребного гвинта, ультразвуковий метод контролю, метод звичайного кронциркуля, але з блоком сполучення його з оптоелектронним датчиком кутових переміщень.

В основу методу ультразвукового контролю покладена залежність часу проходження ультразвукового сигналу через середу від відстані, а також здатність відбиватися від межі гребного гвинта. При цьому товщина лопасті гребного гвинта буде прямо пропорційна часу між посилкою ультразвукового сигналу і моментом його прийому апаратурою. Для дослідження можливості використання цього методу в кіровський інститут були відіслані зразки матеріалів гребного гвинта для дослідження їх на звукопроникність. За результатами випробувань було укладено, що дані зразки мають дуже великий в'язкістю і в них ультразвук дуже швидко згасає. Через цю особливість матеріалу довелося відмовитися від ультразвукового методу контролю.

При використанні лазерного методу контролю точність вимірювання може бути набагато більше, ніж у всіх інших методик. Недолік даного методу полягає в тому, що гребного гвинтите має дуже складну геометричну форму, і не всі крапки геометричній поверхні можуть бути проміряти даними способом, через те, що не на всі точки поверхні може бути отриманий доступ при стаціонарному кріпленні лазерів. Тому від методу вимірювання товщини лопасті гребного гвинта також довелося відмовитися.

Прийнятним виявився метод вимірювання товщини при використанні звичайного товщиноміра з модулем сполучення з оптоелектронним датчиком. В даному методі методика установки кронциркуля в контрольну точку залишилася та ж, але результати вимірювань відразу ж виводиться на індикуючий пристрій. Тому при застосуванні цього методу, можна уникнути суб'єктивних помилок, викликаних Неперпендикулярність установкою щупів. Це досягається тим, що оператор, маючи в своєму розпорядженні щупи перпендикулярно поверхні, дивиться на показання приладу і вибирає положення кронциркуля так, що показання приладу були мінімальні. Очевидно, що в цих точках і буде перпендикуляр, тому що найліпша відстань між двома паралельними прямими є відстань по перпендикуляру. На одному з етапів реалізації приладу було збільшено втричі точність.

2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1. Автоматизація процесу контролю геометрії гребного гвинта при їх виготовленні

В даний час існує декілька методів контролю геометрії:

- 1) контактний метод, що дозволяє за допомогою спеціальних щупів отримувати координати контрольованої поверхні;
- 2) безконтактний метод, що дозволяє визначити з високою точністю координати безлічі точок, форму і взаємне розташування всіх елементів контрольованої конструкції.

Далі більш детально розглянемо безконтактний метод контролю геометрії.

Розвиток фотограметрії пов'язаний з використанням фотознімків для вимірювальних цілей. Однак останнім часом у зв'язку з розвитком науки і техніки з'явилися і інші засоби для отримання зображень, які мають вимірювальними властивостями (телебачення, голографія, рентгеноскопія і т.д.). При цьому у всіх випадках загальні принципи розв'язання вимірювальних завдань визначаються класичними методами фотограметрії і зводяться до встановлення математичної залежності між координатами зображення точок на знімках і на реальному об'єкті зйомки, а також до створення методів обробки знімків в вимірювальних цілях. У зв'язку з цим поняття фотограметрії стало більш широким. Тому визначення форм, розмірів і положення об'єктів по їх фотографічному зображенню (вимірювальна фотографія), дещо застаріла і не розкриває всіх можливостей фотограметрії як науки і технічної дисципліни.

2.2. Фотограмметричні методи (ФГМС).

Такі методи дозволяють, при певних способах зйомки, знайти абсолютне геометричний опис об'єкта, тобто знайти координати X_i , Y_i , Z_i для будь-якої точки, отриманої на зображенні об'єкта в єдиній для нього системі координат, або вирішувати приватні завдання по визначенню координат окремих деталей об'єкта, взаємного їх розташування і т.д.

ФГМС реалізуються, як в однокамерному, так і двокамерному варіанта. У разі однокамерною ФГМС вимірюваний об'єкт фотографується цифровою камерою з декількох різних напрямків. При цьому 3D-координати однойменних точок вимірюваного об'єкта можуть бути визначені по їх розташуванню на плоских зображеннях (фотографіях), таких зображень потрібно мінімум два, але для точності вимірювання слід отримати набагато більше фотографій. Таким чином, однокамерні ФГМС реалізують off-line технологію, і 3D-координати точок вимірюваного об'єкта виходять в результаті обробки всіх отриманих фотографій

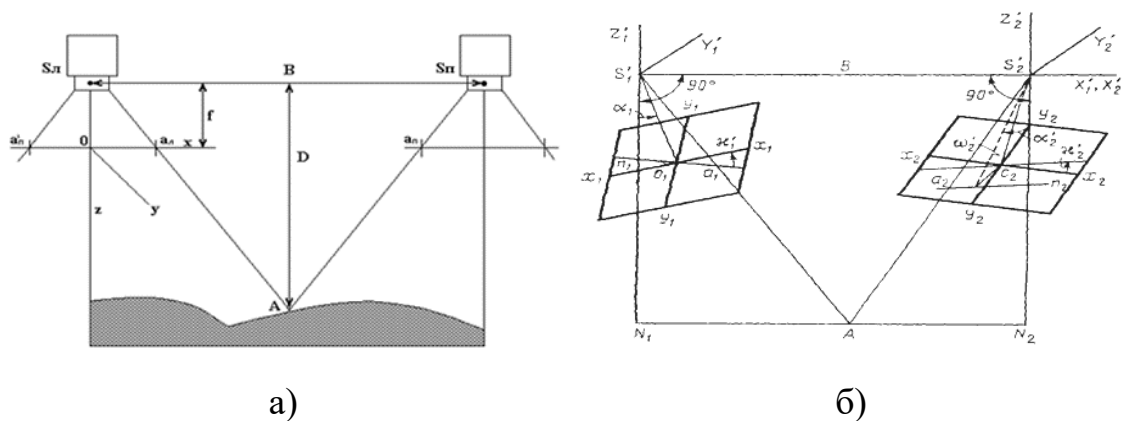


Рисунок 2.1 - Методи стереофотограмметричної зйомки: а) нормальний випадок зйомки; б) загальний випадок зйомки

Далі розглянемо нормальний випадок зйомки, який показаний на рис. 2.2 (а).

Отримання просторових координат точок об'єкта пояснимо на прикладі знаходження трьох координат точки M , що належить контрольованій

поверхні (рис. 2.2). Нехай початок координат знаходиться в лівому центрі проектування S , вісь Y збігається з напрямком оптичної осі лівої камери, вісь X спрямована вздовж базису B , а вісь Z перпендикулярна площині малюнка.

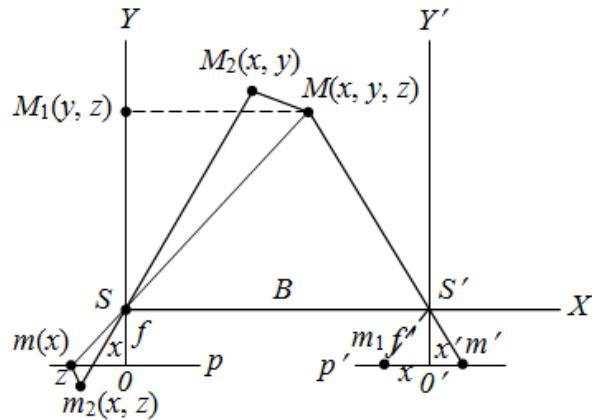


Рисунок 2.2 - Нормальний випадок зйомки.

Позначимо координати точки m і m' в площині знімків відповідно через i , а просторові координати точки M - через (X, Y, Z) .

Якщо з правого центру проектування провести пряму, паралельну MS , до перетину в точки m_1 , що лежить в площині знімка p' , то отримаємо такі трикутники $\Delta m_1 S' m' \sim \Delta SMS'$. З подібності цих трикутників випливає, що

$$\frac{Y}{B} = \frac{f'}{(x - x')} = \frac{f}{(x - x')} = \frac{f}{p}, \quad (2.1)$$

Де $p = x - x'$ - горизонтальний паралакс. З (2.1) знаходимо, що

$$Y = \frac{f \cdot B}{p} \quad (2.2)$$

При розгляді іншої пари подібних трикутників ($\Delta SMM_1 \sim \Delta S0m$) отримуємо, що $\frac{X}{x} = \frac{Y}{f}$, звідки з урахуванням (2.1) маємо:

$$X = \frac{x \cdot B}{p} \quad (2.3)$$

З подібності третьої пари трикутників ($\Delta SMM_2 \sim \Delta Smm_2$) знаходимо останню просторову координату $\frac{Z}{z} = \frac{Y}{f}$, звідки

$$Z = \frac{Yz}{f} = \frac{Bz}{p} \quad (2.4)$$

Точки $M_1(Y, Z)$ і $M_2(X, Y)$ є проєкціями точки $M(X, Y, Z)$ відповідно на площині (Y, Z) і (X, Y) , а точка $m_2(x, y)$ - проєкція точки M_2 в площині (x, z) лівого знімка. Для випадку, коли фокусні відстані лівої і правої відеокамер не рівні, рівняння (2.2) - (2.4) матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} Y &= \frac{f_p f_1 B}{x_1 f_1 - x_p f_p} \\ X &= \frac{x_1 f_1 B}{x_1 f_1 - x_p f_p}, \\ Z &= \frac{z_1 f_1 B}{x_1 f_1 - x_p f_p} \end{aligned} \quad (2.5)$$

де x_1, x_p - координати лівого і правого знімка, f_1, f_p - фокусні відстань лівої і правої камери.

Розглянемо загальний випадок зйомки.

Стереоскопічний зйомка в цьому випадку дозволяє отримати пару перекриваються знімків об'єкта. Основними труднощами цієї зйомки при обчисленні просторових координат є визначення параметрів вимірювальної системи та кутових положень відеокамер.

В цьому випадку спільне рішення фотограметричної завдання розпадається на два етапи:

- 1) Перетворення координат точок, виміряних на реальних знімках, і приведення їх до уявного нагоди нормальної зйомки (взаємне орієнтування);
- 2) Перехід до просторової системі координат $SXYZ$ з урахуванням розрахункових або відомих кутів орієнтування.

Для отримання інформації про розміри і форму досліджуваних об'єктів необхідно, щоб отримане зображення було приведено до випадку зйомки, коли знімок і обрана площину зображення паралельні.

Розглянемо залежність між координатами точки M на зображенні стереопари і на реальній поверхні ти (рис. 2.3).

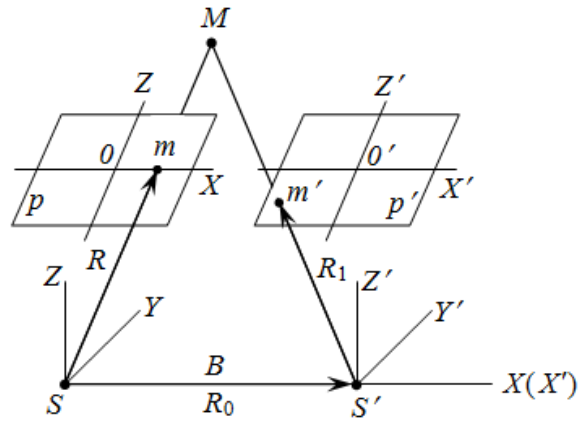


Рисунок 2.3 - Загальний випадок зйомки.

Нехай координати деякої точки m в системі $Sxyz$ відомі як x, y, z . Потрібно визначити координати цієї ж точки m в системі взаємного орієнтування $SX_0Y_0Z_0$, тобто X', Y', Z' . Так як матриця повороту системи щодо системи при суміщених засадах відома, то необхідний зв'язок координат може бути записана у вигляді:

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a'_1 & a'_2 & a'_3 \\ b'_1 & b'_2 & b'_3 \\ c'_1 & c'_2 & c'_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ f \\ z \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

або

$$\begin{aligned} X' &= a'_1 x + a'_2 f + a'_3 z \\ Y' &= b'_1 x + b'_2 f + b'_3 z \\ Z' &= c'_1 x + c'_2 f + c'_3 z \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos \alpha \cos \chi + \sin \alpha \sin \varpi \sin \chi \\ a_2 &= \sin \alpha \cos \chi - \cos \alpha \sin \varpi \sin \chi \\ a_3 &= -\sin \chi \cos \varpi \\ b_1 &= -\sin \alpha \cos \varpi \\ b_2 &= \cos \alpha \cos \varpi \\ b_3 &= -\sin \varpi \\ c_1 &= \cos \alpha \sin \chi - \sin \varepsilon \sin \varpi \cos \chi \\ c_2 &= \sin \alpha \sin \chi - \cos \alpha \sin \varpi \cos \chi \\ c_3 &= \cos \varpi \cos \chi \end{aligned} \quad , \quad (2.8)$$

де a_1, K, b_1, K, c_1 - коефіцієнти ортогональної матриці A' , які є напрямними косинусів системи S_{xyz} відносно $S_{X_0 Y_0 Z_0}$.

Для переходу до трансформованих координат вираження для X', Y', Z' необхідно помножити на деякий масштабний коефіцієнт, щоб координати X', Y', Z' привести до первісного фокусної відстані знімків, тобто

$$m = \frac{f}{Y}$$

$$\begin{aligned} \text{тоді,} \quad x_t &= f \frac{a_1 x + a_2 y + a_3 z}{b_1 x + b_2 y + b_3 z} \\ z_t &= f \frac{c_1 x + c_2 y + c_3 z}{b_1 x + b_2 y + b_3 z} \end{aligned} \quad (2.9)$$

де x, z - виміряні координати точок на похилому знімку, x_t, z_t - трансформовані координати зорієнтованих зображень.

Таким чином, для визначення просторових координат при загальному випадку зйомки необхідно спочатку визначити кути орієнтування (напрямні косинуси), а потім за відомими координатами зображення з урахуванням формул (2.7 - 2.9) визначити координати контрольованої поверхні.

2.3. Лазерні системи

Лазерні вимірювальні системи, засновані на використанні тривимірних лазерних сканерів, трекерів, лазерних тахеометрів і т.д. Такі системи досить широко використовуються в суднобудівній промисловості і дозволяють за одну установку отримувати координати великого числа точок на видаленні до 10-20 метрів з точність порядку 1-2 мм. Потім за результатами вимірювань відновлювати геометрію (вид або образ) контрольованого об'єкта у відповідній системі координат.

Фотограметрична система V-STARS

Фотограметричні вимірювальні системи, що дозволяють відразу отримувати зображення об'єкта, подальша цифрова обробка якого дозволяє

визначити тривимірні координати великого числа точок з точністю менше 0,5 мм на прийнятному для суднобудування видаленні до 10-15 м. Ця група методів протилежна першій, тому що тут вирішується вже зворотне завдання - по реально отриманій формі виробу (фотознімками) визначаються координати великого числа попередньо зазначених точок і по ним отримують абсолютну геометричний опис об'єкта. Т.ч. можна визначити тривимірні координати для будь-якої точки, отриманої на зображенні об'єкта, або вирішувати приватні завдання щодо визначення розмірів і координат окремих деталей об'єкта, взаємного їх розташування і т.д.

Основні області застосування системи V-STARS:

- 1) Контроль і зворотний інжиніринг як простих деталей, так і складних криволінійних поверхонь об'єктів різних розмірів;
- 2) Контроль виготовлення і періодична інспекція шаблонів, кондукторів та калібрів;
- 3) Моніторинг деформацій і переміщень об'єктів і систем, викликаних зміною температури і навантаження;
- 4) Складання елементів різних конструкцій;
- 5) Контроль партій деталей і перевірка повторюваності розмірів при складанні, а також симетрії готових виробів;
- 6) Монтаж і контроль складальних ліній та конвеєрів;
- 7) Вимірювання трубопроводів.

Система V-STARS призначена для контролю геометричних параметрів великогабаритних виробів і технологічної оснастки в реальному масштабі часу. V-STARS - це фотограметрична система високого рівня, що забезпечує високу універсальність, швидкість і точність вимірювань. Головний елемент системи V-STARS - спеціальна цифрова камера DYNAMO, розроблена для проведення високоточних вимірювань в промисловості. Камера DYNAMO акумулювала в собі всі революційні рішення, технології і продуманий дизайн попередніх камер фірми GSI. Ергономічний і міцний корпус камери захищає її від можливого пошкодження під час роботи, а система автоматичної

настройки експозиції дозволяє легко і швидко проводити вимірювання. Загальний вигляд камери з каліброваними щупами показаний на рис 2.4.



Рисунок 2.4 - Цифрова камера DYNAMO з вимірювальним щупом

V-STARS працює з двома камерами DYNAMO, забезпечуючи тим самим високу динаміку вимірювань.

Серед переваг можна виділити функцію самокалібрування камери. Зображення з камери можуть записуватися на Flash-носій або передаватися по Wi-Fi протоколу. V-STARS - це технологія, що дозволяє визначати тривимірні координати великого числа точок об'єкта з серії цифрових фотографій. При цьому на кожному зображенні програма знаходить спільні точки. Досить кількох знімків об'єкта, щоб отримати хмару точок. Отримані дані можуть бути проаналізовані в програмному забезпеченні V-STARS або експортовані в інші програмні пакети для проведення контролю геометричних параметрів виробу. Результатом вимірювань є координати X, Y, Z центрів світловідбивних маркерів, розміщених на об'єкті або світяться точок спроектованих проектором Pro-SPOT / A.

Для виконання вимірювань на контрольовану поверхню спочатку встановлюються спеціальні кодовані мішені і світловідбиваючі маркери різних розмірів (рис. 2.5).

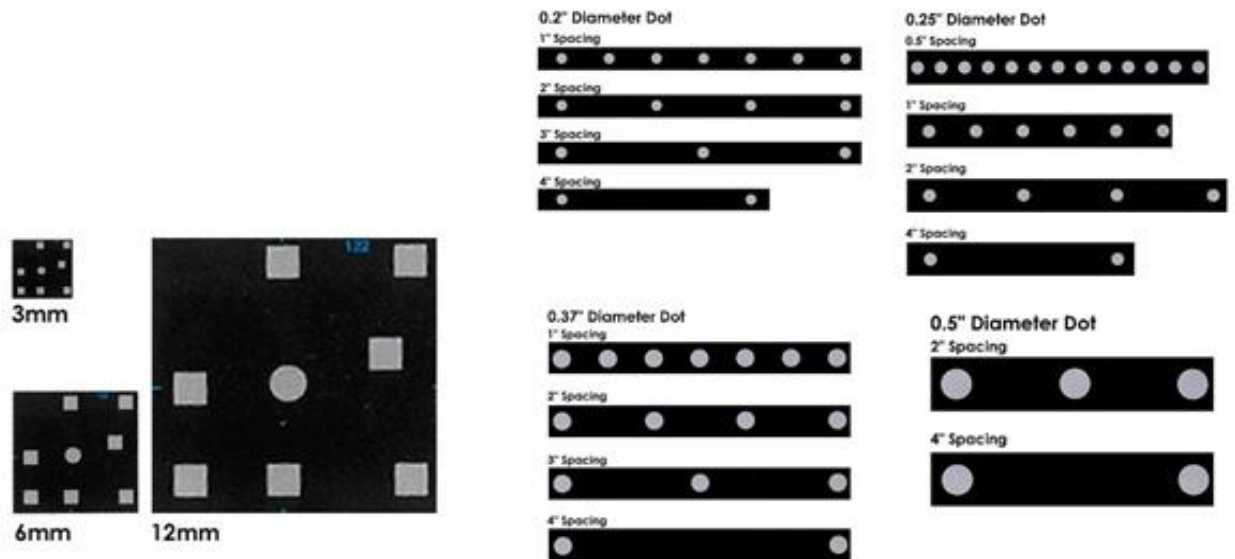


Рисунок 2.5 - Закодовані мішені і світловідбиваючі маркери.

Коди на закодованих мішенях за своєю структурою є унікальними і мають ідентифікаційний номер, тому програма розпізнає їх автоматично. Закодовані мішені є сполучною елементом на фотографіях, зроблених з різних позицій. На фотографії таких мішеней повинно бути видно мінімум 4 штуки на кожному знімку. Також закодовані мішені дозволяють програмному забезпеченню визначити положення і орієнтацію камери в просторі.

Щоб визначити розміри об'єкта в фотограметрії застосовуються калібровані масштабні лінійки (рисунок 2.6), на яких фіксується мінімум 2 світловідбивних маркера на відомій відстані. Відстань між маркерами використовується для масштабування об'єкта, тому що без масштабної лінійки можна визначити тільки його форму.

Приклад розміщення маркерів на контрольованій поверхні і підготовки деталі до вимірювань показано на рис. 2.7. Після розміщення маркерів і закодованих мішеней на об'єкті оператор за допомогою камери робить кілька

знімків об'єкта з різних сторін і під різними кутами. При використанні двох камер положення камери в просторі і щодо одне одного буде відігравати суттєву роль при розрахунку точності. Ідеальним кутом для вимірювань є кут 90° , але положення камер під кутами між 60° і 120° теж допустимі. Занадто близьке розташування камер відносно один одного при вимірюванні погіршує геометрію і робить негативний вплив на точність.



Рисунок 2.6 - Масштабна лінійка ScaleBar з базою 870 мм (одна половина) і 1840 мм (в зборі) в кейсі для перенесення

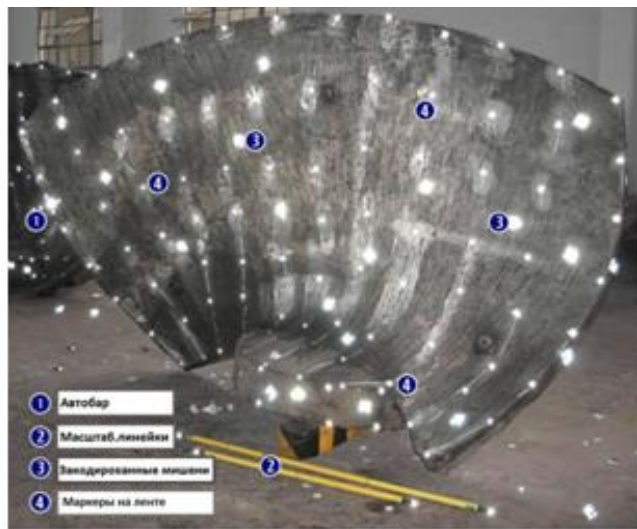


Рисунок 2.7 - Схема розміщення стрічкових маркерів, кодованих мішеней і масштабної лінійки

Альтернативним і більш швидким способом нанесення маркерів на об'єкт є використання спеціального проектора Pro-SPOT (рис. 2.8). Проектор Pro-SPOT направляє на об'єкт потужний потік світла, що проектує через спеціальні калібровані решітки до 23 тисяч крапок, що світяться. Застосування проектора Pro-SPOT дозволяє вимірювати великий масив даних, і отримувати результат у вигляді щільного хмари точок, яке можна накласти на САД-модель з метою отримання колірної карти відхилень (рис. 2.9). Використання проектора не виключає розміщення на об'єкті

закодованих мішеней, але вже в меншій кількості в порівнянні з вимірами без проектора.



Рисунок 2.8 - Проектор Pro-SPOT на тринозі з камерами

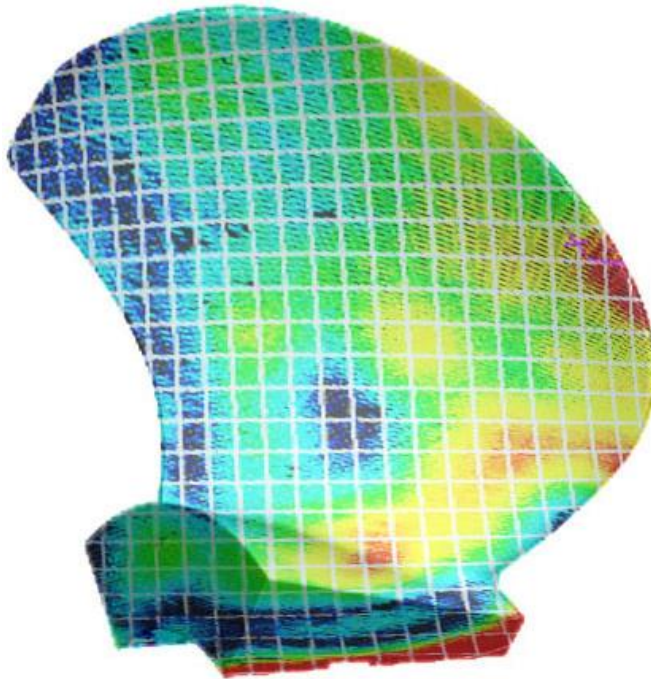


Рисунок 2.9 - CAD-модель колірної карти відхилень

2.4. Лазерні сканери, трекари і радари

Лазерні системи засновані на використанні тривимірних лазерних сканерів, трекерів, лазерних тахеометрів, лазерних радарів і т.д. Такі системи широко використовуються в суднобудівній промисловості і дозволяють за одну установку отримувати координати великого числа точок на видаленні до 10-20 м з точністю порядку 1-2 мм. Далі по вимірювальним результатам

відновлюють геометрію (вид або образ) контрольованого об'єкта у відповідній системі координат.

Основою лазерних трекерів і радарів являється вимірювальний блок, що складається з блоку лазерного далекоміра, який за допомогою електроприводів може повертатися навколо двох взаємно перпендикулярних осей, причому кути повороту контролюються кутовими датчиками з високою точністю. Таким чином, первинною інформацією вироблюваної трекером або радаром є координати вимірюваної точки в сферичній системі координат (рисунок 2.10), програмне забезпечення дозволяє виконувати перерахунок координат точок вимірюваного об'єкта в будь-які необхідні системи відліку. Відстань до вимірюваного об'єкта може становити 100 і більше метрів.

2.5. Методика отримання цифрової 3D-моделі заготовки елементів гребного гвинта за допомогою V-STARS.

Вимоги до розташування вимірюваного об'єкта:

- 1) Вимірюваний гвинт або лопасть розташовується на рівній горизонтальній площадці - вимірювальній плиті, бетонній основі, в стійкому положенні, при необхідності раскрепляется;
- 2) Гвинт розташовується горизонтально (вісь гвинта вертикально), лопасть бажано встановлювати на фланець, щоб перо її було вертикально;
- 3) Розміри майданчика повинні забезпечувати вільний доступ до вимірюваного об'єкта з усіх боків, вільний простір навколо вимірюваного об'єкта не менше 1,5 метрів;
- 4) Повинна бути передбачена можливість кантування гвинта (лопасті) на іншу сторону;
- 5) Повинна бути забезпечена можливість підключення СФГМ системи V-STARS до електромережі 220В / 50Гц із заземленням, і до цехової мережі стисненого повітря.

Розгортання стереофотограмметрической системи V-STARs і підготовка до вимірів

1) Розгортання системи V-STARs для виконання вимірювань об'єкта. Поблизу від вимірюваного об'єкта розташовується робоче місце оператора системи V-STARs - ноутбук з контролером вимірювальних камер. При виборі положення робочого місця слід враховувати, що довжина сполучних кабелів вимірювальних камер DYNAMO-5 складає 10 метрів. Згідно керівництву користувача системи V-STARs виконується по дключеніє камер DYNAMO-5 до контролера і контролера до ноутбука. Включення контролера проводиться тільки після підключення до нього камер і підключення контролера до ноутбука. Камери підключаються / відключаються тільки при вимкненому контролері. Харчування системи здійснюється від мережі 220 В / 50 Гц із заземлюючим проводом.

У разі використання проектора він встановлюється на штатній тринозі разом зі своїм контролером / блоком живлення, підключення проектора PROSPOT / A до свого контролера і ноутбука здійснюється згідно інструкції користувача системи V-STARs. Підключення / відключення проектора проводиться тільки при вимкненому контролері / блоці живлення. Харчування проектора здійснюється від мережі 220 В / 50 Гц із заземлюючим проводом.

2) Безпосередньо на поверхні вимірюваного гвинта (лопасті) створюються контрольні точки мінімум 3 штуки. Контрольні точки повинні бути промарковані, наприклад К1, К2, К3, ... Контрольні точки задають допоміжну систему координат, яка використовується для геометричний зв'язок (зшивання) поверхонь гвинта (лопасті) виміряних окремо. Контрольні точки не повинні лежати на одній прямій, і повинні розташовуватися по можливості далі один від одного. Крім того, контрольні точки повинні залишатися доступними для вимірювання після кантування (лопасті) або при

переході до вимірювань іншого його боку. Найбільш раціональним є положення контрольних точок на крайках лопастей гвинта (лопасті).

Виконання вимірювань

Вимірювання геометрії лопасті виконується послідовно по етапах:

1) На доступних для вимірювання поверхнях гвинта (лопасті) розміщуються і фіксуються кодовані мішені і масштабна лінійка ScaleBar. Виконується процедура створення драйвер-файлу, після чого масштабна лінійка ScaleBar забирається на зберігання.

2) Визначаються за допомогою ручного щупа, визначаються координати всіх контрольних точок, в створюваному файлі геометричній інформації контрольним точкам присвоюються імена відповідні їх маркування.

3) За допомогою ручного щупа (або спеціальних інструментальних мішеней-міток) вимірює точно оброблених поверхонь гвинта (лопасті) є конструкторськими базами: циліндрична або конічна поверхню отвори в маточині гвинта (фланця лопасті); торцеві площини маточини гвинта (фланця лопасті); площині скосів фланця лопасті.

4) Вимірювання геометрії складних криволінійних поверхонь гвинта (лопасті) рекомендується проводити комбінованим способом:

4.1) Велика за площею частина поверхні лопасті має малу кривизну, є найбільш відповідальною і вимагає найбільшої щільності вимірюваних точок, може бути виміряна за допомогою світлових мішеней проєцируємих проєктором PRO-SPOT / A;

4.2) Менша за площею частина поверхні (кромка лопасті і галтельні переходи) має велику кривизну, вона повинна вимірюватися за допомогою ручного щупа, так як на такій поверхні мішені (мітки) проєктуються PROSPOT / A сильно спотворюються і можуть дати велику похибку в вимірі.

5) Гвинт перекантуються іншим боком, і повторюється етапи вимірювань з 1 по 4 описані вище, отримана геометрична інформація зберігається в новому файлі. У разі лопасті поставленої на фланець пером

вгору кантовка лопасті не потрібно, просто переходимо до вимірювань іншого боку.

Обробка результатів вимірювання і створення моделі вимірюваної лопасті гребного гвинта

Обробка здійснюється в ПО V-STARs, складається з наступних етапів:

1) Здійснюється зв'язування (зшивання) виміряних окремо поверхонь гвинта (лопасті), для цього:

1.1) У кожному створеному файлі з отриманої геометричної інформацією створюється допоміжна система координат за трьома однаковим контрольних точках;

1.2) Виконується перетворення координат всіх виміряних точок у файлі, що зберігаються у файлі, в допоміжну систему координат, таким чином, вся отримана в результаті вимірів геометрична інформація наведена до однієї системи координат;

1.3) Інформація з усіх файлів зводиться в один.

2) Створення (відновлення) конструкторської системи координат гвинта (лопасті):

2.1) За координатами точок виміряних на етапі 3 створюються моделі поверхонь є конструкторськими базами;

2.2) На підставі зазначених у попередньому пункті поверхонь створюється (відновлюється) конструкторська система координат;

2.3) Координати всіх виміряних точок перетворюються в конструкторську систему координат. Таким чином, отримуємо 3D-модель гвинта (лопасті) у вигляді координат набору точок його поверхні.

3) Побудована в точкова 3D-модель ГВ (лопасті) може безпосередньо використовуватися для контролю геометрії. Для цього теоретична (конструкторська) твердотільна модель ГВ (лопасті) порівнюється з побудованою точковою моделлю в програмі SpatialAnalyser. Результат порівняння у вигляді максимальних, середніх або іншим чином зважених,

відхилень точкової моделі від теоретичної може бути використаний для контролю геометрії гвинта (лопасті).

4) Для отримання паспорта гвинта у вигляді набору профілів розрахункових (контрольних) перетинів потрібно:

4.1) За точкової 3D-модель ГВ (лопасті) створити поверхневу модель;

4.2) Виконати перетин поверхневої моделі, циліндричними поверхнями розрахункових радіусів, отримавши, таким чином, профілі розрахункових перетинів.

Особливості вписування теоретичної (вихідної) 3D-моделі в 3D-модель заготовки

Вписування проводиться таким чином:

1) Накладення хмари точок теоретичної моделі на хмару точок моделі заготовки. При цьому, зміщуючи і орієнтуючи систему координат теоретичної моделі лопасті щодо системи координат заготовки, домагаються, щоб якомога було рівномірніше (або оптимально з урахуванням локальних дефектів) розподілити припуски у всьому обсязі заготівлі;

2) Після вписування зробити суміщення системи координат моделі заготовки з системою координат теоретичної моделі лопасті. Далі необхідно перерахувати координати хмари точок моделі заготовки в систему координат теоретичної моделі лопасті X, Y, Z;

3) Визначити колірну схему відхилень координат моделі заготовки і координат теоретичної 3D-моделі лопасті (тобто отримати кольорове 3D-зображення заготовки, в яку вписано 3D-зображення теоретичної лопасті). За величиною отриманих відхилень судять про рівномірності розподілу припусків у всьому обсязі заготівлі. Якщо вписування лопасті в заготовку невдале, то необхідно повторити пункти 2 і 3.

Операція вписування лопасті в заготовку є відповідальною, тому що від якості її виконання залежить подальший технологічний процес обробки лопасті.

В результаті вписування координатні осі моделі заготовки і координатні осі теоретичної моделі лопасті наводяться до основної системи координат XYZ , яка і використовується в подальшому технологічному процесі.

Особливості прив'язки віртуальних координат розмітки до фізичних (реальних) координат заготовки.

На заготівлі, яка встановлена на розмічальній плиті (операція № 020), за допомогою СФГС проводяться виміри координат точок, що визначають положення баз заготовки з використанням калібрувальних лінійки і щупа.

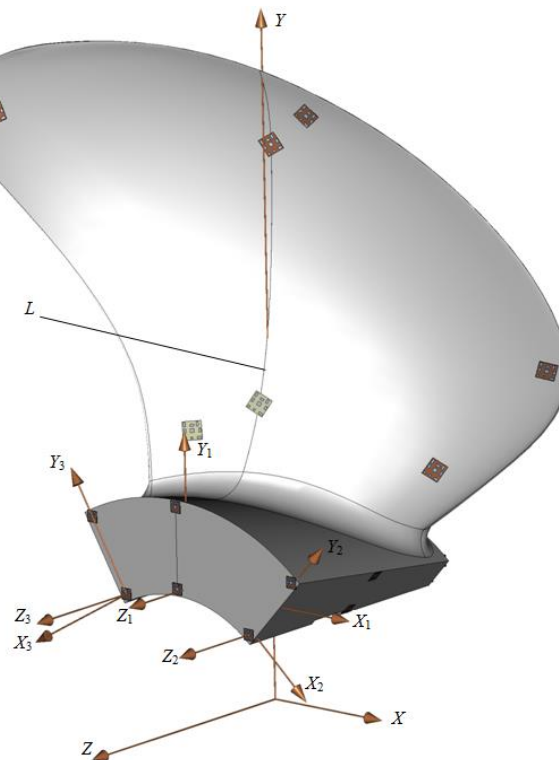


Рисунок 2.10 - Результат вписування теоретичної моделі лопасті в заготовку:

1) Основна система координат лопасті - XYZ (Z - вісь гвинта, Y - вісь лопасті, X - вісь перпендикулярна площині ZY), в основній системі XYZ визначаються координати всіх кодованих міток, які зберігаються до отримання фізичних баз, L - слід площини YZ на поверхні заготовки; 2) Для зручності базування на технологічних операціях визначаються допоміжні системи координат (координатні площині базових поверхонь): $X_1Y_1Z_1$ -

координатна система кормового торця фланця лопасті; $X_2Y_2Z_2$, $X_3Y_3Z_3$ - координатні системи відповідно правого і лівого скосів фланця лопасті

Щуп встановлюється поблизу необхідної вимірної точки, проводиться стереозйомка і визначається відхилення між реально вимірною і віртуальною координатою. Далі по знаку і величині відхилення переміщують щуп, виконують повторний замір. Заміри виконуються до тих пір, поки відхилення не перевищуватиме заданого допуску.

Після чого, в точці установки вістря щупа проводиться поглиблення і по центру поглиблення (якщо це необхідно) встановлюється кодированная мішень або самоклеящийся маркер.

Аналогічно проводиться прив'язка всіх необхідних координат до реальних (фізичних) координатам для всіх заготовок. При цьому число «відзначених» опорних точок на поверхні заготовки повинно бути достатнім для зручного базування заготовки на верстатах при виконанні наступних технологічних операцій обробки лопасті.

За отриманими фізичним координатам опорних точок заготовки, жорстко пов'язаними з теоретичними координатами лопасті, формується розмічальний паспорт за прийнятою формою, який передається в бюро технічного контролю. Таким чином, отримані фізичні координати опорних точок на всіх заготовках лопастей повинні зберігатися і періодично відновлюватися по всьому технологічному процесу.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Експериментальні дослідження контролю геометрії гребних гвинтів з використанням стереофотограмметричної системи v-stars.

Особливості підготовки заготовок гребного гвинта до контролю геометрії з використанням V-STARS

Заготовки гребного гвинта (ГВ) і їх елементи надходять в цех у вигляді виливків з відповідною конфігурацією. При цьому для отримання 3D-моделі в кожній такій заготівлі потрібно виконати цілий ряд підготовчих робіт (дивись додаток А):

- 1) дробеметні очищення поверхні заготовки;
- 2) Попередня підготовка контрольованої поверхні:

2.1) При контролі малогабаритних заготовок (діаметр не більше 1 - 2 м) вимірювання виконуються за допомогою ручного щупа. При цьому робиться попередня розмітка основних перетинів, в яких потрібно отримати відповідне число координат (точок) (рис. 3.1).



а)



б)

Рисунок 3.1 - Підготовка лопасті до вимірювань: а) 3-х гребний гвинт;
б) 4-х гребний гвинт

2.2) При вимірах великогабаритних заготовок (діаметр більше 2 м) вимірювання виконуються для отримання координат великої кількості точок доцільно отримувати за допомогою PRO-SPOT, за допомогою якого на контрольовану поверхню відзначається до 100 000 крапок, що світяться. І в кожній з цих точок визначаються координати. У цьому випадку для отримання хорошої якості проецируємих точок необхідно на всю контрольовану поверхню нанести однорідний розчин.

3) Після виконання підготовчих робіт заготовка встановлюється на КВП, так щоб був вільний доступ для установки камер.

Методика отримання вихідної цифрової 3D-моделі заготовки гребного гвинта наступна.

Технологічний процес вимірювання цифрової 3D-моделі заготовок розглянемо на прикладі отримання трьох заготовок суцільнолитих ГВ з різною конфігурацією і для великогабаритних гвинтів на прикладі отримання 3D-моделі однієї лопасті.

Особливості отримання цифрової 3D-моделі 3-х лопастевого гребного гвинта з 0,8 м.

Технологічний процес вимірювання для отримання 3D-моделі відбувається в наступному порядку:

1) Попередньо розмічений гвинт встановлюється і відповідним чином орієнтується в обсяг масштабування простору (дивись пункти 3.1 і 3.2);

2) За допомогою спеціального вимірювального щупа перед початком вимірювань оцінюється розташування СФГМС (рис. 3.2). При цьому річний щуп встановлюється в одну з точок ГВ і проводиться стереозйомка. За результатами обробки стереопари оцінюється у відсотках ступінь перекриття контрольованого простору. Якщо перекриття перевищує 25-50% з розкидом по камерах не більше 20%. При цьому на кожному знімку стереопари мають бути присутні не менше 4-5 однакових кодованих мішеней. Оскільки по координати цих мішеней і здійснюється прив'язка до вихідного драйвер-

файлу, а отже здійснюється прив'язка реальних координат ГВ до тривимірних координатах вимірювального простору;



Рисунок 3.2 - Вимірювання просторових координат гребного гвинта за допомогою ручного щупа

3) Включається режим точкового контролю, за допомогою ручного щупа і проводять виміри координат у всіх раніше зазначених точках перетину. Для чого щуп встановлюється в початкову точку заданого перетину і за допомогою дистанційного пульта управління дає команду на стереозйомку. Потім щуп переміщується в іншу точку перетину і знову дається команда і т.д. проводяться вимірювання в 20-30 точках кожного перетину.

Вимірювання проводяться в усіх зазначених перетинах лопасті. При цьому в кожному перетині необхідно виміряти не менше 20-25 точок. Після завершення вимірювань результати обробляються і видаються у вигляді координат в кожному зазначеній лопасті (рисунок 3.3). Аналогічно знімаються координати кромки першої лопасті при цьому щуп вертикально встановлюється по кромці і робляться стереоснимку, так само виконуються вимірювання координат точки торця лопасті. Виміряні таким чином точки на кромці і торці показано на рис3.4.

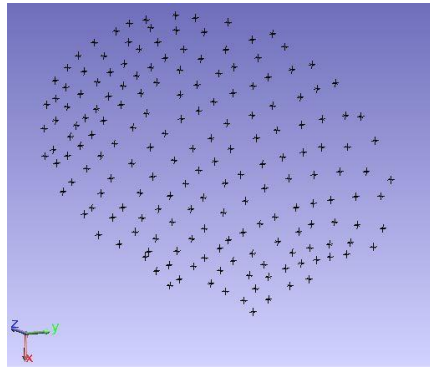


Рисунок 3.3 - Координати в перетинах лопасті

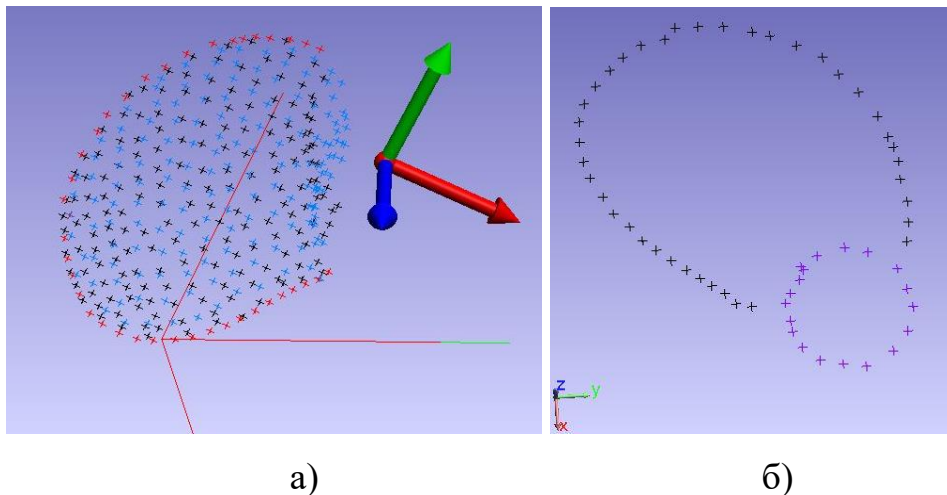


Рисунок 3.4 - Координати: а) в перетинах лопасті виміряного ручним щупом; б) кромки і торця лопасті №1

4) Аналогічно знімаються координати поверхні і кромки в перетинах для лопастей №2 і №3;

5) Перевертають гвинт на 180° (кантиють) і проводять виміри точок поверхні у всіх лопастях з іншого боку;

6) За допомогою програми V-STARS об'єднують всі раніше отримані файли і будують повну цифрову 3D-модель заготовки. На рис. 3.5 показаний вид координати крайок і торця гвинта і 3D-модель заготовки.

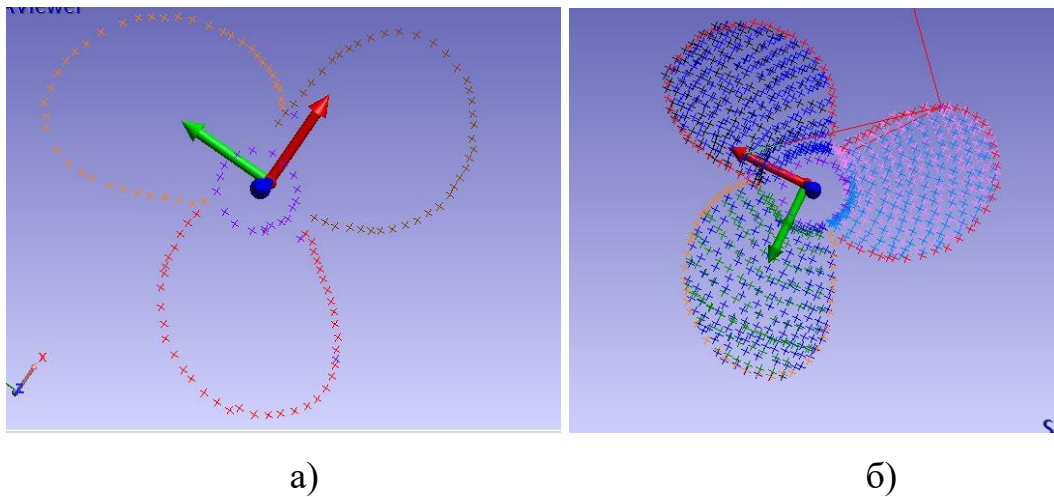


Рисунок 3.5 - Вихідна 3D-модель заготовки 3-х лопастевого ГВ: а) координати кромки і торця; б) 3D-модель заготовки

Особливості отримання цифрової 3D-моделі 4х-лопастевого малого гребного гвинта з 1,2 м

Отримання вихідної 3D-моделі заготовки 4х-лопастевого ГВ аналогічно процесу, описаному вище, за винятком того, що в якості вихідного драйвер-файлу використовується стаціонарний драйвер-файл, отриманий за допомогою трьох вертикальних стояк, на яких зміцнюється відповідне число кодованих мішеней послідовність виконання контрольнo-вимірjувальної операції для 4-х лопастевого гвинта показано на рис. 3.6.

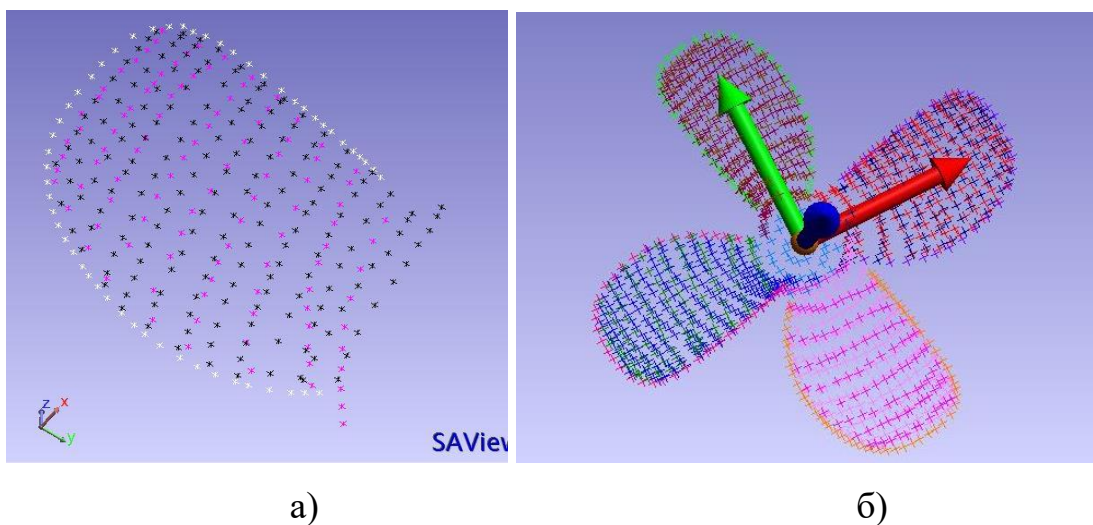


Рисунок 3.6 - Вихідна 3D-модель заготовки 4х-лопастевого ГВ: а) координати кромки і лопасті; б) 3D-модель заготовки

Особливості отримання цифрової 3D-моделі 4-х лопастевого гребного гвинта Ік-7 з 3,5 м

Отримання вихідної 3D-моделі заготовки 4-х лопастевого ГВ аналогічно з використанням тимчасового драйвер-файлу отриманого перед вимірами. Основні етапи вимірювання показані на малюнках 3.7 і 3.8.

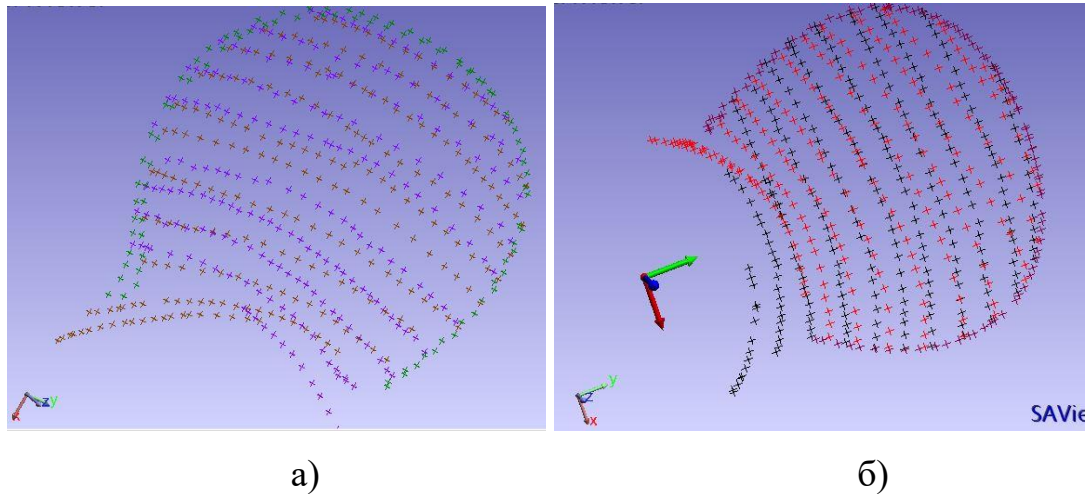


Рисунок 3.7 - Облік вимірних точок першої лопасті 4-х лопастевого ГВ Ік-7: а) координати нагнетательной поверхні 1-ої лопасті; б) координати засмоктує поверхні 1-ої лопасті

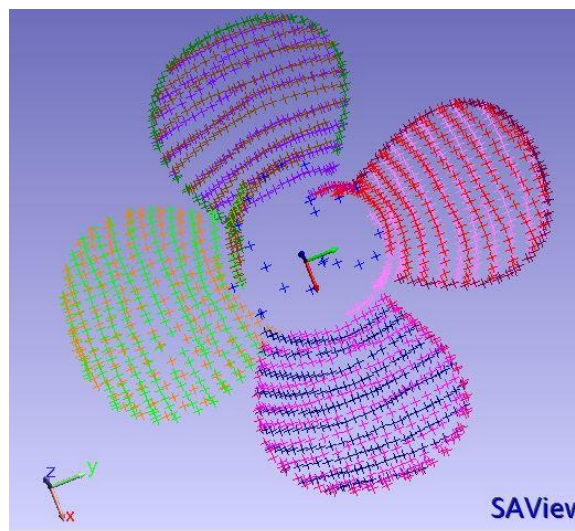


Рисунок 3.8 - Вихідна 3D-модель заготовки ГВ Ік-7

Особливості отримання цифрової 3D-моделі однієї лопасті для великогабаритних гребних гвинтів

Технологія і послідовність отримання цифрової 3D-моделі окремих лопастей в цілому аналогічна попереднім методикам, в залежності від того як формується вихідний драйвер-файл. Послідовно виконання вимірювань аналогічна, тобто проводиться попередня розмітка довільних перетинів. Лопасть встановлюється у вертикальне положення так, щоб був вільний доступ для стереоізмєреній з того чи іншого боку. Потім знімається драйвер-файл, після чого за допомогою ручного щупа виконується велика кількість точок вимірювань з обох сторін лопастей, а так само по кромці і по торцях лопасті.

Слід зазначити, що якщо у отриманого драйвер-файлу при зйомці з одного боку і з зворотного боку немає видимих 4-5 однакових кодованих мішеней, то необхідно мати два різних драйвер-файлу. Ці драйвер-файли з одного і з Дрого боку знімаються автономно.

Однак, для отримання загального драйвер-файлу і масштабування всього вимірювального об'єму необхідно мати не менше 3-4 точок забезпечують зшивання драйвер-файлів з одного і з Дрого боку. З цією метою на лопасті ГВ наносяться (Керн) на кромки гвинта 3-4 контрольні точки, які вимірюються з одного боку. Потім координати цих точок вважаються однаковими.

Особливості отримання цифрової 3D-моделі однієї лопасті пояснюється на малюнках 3.9 і 3.10, де на малюнку 3.9 (а) показані координати вимірювань з нагнітальної сторони на поверхні лопасті, торці і крайки, 3.9 (б) координати вимірювань з засмоктує поверхні лопасті.

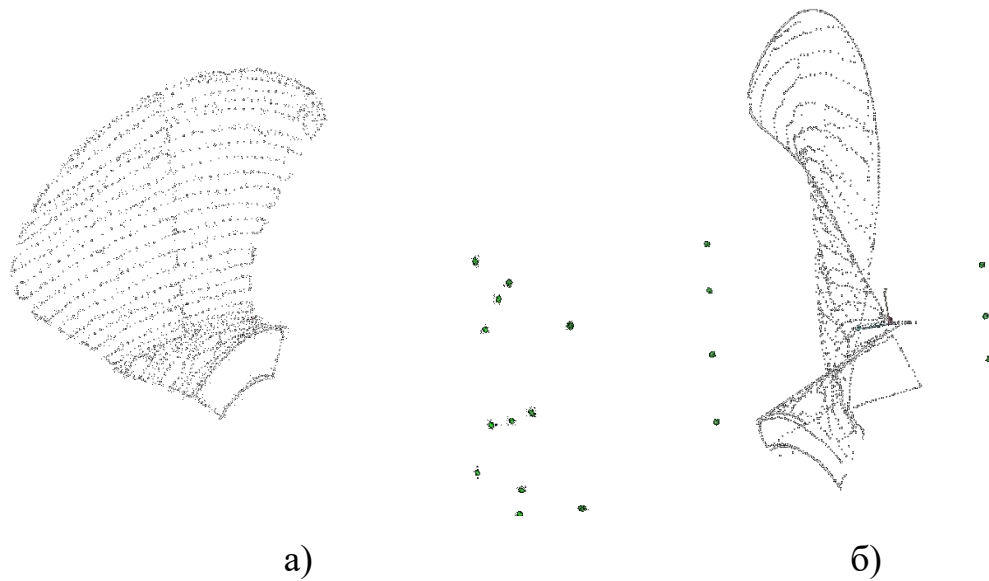


Рисунок 3.9 - Координати вимірних лопастей: а) нагнетательная поверхню лопасті, на крайках і торці; б) засмоктує поверхню лопасті

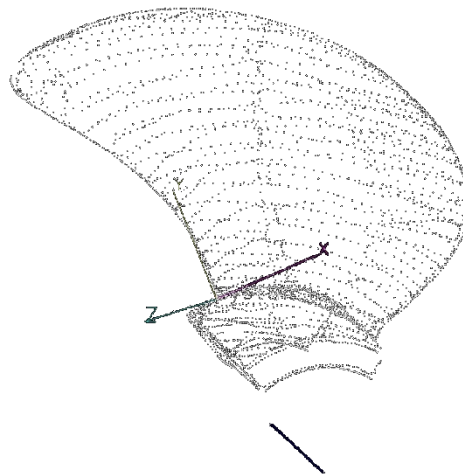


Рисунок 3.10 - Вихідна 3D-модель лопасті ГВ AZIPOD, побудована за допомогою ручного щупа.

3.2. Експериментальні дослідження використання стереофотограмметричної системи V-STARS

Як зазначалося вище операція вписування теоретична 3D-модель гвинта в 3D-модель заготовки є найбільш відповідальною операцією від якості виконання якої залежить подальша трудомісткість і якість обробки

заготовки на технологічних операціях. Основним завданням вписування є оптимальний розподіл припусків по всій поверхні заготовки з урахуванням можливих явно виражених дефектів лиття заготовки. Після операції вписування та суміщення теоретичекіх координат з координатами 3D-моделі заготовки виконується віртуальна розмітка заготівлі ГВ. При цьому повинні бути відзначені: центр заготовки; напрямки осей; площини, що проходять через осі кожної лопасті; горизонт, що проходить через центр гвинта; основні радіальні перетину, внутрішній і зовнішній діаметр маточини; подрізи торця лопасті; найхарактерніші точки полегшують позиціонування заготовок на верстатах і т.д.

За отриманою «віртуальною» розміткою робиться реальна (фізична) розмітка вже безпосередньо на заготівлі ГВ. Нижче розглядаються окремі результати експериментальних досліджень виконання на декількох заготовках різних ГВ, вихідні 3D-моделі яких розглянуті в пункті 3.3.

Особливості вписування і розподіл припусків для 3-х лопастевого гвинта з 0,8 м.

Теоретична 3D-модель 3-х лопастевого гвинта показаний на малюнку 3.11 (а), а вихідна 3D-модель заготовки цього гвинта показана на малюнку 3.11 (б).

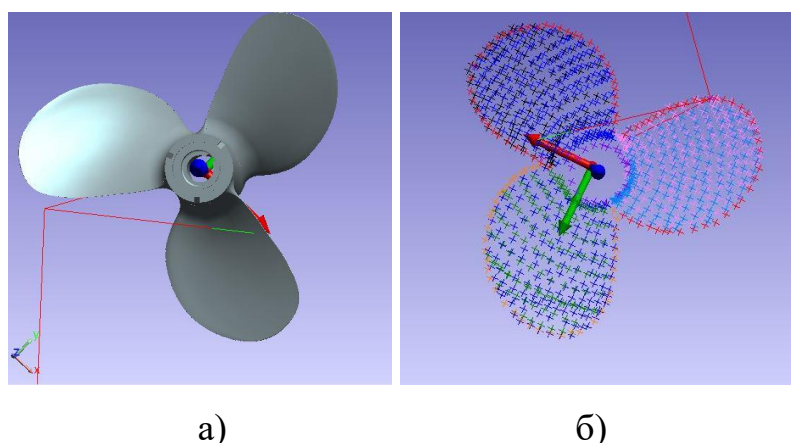


Рисунок 3.11 - Вихідні дані для виконання операції вписування:

а) теоретична 3D-модель 3-х лопастевого гвинта; б) повне вимірний хмара точок 3-х лопастевого гвинта

Процес вписування здійснюється за допомогою програми Analyser і виконується в наступній послідовності:

1) Запускається програма вписування в неї завантажуються всі необхідні вихідні дані: теоретична 3D-модель гвинта; основні елементи 3D-моделі заготовки; необхідні параметри вписування; допуски на припуски і т.д.;

2) Вказуються взаємозв'язку елементів теоретичної і експериментальної 3D-моделі, а так само основні поверхні за якими має здійснюватися поєднання.

Як показали експериментальні дослідження, якщо суміщення проводиться по всій поверхні включаючи Гольтер, маточини, підрізи, то програма вписування пакета Analyser намагається рівномірно розподілити на Гольтер і маточинах по всій поверхні гвинта, що в кінцевому підсумку погіршує якість вписування. При вказівці конкретних поверхонь які повинні бути суміщені програмою (наприклад: поверхні лопастей). Якість вписування і розподіл припусків виходить набагато краще.

3) Вручну проводиться суміщення теоретичної і експериментальної 3D-моделі так, щоб теоретична 3D-модель була правильно соєрінтірована і приблизно совмещелась з експериментальної 3D-моделлю;

4) Після чого запускається програма вписування пакета Analyser і в автоматичному режимі проводиться оптимізація відхилень за методом найменших квадратів. При цьому використовується інтерактивний метод послідовних наближень, число ітерацій може досягати до 50 кроків. Приклад вписування і розподіл припусків 3-х лопастевого гвинта показаний на рис. 3.12.

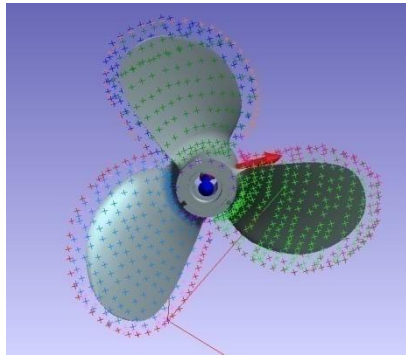
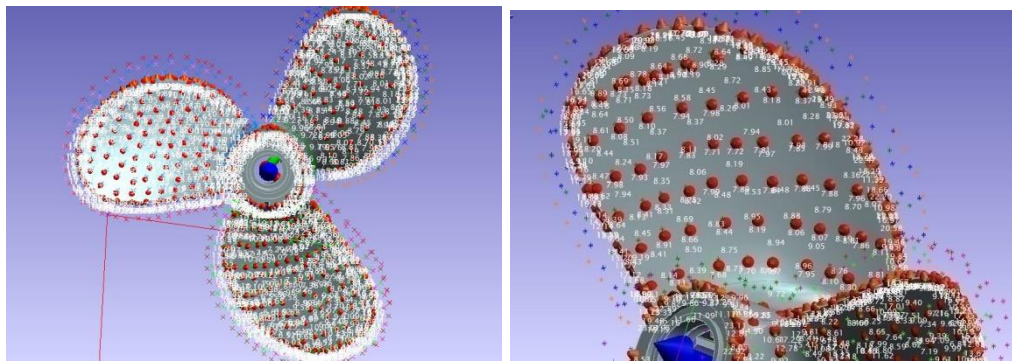


Рисунок 3.12 - Вписування 3-х лопастевого гвинта

5) Остаточний протокол вписування представляється у вигляді таблиці вписування і картини розподілу по всій поверхні гвинта, яка показана на рис. 3.13.



а)

б)

Рисунок 3.13 - Відхилення 3-х лопастевого гвинта: а) повна картина відхилень по всій поверхні заготовки; б) збільшений фрагмент відхилень на лопасті №1

б) Отримана таким чином картина відхилень і приймається рішення про придатність заготовки в подальший технологічний процес. Якщо відхилення великі або набувають від'ємних значень, то заготівля відправляється на виконання наплавлення додаткового металу в областях з негативними нахиленими або заготівля взагалі вибраковується;

7) Якщо розподіл припусків задовільний і прийнято рішення про її запуск в технологічний процес, то проводиться «віртуальна» розмітка заготівлі. Процес виконання «віртуальної» розмітки не розглядається.

Особливості вписування теоретичної 3D-моделі в експериментальну 3D-модель окремих лопастей на різних етапах виготовлення

Експериментальні дослідження по вписування і розподілу припусків на різних лопастях представлено на рис. 3.14. На рис. 3.15 зображений результат вписування лопасті і розподіл припусків, а на малюнку 3.16 показаний характер розподілу і колірна гамма відхилень з одного і з іншого боку.



Рисунок 3.14 - Теоретична 3D-модель однієї лопасті гвинта

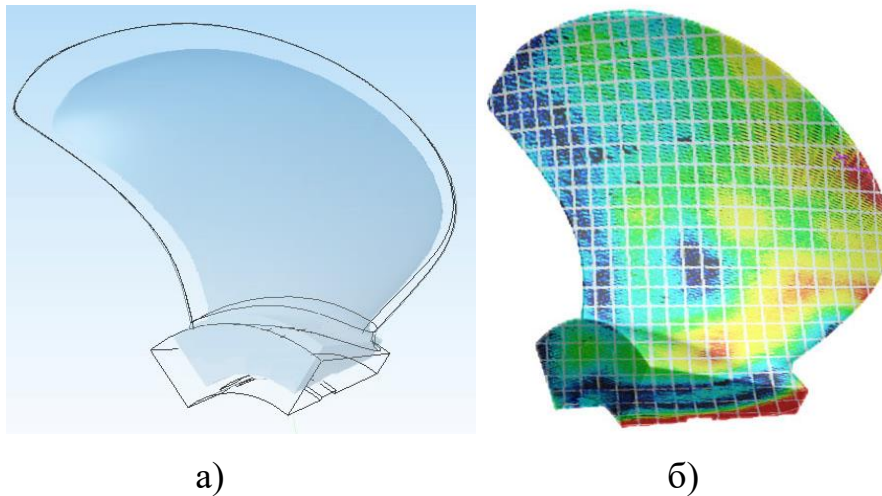


Рисунок 3.15 - Результат вписування і розподілу припусків на лопасті AZIPOD: а) вписування однієї лопасті гвинта; б) визначення відхилень

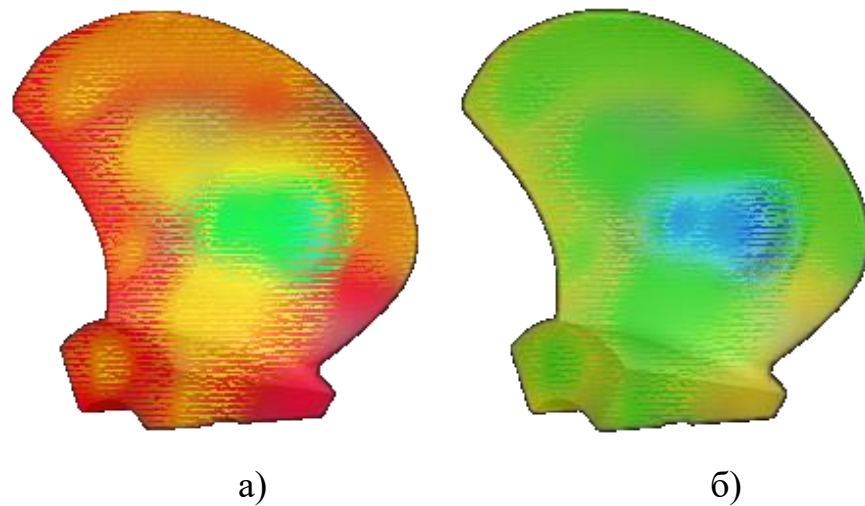
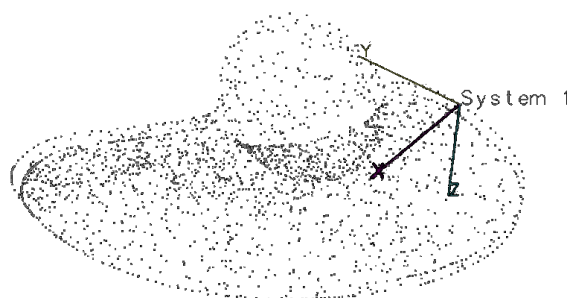
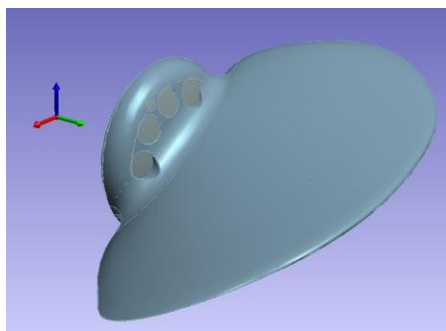


Рисунок 3.16 - Характер розподілу і колірна гамма відхилень на лопасті AZIPOD: а) нагнетательная сторона; б) засмоктуює сторона

Як видно з отриманих результатів характер розподілу припусків не зовсім рівномірний і припуску досягають значних відхилень до 25-30 мм. Області найбільших відхилень виходять за допустимі відхилення спостерігаються як на нагнетательной, так і на засмоктуює поверхні. При цьому синім кольором позначена область з негативними відхиленнями. У зазначеній галузі необхідно виконати додаткову наплавку металу з тим, щоб її можна було запустити в технологічний процес.

На рис. 3.17 (а) представлена теоретична 3D-модель лопасті ГВ «Сніговий Барс», а на рис. 3.17 (б) зображено хмара точок цієї ж лопасті. На рис. 3.18 представлено результат вписування твердотільної лопасті ГВ в заготовку (вилівок) лопасті. При цьому максимальні відхилення досягають 11-12 мм вказані тільки на окремих районах поверхні лопасті, інші відхилення не досягають 10 мм.



а)

б)

Рисунок 3.17 - Вихідні дані для виконання операції вписування:

а) теоретична 3D-модель лопасті; б) повне вимірний хмара точок лопасті

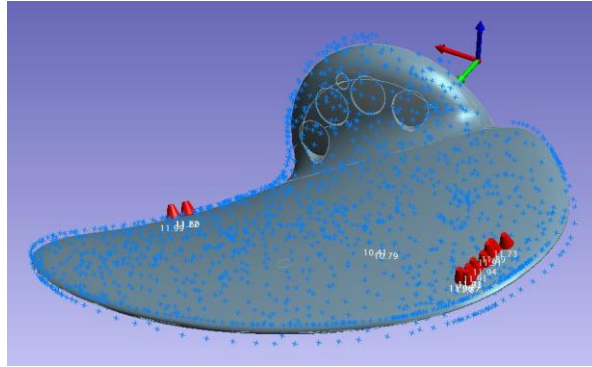


Рисунок 3.18 - Результат вписування твердотільної лопасті ГВ в заготовку лопасті

Аналіз результатів вписування показує характер розподілу припусків цілком прийнятний.

Оцінка точності визначення тривимірних координат поверхні стереофотограмметрической системою V-STARs

У вимірвальній СФГМС V-STARs використовуються дві високошвидкісні відеокамери DINAMO. З параметрів видно, що заявлена точність вимірювання для однієї камери (режим ФГМ, який використовується для створення драйвер-файлу) становить $8 \text{ мкм} + 8 \text{ мкм} / \text{м}$, для СФГМС (з двома відеокамерами) заявлена точність $16 \text{ мкм} + 16 \text{ мкм} / \text{м}$ на видалення.

Отже, заявлена точність вимірювань СФГМС на видалення до 3-5 м становитиме близько $100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$.

В реальних умовах вимірювання на точність вимірювань можуть впливати найрізноманітніші чинники:

1) Точність визначення координат на плоских знімках і ідентифікація світловідбивних або світяться точок. При цьому параметри ідентифікації

вимірюваних точок можуть змінюватися в програмі V-STARS шляхом вимірювання відповідних установок (в даний час нами використовуються установки за рекомендацією виробника);

2) Відстань і умови стереозйомки, а так же відсоток перекриття знімків стереопари, які так само можна міняти шляхом відповідності орієнтації камер;

3) Якість створення драйвер-файлу, за допомогою якого і проводиться масштабування вимірювач

ного простору;

4) Якість підготовки контрольованої поверхні заготовки і т.д.

З урахуванням зазначених факторів точність вимірювання тривимірних координат від заявленої точності.

У зв'язку з цим проведено експериментальні дослідження з оцінки точності вимірювань. Дослідження проводилися двома способами:

1) З використанням спеціально-контрольного калібру 515-727 (довжиною 1 м);

2) З використанням високоточної вимірювальної системи токарно-копіювального верстата.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління

Питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розглянуті для етапу проектування й розробки системи аналізу та візуалізації кліматичних даних.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового експерта з охорони праці. Завдання охорони праці – звести до мінімуму ушкодження та захворювання працівника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Основними цілями охорони праці є формування в спеціалістів необхідних знань і практичних навичок по правових і

організаційних питаннях охорони праці, виробничій санітарії, техніці безпеки, пожежній безпеці.

4.2. Загальна характеристика приміщення і робочого місця

Розробка системи аналізу та візуалізації виконується в приміщенні, яке знаходиться на четвертому поверсі восьмиповерхового будинку з загальним та місцевим освітленням. В приміщенні одностороннє освітлення, вікна орієнтовані на схід, на вікнах є ролети. Стеля білого кольору з коефіцієнтом відбиття 0,7, стіни цегляні світлого кольору з коефіцієнтом відбиття 0,5. В приміщенні працює 4 людини, відповідно до цього отримуємо вхідні дані для аналізу потенційно-небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вхідні дані

Параметри приміщення	Значення
Довжина x ширина x висота	6,6 x 6,1 x 2,7 м
Площа	40,26 м ²
Об'єм	108,70 м ³
Номер робочого місця	Специфіка роботи
I робоче місце	Front-end програміст (спеціаліст з розробки клієнтської частини веб- застосунків)
II робоче місце	Back-end програміст (спеціаліст з розробки серверної частини веб застосунків та проектування баз даних)
III робоче місце	Бізнес-аналітик (також виконує роль менеджера продукту)
IV робоче місце	UI-UX веб-дизайнер
Технічні засоби (кількість)	Назва та характеристики
Монітор (4 шт.)	HP 22Xi/21,5"/1920x1080px/IPS
Комп'ютер (4 шт.)	HP ProBook 440 G6, екран 14" IPS (1920x1080) Full HD, Intel Core i7-8565U (1.8 - 4.6 ГГц)/RAM 16 ГБ/SSD 256 ГБ
Підлоговий кулер (1 шт.)	CRYSTAL YLR3-5V208
Кондиціонер (1 шт.)	DEKKER DSH105R/G/26м ² /2,65кВт-

	2,9кВт/25x74,5x19,5см/9 кг
Світильники загального призначення (3 шт.)	Світильник растровий вмонтований 4x18W
Світильники місцевого призначення (4 шт.)	DeLux Décor TF-05 / 1 x 40Вт

Згідно НПАОП 0.00-7.15-18 [14] площа S' , виділена для одного робочого місця з персональною ЕОМ, повинна бути не менше 6 м^2 і об'єм – не менше 20 м^3 . У приміщенні розташовано 4 робочі місця, що повністю відповідає необхідним нормам.

Розрахуємо фактичні значення цих показників, розділивши об'єм приміщення та загальну площу на кількість працюючих.

Отже, виходячи з отриманих результатів за характеристиками площі та об'єму, приміщення відповідає нормам.

Таблиця 4.2

Характеристики робочого місця

№	Найменування параметру	Значення	
		фактичне	нормативне
1.	Висота робочої поверхні, мм	780	680 – 800
2.	Ширина робочої поверхні, мм	1500	не менше 600
3.	Глибина робочої поверхні, мм	750	не менше 600
4.	Висота простору для ніг, мм	750	не менше 600
5.	Ширина простору для ніг, мм	800	не менше 500
6.	Глибина простору для ніг, мм	750	не менше 450
7.	Висота поверхні сидіння, мм	480	400 – 500
8.	Ширина сидіння, мм	500	не менше 400
9.	Глибина сидіння, мм	500	не менше 400
10.	Висота опорної поверхні спинки, мм	550	не менше 300
11.	Ширина поверхні спинки, мм	470	не менше 380
12.	Довжина підлокітників, мм	300	не менше 250
13.	Ширина підлокітників, мм	60	50 – 70

14.	Відстань від очей до екрану, мм	650	600 – 700
-----	---------------------------------	-----	-----------

Можна зробити висновок, що розміри робочого місця програміста відповідають встановленим нормам, виходячи з заданих параметрів.

4.3. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочому місці

При створенні системи аналізу та візуалізації робота виконується сидячи без фізичних зусиль, тому відноситься до категорії легка Іа.

Приміщення для роботи мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до ДБН В.2.5-67:2013. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, вмісту шкідливих речовин відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99, ГН 2152-80, ГОСТ 12.1.005-88, ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 та ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006. Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних місцях та зонах обслуговування приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати чисте свіже повітря.

Джерелами шуму в приміщенні є вентилятор системного блоку, ноутбуку та кондиціонер. Звук, що створюється вентилятором та кондиціонером, можна класифікувати як постійний.

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 робота відноситься до розряду зорових робіт. Передбачається використання природного, штучного та змішаного освітлення.

ЕОМ є однофазним споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220В від мережі із заземленою нейтраллю. IBM PC відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання, всі

струмопровідні частини знаходяться в кожухах. За способом захисту людини від ураження електричним струмом, ЕОМ і периферійна техніка повинні відповідати 1 класу захисту.

Технічні методи захисту від ураження струмом зводиться до застосування струму безпечної напруги, захисту у випадку випадкового доторкання до струмоведучих частин і від надмірних струмів, захисту у випадку переходу напруги на неструмоведучі металеві частини установки.

Безпечну напругу одержують від сітки підвищеної напруги (110-120 В) за допомогою знижувальних трансформаторів.

Захисту від доторкання до струмоведучих частин установки досягають за допомогою ізоляції, відгородження застосування блокуючих пристроїв запобіжної сигналізації та неприступності розташування установок.

Розподільні щитки поміщають у закриті металеві кожухи-ящики.

Запобіжну сигналізацію застосовують у вигляді плакатів і надписів. Найкращими світловими сигналізаціями є подвійні, яких при наявності напруги горить червона лампочка, а при її відсутності - зелена.

Захист від надмірних струмів – короткого замикання і струмів перевантаження, які можуть спричинити займання ізоляції, здійснюється запобіжниками й автоматичними вимикачами, а захист від переходу напруги на струмоведучі частини за допомогою захисного заземлення і захисного вимикання.

Запобігання пожежі досягається виключенням утворення джерел загорянь і горючого середовища.

В цьому приміщенні можливі пожежі таких класів: А – горіння твердих речовин, Е – горіння електроустановок під напругою.

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Великі аварії і катастрофи можуть призвести до загибелі людей і завдати відчутної шкоди. Тому забезпечення безаварійної роботи на підприємстві потрібно розглядати як важливе завдання, що вимагає уваги керівників усіх рівнів та інженерно-технічного персоналу. Аварії можуть відбутися в результаті стихійних лих, допущених прорахунків у проектуванні, будівництві й устаткуванні підприємств; введення в експлуатацію об'єктів з великими недоробками і відступами від проектів; прийняття в експлуатацію вентиляційних систем без випробування їх на ефективність роботи; недоробок з техніки безпеки й охорони праці; незадовільного оснащення контрольно-вимірною, захисною, блокуючою апаратурою і недостатньої герметичності технологічного устаткування. Вони можуть бути також наслідком технологічних процесів, несправності електропроводки та відсутності надійних систем пожежогасіння.

Кожна конкретна аварія викликається сукупністю ряду причин і несприятливих факторів у результаті низького рівня обізнаності персоналу, допущеної недбалості, порушені правил техніки безпеки. Вивчення причин аварій і всебічна оцінка ступеня небезпеки дозволяють правильно визначити заходи щодо їх попередження, передбачити необхідні заходи захисту людей і зниження збитків.

Основними заходами щодо ліквідації наслідків великих аварій є: оповіщення про небезпеку робітників та службовців; комплексна розвідка об'єкта, на якому відбулася аварія; порятунок людей з-під завалів, зі зруйнованих і пошкоджених будинків та споруд; надання медичної допомоги постраждалим і евакуація їх у лікувальні установи; гасіння пожеж; локалізація аварій на комунально-енергетичних мережах, які перешкоджають веденню рятувальних робіт; улаштування проїздів і проходів до місць аварії; обвалування нестійких конструкцій, розбирання завалів, демонтаж збереженого устаткування, якому загрожує небезпека.

Швидке проведення рятувальних робіт і оперативна ліквідація наслідків аварії вимагають значних сил і засобів, для цих цілей залучаються спеціальні та територіальні формування загального призначення.

Рятувальні роботи в місцях аварії проводяться в умовах загазованості, а при пожежах – задимленості і високих температур, щоб забезпечити безперервність роботи з наростаючим темпом, ресурси поділяють на зміни і виділяють резерви.

Рятувальні роботи та допомога потерпілим організуються негайно після виникнення аварії. До місця аварії першими повинні прибувати протипожежні команди, підрозділи міліції, машини швидкої медичної допомоги.

Ліквідація наслідків аварії може здійснюватися одночасно на всьому об'єкті чи на окремих ділянках у тих випадках, коли мається достатня кількість сил і засобів, роботи проводяться відразу на всій площі. Якщо сил недостатньо, роботи повинні проводитися послідовно, в першу чергу їх починають там, де необхідно надати допомогу людям, і на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається постраждалим, які знаходяться в стані шоку, а також звільненим з-під завалів і уламків. Витягування людей з-під великих завалів здійснюється з дотриманням заходів безпеки, їм надається невідкладна медична допомога з наступною евакуацією в лікувальні установи.

Для організації робіт з ліквідації наслідків аварій і катастроф на об'єкті створюється постійно діюча надзвичайна оперативна група під керівництвом головного інженера. У надзвичайних умовах вона працює під загальною координацією районної (міської) надзвичайної комісії.

Ліквідація наслідків аварії проводиться в чотири етапи:

1. Вживання екстрених заходів (попередня оцінка обстановки, надання допомоги потерпілим, вживання екстрених заходів по захисту

робітників, службовців, населення, локалізація аварії та організація розвідки).

2. Оперативне планування (розвідка, уточнення обстановки, розрахунок необхідних сил і засобів, оцінка масштабів збитків, планування робіт з ліквідації наслідків аварії).

3. Рятувальні роботи (розшук потерпілих, їх витягування з-під завалів, з палаючих будинків, евакуація людей із зони аварії, надання першої медичної й інших видів допомоги постраждалим).

4. Ліквідація наслідків (заходи щодо створення умов для забезпечення життєдіяльності населення в районі аварії, відновлення функціонування).

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проектування отримані наступні основні результати:

1) Виконано аналіз типового технологічного процесу виготовлення гребних гвинтів і особливостей роботи контрольно-вимірювальної апаратури при виконанні вимірювальних і розмічальних операцій. На підставі цього аналізу сформовані основні вимоги до контрольно-вимірювальної системи;

2) Розглянуто безконтактні методи контролю геометрії сложнопрофільних конструкцій і обрана найбільш оптимальна V-STARs, яка дозволяє автоматизувати окремі трудомісткі операції при виготовленні гребних гвинтів;

3) Розглянуто теоретичні основи та методика отримання цифрових 3D-моделей заготовок елементів гребних гвинтів на різних етапах виготовлення, а так само особливостей вписування теоретичної 3D-моделі в 3D-модель заготовки;

4) Виконано і систематизовано обсяг експериментальних досліджень використання V-STARs на початкових етапах технологічного процесу виготовлення гребних гвинтів. Зокрема: отримані дані по суцільнолитим гребним гвинтам трьох різновидів, а так само експериментальні дані по отриманню цифрових 3D-моделей лопатей великогабаритних гребних гвинтів;

5) За отриманими результатами дослідження встановлено, що найбільш доцільним є отримання стаціонарного драйвер-файлу безпосередньо на місцях обробки заготовок. Це істотно скорочує тривалість циклу виготовлення гребних гвинтів;

7) Проведена експериментальна оцінка похибки вимірювань за допомогою V-STARs. При цьому встановлено, що середня похибка на видалення від конструкції 3-4 м не перевищує 0,1 мм; 0,2 мм, що задовольняє сучасним вимогам до точності контрольно-вимірювальних приладів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Информатизация технологического оборудования судового машиностроения/[М.А. Бызова и др.]; под общ. ред. В.И.Малыгина, Архангельск, 2014г. – 200с.
6. Комплект документов на технологический процесс изготовления лопасти гребного винта AZIPOD 7104MP-427-504 – 24с.
7. Лаптева Е.Н. Автоматизированная система управления технологическим процессом распределения припусков/ Е.Н. Лаптева, В.А. Рогов // Проблемы корабельного машиностроения/ Севмашвтуз, вып.3, 2004г. – 57с.
8. Лаптева Е.Н. Автоматизированная система управления технологическим процессом распределения припусков (на примере гребных винтов): дис. канд. техн. наук/ Е.Н. Лаптева, 2004г. – 170с.
9. Проспект фирмы Geodetic Services (США) – 6с.

10. Путьнин Е.П., Аверин С.А. Обработка изображений в робототехнике. М. Машиностроение, 1990г. – 320с.
11. Сердюков В.М. Фотограмметрия, Москва «Высшая школа», 1983г. – 251с.
12. Сердюков В.М. Фотограмметрия в промышленности и в гражданском строительстве, Москва «Недра», 1977г. – 245с.

