



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) Дослідження руйнування
 (вказати тему дипломного проекту (роботи))
робочих поротнистий лопатой РТК-101

Студент Козіка Т.ОСпеціальність 131 Прикладна металіка група Мз-113мОбсяг проекту (роботи) новий

Кількість аркушів креслення _____

Кількість сторінок пояснювальної записки 63

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень В роботі
проведено дослідження руйнування робочих поротни-
стий лопатой РТК-101. Виконавцею роботи
було з'ясувати металоматеріали яких корозії протис-
ловий РТД. Відслідкувати роботу в те, що полегшує
робочий лопатой гідравлічний турбін РТК-101

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню продат
відповідно до завдання

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

Робота виконана добре, кожен з розділів викона-
дено у повному обсязі, зміст роботи, анімації
і висновки відповідають останнім досягненням
науки і техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) І записки
наведено лише емплі для виробничих, в той час
як не показано циліндр для виробничих,
що не дає змогу в повному обсязі дати оцінку
турбінним результатам

д) позитивні особливості систематизовані типи корозії
промислових ПТД, зроблено аналіз можливих причин
руйнування робочих проміслом компанії ПТК-101.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту
(роботи) Графічне оформлення записки має деякі
зауваження, проте вони суттєво не знижують
загальної якості роботи

є) відгук про роботу загалом робота є цілісною структуро-
ною та виконано на добрий рівень, висновки в достат-
ку мають постановити зазначити

ж) інші зауваження незначні програмні помилки

з) оцінка проекту (роботи) зважаючи на вище викла-
дені позитивні аспекти роботи, вона заслуговує
оцінки „добре“

Рецензію склав ст. викладач кафедр ТПМБ ЗНТУ Тереманів А.І. Терем
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

« 10 » 12 20 18 р.

[13:51:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №132 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:51:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №137 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:51:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №142 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:52:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №82 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:52:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №147 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:56:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №152 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:56:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №157 [2] (200054 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:56:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №162 [2] (200049 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:56:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №167 [2] (200047 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:57:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №172 [2] (200062 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:57:30] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №177 [2] (200063 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:57:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №182 [2] (200063 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:58:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №187 [2] (200047 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:58:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №192 [2] (200059 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:58:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №197 [2] (200059 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[13:58:37] Тип проверки: *Стандартная*

[13:58:37] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно!** (Обнаружено ошибок: 27%)

[13:58:37] **Уникальность текста 96%**[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Козіна Т.О., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.



06.12.2018р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технології машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

ступінь вищої освіти(освітній ступінь)

на тему Дослідження руйнованих робочих порожнистих лопаток
ГТК-10I

групи Мз-113м

Виконав: студент 6 курсу,

напряму підготовки (спеціальності)

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Козіна Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кононов В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Гермашев А.І.

(прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

Інститут, факультет _____
 Машинобудівний _____
 Кафедра _____ Технологій машинобудування _____
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Другий
 (магістерський) _____
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
 (шифр і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ

С.І. Дядя

“ _____ ” _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Козіна Тетяна Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження руйнованих робочих
порожнистих лопаток ГТК-10I

Керівник проекту (роботи) Кононов В.В., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26 ” 11 2018
 р. № 372

Строк подання студентом проекту

(роботи) _____ грудень _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Робочі лопатки

2. Програма досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Мета і завдання дослідження . 2. Матеріал і методика дослідження . 3. Дослідження руйнованих робочих порожнистих лопаток ГТК-10І. 3.1 Металографічні дослідження. 3.2. Дослідження механічних властивостей сплавів 4. Охорона праці та безпека в 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	завдання прийняв
Науково-дослідний	Кононов В.В., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Шмирко В.І., доцент		
Нормоконтроль	Патюпкін А.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 17 січня 2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Вивчення матеріалу та методик дослідження</i>	12.02.2018	

2.	<i>Виготовлення зразків для випробувань</i>	15.04.2018	
3.	<i>Випробування механічних властивостей</i>	20.08.2018	
4.	<i>Вивчення структурних перетворень</i>	25.09.2018	
5.	<i>Аналіз отриманих результатів</i>	17.10.2018	
6.	<i>Вивчення пошкоджень поверхонь лопаток</i>	06.11.2018	
7.	<i>Оформлення документації</i>	13.11.2018	
8.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	02.12.2018	
9.	<i>Захист роботи</i>	10.12.2018	

Студент _____ Козіна Т.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Кононов В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 63 стор., 3 табл., 19 рис., 42 джерела.

Об'єкт дослідження – робочі лопатки турбіни високого тиску ГТК-10І.

Метою роботи є дослідження руйнованих робочих порожнистих лопаток ГТК-10І.

Методи дослідження - металографічний, мікрорентгеноспектральний. Порівняльні короточасні і тривалі випробування механічних властивостей до і після експлуатації.

В ході роботи показано, що на профільних поверхнях зруйнованих лопаток не виявлено слідів циклічного або термоциклічного розвитку тріщин. Топографія зламів характерна руйнуванню при силовій дії, що досягає межі міцності матеріалу.

Дослідження структур і властивостей зразків, вирізаних з профілів лопаток підтверджують неможливість їх спонтанного руйнування із-за зниження несущої здатності метала до моменту експлуатації.

ЖАРОМІЦНИЙ СПЛАВ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА,
 ВИСОКО-ТЕМПЕРАТУРНА КОРОЗІЯ, ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ,
 МІКРОСТРУКТУРА, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ДОВГОВІЧНІСТЬ,
 СТРУКТУРНА СТАБІЛЬНІСТЬ, СКЛАД ФАЗ.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів.....

Вступ

1 Аналіз літературних джерел.....

1.1 Типи корозії промислових ГТД.....	
1.1.1 Низькотемпературна корозія.....	
1.1.2 Високотемпературна корозія.....	
1.1.3 Високотемпературне окислення.....	
Висновки.....	
2 Матеріали і методика дослідження	
2.1 Матеріали дослідження	
2.2 Металографічні дослідження.....	
2.3 Оцінка механічних властивостей сплавів.....	
2.4 Мікрорентгеноспектральний аналіз (МРСА) фаз.....	
2.5 Оцінка високотемпературної корозійної стійкості.....	
Висновки.....	
3 Дослідження руйнованих робочих порожнистих лопатокГТК-10І.....	
3.1. Металографічні дослідження.....	
3.2 Дослідження механічних властивостей.....	
Висновки	
4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	
Загальні висновки.....	
Перелік	
посилань.....	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ВТК – високотемпературна корозія
ГОСТ – Державний стандарт
ГТК – газотурбінний компресор
ГТУ – газотурбінна установка
ГПА - газоперекачуючі агрегати
ЖНС- жароміцний нікелевий сплав
ЗПк – захисні покриття
ЗМІ – Запорізький машинобудівний інститут
ЄП-Пк – електронно-проміневе покриття
КВМ – коефіцієнт використання матеріалу
МРСА – мікрорентгеноспектральний аналіз
СНД – союз незалежних держав
СНиП – система норм та правил
ТВТ – турбіна високого тиску
ТМБ – технологія машинобудування
ТО – термічна обробка
ТП – технологічний процес
Пк – покриття
ЦКТІ – центральний конструкторсько-технологічний інститут
ХТО – хіміко-термічна обробка

ВСТУП

Актуальність теми. Газопроводи України більш ніж на 80% застосовують імпортні газоперекачуючі установки ГТК-10I та ГТК-25I виробництва фірми «General Electric». Підвищення техніко-економічних характеристик сучасних газотурбінних установок (ГТУ), їх експлуатаційна надійність та ресурс пов'язані з надійністю найбільш тяжконавантажених деталей, насамперед, робочих лопаток ГТУ.

Один з видів пошкоджень лопаток, які знижують експлуатаційну надійність ГТУ є корозійний вплив продуктів згоряння газотурбінного палива.

Останнім часом для виготовлення лопаток газових турбін, які працюють в умовах високих температур і напружень в агресивних середовищах, застосовують жароміцні нікелеві сплави з високими фізико-механічними властивостями, стабільністю структури при робочих температурах [1-7].

Проте при тривалому напрацюванні в умовах оксисульфідній корозії відбувається зниження службових властивостей металу, що призводить до обмеження їх ресурсу експлуатації.

Підвищення корозійної стійкості лопаток може бути отримане різними засобами, що включають вдосконаленням хімічного складу

сплавів, застосуванням захисних покриттів, здійсненням конструкторських і експлуатаційних заходів тощо.

Мета і завдання дослідження. Основною метою роботи було дослідження руйнованих робочих порожнистих лопаток ГТК-10І.

Для досягнення цілі необхідно було вирішити наступні задачі:

- дослідити особливості корозійного пошкодження порожнистих робочих лопаток газових турбін ГТК-10І ;
- систематизувати типи корозії промислових ГТД;
- провести дослідження руйнованих робочих порожнистих лопаток;
- надати висновки щодо можливих причин руйнування робочих

порожнистих лопаток ГТК-10І.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Конструктивні елементи газотурбінних установок (ГТУ) в процесі експлуатації схильні до, як правило, дії декількох видів навантажень, кожен з яких викликає характерний йому вид ушкодження. Так, на робочі і напрямні лопатки ГТД і ГТУ діють напруги, що визначаються комплексом статичних, вібраційних і циклічних (в загальному випадку) температурних навантажень.

Наприклад, на профільну частину робочої лопатки турбіни в сталому робочому режимі діють статичні напруги від відцентрових і газових сил, що досягають 200 МПа [1, 2]. Внаслідок температурного градієнта, усталеного в перетинах лопатки, в матеріалі виникають термічні напруги статичного характеру.

Одночасно матеріал лопатки схильний до дії високочастотних

циклічних напружень, обумовлених вібрацією лопаток. Рівень цих напруг визначається конструктивними та експлуатаційними чинниками і може становити 100 МПа, а сумарні (еквівалентні) - 150 МПа [1, 2].

Напружений стан матеріалу лопатки ускладнюється перехідними режимами роботи турбіни, що характеризуються відносно різькою і значною зміною температури газів (зокрема, пуск і останов). Зміна температури на окремих етапах складає $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ [2, 3].

На пошкодження, спричинені, відповідно, статичними, втомні і термосталостними навантаженнями, накладається вплив робочого середовища, під дією якої протікають корозійні процеси.

Основними факторами, що визначають швидкість корозійного пошкодження, є корозійні властивості робочого середовища і температура газів на вході в турбіну при експлуатації ГТД.

Практично всі роботи, присвячені вивченню процесів корозійного руйнування, особливу увагу акцентують на присутність в паливі сполук лужних металів, ванадію, свинцю [1, 4, 5]. Основним джерелом шкідливих домішок є паливо, яке використовується в якості робочого середовища. Природній газ, який використовується в якості палива газових турбін, містить сірку - основну корозійно-активну домішку у вигляді сірководню і меркаптанової з'єднань в досить великих кількостях. Наприклад, об'ємний вміст сірководню в природному газі Оренбурзького родовища 1,5 ... 4,5% [6].

Вплив температури газу на швидкість оксисульфидної корозії розглядаються різними авторами неоднозначно [7, 8, 9-11]. Наприклад, в роботі [8] вказується на безперервне посилення оксисульфидної

корозії при підвищенні температури. Відзначається прояв цього процесу тільки в інтервалі температур 750...950 °С [9], про наявність температурного максимуму при 750 °С [10], або при 650...750 °С [11], або при 850...1000 °С [7]. Експериментальні дані підтверджують тенденцію збільшення окисульфідної корозії при підвищенні температури, обумовлену хімічними і фізико-хімічними процесами.

Узагальнюючи викладене, слід зазначити необхідність розгляду взаємодії матеріалу лопаток з потоком продуктів згорання палива, що містить корозійно-активні домішки.

1.1 Типи корозії промислових ГТД

Корозія є мимовільний процес втрати основних властивостей металу в результаті фізико-хімічної взаємодії з середовищем [12]. У літературі зустрічається цілий ряд термінів, що визначають в принципі одні і ті ж процеси високотемпературної корозії: "газова корозія" [13], "високотемпературна" і "гаряча корозія" [14-16], "сульфидування" [17, 18], "окисульфідна корозія" [19] та ін. Найчастіше розглядається таке поняття, як високо температурна корозія (ВТК). ВТК визначається як прискорене, часто катастрофічне роз'їдання виробів з жароміцних сплавів в потоці продуктів згорання палива, корозионноактивні домішки (сірка, натрій, ванадій та ін.), що містить, або в морських умовах. Ця форма роз'їдання особливо сильна при температурах 700...1000 °С, що визначається термодинамікою і хімією протікаючих реакцій [14].

Питанням механізму ВТК, методам корозійних досліджень,

впливу легування на корозійну стійкість, механізмам утворення відкладень на лопатках присвячені оглядові роботи П. Хэнкока [20], Ж. Гобеля [21], Ж. Стриджера [22]. Проблеми ВТК відбиті в монографіях В.И. Нікітіна [1], Ф.Ф. Химушина [23], П.Т. Коломицева [4].

На підставі аналізу літературних джерел, можна виділити три типи корозії, що зустрічаються в промислових ГТД :
низькотемпературна корозія, високотемпературна корозія і окислення [5].

1.1.1 Низькотемпературна корозія

Низькотемпературна корозія (іменована корозією типу II) виділена в окремий вид корозії в останні 30 років. У певних умовах цей вид корозії дуже агресивний. Він спостерігається при температурах 600...760 °C і істотному парціальному тиску SO₃ [24, 25].

Цей тип корозії обґрунтовується наявністю у складі продуктів корозії евтектичних складових з низькою температурою плавління (наприклад, Ni - Ni₃S₂, температура плавління - 645 °C) [26, 27], що утворюються в результаті з'єднання сульфату натрію з основою сплаву.

Цей тип корозії відрізняється від будь-якого іншого виду. Він проявляється в нерівномірному роз'їданні поверхні без изменеия що пролягає нижче метала.

Характерна морфологія, що показує сліди дії типової низькотемпературної корозії : пориста шарувата окалина і незначний зміст (чи повна відсутність) сульфідів основного метала, зображена на

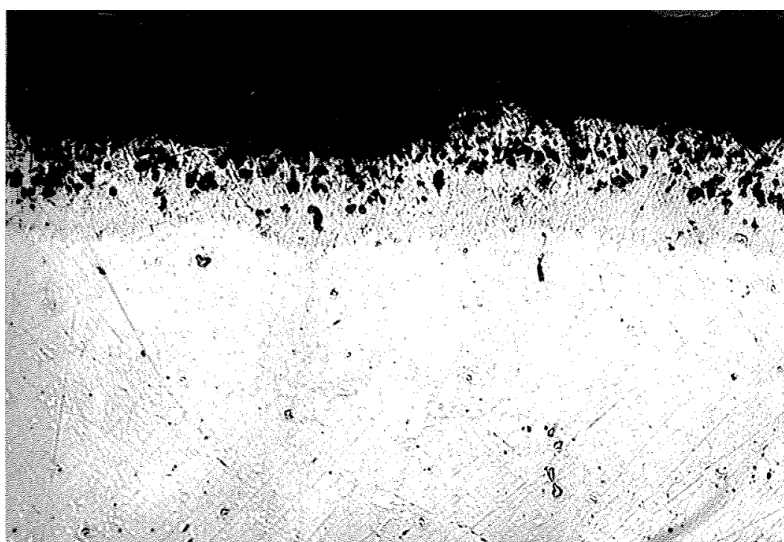
рисунку 1.1.

Швидкість поширення корозії цього типу рівна або перевищує швидкості поширення інших типів корозії [27].

1.1.2 Високотемпературна корозія

Високотемпературная корозія, відома як тип I, була виявлена на поверхні деталей проточної частини ГТД ще в 50-х роках минулого століття. Це корозія надзвичайно швидкої дії, викликається наявністю таких шкідливих домішок, як натрію і калію. Вона має місце при температурах 800...980 °С [28- 30].

Цей тип корозії обумовлений з'єднанням лужних металів з сіркою і киснем, що міститься в паливі, утворюючи сульфати натрію і калію. Солі лужних металів, потрапляючи на поверхню робочих лопаток,



x 300

Рисунок 1.1 – Морфологія низькотемпературної корозії

руйнують захисний оксидний шар і не дає йому відновлюватися. В результаті сера безперешкодно проникає в основний метал, викликаючи сульфідацію і швидке руйнування метала.

Вона характеризується утворенням на поверхні метала пористої окалини, вимиванням алюмінію і хрому з основи і утворенням в цих зонах внутрішніх сульфідів, багатих хромом і титаном.

Морфологія типової високотемпературної корозії : наявність пористої окалини на поверхні і внутрішньогранульних сульфідних часток в основному металі, приведена на рисунку 1.2.

1.2.3 Високотемпературне окислення

Окислення метала спостерігається при з'єднанні атомів кисню і атомів метала з утворенням оксидів. Чим вище температура, тим швидше йде цей процес. Кисень дифундує вглиб основи, утворюючи прочні оксиди. Це явище відоме під назвою внутрішнього окислення [4].

Механізм цього типу корозії залежить від складу сплаву, від середовища, в якому відбувається окислення, і її температури.

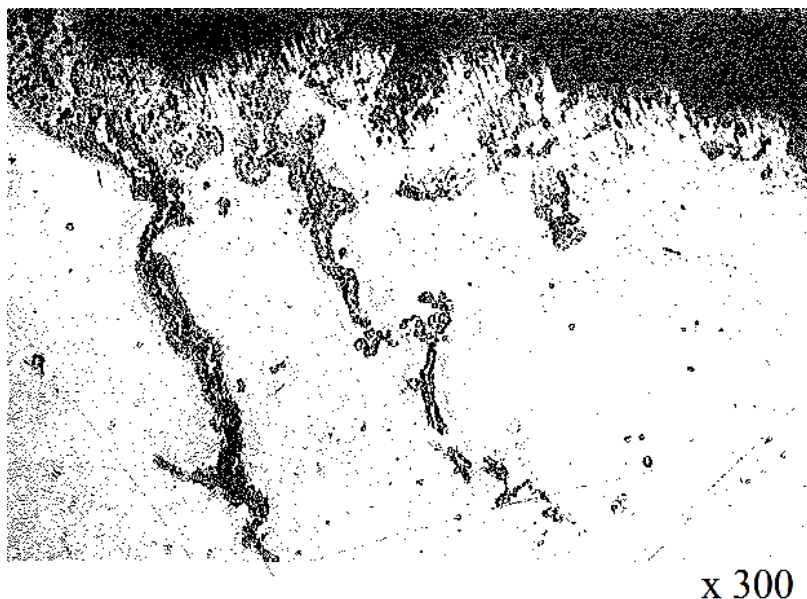


Рисунок 1.2 – Морфологія високотемпературної корозії

Дуже сильне окислення сплавів відбувається при температурах вище $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, якщо на поверхні не передбачений бар'єр до дифузії кисню [31]. Такий бар'єр забезпечується оксидом алюмінію, який утворюється на поверхні жароміцного сплаву при значному вмісті алюмінію для утворення захисної оксидної плівки Al_2O_3 , випробовують прискорене окислення у присутності розпавленої солі Na_2SO_4 із-за протікаючих реакцій розчинення Al_2O_3 по кислотному або основному механізму [21, 32].

Вказані типи корозії роблять усі, без виключення, жароміцні сплави, вживані для виготовлення робочих лопаток ГТД, невразливими при впливі окисульфідної корозії.

При розгляді корозійного пошкодження деталей газових турбін, вся увага акцентується на поверхню, яка безпосередньо стикається з газовим потоком.

Ця концепція абсолютно вірна при використанні суцільних

деталей. З використання полегшених, тобто порожнистих лопаток ГТУ, перш за все 1-го ступеня турбін, вона вимагає всебічного (комплексного) підходу в розгляді корозійних пошкоджень.

Відмітимо деякі закономірності, прийнятні при розгляді загального механізму оксисульфидної корозії внутрішньої порожнини порожнистих деталей ГТУ.

Найбільш важливим агресивним компонентом вважається сульфат натрію у вигляді конденсату [33] чи у вигляді суміші пари Na_2SO_4 з продуктами згорання [34].

При цьому сірка, що виділяється при взаємодії сульфату натрію і нікелю, дифундує через початковий шар оксиду нікелю і утворює сульфід [35]. Утворення евтектики $\text{Ni} - \text{Ni}_3\text{S}_2$ з низькою температурою плавлення веде до порушення захисної плівки оксидів. Надалі відбувається розвиток автокаталітичного процесу з утворенням і окисленням евтектики [36].

Таким чином, комплексній підході в аналізі корозійного руйнування диктує насущну необхідність захисту не лише зовнішньої, але і внутрішньої поверхні профільної частини порожнистих лопаток ГТУ.

Висновки

Високотемпературна корозія обумовлена з'єднанням лужних металів з сіркою і киснем, що міститься в паливі, утворюючи сульфати натрію і калію.

Солі лужних металів, потрапляючи на поверхню робочих лопаток, руйнують захисний оксидний шар і не дає йому відновлюватися. В

результаті сірка безперешкодно проникає в основний метал, викликаючи сульфідацію і швидке руйнування метала.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали дослідження

ЗМІ-ЗУ	0,11	13,2	5,0	3,4	4,8	0,9	7,3	-	-	-	осн.	-	-	-	0,015
ЧС70	0,09	15,8	10,7	2,8	4,6	2,0	5,5	0,2	-	-	осн.	-	-	0,050	0,020

2.2 Металографічні дослідження

Дослідження мікроструктури зразків проводили на нетруєних і труєних мікрошліфах, площа яких орієнтована по нормалі до поверхні на світловому оптичному мікроскопі "Olympus IX - 70" з цифровою відеокамерою "ExwaveHAD color video camera Digital Sony" при збільшеннях x200, x500, x1000. Мікроструктуру виявляли за допомогою того, що труїть поверхні шліфів реактивом Марбле [3] - CuSO_4 - 4 г, HCl - 20 мл, вода - 20 мл по режиму: труїть 10-15 секунд, промивання водою, сушка гарячим повітрям.

Для виявлення γ' - фази використали реактив CuSO_4 - 20 г, H_2SO_4 - 5 мл, решта H_2O , щільність струму - 500 A/m^2 .

Для виявлення карбідів, бориду, нітриду використали реактив NaF - 30 г, HCl - 100 мл, лимонна кислота - 100 г, H_2O - 1000 мл, щільність струму - 200 A/m^2 .

Для ідентифікації σ - фази і карбідів типу M_6C , що мають схожу голчасту морфологію, проводили те, що кольорове, що труїть за допомогою реактиву: червона кров'яна сіль - 10 г, NaOH - 10 г, H_2O - 100 мл, щільність струму 500 A/m^2 . При цьому σ - фаза забарвлювалася у бурий колір, а подвійні карбіди - в чорний. Дослідження тонкої структури (морфології і складу фаз) сплавів N - 155 і ЗМІ- 11 після литва, термообробки і тривалого старіння при $T = 850^\circ$ і 950°C впродовж 1000,

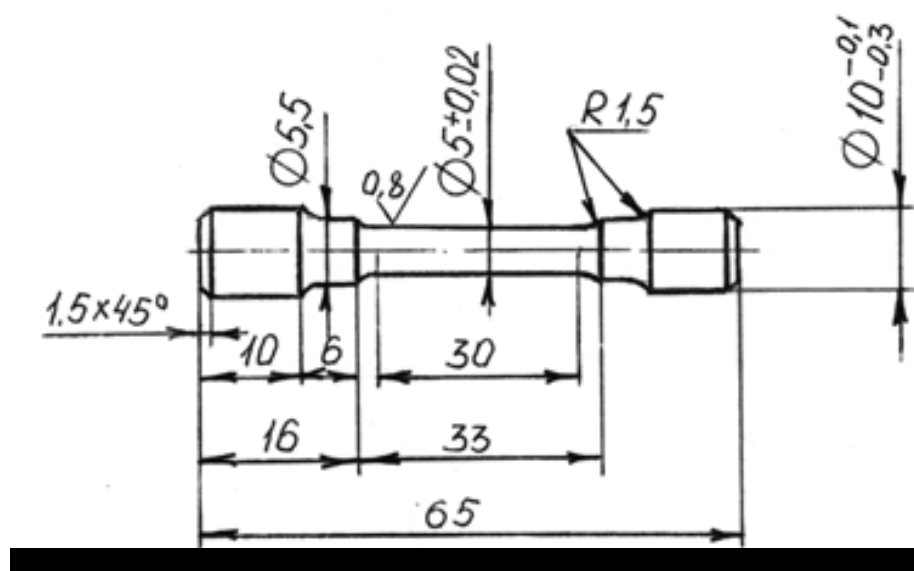
3000, 5000 годин вивчалоя методом електронної мікроскопії на растровому мікроскопі JEOL JSM - 6360la при збільшеннях $\times 5000$, $\times 10000$.

Розміри, форму і кількість часток γ' - фази визначали електронно-мікроскопічним методом на репліках. Оцінку розмірів γ' - фази здійснювали на поперечних шліфах при збільшенні $\times 10000$. Виміри проводили по одній із сторін куба. За допомогою кількісної металографії розраховувався об'ємний зміст γ' - фази, евтектики $\gamma - \gamma'$, карбідної фази в дослідних сплавах.

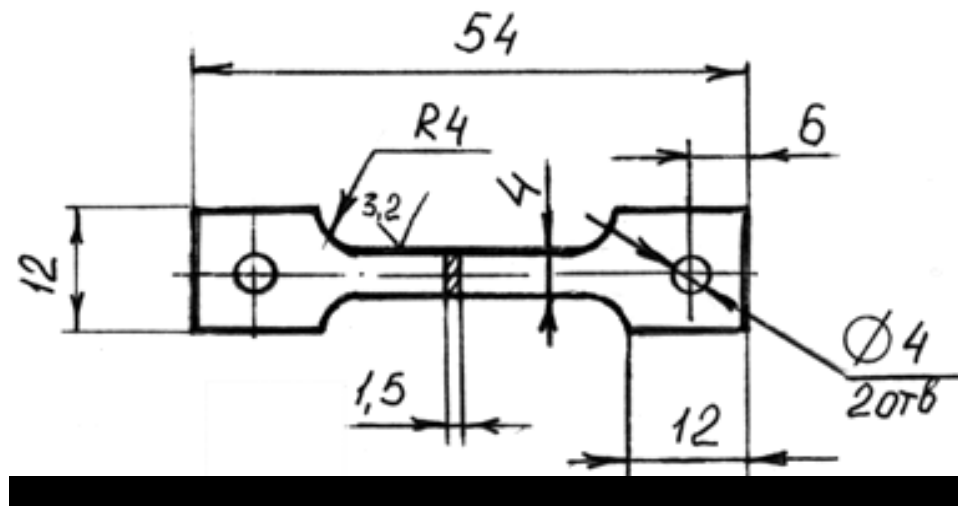
2.3 Оцінка механічних властивостей сплавів

Для порівняльної оцінки характеристик міцності досліджуваних сплавів

проводилися механічні випробування металу тестових і промислових плавок на стандартних циліндричних зразках з робочою частиною (діаметр (5мм, довжина/ = 30 мм) після термообробки та зраках, вказаних на рисунку 2.1.



а



б

а – зразок короткий РК-1 (ГОСТ 10145 – 81);

б – зразок плоский ПО-1 (ГОСТ 10145 – 81).

Рисунок 2.1 – Зразки для атестації металу лопаток

При кожному рівні температур і напружень випробовувалось не менше 3...5 зразків.

Випробування сплавів на короткочасну міцність здійснювалося на зразках зі спрямованою (моно) структурою з КГО [001] за температур 20⁰, 750⁰ і 850⁰С на розривних машинах УМЕ-10ТМ і ГСМ-20 (ГОСТ 1497-61, ГОСТ 9651-73, ГОСТ 1497-84).

Випробування сплавів на тривалу міцність проводилися на аналогічних зразках за температур 20⁰, 750⁰, і 850⁰С на машинах АІМА-5-2 і ZTZ 3/3 (ГОСТ 10145-81) шляхом одновісьового розтягування при постійному навантаженні на стандартних

тимчасових базах 40, 100 і 1000 годин.

Порівняльні механічні випробування сплавів проводилося на зразках із рівновіською структурою після проведення відповідного режиму термічної обробки для кожного сплаву.

Випробування на короткочасну міцність (ГОСТ 1497-61, ГОСТ 9651-61, ГОСТ 1497-84) проводили на стандартних циліндричних зразках при температурах 20, 750 і 850 °С на розривній машині марки УМЭ-10ТМ. Випробування на тривалу міцність (ГОСТ 10145-81) проводили на стандартних циліндричних зразках при температурах 800, 900, 1000°С і відповідних навантаженнях 600, 400, 180 МПа на машині АИМА- 5-2 шляхом одновісного розтягування зразків при постійному навантаженні. Відносне подовження зразків фіксували за допомогою механічних тензометрів (рис. 2.2). При кожному рівні навантаження випробовували по 3 - 5 зразків.

2.4 Мікрорентгеноспектральний аналіз (МРСА) фаз

Для ідентифікації фаз в сплавах використовувався метод локального мікрозондського аналізу. Прискорююча напруга 10 кЕВ, діаметр електрон-ногозонду 4 нм (40А°). Дослідження хімічного складу фаз здійснювалося на приставці МРСА до растрового електронного мікроскопа JEOL JSM - 6360Іа с системою енергодисперсійного рентгеноспектрального мікроаналізу JED - 2300.

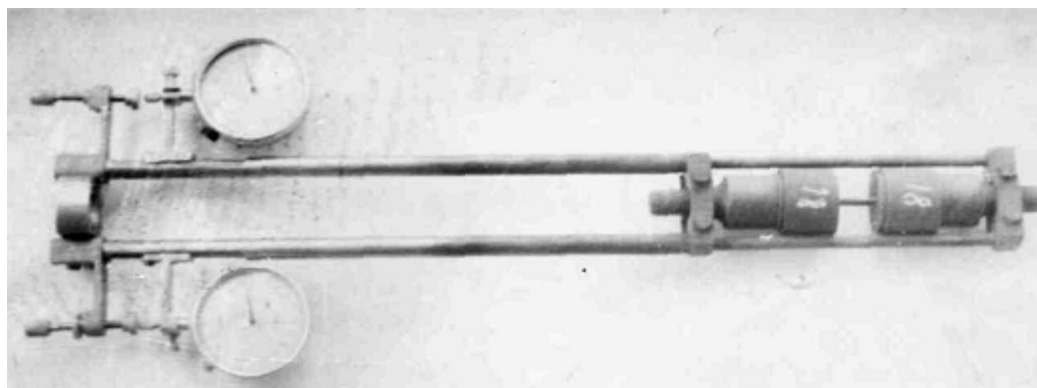


Рисунок 2.2 - Механічний тензометр із зразком в захопленнях фіксувалось с помощью механических тензометров

За допомогою цього методу досліджували зміни морфології і складу γ' - фази, евтектики $\gamma - \gamma'$, карбідної фази до і після тривалої теплової дії. Переклад значень якісного в кількісний аналіз робився автоматично за програмою приладу.

2.5 Оцінка високотемпературної корозійної стійкості

Порівняльні експериментальні дослідження ВТК - стійкості зразків сплавів зі рівновіською структурою проводилися в синтетичній золі за методикою, розробленою Нікітіним В.І. (ЦКТІ ім. І. І. Ползунова), яка широко застосовується в галузі. Для корозійних випробувань використовувалися стандартні циліндричні зразки (діаметр (10 мм, довжина/ = 12 мм), на які після попереднього знежирення, вимірювання і зважування на аналітичних вагах з точністю ($\pm 0,0005$ г), наносилася на їх поверхню синтетична зола в кількості $12 \text{ мг} / \text{см}^2$, що імітує продукти згоряння газотурбінного

палива наступного складу: Na_2SO_4 - 66,2%; Fe_2O_3 - 20,4% ; NiO - 8,3% ; CaO - 3,3% ; V_2O_5 - 1,8%, за масою, які розміщувалися і витримувалися в печі на платформі з вогнетривкого матеріалу в повітряній атмосфері.

Порівняльні корозійні випробування проводилися в синтетичній золі за температур 800⁰, 850⁰, 900⁰ і 950⁰С протягом (100...300) годин. Після проведення експериментів продукти корозії вилучалися за методикою водневого відновлення окалини, розробленої ЦКТИ ім. І.І. Ползунова [14].

Висновки

Для металографічних досліджень використовуються сучасні: мікроскопом "Неофот-2", мікроскопом-аналізатор "Стереоскан". Мікротвердість вимірювали приладом ПМТ- 5. Фазовий склад і періоди грат основних складових - на дифрактометре ДРОН- 1 в мідному Ка - випромінюванні. Зміст хімічних елементів - на рентгеноспектральному мікроаналізаторі Cameca MS - 46.

Випробування на короткочасну міцність (ГОСТ 1497-61, ГОСТ 9651-61, ГОСТ 1497-84) проводили на стандартних циліндричних зразках при температурах 20, 750 і 850 °С на розривній машині марки УМЭ-10ТМ.

Для ідентифікації фаз в сплавах використовувався метод локального мікрозондського аналізу на приставці МРСА до растрового електронного мікроскопа JEOL JSM - 6360Ia с системою енергодисперсійного рентгено-спектрального мікроаналізу JED - 2300.

Порівняльні експериментальні дослідження ВТК - стійкості

зразків сплавів проводилися в синтетичній золі за методикою, розробленою Нікітіним В.І. (ЦКТІ ім. І. І. Ползунова).

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНОВАНИХ РОБОЧИХ ПОРОЖНИСТИХ ЛОПАТОК ГТК-10І

3.1 Металогафічні дослідження

Після планового ремонту газоперекачуючого агрегату ГТК-10І і контрольного огляду робочих лопаток ТВД з напрацюванням близько 21000 годин було прийнято рішення про продовження їх експлуатації. Проте, із-за виниклих пошкоджень лопаток агрегат вимушено зупинений після 400 годин експлуатації.

З метою визначення причин пошкодження лопаток з повного комплексу ТВД було відібрано 16 лопаток для проведення досліджень:

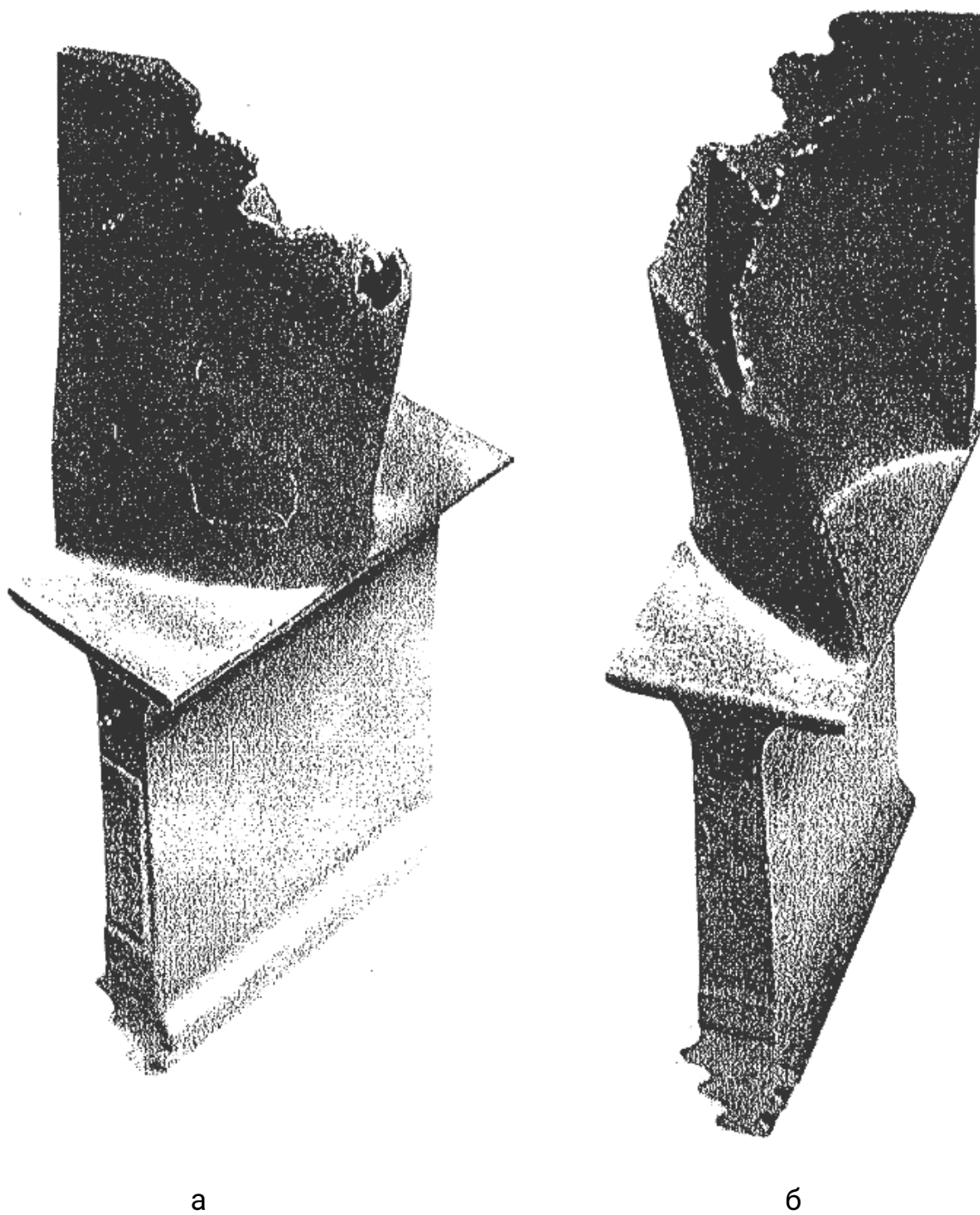
- стани зовнішньої і внутрішньої поверхні профільної частини;
- хімічного складу металу лопаток;
- мікроструктури і прочностних властивостей зразків, вирізаних з профіля і «ніжок» лопаток.

Зовнішнім оглядом під бінокулярним мікроскопом (x25) встановлено:

- на поверхнях «пера» з боку «спинки», переважно в кромки, є забоїни з налипанням сторонніх часток; наявність лопаток з крізним ударним пробоем стінок профілю (без розтріскування прилеглого до отвору металу);
- деформація профільної частини пера.

Зовнішній вигляд пошкоджених лопаток представлений на рисунку 3.1. та 3.2. Злами профілів є мікрорельєфами, утвореними сукупністю западин і виступів, деформованих мікроповерхонь з різними відтінками слідів окислення. Топографія зламів характерна для жароміцних нікелевих сплавів і відповідає ушкодженню при одноразовій силовій дії, що досягає величини межі міцності матеріалу.

У зламах не виявлено дефектів ливарного характеру (пір, розмір котрих перевищує допустимі ТУ, рихлості і інших дефектів). Хімічні склади матеріалу лопаток представлений в таблиці 2.1.



а – спинка;

б – корито.

Рисунок 3. 1 – Зовнішній вигляд зламу робочої лопатки

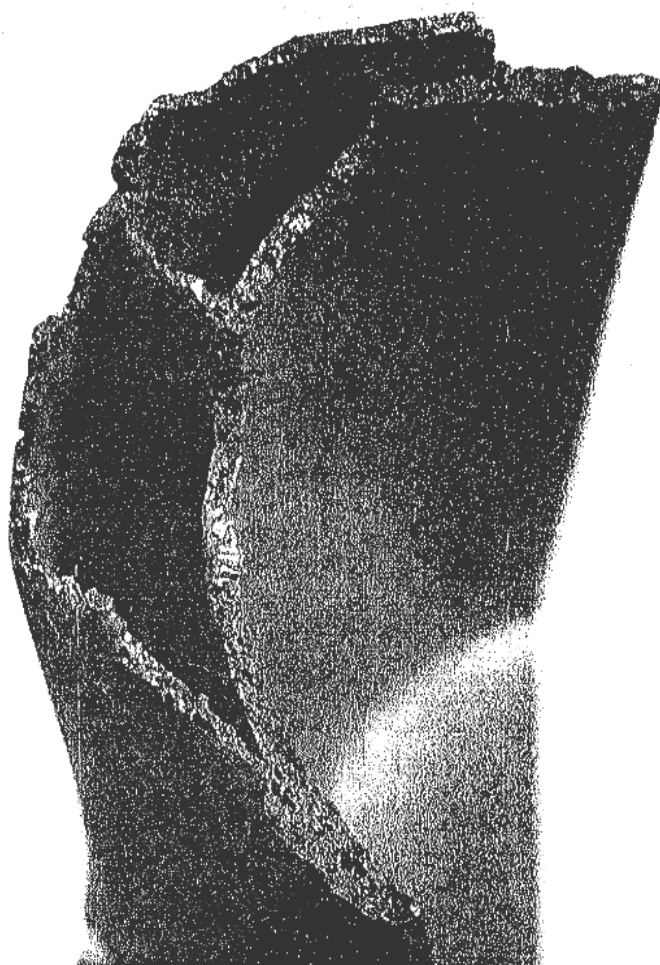


Рисунок 3.2. Зовнішній вигляд зламу робочої лопатки

Сплави ЗМІ-ЗУ та ЧС70 тривало застосовуються на газотурбінних установках, що перекачують газ. Ці сплави мають аналогічний комплекс службових характеристик, у тому числі короткотривалу і тривалу міцність. Сплав ЧС70 (створений в Україні) має більш високу корозійну стійкість в морських умовах і інших

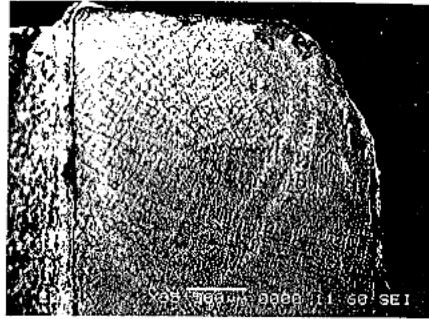
агресивних середовищах.

Сплави, з яких виготовлені лопатки по хімічному складу відповідають "технічним умовам" на паспортні шихтові заготовки (ТУ 1-809-1040-96).

Для дослідження структури в зоні дії максимальних температур, про-фільну частину лопаток розрізали уздовж вертикальної осі Z по S_{MAX} з ви-ходом на верхній торець пера.

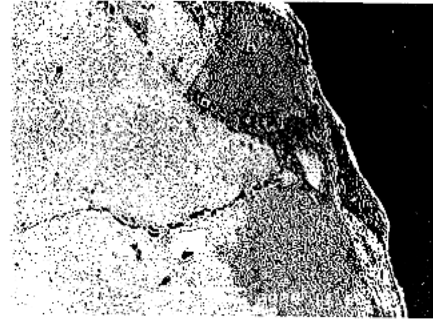
По площинах різа виготовляли металографічні шліфи. Крім того, структурні дослідження проводили в поперечному напрямі осі Z від торцевої поверхні до ніжки лопаток.

Результати досліджень структур жароміцного сплаву в зоні S_{MAX} наведені на рисунках 3.3 – 3.7, на яких видно сліди локальної пластичної деформації металу лопаток з утворенням глибоких вм'ятин і надриву по границям зерен.



x35

а



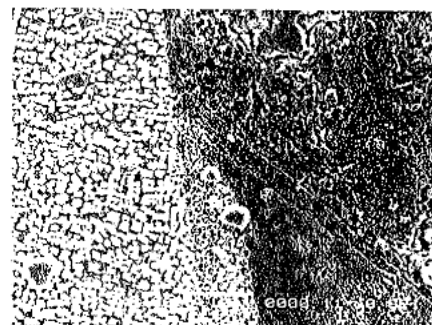
x500

б



x300

в



x2000

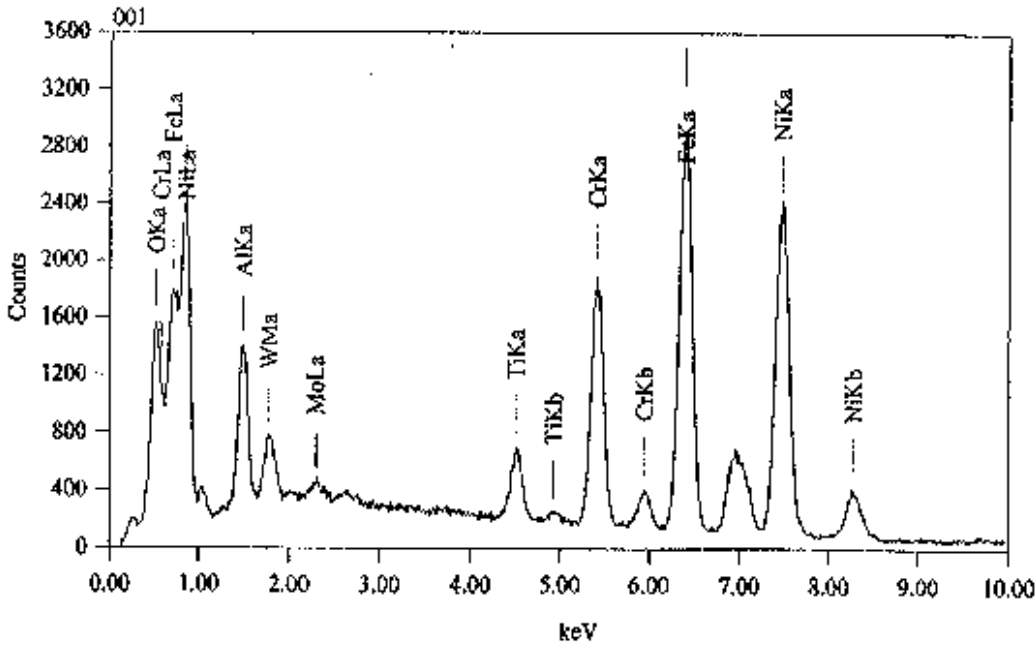
г

а - загальний вид; б - зона забоїни з тріщиною;
в - зона пошкодження захисного покриття; г - фрагмент рисунку –
З-в.

Рисунок 3. 3 - Шліф уздовж вертикальної осі Z



Title : IMG1
 Instrument : 6360(LA)
 Volt : 20.00 kV
 Mag : x 2,000
 Date : 2018/11/10
 Pixel : 1024 x 768



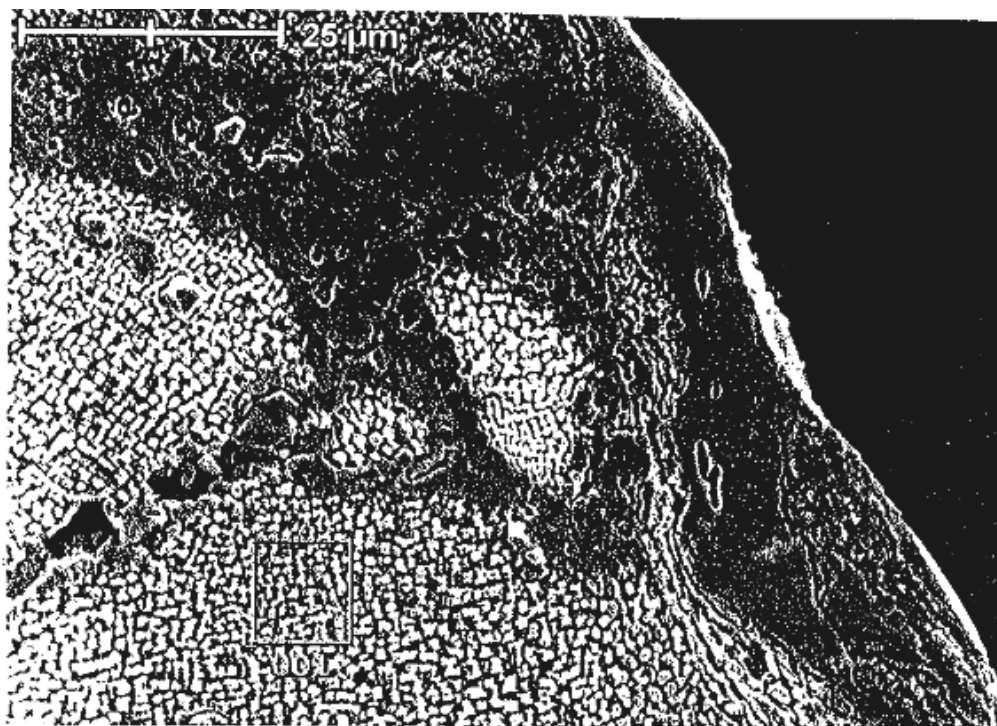
Acquisition Parameter
 Instrument : 6360(LA)
 Acc. Voltage : 20.0 kV
 Probe Current: 1.00000 nA
 PHA mode : T2
 Real Time : 38.18 sec
 Live Time : 30.00 sec
 Dead Time : 22 %
 Counting Rate: 15534 cps
 Energy Range : 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.9396

Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
O	K*	0.525	4.10	0.12	12.90			4.5442
Al	K*	1.486	3.46	0.16	6.45			1.5000
Ti	K*	4.508	2.60	0.16	2.74			2.7048
Cr	K*	5.411	12.39	0.23	11.99			13.5044
Fe	K*	6.398	31.87	0.29	28.73			33.9434
Ni	K*	7.471	42.04	0.48	36.04			41.7966
Mo	L*	2.293	0.72	0.30	0.38			0.5143
W	M*	1.774	2.83	0.51	0.77			1.4923
Total		100.00			100.00			

Рисунок 3.4 - Результати МРСА фрагмента лопатки в зоні ушкодження захисного покриття з боку спинки і осадження стороннього матеріалу (зона аналізу відмічена квадратом)



```

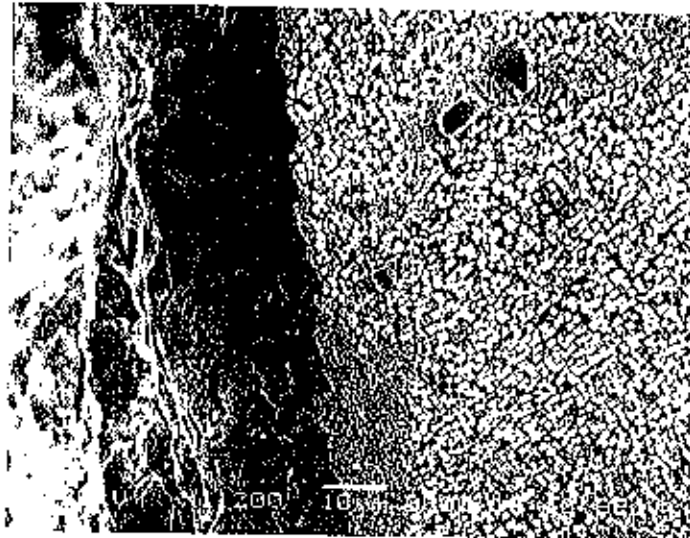
Title      : IMG1
-----
Instrument  : 6360(LA)
Volt       : 20.00 kV
Mag        : x 1,300
Date       : 2018/11/10
Pixel      : 1024 x 768
-----
  
```

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting	Coefficient			
		: 0.3317		
Element	(keV)	mass%	Error*	At%
A1 K	1.486	2.66	0.22	5.69
Tl K	4.508	4.65	0.22	5.61
Cr K	5.411	9.64	0.31	10.72
Fe K	6.398	0.48	0.36	0.50
Co K*	6.924	3.74	0.51	3.67
Ni K	7.471	72.84	0.61	71.73
Mo L	2.293	0.68	0.42	0.41
W M	1.774	5.30	0.70	1.67
Total		100.00		100.00

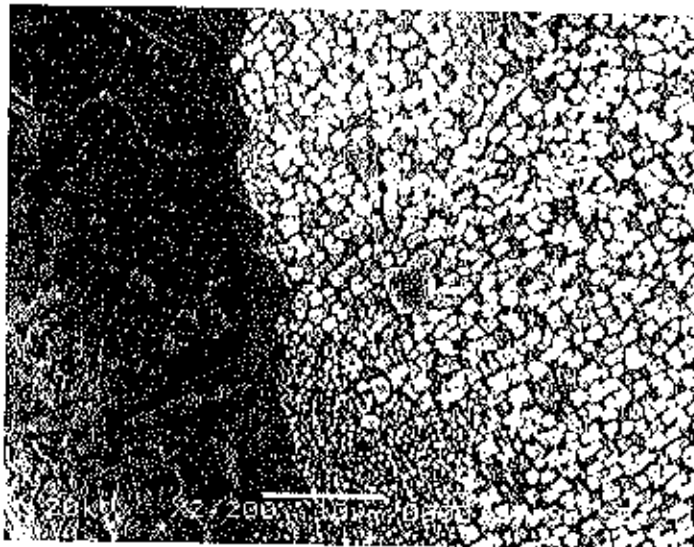
Compound mass%

Рисунок 3.5 - Результати МРСА основи робочої лопатки в зоні ушкодження торця пера з боку спинки. Зона аналізу відмічена квадратом, x 1300



x1200

а



x2200

б

а і б – одне місце, різне збільшення.

Рисунок. 3.6 - Структура матеріалу лопатки з боку каналу , що не має захисного покриття

На профільній частині лопаток, в зонах зіткнення поверхні з уламками металу, виявлені ушкодження захисного покриття (сколи, відшарування). Під шаром пошкоджених ділянок покриття немає

слідів сульфидно- окисної дії.

На поверхні окремих лопаток, зблизька торцев, виявлені фрагменти стороннього матеріалу по хімічному складу суттєво відрізняється від матеріалу основи.

Проведений аналіз стороннього матеріалу, виявленого на поверхнях пошкоджених лопаток, виконаний методом МРСА, показав (рис. 3.4) наявність значної кількості заліза ($Fe \approx 32\%$ мас.). Порівняльний аналіз (методом МРСА) основи матеріалу лопатки і налиплого стороннього матеріалу в зонах деформаційного ушкодження торців пера представлений на рисунках 3.5 і 3.6.

Склади основи матеріалу лопаток, визначений методом ррозрахунеу фундаментальних параметрів, показав його відповідність жароміцному ливарному сплаву на нікелевій основі (рис.3.5). Склад впровадженого (налипання) чужорідного матеріалу в основу профільної частини лопатки відповідає нержавіючій хромистій сталі (рис. 3 б). Структура металу в зоні ушкодження з боку каналу (без захисного покриття) типова для стану жароміцного нікелевого сплаву після тривалого напрацювання лопатки в експлуатації: відмічено деяке обезлегирование (зменшення долі і розміру зміцнюючої γ' -фази) і поверхневе окислення каналу. Тонка структура жароміцного сплаву в досліджуваних зонах (рис.3.3-3.6) відповідає нормальному режиму експлуатації, без ознак перегрівання.

Результати досліджень структури лопатки на поперечному шліфі (на відстані ~ 12 мм від верхнього торця пера) представлені на рисунках 3.7 – 3.9.

Стан структури сплаву в зоні, схильній до найбільш високих температур нагріву, - на вихідній кромці у верхньому перерізі пера представлена на рис. 3.7. Як видно на приведених знімках, структура зміцнюючої γ' -фази зберігла початковий стан, а захисне дифузійне покриття не має

ознаків втрати працездатності (дифузійного розмиття, поверхневого окислення).



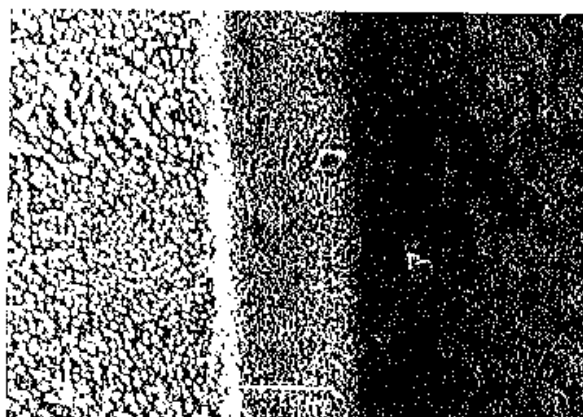
x200

а



x500

б

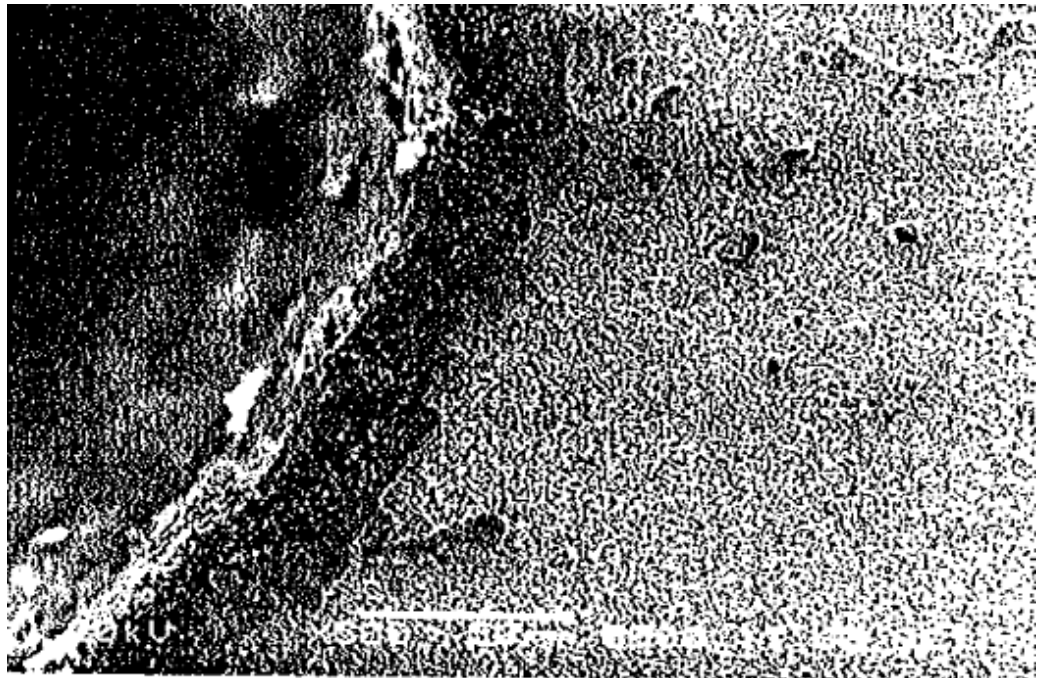


x2000

в

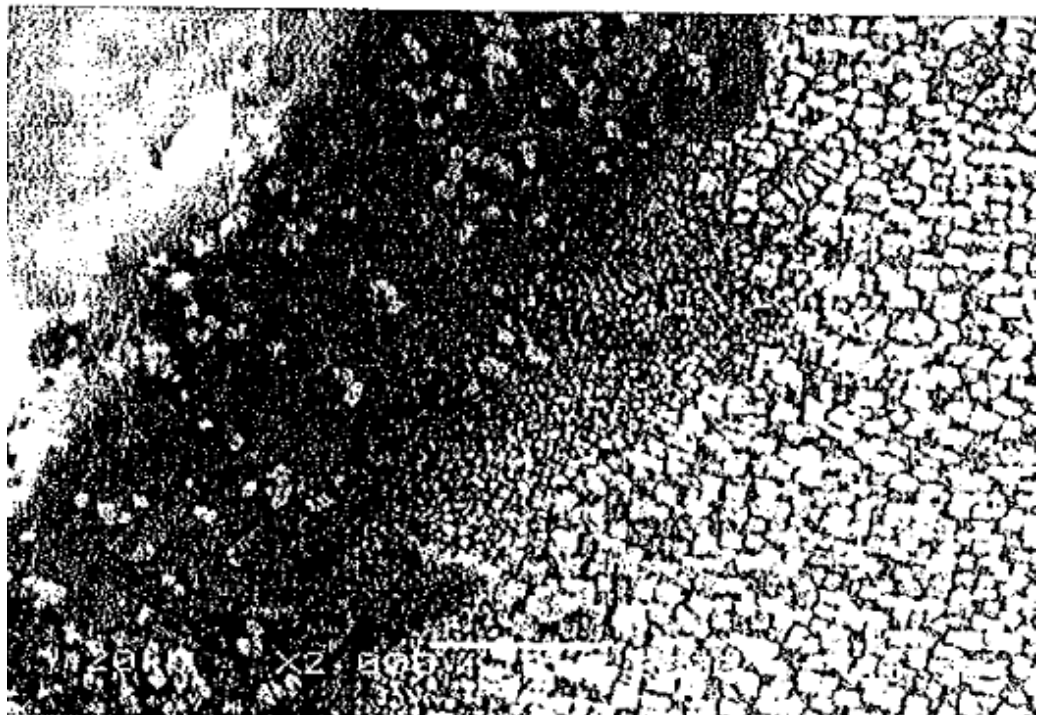
а, б, в – одне місце, різне збільшення.

Рисунок 3.7 - Структура матеріалу лопатки в зоні вхідної кромки на відстані 12 мм от верхнього торця пера



a

x500



б

x2000

Рисунок 3.8 - Стан поверхні внутрішнього каналу лопатки на поперечному шліфі в зоні вихідної кромки на відстані 12мм від верхнього торця пера

Структура внутрішнього каналу, що не має захисного покриття типова для обезлегирювання сплаву в процесі тривалої експлуатації і аналогічна структурі, представленій на рис.3.7. Поверхня профілю лопатки з боку корита покрита шаром стороннього матеріалу, що містить, окрім хімічних елементів, що входять до складу жароміцного сплаву, значну кількість заліза ($Fe \approx 32\%$ мас.)

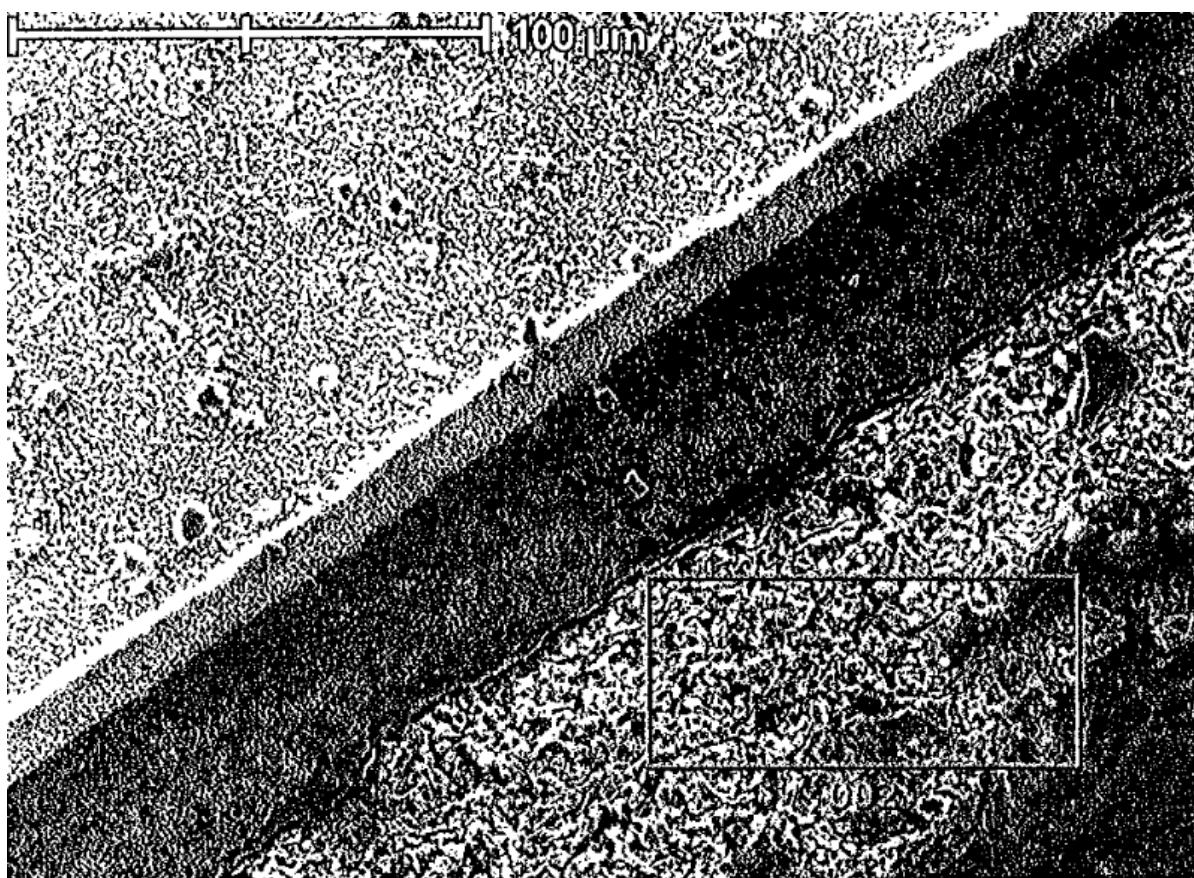
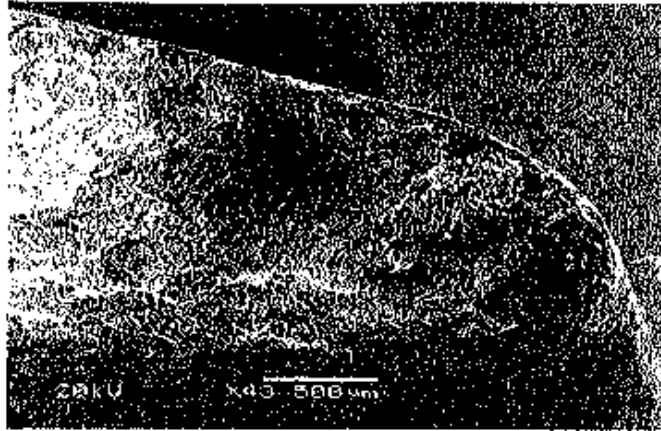


Рисунок 3.9 - Результати РСМА налиплого стороннього матеріалу з боку корита на висоті - 12 мм від верхнього торця пера лопатки (місце аналізу відмічене квадратом)

Фактографічний аналіз зламу фрагмента робочої лопатки турбіни в

зонах вихідної кромки (рис. 3.10), Стах з боку спинки (рис. 3.11) і вхідної кромки (рис.3.12), показав відсутність ознак циклічного або термоциклічного втомного руйнування.



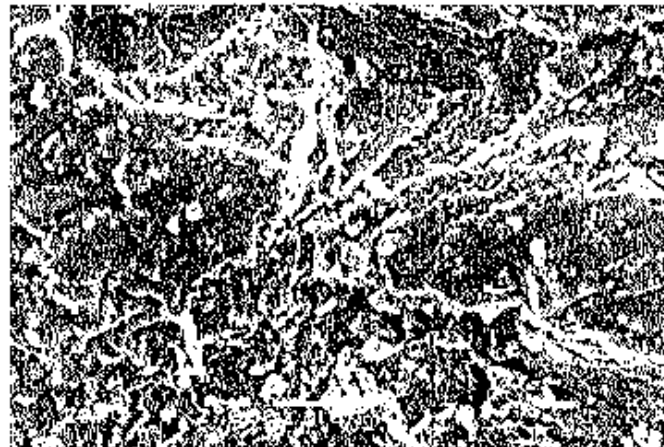
x43

а



x1000

б



x2000

в

Рисунок 3.10 – Результати руйнування вхідної кромки

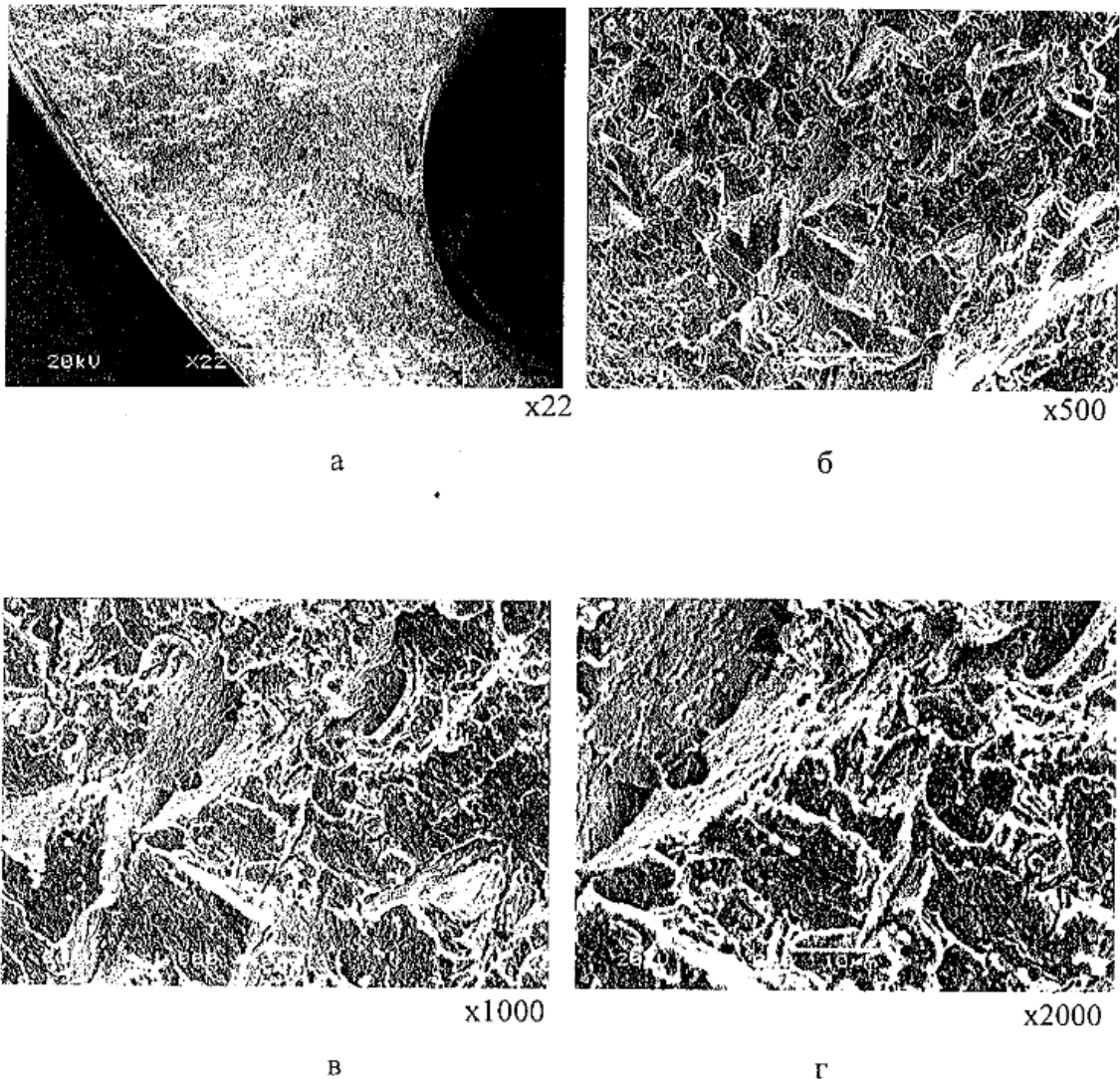


Рисунок 3.11 – Руйнування в зоні C_{\max}

Зміни в структурах металів ЗМІ-ЗУ і ЧС70 незначні: від появи початкових ознак коагуляції зміцнюючої γ' -фази в найбільш гарячій зоні на вхідній кромці до збереження практично початкової структури в зоні C_{\max} з боку спинки.

Характерною особливістю структур меж зерен в усіх досліджених зонах профілів є наявність зернограничної плівкової фази, що є імовірно карбідом на основі хрому $Me_{23}C_6$.

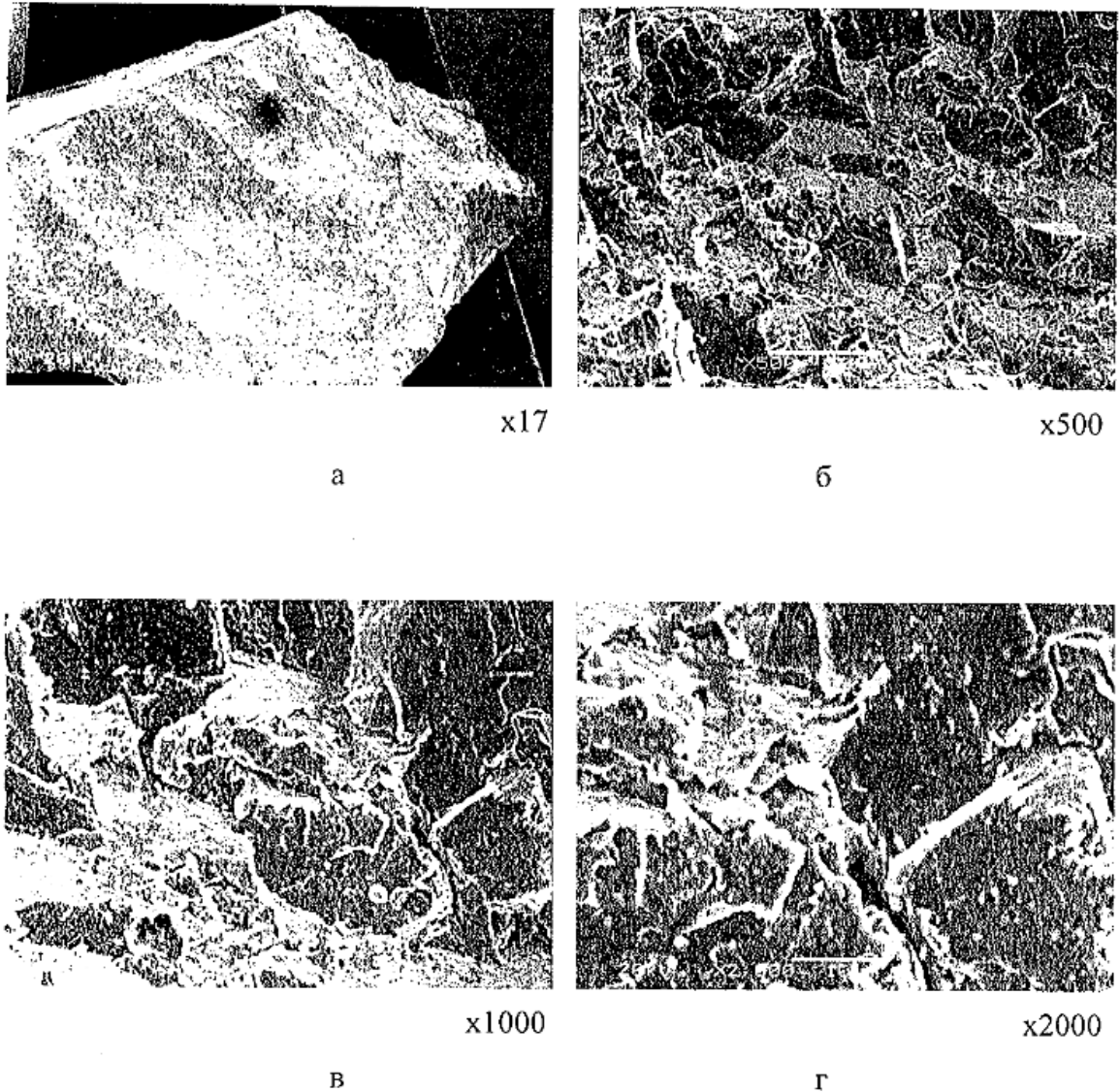
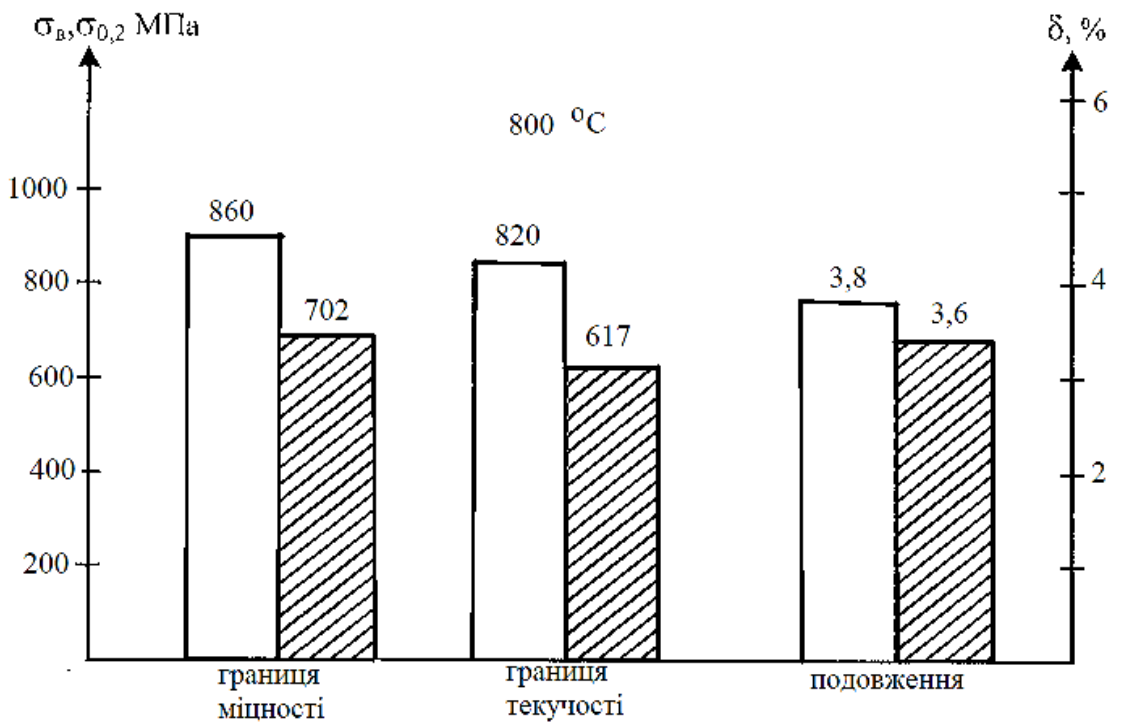
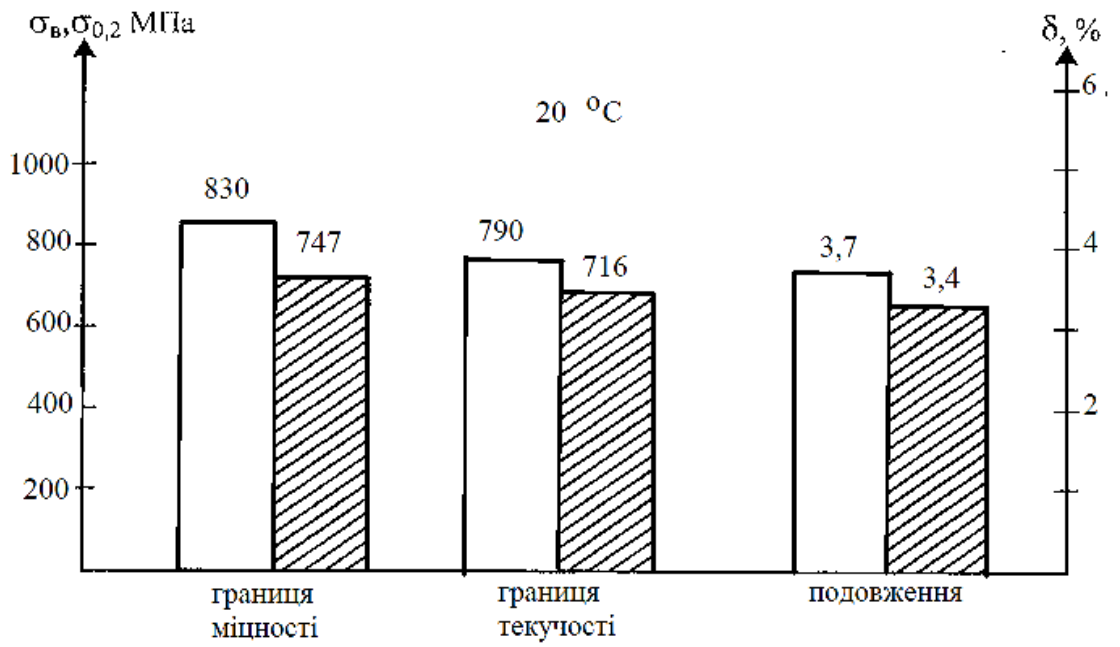


Рисунок 3.12 - Руйнування в зоні вхідної кромки

3.2 Дослідження механічних властивостей

Дослідження механічних властивостей металу робочих лопаток ГТК-10І проводили на зразках, вирізаних з профільної частини і "ніжки". Зразки виготовляли по кресленню, приведенному на рисунку 2.1. Результати оцінки короточасної та довготривалої міцності представлені на рисунках 3.1- 3.3.



□ - зразки з нового металу

▨ - зразки з лопатки

Рисунок 3.1 – Механічні властивості зразків із сплаву ЗМІ-3У

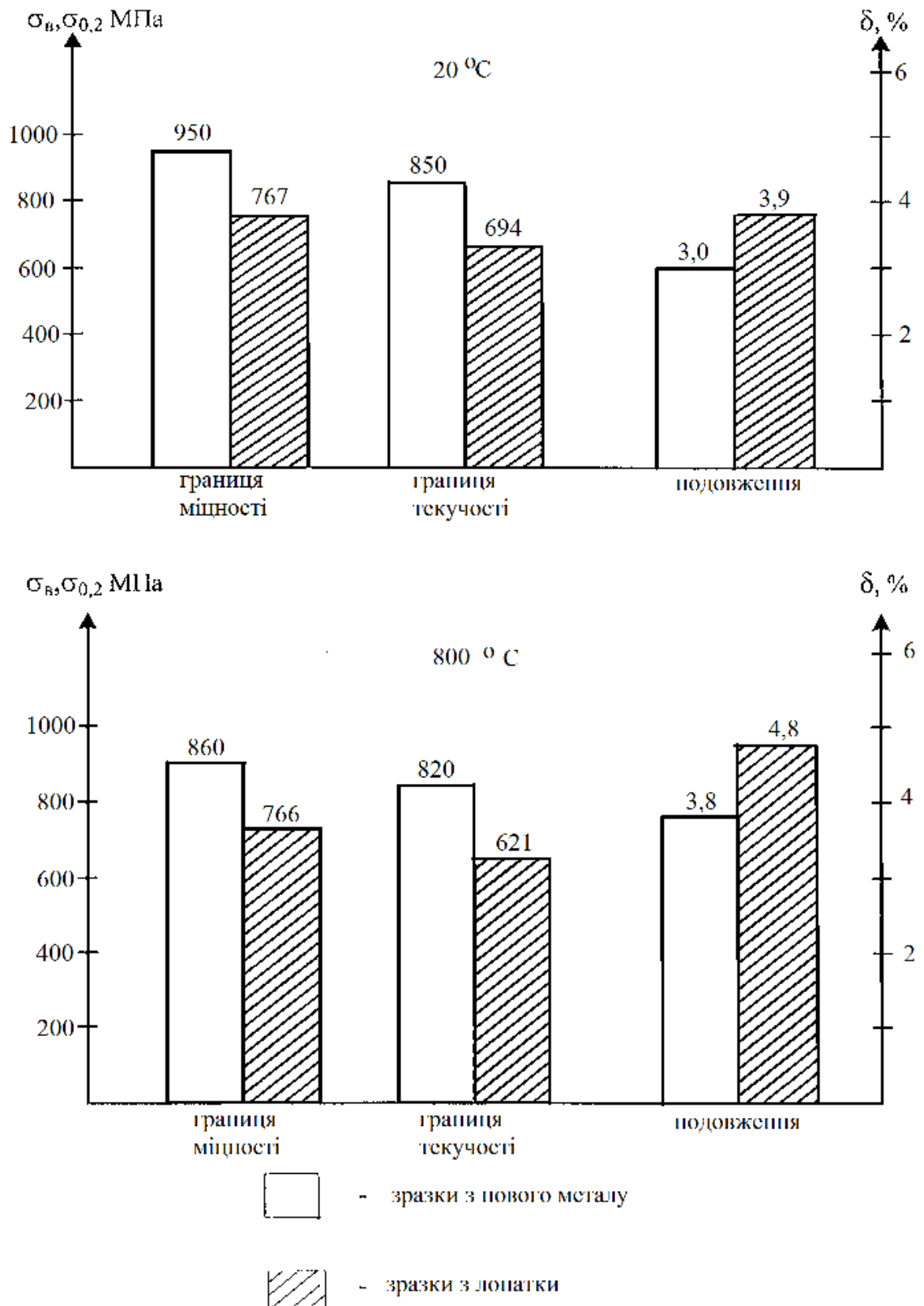
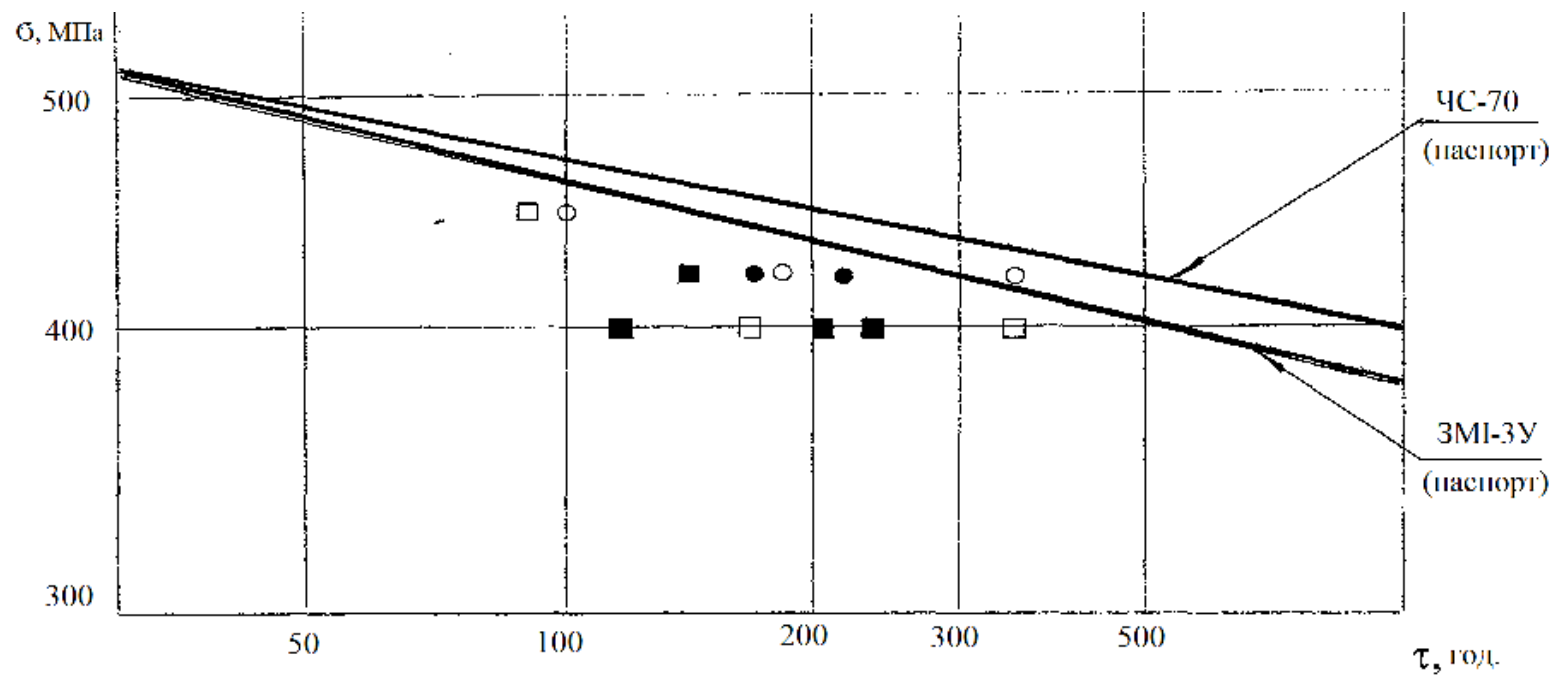


Рисунок 3.2 - Механічні властивості зразків із сплаву ЧС-70



- - зразок РК-1 (ЧС-70)
- - зразок ПО-1 (ЧС-70)
- - зразок РК-1 (ЗМІ-3У)
- - зразок ПО-1 (ЗМІ-3У)

Рисунок 3.3 – Довготривала міцність досліджувальних сплавів

ВИСНОВКИ

1. На профільних поверхнях зруйнованих лопаток не виявлено слідів циклічного або термоциклічного розвитку тріщин. Топографія зламів характерна руйнуванню при силовій дії, що досягає межі міцності матеріалу.

2. В результаті руйнування профілів лопаток, захисне покриття має значне пошкодження (сколювання, відриви від основи, стоншування шару). Під захисним шаром не виявлено окисдносульфідного пошкодження.

3. Структура метала лопаток в досліджуваних перетинах не має ознак перегріву, що свідчить про нормальний режим роботи турбіни.

4. Дослідження структур і властивостей зразків, вирізаних з профілів лопаток підтверджують неможливість їх спонтанного руйнування із-за зниження несущої здатності метала до моменту експлуатації.

5. На деяких профільних поверхнях лопаток, в зоні пошкодження верхньої частини з боку спинки виявлені фрагменти (у вигляді тонких «пластинок») хромистої неіржавіючої сталі.

6. Найбільш вірогідною причиною руйнування лопаток є вплив високо-температурної корозії під впливом високошвидкісного нагріву в режимі «пуск» - $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, після зіткнення торців профілів лопаток з одним з виступів сегментів перекриття (у процесі пуску установки) з виникненням тріщини і послідувачим - близько 400 годин, відривом фрагмента профілю.

7. Найбільш ефективним рішенням, що усуває аналогічні аварії, є дотримання режимів запуску та заміна сегментів перекриття новими, як це прийнято в зарубіжній практиці.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема магістерської роботи – дослідження руйнованих робочих порожнистих лопаток ГТК-10І, тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщення обладнаного дослідною технікою та дисплейними терміналами, у відповідності з методичними вказівками.

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електорообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- механічне травмування в наслідок нераціонального розташування меблів та обладнання;

- погіршення обміну речовин працюючих в умовах недостатньої

фізичної активності сприяє передчасному розвитку серцево-судинних захворювань;

- недостатній рівень освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювальних приладів може стати причиною травмування персоналу;

- постійне напруження зору при нераціональному режимі праці може стати причиною виникнення болю, відчуття піску в очах, засміченості і свербіння;

- незручна поза при неправильній організації робочого місця може викликати біль в хребті, закам'янілість та оніміння шиї та плечового поясу;

- механічні пошкодження в електричній мережі призводять до коротких замикань, що в свою чергу може привести до пошкодження електричного обладнання, травмування персоналу та навіть до виникнення та розповсюдження пожежі;

- помилкові дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій може призвести до травмування та загибелі людей.

4.1 Заходи з охорони праці

У приміщенні лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Відповідно до Державного нормативного акту про охорону праці ДНАОП 0.00-1.31-99 правила охорони праці під час експлуатації

електронно-обчислювальних машин ЕОМ поширюються на всі підприємства, установи, організації, юридичні особи незалежно від форми власності, відомчої належності, видів діяльності, які здійснюють розробку, виробництво і застосування ЕОМ і ПК у тому числі, які мають робочі місця обладнані ЕОМ або виконують ремонт обслуговування та налагодження ЕОМ.

Небезпека ураження електричним струмом при використанні цих приладів з'являється при недотриманні заходів обережності, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Приміщення оснащене відеодисплейними терміналами відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Згідно ПУЕ («Правила устрою електроустановок» приміщення за небезпекою електротравм має категорію - «без підвищеної небезпеки» (відсутній струмопровідний пил, струмопровідні поверхні, не струмопровідні поли, температура не більше 25⁰С, вологість не більше 60%).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Електробезопасность. Защитное заземление, зануление», основним технічним заходом по забезпеченню електробезпеки проектом передбачено захисне заземлення, опір якого не більше 4 Ом; НПАОП

40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок», приміщення, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, відноситься до класу пожежонебезпечної зони П-IIа, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання офісу має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції; ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ по способу захисту людини від ураження електричним струмом, належать до I класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безопасної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасної експлуатації електроустановок споживачів»

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра. Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДБН В.2.2-28:2010

«Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» площа на одне робоче місце не менше бм, а об'єм – неменше 20м³. Зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Не дозволяється розміщувати кабінети обчислювальної техніки у підвальних та цокольних поверхах. Покриття підлоги матове з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Поверхня підлоги рівна, неслизька з антистатичними властивостями. Для внутрішнього оздоблення приміщень з ПК передбачено використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8; для стін 0,5-0,6.

Враховуючи, що стресові ситуації та нервово-емоційними навантаження у працівників можуть викликати захворювання загально-невротичного характеру і у відповідності ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», з метою зниження негативного впливу на зір, покращення кровообігу, запобігання втоми передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ « Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», ДСТУ ISO 9241-5-2004 «Ергономічні вимоги до роботи з вщетоерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та

високий рівень працездатності.

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці для приміщення обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин».

Метеорологічні умови в приміщенні – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Роботи в приміщенні, належать до категорії Іб - легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23(С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура 22-24(С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Для забезпечення постійних параметрів мікроклімату (температури, вологості, швидкості руху і чистоти повітря) та трьохкратного повітрообміну у приміщеннях передбачено встановлення побутових кондиціонерів типу БК-1500, БК-2000, БК-2500 та ін.

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ПК мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря

виробничих та громадських приміщень», та наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 Рівні іонізації повітря приміщень з ПК

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1см^3 повітря	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Підтримувати оптимальний рівень легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях рекомендується за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

Враховуючи, що при незадовільному освітленні знижується продуктивність праці користувачів ПК, можлива поява короткозорості, швидка стомлюваність у приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачено природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких

дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;

- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Коефіцієнт запасу (K_z) для освітлювальних установок загального освітлення приймається рівним 1,4.

Величина коефіцієнта пульсації освітленості не перевищує 5%, що забезпечується застосуванням у світильниках загального та місцевого освітлення ламп типу ЛБ.

Для загального освітлення рекомендовано застосовувати світильники серії ЛПО 3б із дзеркальними ґратами, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА) тільки в модифікації «Кососвітло». Застосовувати світильники без розсіювачів та екрануючих ґратів забороняється.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° з вертикаллю в поздовжній та поперечній площинах становить не більше ніж 200кд/м², захисний кут світильників - не менше ніж 40°. Показник осліпленості для джерел загального штучного освітлення у кабінетах з ПК не більше 20, а показник дискомфорту - не більше 40.

Джерелами шуму при роботі з ПК є: жорсткий диск; вентилятор блока живлення мережі; вентилятор, розташований на процесорі; швидкісні CD-ROM; механічні сканери; пересувні механічні частини принтера. Шум, що створюється працюючими ПК, є широкосмужним, постійним з аперіодичним посиленням при роботі принтерів. Тому шум оцінюється загальним рівнем звукового тиску по частотному коригуванню «А» та вимірюватися в дБА. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку

на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» (табл.7.1).

Таблиця 4.2 Допустимі та еквівалентні рівні звуку, рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску <i>дБ</i>									
	в октавних смугах із середньо геометричними частотами <i>Гц</i>									
	31,5	63	123	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівні звуку, еквівалентні і рівні звуку, <i>дБА/дБАек В</i>
Програмісти	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Оператори комп'ютерного набору	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників; переведення

жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу; використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

При обладнанні та організації робочих місць користувачів ПК враховано, що обладнання та організація робочих місць користувачів ПК забезпечують відповідність конструкцій всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності і відповідають ДСанПіН 3.3.2.007-98. При розташуванні елементів робочого місця користувача ПК враховувано: робочу позу користувача; простір для розміщення користувача; можливість огляду елементів робочого місця; можливість ведення записів, розміщення документації і матеріалів, які використовуються користувачем.

Конструкція робочого місця користувача ПК має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. Робочі місця з ПК розташовуються відносно вікон, так щоб природне світло падало збоку переважно зліва.

Робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані не менш ніж 1 м, від інших стін - на відстані не менше ніж 1 м. При розміщенні робочого місця поряд з вікном кут між екраном монітора і площиною вікна складає не менше 90° (для виключення відблисків), частину вікна, що прилягає, бажано зашторити. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікон кімнати або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори.

Монітор повинен бути встановлений таким чином, щоб верхній край

екрана знаходився на рівні очей. Екран монітора ПК має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600-700 мм, але не ближче ніж 600 мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Для забезпечення точного та швидкого зчитування інформації в зоні найкращого бачення площина екрана монітора перпендикулярна нормальній лінії зору.

Висота робочої поверхні столу з ПК регулюється в межах 680-800 мм, а ширина і глибина - забезпечує можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: ширина - 600-1400мм, глибина - 800-1000мм). Робочий стіл має простір для ніг висотою не менше ніж 600 мм, шириною - не менше ніж 500 мм, глибиною (на рівні колін) - не менше ніж 450мм, на рівні простягнутої ноги - не менше ніж 650мм.

У відповідності ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», з метою зниження нервово-емоційного напруження, запобігання втоми та забезпечення нормованого режиму праці та відпочинку передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години та виконання фізичних вправ 2-3 рази протягом робочого часу.

Розрахунок приміщення (лабораторії) оснащеного відеодисплейними терміналами

1. Приміщення, що обладнане ПК з ВДТ і розміщені робочі місця з ПК, спроектовано і організовано згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними

дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

2. Приміщення категорій А і Б (НАПБ Б.03.002-2007 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности», а також виробництва з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ, виконується їх обслуговування, налагодження і ремонт не передбачається.

3. Виробничі приміщення, в яких розташовані ЕОМ, не межують з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо).

4. Робоча кімната, де розташовані комп'ютери знаходиться на другому поверсі, т.б. відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» враховано, що неприпустимим є розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах.

Площу приміщення, в якому розташовують відеотермінали, визначено згідно з чинними нормативними документами з розрахунку, що для забезпечення виробничого процесу необхідним є застосування 10 комп'ютерів.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого

не повинна бути меншою за 2,5 м;

- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.
- площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом - не менше 6,0 м².
- об'єм - не менше 20,0 м³, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Врахуємо також розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725мм, ширина – 600-1400мм, глибина – 800-1000мм.

Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200мм, глибина – 800мм.

Найкращим є розмістити комп'ютеризовані робочі місця рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи. Враховуючи, що в приміщенні 10 комп'ютерів (рис.7.1), то найкраще комп'ютеризовані робочі місця розмістити в три ряди, відстань між робочими місцями становить 2.2 метри, що більше ніж відстань зазначена нормативом.

Оскільки площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше

6,0м,² а десять ПК повинні займати площу 60 м² для безпечної та комфортної роботи приймаємо, що площа робочого приміщення складає 70 м² (рис.7.1). Відповідає данне приміщення і вимогам по об'єму.

Комплекс протипожежних заходів для приміщення обладнаного ПК з ВДТ розроблений відповідно до вимог НАПБ А.01.001-14 «Правила пожежної безпеки в Україні».

У приміщенні обладнаному ПК з ВДТ можливі пожежі класу «А» – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір), та класу «Е» (додатковий клас) – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується НАПББ.03.002-2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» приміщення відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – незаймисті речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до вимог ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», будівлі і ті їх частини, в яких розташовуються ЕОМ, мають II ступінь вогнестійкості.

Згідно ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із робочого приміщення та два евакуаційних виходи. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного

виходу, згідно СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить не більше 70м;

Обладнання, силові та освітленні мережі відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту оболонок (ізоляції), відповідно до пожежанебезпечної зони П-ІІа, - ІР44.

Згідно вимог НАПБ А.01.003-2009 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах» і ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» приміщення з ЕОМ, оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами. В інших приміщеннях встановлені теплові пожежні сповіщувачі.

Згідно НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» приміщення оснащене переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВ-5 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Підходи до засобів пожежогасіння вільні.

4.3 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Порядок планування, організації, проведення і забезпечення евакуації робітників, службовців промислового об'єкта та населення.

Евакуація – це організований вивіз або вивід з міст і інших

населених пунктів та розміщення у заміській зоні решти населення, а також вивіз населення із зон можливого затоплення, радіоактивного зараження і інших випадках. Евакуйовані постійно проживають у заміській зоні до особливого розпорядження. Евакуація передбачає вивід і вивіз населення із міст у безпечні райони в усіх напрямках від міста.

Робітників і службовців підприємства, яке переносить свою виробничу діяльність у заміську зону, розташовують поблизу виробничих баз за районами розміщення робітників і службовців підприємств, які продовжують працювати в місті. Евакуйоване населення, не зв'язане з виробництвом і яке не є членами сімей розосереджених робітників та службовців, розміщують у більш віддалені райони заміської зони, а населення, евакуйоване із зон можливого затоплення, — в населених пунктах, які знаходяться поблизу цих зон.

Безпосередньо організацією і проведенням евакуаційних заходів займаються начальники і штаби цивільного захисту містах, районах. Розосередження і евакуацію організовують та проводять після отримання розпорядження про їх проведення.

Для проведення розосередження і евакуації використовуються всі види громадського транспорту (залізничний, автомобільний, водний), не зайнятого воєнними і невідкладними виробничими і господарськими перевезеннями, а також транспорт індивідуального користування. Для вивозу населення залізничним і водним транспортом використовують пасажирські поїзди, теплоходи, а при їх нестачі — і товарні вагони, вантажні судна та баржі. Передбачається

збільшення довжини поїздів. Вивіз розосередженого і евакуйованого населення автотранспортом планується на невеликі відстані. Для цього використовуються автобуси і вантажні автомобілі. Частина населення, яка підлягає евакуації, може виводитись пішим порядком. Вивід населення пішим порядком організовується колонами по дорогах, не зайнятих іншими перевезеннями або по визначених маршрутах і колонних шляхах. Для організованого руху піших колон розробляють схему їх маршру і у, на якій вказують склад колони, маршрут руху, вихідний пункт, пункти регулювання руху і час їх проходження; райони і тривалість привалів; медичні пункти і пункти обігріву; проміжний пункт евакуації, порядок і термін виводу колони з цього пункту в район постійного розміщення, сигнали управління. При загрозі надзвичайної ситуації в мирний час, а також загрозі нападу противника і нестачі транспортних засобів важливе значення мають строки евакуації населення за межі зон можливих зруйнувань. В цих випадках використовують комбінований захід, який дозволяє провести евакуацію в короткі строки. Суть комбінованого заходу евакуації полягає в тому, що масовий вивід населення з міст пішим порядком співпадає з вивозом всіма видами транспорту. Цей захід є основним.

Всі роботи по проведенню і організації розосередження та евакуації здійснюються у відповідності з планом і вказівками начальника ЦЗ об'єкту. Для керівництва розосередженням і евакуацією населення на об'єкті створюється евакуаційна комісія, а на великих об'єктах, крім цього можуть створюватися збірні евакуаційні пункти (ЗЕП). Наказом начальника ЦЗ підприємства створюється

адміністрація ЗЕП. Головою евакуаційної комісії призначається один із заступників начальника ЦЗ. Розосередження і евакуація населення проводиться через збірні евакуаційні пункти. Для них відводяться школи, клуби і інші приміщення. Призначаються ЗЕП для збору, реєстрації і відправки населення, евакуйованого транспортом, на станції, пристані і інші пункти посадки, а евакуйовані в пішому порядку – на вихідні пункти пішого руху. ЗЕП організовують поблизу залізничних станцій, платформ, портів, пристаней, а для населення, яке виводиться пішим порядком – поблизу маршрутів виводу в призначені райони.

На території ЗЕП і поблизу нього повинні бути підготовлені сховища (укриття) з розрахунком на розміщення в них людей, які можуть одночасно заходитись на пункті. Кожному ЗЕП присвоюють номер, приписують до нього промислові підприємства (об'єкти), які знаходяться поблизу, а також домоуправління, населення якого буде евакуюватися через даний ЗЕП. Отримавши розпорядження про проведення розосередження і евакуації, начальник ЦЗ об'єкту організовує виконання евакуаційних заходів у відповідності з планами ЦЗ і розпорядженнями старшого начальника. Населення міста про початок евакуації повідомляється через підприємства, навчальні заклади, домоуправління, міліцію а також радіотрансляційну мережу і місцеве телебачення. Отримавши повідомлення про початок розосередження і евакуації, населення повинно підготувати і взяти з собою документи, гроші, необхідні речі і запаси продуктів та з'явитися на збірний евакуаційний пункт в попередньо визначеній годині. У випадку, якщо робітників і службовців розмістити разом з сім'ями

неможливо, членів їх сімей евакуюють окремо в більш віддалені райони за напрямком розосередження і час їх появи на збірний евакуаційний пункт встановлюється окремо.

Прибулих на збірний евакуаційний пункт людей реєструють, групують по вагонах залізничного ешелону або по автомашинах і у призначений час виводять до пунктів посадки на транспорт. Представники об'єкту разом з адміністрацією станції здійснюють посадку людей у вагони, автомашини, судна і підтримують встановлений порядок. На кожний залізничний ешелон призначається начальник ешелону, на автомобільну колону – старший автоколони, на кожний вагон – старший вагону. Начальники залізничних ешелонів і старші автоколони повинні вживати всі заходи для того, щоб витримати графік руху транспорту і прибути на відповідну станцію в заміську зону у встановлений час. Вивід населення об'єкту пішим порядком здійснюється за попередньо встановленими маршрутами, їх розраховують на один добовий перехід, який здійснюється за 10-12 год. руху. У піших колонах може бути від 500 до 1000 людей. Для зручності управління колони слід розбити на групи по 50-100 людей, а на чолі груп призначити старших. Старші груп зобов'язані перевіряти чисельність складу, не допускати в групи сторонніх осіб і слідкувати, щоб не було відстаючих. Швидкість руху колон слід витримувати в межах 4-5 км/год, а дистанції між колонами до 500 м. При здійсненні маршу через кожні 1-1,5 год руху роблять малі привали, які продовжуються 10-15 хв, а на початку другої половини добового переходу роблять великий привал на 1-2 год, як правило, за межею зони можливих зруйнувань. На малих привалах людям надається

необхідна медична допомога, перевіряється склад колон, надається допомога відстаючим, дається людям короткочасний відпочинок. За час привалу колони, які розтягнулися, підтягуються. На великому привалі організують прийом гарячої їжі. При проведенні розосередження і евакуації організують медичне обслуговування. З цією метою на ЗЕП, станціях посадки розгортають медичні пункти. На кожний поїзд призначають 1-2 працівників з медичною освітою, а в склад пішої колони включають 1-2 сандружинниці. Люди, які рухаються в піших колонах, по сигналу "Повітряна тривога" укриваються в складках місцевості або в найближчій захисній споруді. При вимушеній зупинці ешелону, викликаній застосуванням противником зброї масового ураження, слід швидко висадити людей із вагону і вжити необхідні заходи по захисту їх в складках місцевості або в найближчих захисних спорудах. Якщо при русі в замиську зону – на маршруті руху будуть ділянки радіоактивного, хімічного або біологічного зараження, то їх по можливості обходять з навітряної сторони. У випадку, коли обходу нема, ці райони проходять на підвищеній швидкості в засобах індивідуального захисту. Для організації прийому і розміщення розосереджуваного і евакуйованого міського населення, а також забезпечення його всім необхідним, створюються приймальні евакуаційні комісії і прийомні евакуаційні пункти сільських районів. Прийомні евакуаційні комісії району, села створюються рішенням голови державної виконавчої влади – начальником ЦЗ району, села. Вони проводять свою роботу в взаємодії зі штабом і службами ЦЗ.

В склад приймальної комісії села включаються відповідальні

працівники державної виконавчої влади, керівники підприємств торгівлі, громадського харчування, медичних, побутових і інших підприємств, яких залучають до забезпечення розосередженого і евакуйованого населення. Головою приймальної евакуаційної комісії села призначається відповідальний працівник місцевої виконавчої влади. На прийомні евакуаційні комісії сільської місцевості покладається розробка і своєчасне коригування розділу плану ЦЗ по прийомі і розміщенні розосереджуваного і евакуйованого населення: зустріч, прийом, облік і розселення прибулого населення, а також забезпечення його всім необхідним; складається донесення вищестоячим прийомним евакуаційним органам про хід прийому, розміщення і забезпечення прибулого міського населення, забезпечення відправлення населення в кінцеві пункти його розміщення. При передбаченні надзвичайної ситуації проводять заходи по приведенню станцій, пунктів висадки, прийомних евакуаційних пунктів в готовність до прийому населення. Приймальна евакуаційна комісія району встановлює зв'язки з евакуаційною комісією міського району і уточнює питання прийому і розміщення населення, графіки руху ешелонів, автомобільних і піших колон, кількість населення, відправленого кожним ешеленом, автоколоною, пішою колоною, місце пункту евакуації піших колон, вид і кількість транспорту для перевезення населення з проміжних пунктів евакуації (ППЕ) до районів розташування, а також забезпечення і обслуговування населення.

За вказівкою прийомної евакуаційної комісії району для прийому населення, яке прибуло з міста, розгортають прийомні евакуаційні

пункти (ПЕП). Вони розташовуються в школах, дитячих садках, клубах і ІНШИХ громадських приміщеннях недалеко від станції висадки людей. На ПЕП покладаються такі завдання: зустріч прибулого населення, розподілення його по населених пунктах, надання першої медичної допомоги, організоване відправлення людей до місць розквартирування. В місцях розселення звільняють приміщення, які призначені для розміщення розосереджуваного і евакуйованого населення, уточнюють всі питання розміщення людей по будинках місцевих жителів, в пансіонатах, туристичних таборах, підсобних господарствах і інших громадських приміщеннях. Завчасно підготовляють колективні засоби захисту. Якщо сховищ до часу прибуття населення буде недостатньо, то організують додаткове їх будівництво. Для виконання цих робіт залучають все працездатне населення, в тому числі і населення, яке прибуло з міста. Виключно велике значення має забезпечення в заміській зоні розосереджених робітників, службовців та членів їх сімей, а також евакуйованого населення продуктами харчування, надання їм побутових послуг і медичного обслуговування. Забезпечення населення продуктами харчування і предметами першої необхідності покладається на службу торгівлі і харчування сільського району. Перші дві доби люди повинні харчуватися запасами продуктів, привезених з собою. Комунально-побутове обслуговування в районах розміщення покладають на місцеві комунально-побутові служби. Кількість їх при необхідності може бути збільшена за рахунок розгортання у заміській зоні комунально-побутових служб евакуйованим населенням. Медичне обслуговування населення покладають на існуючу мережу

лікувальних закладів: лікарні, поліклініки, сільські медичні пункти і аптеки. Робота їх у надзвичайних умовах мирного і воєнного часу різко ускладнюється, тому що крім загальних хворих можуть поступити люди, уражені радіоактивними, хімічними речовинами і біологічними засобами. Значно зростає роль надання медичної допомоги вдома. Тому вживають заходи до розширення мережі швидкої медичної допомоги, поліклінік, лікарень і медичних пунктів, а також по збільшенні чисельності медичних кадрів, залучають до роботи лікарів, медичних сестер, фельдшерів із евакуйованого населення і осіб, які мають медичну підготовку. Евакуйоване населення залучається до роботи на підприємствах, вивезених з міста, що продовжують роботу в заміській зоні, у фермерських, колективних і інших господарствах.

Таким чином, передбачений для приміщення, що обладнано персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами комплекс заходів по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки забезпечує безпечні та комфортні умови праці персоналу.

Передбачені заходи з цивільного захисту, які забезпечують основні норми і порядок проведення, забезпечення евакуації робітників, службовців промислового об'єкта та населення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі виконаної роботи можна зробити наступні висновки.

Висикотемпературна корозія обумовлена з'єднанням лужних металів з сіркою і киснем, що міститься в паливі, утворюючи сульфати натрію і калію.

Солі лужних металів, потрапляючи на поверхню робочих лопаток, руйнують захисний оксидний шар і не дає йому відновлюватися. В результаті сірка безперешкодно проникає в основний метал, викликаючи сульфідацію і швидке руйнування метала.

Для металографічних досліджень використовуються сучасні: мікроскопом "Неофот-2", мікроскопом-аналізатор "Стереоскан". Мікротвердість вимірювали приладом ПМТ- 5. Фазовий склад і періоди грат основних складових - на дифрактометре ДРОН- 1 в мідному Ка - випромінюванні. Зміст хімічних елементів - на рентгеноспектральному мікроаналізаторі Cameca MS - 46.

Випробування на короткочасну міцність (ГОСТ 1497-61, ГОСТ 9651-61, ГОСТ 1497-84) проводили на стандартних циліндричних зразках при температурах 20, 750 і 850 °С на розривній машині марки УМЭ-10ТМ.

Для ідентифікації фаз в сплавах використовувався метод локального мікрозондського аналізу на приставці МРСА до растрового електронного мікроскопа JEOL JSM - 6360Ia с системою

енергодисперсійного рентгено-спектрального мікроаналізу JED - 2300.

На профільних поверхнях зруйнованих лопаток не виявлено слідів циклічного або термоциклічного розвитку тріщин. Топографія зламів характерна руйнуванню при силовій дії, що досягає межі міцності матеріалу.

В результаті руйнування профілів лопаток, захисне покриття має значне пошкодження (сколювання, відриви від основи, стоншування шару). Під захисним шаром не виявлено окисносульфідного пошкодження.

Структура метала лопаток в досліджуваних перетинах не має ознаків перегріву, що свідчить про нормальний режим роботи турбіни.

Дослідження структур і властивостей зразків, вирізаних з профілів лопаток підтверджують неможливість їх спонтанного руйнування із-за зниження несущої здатності метала до моменту експлуатації.

На деяких профільних поверхнях лопаток, в зоні пошкодження верхньої частини з боку спинки виявлені фрагменти (у вигляді тонких «пластинок») хромистої неіржавіючої сталі.

Найбільш вірогідною причиною руйнування лопаток є вплив високо-температурної корозії під впливом високошвидкісного нагріву в режимі «пуск» - $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, після зіткнення торців профілів лопаток з одним з виступів сегментів перекриття (у процесі пуску установки) з виникненням тріщини і послідуєчим - близько 400 годин, відривом фрагмента профілю.

Найбільш ефективним рішенням, що усуває аналогічні аварії, є дотримання режимів запуску та заміна сегментів перекриття новими, як це прийнято в зарубіжній практиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Никитин В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин / Никитин В.И. – Л. : Машиностроение, 1987. - 272 с.
2. Лозицкий Л.П. К вопросу о расчете долговечности рабочих лопаток турбин ГТД при программном действии комплексных нагрузок / Л.П. Лозицкий, Н.И. Конончук, В.Я. Шипиль // Надежность и долговечность авиационных газотурбинных двигателей. – 1972. - № 3. – С. 9-17.
3. Третьяченко Г.Н. Анализ теплового и напряженного состояний лопаток газовых турбин в условиях одновременного механического и термического нагружений / Г.Н. Третьяченко, А.П. Волощенко, Р.И. Куриат // Термопрочность материалов и конструктивных элементов. – 1969. - № 1. – С.218-227.
4. Коломыцев П.Т. Газовая коррозия и прочность никелевых сплавов / П.Т. Коломыцев. – М. : Metallurgiya, 1984. – 216 с.
5. Wood J.H. High Temperature for Improved Oxidation / J.H Wood, A.D.Foster // The American society of mechanical engineers 345E. 47St., New Jorc, 10017.
6. Везирова В.Р. Промысловые испытания ингибитора ВНИГИП на Оренбургском газоконденсатном месторождении / В.Р. Везирова // Труды Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института по подготовке к транспортировке и переработке природного газа. –

1977. - № 4. – С.152-159.

7. Demo J.J. Hot ash corrosion of hightemperature equipment / J.J. Demo // Mater. Perform. – 1980. - № 3. –P. 9-15.

8. Патарини В.С. Высокотемпературная коррозия деталей газовых турбин / В.С. Патарини, Н.С., Н.С. Бористейн // Энергетические машины и установки. – 1979. - № 1. – С. 193-202.

9. Stringer J. Hot corrosion of high temperature allojs // Ann. Rev. Marer. Sci. – 1977. № 7. - P. 477-509.

10. Strafford K.N. The influemce of temperature the corrosion of a Ni-Cr-Zr alloj in an oxjden-sulphure dioxide environment and the mechanismof accelerated attack / K.N. Strafford, P.J. Hunt // Corros. – 1979. - № 12. – P.1089-1103.

11. Luthra K.L. Mechanism of Na_2SO_4 induced corrosion at 600 -900 °C / K.L.Luhra, D.A. Shores // J. Electrochem. Soc. – 1980. - № 10. – P. 2202-2210.

12. Баранник В.П. К вопросу о том, как понимать и измерять коррозию металлов / В.П. Баранник, В.В. Романов // Защита металлов. – 1982. - № 2. – С. 309-314.

13. Коломыцев П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия / П.Т. Коломыцев - М. Металлургия, 1979. – 272 с.

14. Симс Ч. Жаропрочные сплавы / Ч. Симс, В. Хагель. – М. : Металлургия, 1976. –568 с.

15. Stringer T. Corrosion ofHigh Temperature Allojs / T. Stringer // Metal-Siag-Gas Reactions and Processes. - 1975. – P.543-556.

16. Conde J.F. Aspects of the Mechanism of Hot Corrosion in MarineGas Turbines / J.F. Conde // Metals andGeramics Information Centre. -27. – 1975. – P.73-88.

17. Bornstein N.S. Sulfidation in Gas Turbine Engines/ N.S. Bornstein // International Corrosion Forum. – 1976. - № 165. – 14 p.
18. Donachie M.J. Sulfidation of Hot Section Alloys in Gas Turbine Engines / M.J. Donachie, R.A. Sprague // Hot Corrosion Problems. -1967. № 421. – P.85-104.
19. Пономаренко Е.П. Формирование покрытий с гетерогенной структурой на никелевых сплавах / Е.П. Пономаренко // Известия АН СССР. Металлы. – 1990. № 2. – С. 96-103.
20. Hancock P. Corrosion of Alloys at High Temperatures in Atmospheres Consisting of Fuel Combustion Products and Associated Impurities / P. Hancock // London: Her Majesty's Stationary Office/ - 1968. - 55p.
21. Coebel J.A. Mechanism for the Hot Corrosion of Nickel – Base Alloys / J.A. Coebel, F.S. Pettit, G.W. Coward // Metallurgical Transactions. – 1973. № 1. – P. 261-278.
22. Stringer J. High Temperature Oxidation and Corrosion of Metals and Alloys / J. Stringer, D.P. Whittle // Revue Internationale des Hautes Temperatures et des Refractaires. – 1977. - № 1. – P. 6-20.
23. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы / Ф.Ф. Химушин // - М.: Металлургия, 1969. – 749 с.
24. Smith C.A. Corrosion Problems with Heavy Marine Fuels / C.A. Smith // Anticorrosion Methods and Materials. - 1982. - № 11. P. 15-16.
25. Юст Ч. Сравнительный анализ методов оценки температурной зависимости горячей коррозии / Ч. Юст // Жаропрочные сплавы для газовых турбин. - М.: Металлургия, 1981. - С. 79-95.
26. Исследование лопаток турбины I ступени с окислением в «горячей» зоне пера. Отчет // КМПО. - № 736. - Казань, 1980. - 8 с.

27. Conde J.F. Hot Corrosion in Marine Gas Turbines / J.F. Conde, C.C. Boott, A.F. Taylor // High Temperature Alloys for Gas Turbines. - Dordrecht e. a. - 1982. P. 237-247.

28. Crisik T.T. Performance of Second Generation Airfoil Coatings in Marine Service / T.T. Crisik, R.G. Miner, D.T. Worman // - 1980. - № 2. - P. 397-406.

29. Harlan B. The Reaction of Nickel With $\text{SO}_2 + \text{O}_2 / \text{SO}_3$ at 500-900 °C / B. Harlan, P. Kofstad // Corrosion Science. - 1983/ - V. 23. - № 12. - P. 1333-1352.

30. Bourhis J. St Na_2SO_4 and NaCl - Induced Hot Corrosion of six Nickel - Base Superalloys / J. Bourhis, C. Zohn // Oxidation of Metals. - 1975. - № 6. P. 507-526.

31. Иванов Е.Г. О катастрофическом окислении никелевых сплавов / Е.Г. Иванов, П.Т. Коломыцев, Л.А. Костина // Защита металлов. - 1973. - № 1. - С. 80-82.

32. Goebel J.A. Na_2SO_4 - Induced Accelerated Oxidation (Hot Corrosion) of Nickel / J.A. Goebel, F.S. Pettit // Metallurgical Transactions. - 1970. - № 7. P. 1943-1953.

33. Techinkel J.G. Formation of Sodium Sulfate in Gas Turbine Combustor / J.G. Techinkel // Corrosion. - 1972. - № 5. - P. 161-169.

34. Richards M.V. Some Aspects of the Hot Corrosion of Cobalt - base Alloys / M.V. Richards, J. Stringer // British Corrosion Journal. - 1973. - № 4. - P. 167-172.

35. Пономаренко Е.П. Термодинамика и кинетика «окислительной» коррозии деталей газотурбинных установок и их

защита / Е.П. Пономаренко, А.Г. Андриенко, А.А. Рабинович [и др.] // Нанесение, упрочнение и свойства защитных покрытий на металлах. - Ивано-Франковск, 1990. - С. 215.

36. Simons E.L. Sodium Sulfate in Gas Turbines / E.L. Simons, G.V. Browning, H.A. Liebhafskj // - Corrosion. - 1955. - № 12. - P. 505-513.

37. Симс Ч. Жаропрочные сплавы / Ч. Симс, В. Хагель // - М.: Металлургия, 1976. - 568 с.

38. Анненков Р.В. Надійність експлуатації робочих лопаток газотурбінних установок / Р.В. Анненков, Т.О. Козіна, О.А.Матлакова, В.В. Кононов // Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 16-20 квітня 2018 р. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. Дані. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – Назва з тит. екрана.

39. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин, С.В. Белова – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.- 432 с.

40. Люманов Е.М. Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах / Е.М. Люманов // – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128 с.

41. Піскун І.П. Охорона праці в галузі машинобудування / Р.Є. Стець, І.О. Трунова. // – Суми: Університетська книга, 2011. - 557с.

42. Кодекс цивільного захисту України станом на 06 грудня 2012 року: – К.: Алерта, 2012. – 120 с.

