

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)

Менеджерингівський факультет та інженерний
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до магістерської роботи

Магістр
(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему Розробка та дослідження конструкції і
основних вузлів фрезерного верстата для протекти
мониторингу виробів.

Виконав: студент VI курсу, групи Мр-213
спеціальності (напряму підготовки)

133 Технологія машинобудування
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Тараша В.В. П/
(прізвище та ініціали)

Керівник Трушко А.В. П/
(прізвище та ініціали)

Рецензент Комаренко М.С. П/
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
20 18 рік

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Металорізальних верстатів та інструментів
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 133 Танцюєве машинобудування
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Металорізальні верстати та системи
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Проків М.В.

" 17 " листопада 20 18 року

З А В Д А Н Н Я
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Годани Віолетти Вікторівни
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження копуючих і основних вузлів фрезерного верстата з однією лопаткою шпindelю
 керівник проекту (роботи) Гушко Андрій Володимирович, ст. викл.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 07 " 11 20 18 року № 339

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.11.18

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Довжина робочої частини лопатки GTD - до 500 мм. Переважний матеріал - шпательові сплави. Тип виробництва - серійний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Завдання: відома конструкція шпінделю, геометричні параметри копуючої частини лопатки шпінделю, дані механізму та способів механічної обробки лопатки шпінделю, високоточна обробка, класифікація та види фрезерної обробки лопатки шпінделю, розробка конструкції фрезерної головки, розробка шпінделю на точності, розробка шпінделю на рівності

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

- загальний вигляд верстата
- фрезерна головка шпінделю
- вузол поворотної осі

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Гуцунко А.В., ст. викл.		
4	Шклярко В.І. к.т.н., доц.		
Нормоконтроль	Гуцунко А.В., ст. викл.	17.12.18	
4	Шклярко В.І. к.т.н., доц.	ВКС 10.10.18	ВКС 10.10.18

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Задавальні відрізки крокошати турбін	08.10.18	
2.	Огляд меморію виконуваних крокошати	15.10.18	
3.	Технологічна горючка	22.10.18	
4.	Робочий річковий інструмент при ВМД	29.10.18	
5.	Технічний та технічний фінансування	05.11.18	
6.	Технічний кошторисовий вартість при ВМД	12.11.18	
7.	Розробка конструкції внутрішньої горючки	19.11.18	
8.	Вибір мотор-шклярка	26.11.18	
9.	Розрахунок мотор-шклярка не триває	03.12.18	
10.	Розрахунок кінематичної не розраховується	10.12.18	
11.	Охорона праці	17.12.18	

Студент

(підпис)Година В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)А.В. Гуцунко
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 101с., 35 рисунков, 9 таблиць, 25 джерел .

Об'єктом дослідження є компоновка та конструкція вузлів верстата для високошвидкісного фрезерування лопаток турбін.

Мета роботи: розробка конструкції верстата для високошвидкісного фрезерування лопаток турбін.

В роботі проведено аналіз методів механічної обробки лопаток турбін. Розглянуто особливості високошвидкісної обробки. Визначені технічні характеристики проектного верстата, розроблено його компоновку. Розроблено конструкції основних вузлів верстата та виконані їх проектні та перевірочні розрахунки.

Результатами роботи є розробка компоновки верстата для високошвидкісної обробки робочої частини лопаток турбін та конструкції його вузлів - поворотної фрезерної головки і вузла поворотної осі.

ЛОПАТКА ТУРБИНИ, ВИСОКОШВИДКІСНА ОБРОБКА, ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ, КОМПОНОВКА, СФЕРИЧНА ФРЕЗА, МОТОР-ШПИНДЕЛЬ, ПІДШИПНИК, ФРЕЗЕРНА ГОЛОВКА.

ABSTRACT

PP consists of: 102 p., 35 fig., 9 tab., 25 adj.,

The object of the study - the layout and design of the machine tool knives for high-speed milling of turbine blades.

The purpose of the work - design of the machine tool for high-speed milling of blades of turbines.

In the work the analysis of methods of mechanical treatment of turbine blades is carried out. The features of high-speed processing are considered. The technical characteristics of the designed machine tool are determined, its layout is developed. The designs of the main units of the machine are developed and their design and verification calculations are carried out.

The results of the work are the development of the machine tool layout for high-speed machining of the working part of the blades of turbines and the design of its knots - the rotary milling head and the knot of the rotary axis.

TURBINES, HIGH-SPEED PROCESSING, MILLING MACHINE, COMPONENT, SPHERICAL MILLING CUTTER, MOTOR SPINDLE, SPINNING, MILLING HEAD.

Реферат.....	
Вступ.....	
1. Загальні відомості про лопатки турбін енергетичних установок	
1.1. Види лопаток та їх класифікація.....	
1.2. Геометричні параметри профілю робочої частини лопаток турбіни.....	
1.3. Матеріали лопаток турбін.....	
2. Огляд методів виготовлення лопаток турбін.....	
2.1. Заготовки для лопаток турбін.....	
2.2. Способи механічної обробки лопаток турбін.....	
2.3 Високошвидкісна обробка.....	
2.4 Особливості різального інструмента при високошвидкісній обробці.....	
2.4.1 Типи фрез використовуваних для високошвидкісної обробки та схеми фрезерування.....	
2.4.2 Визначення параметрів режимів різання при високошвидкісній обробці лопаток ГТД.....	
3. Конструкторська частина.....	
3.1 Аналіз компоновок верстатів для високошвидкісного фрезерування робочої частини лопаток турбін.....	
3.2 Розробка конструкції вузла фрезерної головки.....	
3.2.1 Принцип роботи вузла фрезерної головки.....	
3.2.2 Вибір мотор-шпинделя.....	
3.2.3 Вибір електродвигуна для фрезерної головки.....	
3.3 Розрахунок шпинделя на жорсткість.....	
3.4 Розрахунок підшипників на довговічність.....	
4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	
4.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	
4.4 Шум, вплив на людину і методи захисту.....	

4.5	Заходи з пожежної безпеки.....
4.6	Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях.....
4.7	Організація і проведення рятувальних і інших невідкладних робіт на підприємствах.....
4.8	Ліквідація наслідків аварії і катастроф на об'єктах господарювання
4.9	Розрахунок площ адміністративних та побутових приміщень.....
	Висновки.....
	Список використаних джерел.....
	Додаток А.....
	Додаток Б.....

ВСТУП

Сучасне авіадвигунобудування України переживає новий підйом у зв'язку з розробкою нових поколінь газотурбінних двигунів (ГТД) цивільного та спеціального призначення. Така тенденція викликає необхідність обробки великої кількості лопаток турбін різних форм та розмірів, збільшення продуктивності обробки та швидкості освоєння нових виробів.

В таких умовах виникає необхідність у створенні обладнання, що дозволяє вирішити поставлені задачі та забезпечити вимоги до високої якості даних виробів.

Традиційні технології механічної обробки лопаток турбін передбачали два чітко розділених етапи процесу їх виготовлення. Перший етап – лезова попередня обробка профіля робочої частини лопатки. Другий етап – кінцева обробка абразивним інструментом.

У сучасності технології фрезерної обробки дозволяють сумістити ці етапи при обробці на одному верстаті. Такою технологією є високошвидкісне фрезерування. Воно дозволяє отримати кінцеві показники точності та якості на одній операції. Але специфіка такої обробки вимагає від обладнання певних конструктивних та експлуатаційних особливостей, не притаманних іншим верстатам.

Ці особливості стосуються стратегій обробки, що позначається на компонованні та схемах рухів верстатів. Також жорсткіші вимоги висуваються до технологічних показників.

Метою даної роботи є розробка конструкції верстата для високошвидкісного фрезерування лопаток турбін.

Для досягнення заданої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз конструктивних різновидів та методів виготовлення лопаток турбін
- Виконати аналіз особливостей високошвидкісної обробки та на його основі визначити таректорії руху інструменту та режими обробки

- За отриманими результатами сформулювати технічні характеристики проектного верстата
- Розробити компоновку верстата для високошвидкісного фрезерування лопаток турбін
- Розробити конструкцію вузлів верстата – поворотної фрезерної головки та
- Виконати необхідні проектні та перевірочні розрахунки елементів конструкції проєктованих вузлів

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЛОПАТКИ ТУРБІН ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

1.1 Види лопаток та їх класифікація

Лопатки турбін є складними за конструкцією оригінальними деталями. Число конструктивних різновидів лопаток дуже велике. Конструкції лопаток можна класифікувати за різними ознаками.

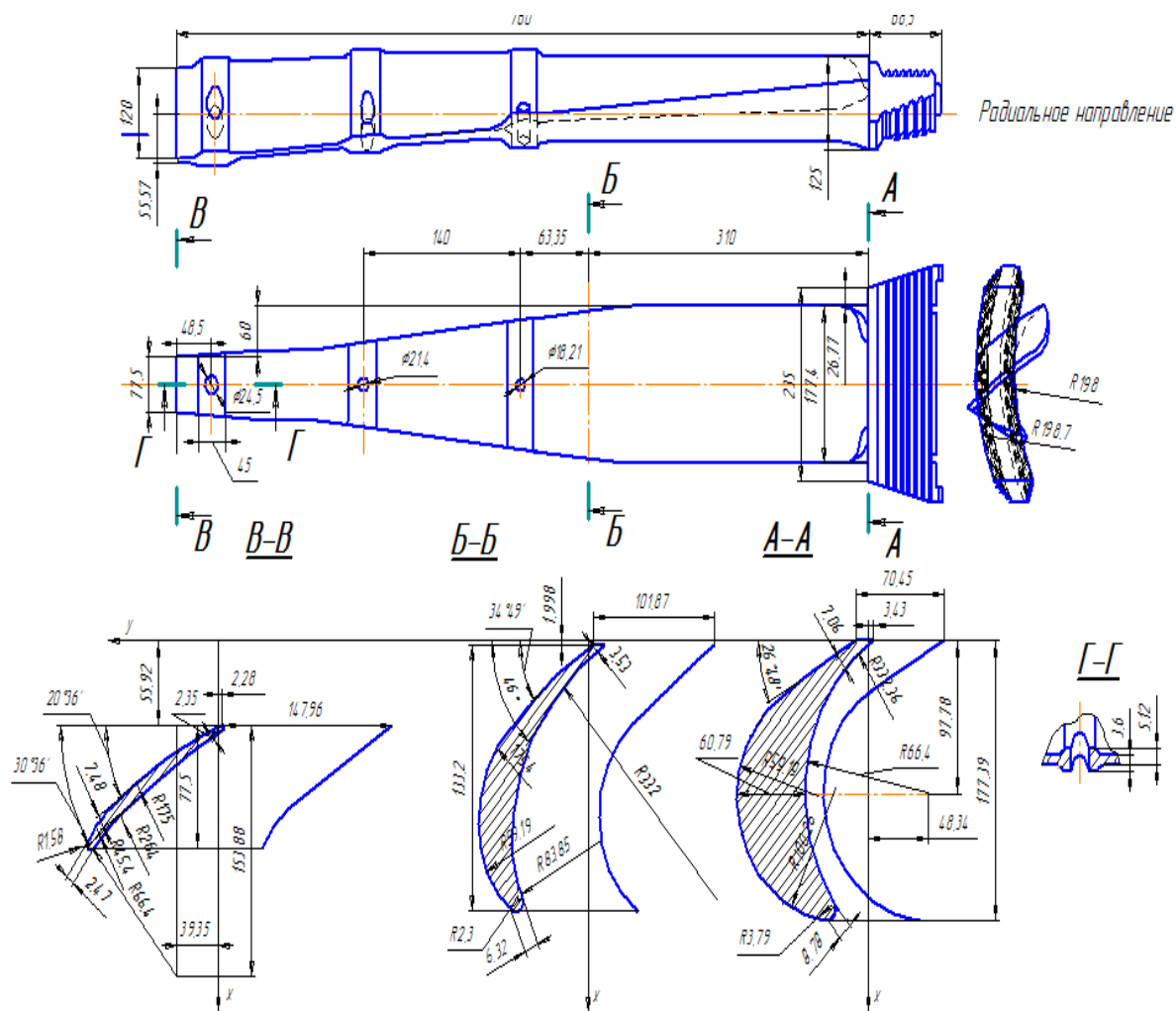


Рисунок 1.1 - Приклад лопатки турбіни

Турбінні лопатки поділяють на напрямні, які монтуються в статорі турбіни, і робочі, що закріплюються на її роторі. Останні є найбільш складними за конструкцією і мають найбільшу кількість різновидів.

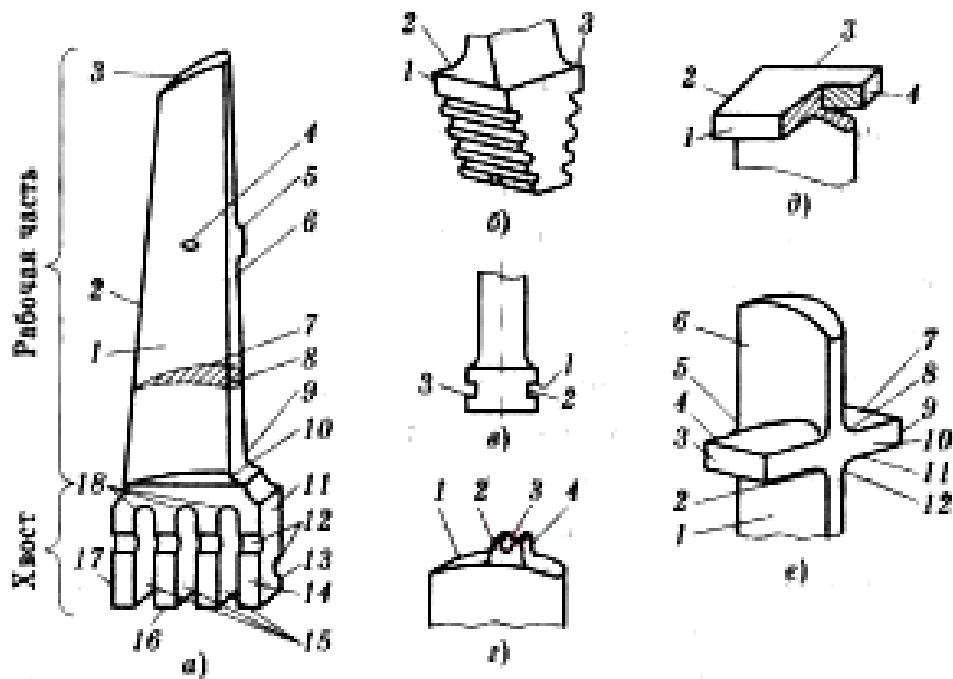
Конструкцію робочих лопаток можна умовно уявити, як таку, що складається з трьох основних частин: хвоста, робочої частини, головки. Кожна з цих частин має велику кількість конструктивних різновидів. На рисунку 2 представлена один з різновидів конструкцій турбінних лопаток, наведені деякі елементи конструкцій даної та інших лопаток, позначення поверхонь конструктивних елементів.

Робочі частини напрямних і робочих лопаток розрізняють за рядом ознак: формі перетинів і їх взаємного розташування уздовж осі лопатки; нависання (або його відсутності) елементів над профілями робочої частини; способу побудови поверхонь.

За формою перетинів і їх взаємного розташування уздовж осі робочі частини поділяють на частини з постійним профілем і змінним.

Над кінцями робочої частини лопатки може нависати хвіст, полка, обидва ці елементи одночасно або нависання може бути відсутнім. За цією ознакою робочі частини лопаток поділяють на відкриті, напіввідкриті і закриті.

Якщо конструктивний елемент нависає з одного кінця лопатки, наприклад з боку хвоста, а з боку головки або в робочій профільній частині лопатки нависаючі елементи відсутні, то подібні конструкції лопаток класифікують як лопатки з напіввідкритим профілем робочої частини. Лопатки з закритим профілем мають нависаючі елементи з обох кінців робочої частини. У таких лопаток над робочою частиною з одного боку нависає хвіст, а з іншого - потовщення.



а - лопатка з вильчатим хвостом: 2 - внутрішня поверхня; 2 - вихідна кромка; 3 - зовнішня поверхня; 4 - отвір під дрiт; 5 - потовщення; 6 - вхідна кромка; 7 - зовнішній профіль перетину; 8 - внутрішній профіль перетину; 9 - зовнішній жолобник; 10 - внутрішній жолобник; 11 - вхідна площина хвоста; 12 - отвори під заклепки; 13 - зовнішня радіальна площину хвоста; 14 - внутрішня радіальна площину хвоста; 15 - пази хвоста; 16 - торець хвоста; 17 - вихідна площина хвоста; 18 - вершина пазів хвоста; б - ялинкового профілю, полка, перехід полки в робочу частину: 1 - внутрішня площина полки; 2 - перехідний жолобник; 3 - зовнішня площина полки; в - хвіст пазового двостороннього профілю, поверхні профілю: 2 - верхні; 2 - бічні; 3 - нижні; г - головка з шипом: 1 - торець головки; 2 - внутрішня поверхня шипа; 3 - зовнішня поверхня шипа; 4 - вхідна поверхню шипа; д - бандажна полка: 2 - внутрішня площина бандажної полки; 2 - вхідна площина бандажної полиці; 3 - зовнішня площину бандажної полиці; 4 - вхідна площину бандажної полиці; е - перемичка двох'ярусної лопатки: 2 - нижній ярус; 2 - внутрішній нижній жолобник перемички; 3 - внутрішня площина перемички; 4 - вихідна площина перемички; 5 - внутрішній верхній жолобник перемички; 6 - верхній ярус; 7 - зовнішня площину ярусу; 8 - зовнішній верхній жолобник перемички; 9 - зовнішня площина перемички; 10 - вхідна площина перемички; 22 - зовнішня площину нижнього ярусу; 12 - зовнішня жолобник нижньої перемички.

Рисунок 1.2 - Приклад конструкції робочої лопатки і елементів конструкції лопаток

За способом побудови поверхонь розрізняють лопатки з аналітичними поверхнями робочої частини і зі скульптурними поверхнями. Аналітичні поверхні являють собою поєднання лінійних, циліндричних і гвинтових поверхонь. Ці поверхні досить просто формалізуються математично. Визначення скульптурної поверхні відображає технологічний прийом її формування. Для цього використовують шаблони. Перетин робочої частини лопатки припасовуються до шаблонів, а між перетинами поверхню доводять на дотик.

За розміром лопатки розподіляють на короткі та довгі. Короткі лопатки ($d / l > 10$) виконують з постійним по висоті профілем, довгі - зі змінним. Довгі лопатки доводиться виконувати закрученими відповідно до трикутників швидкостей, що змінюються по висоті. Одночасно необхідно зменшувати їх площу від кореневого перерізу до периферійного для того, щоб зменшити відцентрову силу робочої частини лопатки і напруги в кореновому перерізі і в хвостовику.

Довжина лопаток турбіни для різних двигунів укладена в межах 40 ... 350 мм, закрутка пера досягає 60 °. Пера, робочої лопатки турбіни має складну просторову аеродинамічну форму зі змінними профілями поперечних перерізів. Перетину пера повернені відносно один одного, створюючи його закрутку.

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

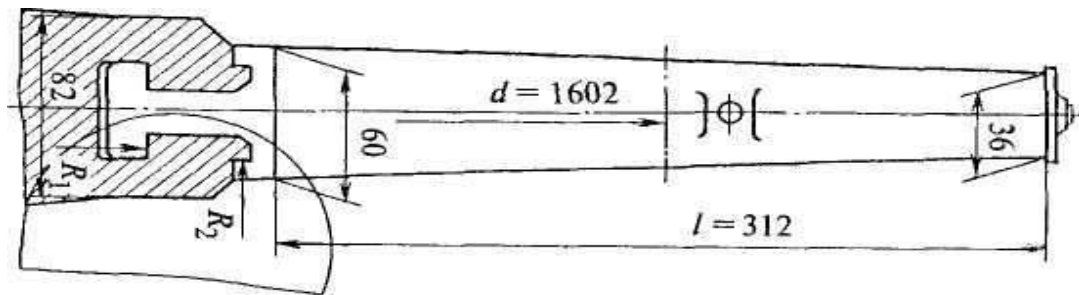


Рисунок 1.3- Робоча лопатка з Т-образним хвостовиком і замками

Робочу частину лопатки фрезерують або стружуть на спеціалізованих верстатах по копіру, а потім полірують до дзеркального блиску. Це зменшує втрати на тертя пари об поверхню лопаток і збільшує їх опір втоми.

Турбінні лопатки в складальній одиниці закріплюють різними способами. Залежно від способу в конструкцію лопатки вводять відповідні конструктивні елементи. За цією ознакою лопатки поділяють на такі, що мають хвостову частину і не мають останньої. До лопаток з хвостовою частиною відносяться направляючі лопатки (рисунок 4). Кінцеві частини таких лопаток можуть бути обмежені торцевими поверхнями (рисунок 4, а), поверхнями циліндричної форми або складної форми (рисунок 4, б).

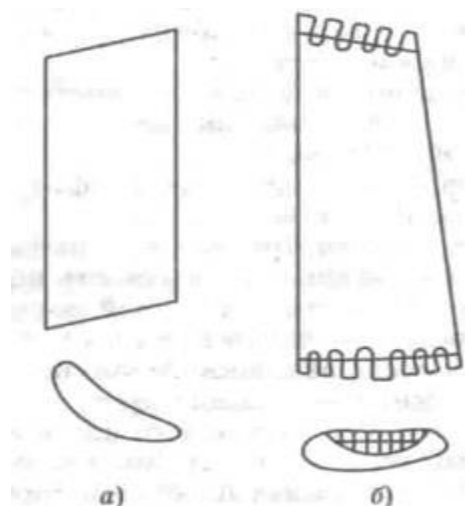


Рисунок 1.4 - Приклади конструкцій напрямних лопаток турбін

Найбільшого поширення набули робочі лопатки, хвостова частина яких обмежена профільними поверхнями наступних форм: Т-подібної без заплечиків і з заплечиками, ялинкової, вильчатої, пазової двосторонньої. Лопатка з вильчатим хвостом показана на рисунку 5 а, з ялинковим - на рисунку 5 б, з пазовим двостороннім - на рисунку 5 в, з Т-подібним без заплічок - на рисунку 5 а, б, Т-подібним з заплечиками - на рисунку 5 в, з грибоподібним - на рисунку 5 г, з ялинковим - на рисунку 5 е.

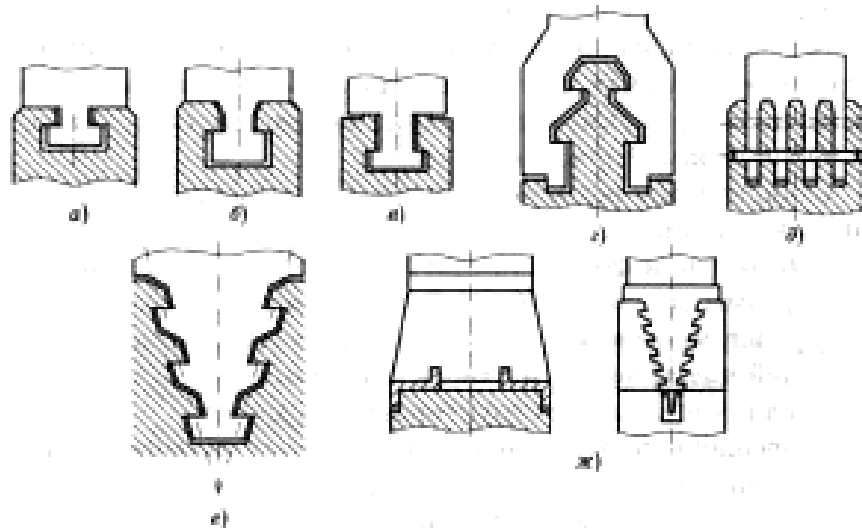


Рисунок 1.5 - Конструкції з'єднання хвостів лопаток з дисками робочих коліс

У багатьох конструкціях лопаток з боку головної частини розташований елемент їх зв'язки в пакет за допомогою закріплюючого бандажа. Даний елемент може бути виконаний у формі шипа (рисунок, 5, д) або полки, спільно з полками ряду лопаток, що утворюють власний бандаж. За формою, розташуванням і числу шипів поділяють на прямокутні в один ряд на прямому (в перетині) зрізі (рисунок 5, г), прямокутні в один ряд на косому зрізі, прямокутні подвійні на прямому зрізі, прямокутні подвійні на косому зрізі, фасонні в один ряд на прямому або косому зрізі, фасонні подвійні на прямому або косому зрізі. Є також лопатки, які здебільшого не скріплюються бандажем.

Надійність, довговічність, ремонтпридатність і інші якісні показники турбін багато в чому визначаються їх лопатковим апаратом. Тому до

конструкцій лопаток пред'являють чіткі технічні вимоги зокрема до матеріалів і їх станом, точності розмірів і геометричної форми лопаток. .

Технічні умови на вироби лопаток часто обмежуються вказівкою шорсткості поверхні і її мікротвердості. Параметри шорсткості поверхні призначаються конструктором залежно від умов роботи. При складанні креслень звертають увагу на поверхні, дотичні до інших деталей, зокрема на поверхні, що труться.

Параметри шорсткості поверхонь робочої частини і перехідних галтелів зазвичай задаються в межах $Ra = 1,25 - 0,63$ мкм, у ряді випадків $Ra = 0,63 - 0,32$ мкм, а профільних поверхонь хвостів лопаток $Ra = 1,25 - 0,63$ мкм. В той же час шорсткість турбінних лопаток робить сильний вплив на аеродинамічну ефективність і теплове навантаження лопаток.

Результати дослідів показують, що шорсткість поверхонь суттєво збільшується внаслідок корозії та ерозії, а також відкладення солей. Орієнтовні дані значення абсолютної шорсткості лопаток наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Значення абсолютної шорсткості лопаток

Стан поверхні лопаток	Шліфовані та поліровані лопатки	Фрезеровані і тягнені лопатки	Координовані поверхні лопаток		Лопатки	
				Точного лиття	Грубого лиття	Занесені солями
Середня висота виступів шорсткості Ra , мм	0,001- 0,002	0,015-0,025	0,01-0,03	0,015-0,03	0,06-0,25	0,1-0,4

Застосування теплозахисних покриттів (ТЗП) лопаток турбін на основі нікелевого сплаву допомагає захистити поверхню від високотемпературної корозії і разупрочнення в результаті дії високих температур, крім того, знижує температуру металу лопаток і збільшує їх ресурс [2]. Стеліт - сплав на основі

кобальту (60-65 %), що містить 25-28 % хрому і 4-5 % вольфраму. Він має високу твердість і дуже високу корозійну стійкість.

На даний момент при проектуванні і виготовленні лопаток турбін перспективних газотурбінних двигунів значна роль відведена мінімізації шорсткості поверхні лопаток.

1.2 Геометричні параметри профілю робочої частини лопаток турбін

Регламентуються граничні відхилення розмірів перетинів робочої частини лопатки змінного профілю (рисунк 6, а), а саме: b - хорди; B - ширини; c - товщини; $\delta_{\text{вихід}}$ - товщини вихідний кромки. Також регламентуються граничні відхилення профілю від його теоретичного положення і прямолінійності.

Граничні відхилення параметрів « b », « B » і « c » залежать від номінального розміру хорди профілю, а параметра $\delta_{\text{вихід}}$ напрямних і від номінального розміру товщини вхідної крайки.

У більшості конструкцій робочих лопаток розміри хорди профілю знаходяться в межах від 20 до 300 мм, у напрямних лопаток від 30 до 350 мм. Розміри товщини вихідний кромки напрямних і робочих лопаток знаходяться в межах від 0,5 до 1,3 мм. З урахуванням зазначеного діапазону розмірів призначені можливі граничні відхилення на розміри « b », « B » і « c » і $\delta_{\text{вихід}}$, а також від теоретичного профілю і прямолінійності.

Граничні відхилення параметрів профілів робочої частини лопатки з хордою, наприклад, рівний 20 мм, складають:

$$b \pm 0,08; B \pm 0,08; c \pm 0,1; \delta_{\text{вихід}} \pm 0,3 \text{ мм.}$$

Для середніх за розміром хорд (100 - 150 мм) лопаток визначаються:

$$b^{+0,45}_{-0,20}, B^{+0,45}_{-0,20}, c^{+0,50}_{-0,20}, \delta^{+0,20}_{-0,10} \text{ від теоретичного профілю } ^{+0,25}_{-0,10}, \text{ по прямолінійності } 0,15 \text{ мм.}$$

Для великих лопаток (ширина хорди 200 - 300 мм) відхилення повинні знаходитися в наступних межах:

$b^{+0,70}_{-0,20}$, $B^{+0,70}_{-0,20}$, $c^{+0,80}_{-0,20}$, $\delta^{+0,30}_{-0,10}$ від теоретичного профілю $^{+0,40}_{-0,10}$, по прямолінійності 0,2 мм. Допуски на параметри профілів робочої частини напрямних лопаток аналогічні робочим лопаткам.

Лопатка приєднується до диска робочого колеса турбіни. Основні конструкторські бази сполучення хвоста з диском відносяться до профільних поверхонь хвоста, а допоміжні конструкторські бази - до профільних поверхонь паза або гребеня диска. Деякі з поверхонь хвоста лопаток передбачені в конструкції в якості вимірювальної бази B_3 (рисунк 6, б) при вимірюванні розмірів, які визначають робочі частини робочих лопаток в осьовому напрямку. У напіввідкритих лопаток з шипами (поз. I, рисунок 6, б) відхилення розміру L в діапазоні довжин до 100 мм і від 100 мм і більше 1200 мм повинні знаходитися в межах $\pm 0,1$ мм. Відхилення зазначеного розміру напіввідкритих лопаток без шипів (поз. II, рисунок 6, б) залежать від величини розміру L і призначаються в межах від $\pm 0,1$ мм (при L до 100 мм) до $\pm 0,6$ (при L понад 1200 мм). Граничні відхилення розмірів в осьовому напрямку, які визначають розташування робочої частини лопаток, залежать від довжини робочої частини, розташування перетину, в якому здійснюється вимірювання, а також від напрямку заводу лопатки при складанні з диском (радіальний завод - поз. I, рисунок 6, в, осьової завод - поз. II, рисунок 6, в).

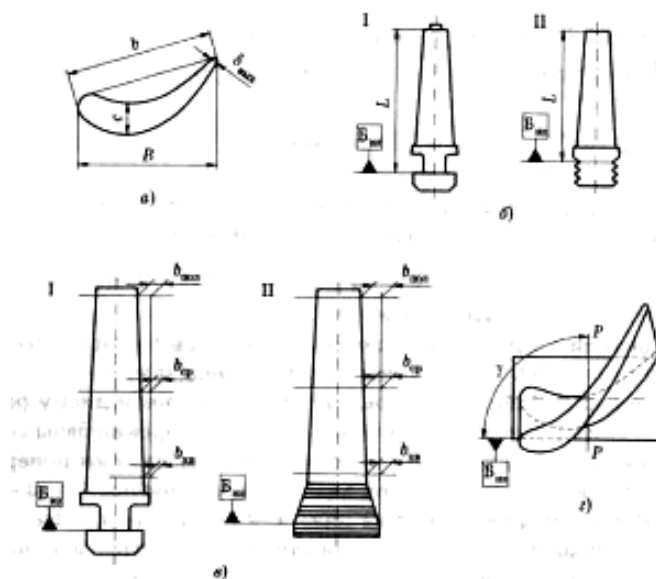


Рисунок 1.6 - Розмірні ланцюги, що визначають точність розміщення робочої частини лопаток в радіальному, тангенціальному та осьовому напрямках

Розміри задають від вихідної кромки до нормалі до поверхні B_3 і дотичною до точки на вхідний (або вихідний) площині хвоста. Розміри позначені $b_{\text{хв}}$ - в першому від хвоста кореновому перерізі; $b_{\text{пол}}$ - в останньому повному контрольному перетині; $b_{\text{ср}}$ - в середньому перерізі, який визначається за лінійним законом щодо $b_{\text{хв}}$ і $b_{\text{пол}}$.

Конструкторською основною опорною базою робочої лопатки радіального заводу при її монтажі в складальні одиниці служить радіально спрямована поверхню хвоста, яка сполучається з аналогічною поверхнею, що має теж напрямок сусідній лопатки, що є в даному випадку конструкторською допоміжною опорною базою. Поверхня хвоста лопатки береться в якості вимірювальної бази B_3 (рисунок 6, г). Остання використовується при визначенні відхилень розмірів, що визначають розташування робочої частини лопатки в тангенціальному напрямку. Граничні відхилення від номінального значення кута γ в плані між радіально орієнтованою поверхнею хвоста лопатки і площиною Р-Р профілів перетинів і визначають точність завдання розташування профілів перетинів.

При розробці конструкції робочих лопаток величини граничних відхилень кута γ призначають в залежності від довжини робочої частини лопатки і з урахуванням (для хвостових перетинів) кута виходу потоку робочого тіла з каналу лопаточного апарату на наступний щабель тиску. Для всіх довжин робочої частини (до 500 мм і більше) і кутом виходу потоку до 20° допустимі відхилення кута γ хвостових перетинів $\pm 5^\circ$, а для лопаток з кутом виходу понад 20° становлять $\pm 0,12'$.

Допустимі відхилення кута γ у головного перетину при будь-якому значенні кута виходу потоку складають $\pm 12'$, а в головних перетинах лопаток з довжиною робочої частини більше 500 мм, незалежно від кута виходу потоку допустимі відхилення кута повинні знаходитися в межах $\pm 30'$.

Допустимі відхилення розмірів поверхонь елементів, які утворюють ялинкові профілі хвостової частини робочої лопатки, показані на рисунку 7.

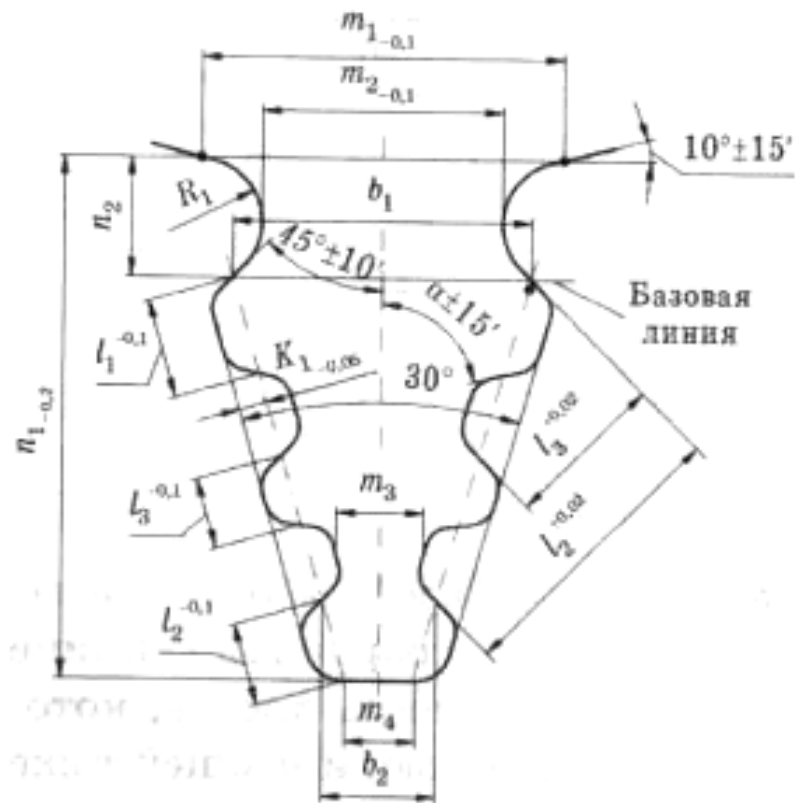


Рисунок 1.7- Графічна побудова профілів ялинкового хвоста робочої лопатки

Параметри шорсткості поверхонь робочої частини і перехідних галтелей зазвичай задаються в межах $Ra = 1,25 - 0,63$ мкм, в ряді випадків $Ra = 0,63 - 0,32$ мкм, а профільних поверхонь хвостів лопаток $Ra = 1,25 - 0,63$ мкм.

1.3 Матеріали лопаток турбіни

При виготовленні деталей і вузлів виробу та або інша група матеріалів і конкретний матеріал визначаються конструктором виходячи з вимог, що пред'являються до них. Конструкційні матеріали, вживані для виготовлення деталей і вузлів ГТД, повинні відповідати ряду вимог: мати стабільність і відтворюваність механічних властивостей, достатню жароміцність і жаростійкість, високий опір корозії і високу питому міцність. Такі матеріали повинні добре оброблятися на операціях формоутворення, а також на переходах заготівельного і зварювального виробництва. Кожен знову розроблений матеріал повинен пройти через систему досліджень і випробувань в умовах, наближених до

експлуатаційних. Вживані і перспективні для використання в основному виробництві двигунів авіаційної техніки матеріали можуть бути розділені на такі основні групи :

- 1) метали і сплави (титанові сплави, сталі, нікелеві сплави, сплави на алюмінієвій і мідній основі та ін.);
- 2) конструкційні кераміки і металокераміки, керамічні композиційні матеріали;
- 3) інтерметаллідные сплави типу Ti - Al;
- 4) композиційні матеріали з полімерною і металевою матрицею, функціонально-градієнтні матеріали;
- 5) вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів;
- 6) полімерних матеріалів.

Титанові сплави є найважливішими конструкційними матеріалами, широко вживаними в авіаційній і космічній техніці, суднобудуванні, хімічній промисловості і інших галузях. Титанові сплави характеризуються високою в'язкістю і міцністю. Крім того, вони порівняно добре піддаються традиційним способам механічної обробки. Широке застосування титанових сплавів обумовлене: високою міцністю при низькій питомій вазі, корозійною стійкістю, технологічністю отримання і обробки, великою поширеністю в довкіллі.

Титанові сплави мають наступні недоліки: схильність до сольової корозії під напругою при температурах 488-823 К, велика активність при взаємодії з газами при високих температурах, низька зносостійкість і погані антифрикційні властивості. На титані не утворюється граничної мастильної плівки, що перешкоджає прямому контакту матеріалів при терті. Схоплювання і задирообразование на титанових поверхнях спостерігається при мінімальних контактних навантаженнях. Титанові сплави мають майже в два рази нижчий модуль пружності (112 ГПа), ніж сталі, що є недоліком, що обмежує їх застосування в конструкціях, що вимагають високої жорсткості. Для виготовлення деталей і вузлів ГТД нині в основному застосовуються титанові сплави, сплави на нікелевій основі і високоміцні сталі. Проте, існує тенденція використання жароміцного алюмінієвого сплаву замість традиційного титанового, оскільки це

може істотно збільшити енергоефективність газотурбінного двигуна, оскільки застосування алюмінію дозволяє значно понизити вагу двигуна, зберігаючи при цьому прочностні характеристики.

До сталей для лопаток парових турбін висуваються жорсткі вимоги по повзучості (допустимою вважається 0,1% деформації за 100 000 годин, тобто на порядок менше, ніж для котельних сталей), оскільки навіть мала деформація лопаток призведе до виходу турбіни з ладу. Лопатки парових турбін необхідно виготовляти з корозійностійких сталей. Для цього використовують хромисті сталі 12X13, 15X11МФ і 15X12ВНМФ.

Найбільш жорсткі вимоги висувають до лопаток газових турбін, які працюють в області температур 650 ... 800°C, і в них виникають великі напруги від відцентрових сил і тиску газів. При невеликих зазорах вже малі деформації їх можуть привести до виходу з ладу всієї турбіни. Для довгострокової служби лопаток газової турбіни при температурах 600 ... 650° С рекомендується аустенітна сталь 08X16H13M2Б. Для лопаток газових турбін і інших деталей, що працюють тривалий час в області температур 650 ... 700 °С, застосовують сталі аустенітного класу (45X14H14B2M і ін.). Складніша за своїм складом аустенітна сталь 08X15H24B4TP має робочу температуру до 750 ° С.

Для виготовлення деталей, що працюють при температурах вищих, ніж 700 ° С, застосовуються сплави на нікелевій або кобальтовій основі, які в порівнянні зі сплавами на залізній основі більш жароміцні. Сплави на кобальтової основі дещо поступаються нікелевим в жароміцності, але мають кращу жаростійкість.

Висновки:

1. Лопатки турбін енергетичних установок є складними виробами, що мають профілі із вільними поверхнями, що не описуються геометричними примітивами.

2. Короткі лопатки ($d/l > 10$) виконують з постійним по висоті профілем, довгі - зі змінним. Довгі лопатки доводиться виконувати закрученими відповідно до трикутників швидкостей, що змінюються по висоті. Відповідно

саме виготовлення довгих лопаток є найбільш складним.

3. Найбільш розповсюдженими є лопатки у розмірному діапазоні від 100 до 500 мм. При цьому лопатки, довжина яких перевищує 300 мм потребують великих обсягів механічної обробки. Саме для них проектування спеціалізованого верстата є найбільш актуальним.

4. Робоча частина лопатки складається з де-кількох частин. Але точність поверхонь цих частин для вказаного діапазону розмірів лопаток складає від 0,08 до 0,5 мм. Шорсткість поверхонь знаходиться у межах $Ra\ 0,4 \dots 0,8$ мм. Ці дані є вихідними для формування характеристик точності проектного верстата.

5. Основними матеріалами для виготовлення лопаток турбін є жароміцні сталі та титанові сплави. На основі обробки цих матеріалів найдоцільніше формувати технічні характеристики верстатів.

2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛОПАТОК ТУРБІН

2.1 Заготовки для лопаток турбін

Для виготовлення лопаток застосовуються наступні види заготовок: смугова сталь, листова сталь, поковки, штампування, гарячекатані профільні смуги (так званий світлокатаний профіль) і точне лиття по моделях, що виплавляються. Найбільш поширеними заготовками для лопаток є світлокатаний профіль і штампування. Вид заготовки робить великий вплив на подальший технологічний процес обробки, тому при виборі раціональних заготовок слід враховувати усі конкретні умови виробництва і, зокрема, форму лопаток, їх кількість і терміни виконання замовлень. Основним методом виготовлення лопаток є прецизійне лиття по моделях, що виплавляються, переважно з ливарних сплавів ЛК4, ЖС6, ЖС6-Кидр.

Застосування точного лиття по моделях, що виплавляються, дозволяє отримувати заготовки з мінімальним припуском по перу. Механічна обробка заготовок таких лопаток полягає головним чином в обробці замків лопаток. Лиття по моделях, що виплавляються, має наступні переваги в порівнянні з іншими методами отримання заготівель лопаток:

- 1) можливість отримання заготовок складної форми, з чистотою поверхні 5 - би і точністю в межах 4-го класу;
- 2) можливість отримання порожнистих лопаток з товщиною стінок до 0,5 мм

До недоліків цього методу відносяться:

- 1) необхідність застосування для відливання дорогих сплавів і допоміжних матеріалів;
- 2) тривалість виробничого циклу.

У деяких двигунах лопатки виготовляють з листового жароміцного матеріалу методом холодного штампування з подальшим електрозварюванням вихідної кромки.

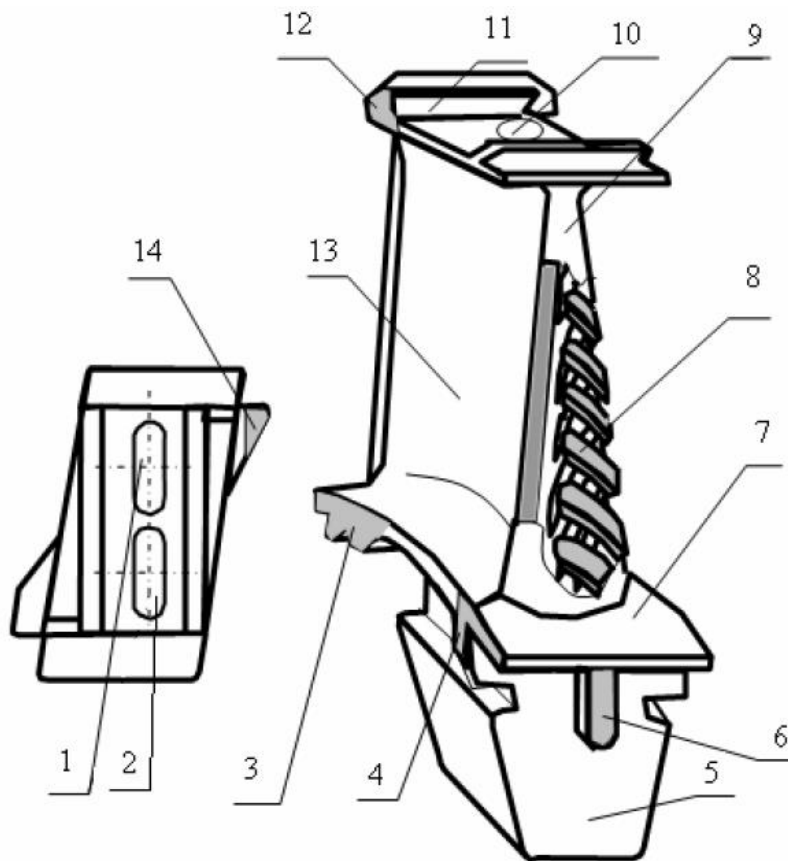
Сучасні технології подарували можливість виробництву турбінних лопаток отримувати заготовки методом спрямованої кристалізації. Це дозволило отримати робочі елементи з такою структурою, яку практично

неможливо зламати. Впроваджується метод виготовлення монокристалльної лопатки, тобто з одного кристала. Лиття або поковка. Лиття дозволяє отримувати лопатки високої якості. Поковка виконується по спец замовленню.

Отримання монокристалічної виливки здійснюється на базі кількох підготовчих процесів, які забезпечують формування геометричної форми і якості окремих елементів заготовки.

На рисунку 1 представлена вихідна монокристалічна заготовка. Внутрішня лабіринтова порожнину - контур 8 і вхідні отвори 1,2 формуються за рахунок копіювання контуру керамічного стрижня в процесі лиття. Стрижень встановлюється перед заливкою металу в ливарну форму.

Внутрішній контур на рис. 1 показаний (для наочності) після видалення стінки лопатки з боку спинки. У верхній частині заготовки лопатки є отвір 10, яке служить для орієнтування кінця стрижня в ливарній формі. У цьому місці в ливарну форму встановлюється спеціальний запал, який забезпечує початок кристалізації в процесі охолодження розплавленого металу. Профіль пера лопатки (спинка 9 і корито 13), 64 вхідні, вихідна кромки і радіуси переходів пера в бандажні полки забезпечуються копіюванням контуру ливарної форми при заливці розплавленого металу. У вихідній заготовці в процесі відливання створюються технологічні установчі базові поверхні, які створюють координатну систему вихідної заготовки $X_3Y_3Z_3$. вони відповідно визначають орієнтування вихідної заготовки в напрямках координатних осей. Поверхня 14, яка розміщується в подполочному просторі лопатки з боку спинки, орієнтує заготовку в напрямку осі Z_3 . Поверхня 6 визначає положення заготовки в напрямку осі x_3 , а поверхні 3 і 4 - в напрямку осі Y_3 .



1,2 – вихідні отвори; 3,4,6,12,14 – технологічні базові установочні поверхні; 5 – замкова частина заготовки лопатки; 7 – нижня замкова бандажна полка; 8 – внутрішній лабіринтний контур; 9 – спинка лопатки; 10 – місце встановлення монокристалічної затравки; 11 – верхня бандажна полка; 13 – корито лопатки

Рисунок 2.1 - Вихідна монокристалічна заготовка лопатки турбіни

Для забезпечення високої точності контролю параметрів лопатки і установки заготовки в технологічній системі передбачається також додаткова установча поверхню 10, яка розташована на верхній бандажній полиці і створює значне збільшення протяжності настановних елементів 8, 9 і 10, забезпечуючи точне орієнтування заготовки в технологічній системі в напрямку осі Yз. Замкова частина лопатки 11 при литті виконується у вигляді трапеції і має припуск металу по контуру 1,5 ... 2 мм. Бандажні полки 11 і 7 мають контур, наближений до контуру готової деталі. Припуск на обробку по торцях становить 2 мм. В окремих місцях верхньої бандажної полиці 11 і нижньої полиці 7 за

рахунок напусків товщина шару металу на обробку збільшується. В зв'язку з цим та відповідно до правил формування технологічних процесів і особливостями виготовлення деталей ГТД кількість ступенів обробки даних поверхонь зростає. Процес створення монокристалічної лопатки по виплавленій моделі має наступну послідовність. Спочатку виготовляють керамічний стрижень, встановлюють його в прес-форму моделі лопатки і створюють модель з легкоплавкого модельного матеріалу (парафіну, церезину, сечовини). До цієї моделі приклеюють приманку. Потім чотири моделі об'єднують з ливниковою системою в модельний блок, який обсипають електрокорундом разом з вогнетривкої суспензією. Багатократне покриття модельного блоку створює вогнетривку багатшарову керамічну стінку (кірку). Для забезпечення мінімальної шорсткості робочих поверхонь вихідних заготовок зернистість електрокорунда першого шару керамічної стінки приймається рівною 2 ... 5 мкм. Легкоплавкий матеріал, з якого зроблені моделі лопаток і літнікова система, видаляють водою, нагрітою до 100 ° С. Після цього форму сушать, прожарюють і встановлюють в опоку, засинаючи порожній простір між формою і опокою шамотної крихтою, графітом, а місця засипки і отвори в керамічній оболонці заливають сумішшю з рідкого скла (кварцовий пісок - 75%; маршаліт - 21%; рідке скло - 4%).

Заготовки отримані методом штампування із сплаву, відлитого в прутки, що віддалено нагадує готовий виріб, ще потім довго і ретельно обробляють на верстатах. При цьому 90% металу йде в стружку. Але тут виникає несподівана складність: щоб підвищити робочу температуру матеріалу, в нього додають легуючі елементи - вольфрам, молібден, ніобій. Але вони роблять сплав настільки твердим, що штампувати його стало неможливе - формуванню методами гарячої деформації він не піддавався.

Переваги способу -метал штампованих лопаток дуже щільний, міцність його висока, а литий метал залишається більше рихлим і свідомо менш міцним, чим відштамповані

Недолік – складна конфігурація попередніх переходів знижує технологічність виконання супутніх операцій, починаючи від зачистки дефектів штампування,

до використання спеціалізованих ложементів для нагріву перед наступним штампувальним переходом.

2.2 Способи механічної обробки лопаток турбін

Для обробки поверхонь робочої частини турбінних лопаток застосовуються фрезерування поверхонь, шліфування, полірування. До цих видів віднесені також і процес абразивно-рідинного полірування. До нетрадиційних видів віднесена електрохімічна і електроімпульсна обробка.

Особливості процесу фрезерування, різновиди, що характеризують його, залежать від напрямку руху подання відносно осі заготовки лопатки, використовуваного інструменту і геометричної форми його різальних кромek. Враховуючи ці чинники, обробку фрезеруванням робочої частини лопаток необхідно виконати з дотриманням тих або інших умов.

Роздільна обробка фрезеруванням зовнішньої і внутрішньої поверхонь робочої частини лопаток реалізується на спеціалізованих вертикально- і горизонтально-фрезерних верстатах, оснащених полірувальним пристроєм, а також верстатах з умовним програмним пристроєм (ЧПУ). Незалежно від способу програмування при виконанні робочих і холостих ходів має бути забезпечене взаємне переміщення інструменту і заготовки лопатки.

Один із способів роздільної обробки різанням складних поверхонь - це фрезерування поперечними рядками на спеціалізованих копіювальних верстатах-напівавтоматах.

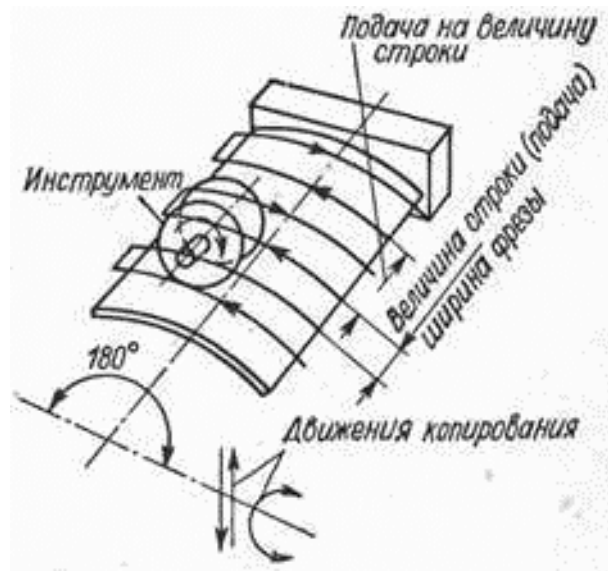


Рисунок 2.2 - Схема обробки лопаток на верстаті ОФ-31М

Лопатки з відносно невеликою довжиною робочої частини можуть бути оброблені на гідравлічних копіювально-фрезерних верстатах моделі ОФ-31М. Схема обробки на зазначеному верстаті приведена на рисунку 2.2

Фрезі надається тільки головний рух, яке визначається заданою швидкістю різання. Лопатка щодо інструменту здійснює спільно зі столом рух, що гойдає навколо поздовжньої осі, а також переміщається вгору і вниз. Зазначені рухи копіювання столу повідомляються гідроприводами по командам від копірного пристрою. Подача уздовж і поперек лопатки повідомляється столу від окремих гідроциліндрів.

Утворені на поверхні рядки мають форму канавок зі сходами в місцях переходів кожної з рядків в сусідні. Тому утворені рядками поверхні після фрезерування шліфуються. Висота сходинок, яка визначається кутом закрутки і шириною рядка, не повинна перевищувати оптимального значення припуску під шліфування, що встановлюється до 0,15 мм.

Внутрішні складно-просторові профільні поверхні обробляються на копіювально-стругальних верстатах ГД-19 і ГД-20 в напрямку поздовжньої осі. Для збереження в певному діапазоні оптимальних значень кутів різання на всьому протязі довжини і ширини робочої частини лопатці повідомляється поворот щодо вершини різця.

Після фрезерування поверхні робочої частини лопаток шліфуються. Обробку зовнішньої і внутрішньої поверхонь здійснюють двома способами: шляхом протягання нескінченної абразивної стрічки між копиром і оброблюваною поверхнею; шляхом обводу, який ґрунтований на обкатуванні складною поверхнею шліфувального круга по оброблюваній поверхні деталі, що виготовляється.

Шліфування абразивною стрічкою, ширина якої дорівнює довжині робочої частини лопатки, здійснюють на спеціальних верстатах з копіювальним пристроєм. В даному випадку точність шліфування визначається точністю копира.

Параметр шорсткості поверхні залежить в основному від різальних властивостей абразивної стрічки.

При виготовленні лопаток використовуються два способи полірування поверхонь робочої частини: механічним різанням зернами абразивної стрічки; абразивно-рідинне полірування.

Абразивно-рідинне полірування використовується в основному для глянсування. Воно здійснюється в камері, через форсунку якої на поліровану поверхню під тиском подається повітряна суміш рідини з абразивними зернами.

Полірування поверхні повного профілю (з обох боків) робочої частини лопатки абразивною стрічкою виконується на стрічковому віброполірувальному верстаті-напіваавтоматі.

Полірування кромek робочої частини лопаток здійснюється на спеціалізованому полірувальному верстаті в двох позиціях при одній установці лопатки. Як різальний інструмент використовується вузький (30 - 40 мм) нескінченний ремінь з нанесеним на його поверхню абразивним зерном.

Недоліками даної технології є:

- низька продуктивність обробки;
- необхідна висока кваліфікація робітника;
- низька точність обробки;
- потрібне виготовлення великогабаритної технологічної оснастки на кожен тип лопатки;

- трудомістке переналагодження на інший тип лопатки;
- брудні умови праці.

Розвиток парку верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) дозволяє значно удосконалити технологія виробництва лопаток турбін. При цьому форма робочої частини лопатки задається у координатно-орієнтованому вигляді (рисунок 3).

Висновки:

1. Основними видами заготовок для лопаток турбін є виливки та кованки. Виливки застосовуються у більшості випадків; їх профіль наближений до профілю готового виробу. Кованки виготовляють, переважно, за вимогою замовника. Вони, як правило, потребують великих обсягів механічної обробки.
2. Основним видом механічної обробки лопаток є фрезерування. Але при фрезеруванні традиційними методами на копіювальних верстатах лопатка потребує доробки шліфуванням або поліруванням для досягнення показників якості поверхні, зазначених у п. 1.1.
3. Перспективним напрямком у фрезерній обробці є високошвидкісне фрезерування. Використання цього виду обробки може дозволити виготовляти лопатки на одному верстаті без подальшої доробки на шліфувальних або полірувальних верстатах.

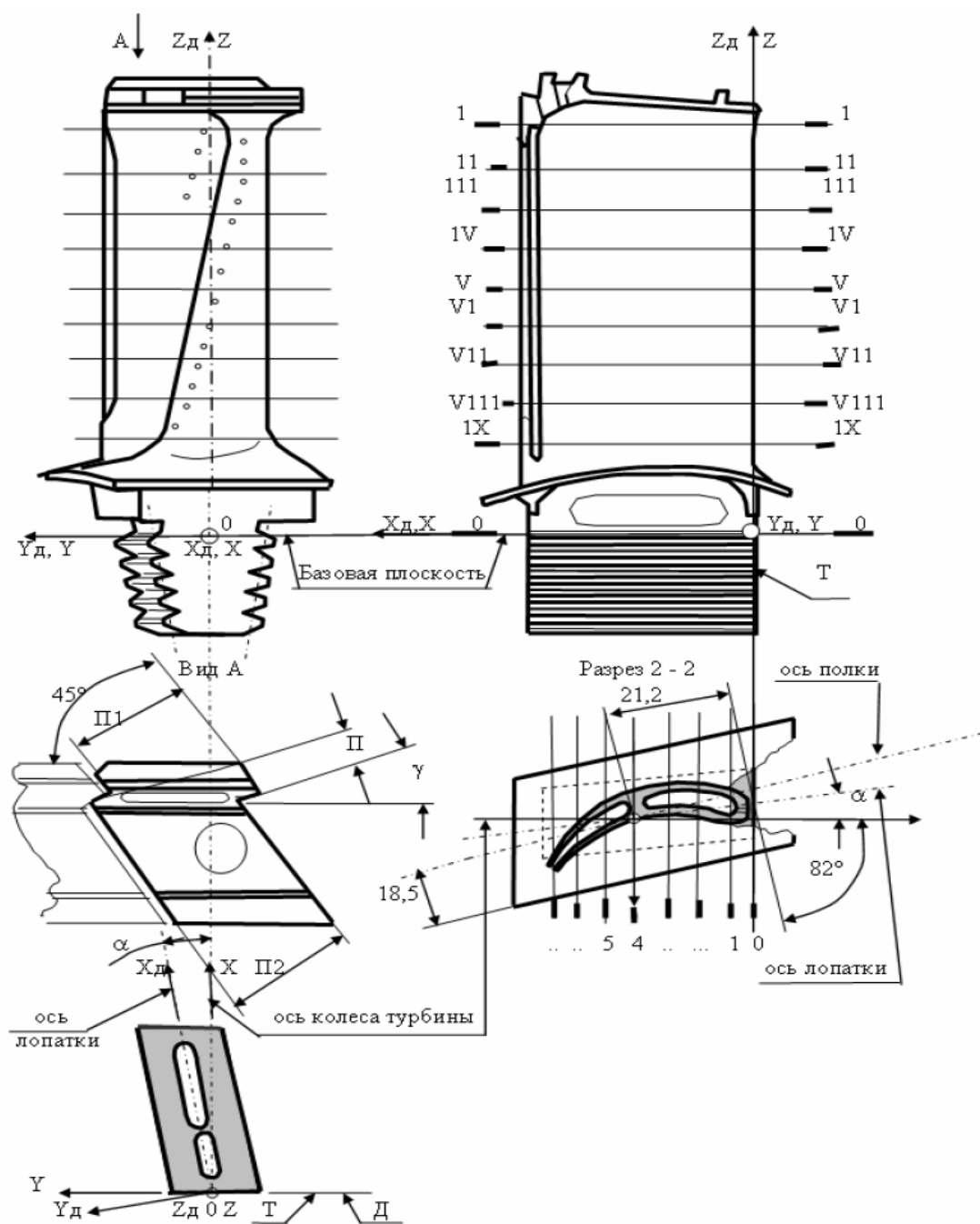


Рисунок 2.3 - Координатно-орієнтована система завдання форми лопатки

2.3 Високошвидкісна обробка

Високошвидкісну обробку можна віднести до групи технологічних методів виготовлення шляхом обробки фрезами з певною геометрією. За основним принципом вона не відрізняється від традиційної обробки матеріалів різанням - тільки швидкості різання вищі.

Високошвидкісна обробка забезпечує шорсткість поверхні $Ra < 0,07$ мкм і точність форми оброблюваної поверхні в межах 0,02 мм. Зона високошвидкісної обробки різна для різних матеріалів. Для титану вона знаходиться на швидкостях різання від 300 до 1200 м/хв, для сталі - від 300 до 1700 м/хв, а для алюмінію високошвидкісною вважається зона від 2500 до 6500 м/хв.

Таким чином, головний ефект високошвидкісної обробки полягає не лише в скороченні машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, але і в загальному спрощенні виробничого процесу і в підвищенні якості обробки.

Основні відмінності високошвидкісної обробки від звичайної:

- збільшення швидкості різання;
- збільшення подачі;
- зменшення перерізу стружки;
- скорочення до мінімуму температури на різальній кромці;
- зменшення зусиль різання;
- зменшення зносу інструменту.

Потенціал високошвидкісної обробки визначається наступними її особливостями:

- велике питоме знімання матеріалу в одиницю часу;
- висока якість обробки;
- зменшення зусиль різання, за рахунок цього можливість обробки тонкостінних деталей;
- зменшення утворення задирок;
- менше порушення цілісності верхніх шарів матеріалу.

Є значна кількість експериментальних досліджень по впливу швидкості різання на температури і сили різання. На рис.4 приведені ці принципові криві.

Температурна залежність від швидкості може бути представлена формулою $Q=3 \cdot V^x$. Причому зі збільшенням швидкості, зростання температури сповільнюється і в межі прагне до температури плавлення оброблюваного матеріалу. Ні у одній із статей, в яких приведені результати вимірів температур різання, не відмічено їх зниження з підвищенням швидкості різання. Значення сили різання зі збільшенням швидкості різання зменшується, і досягнувши певного рівня, не змінюється. І тільки на дуже високих швидкостях спостерігається деяке її збільшення, пов'язане із зростанням інерційних сил від неурівноваженості інструменту і стружки, що сходить.

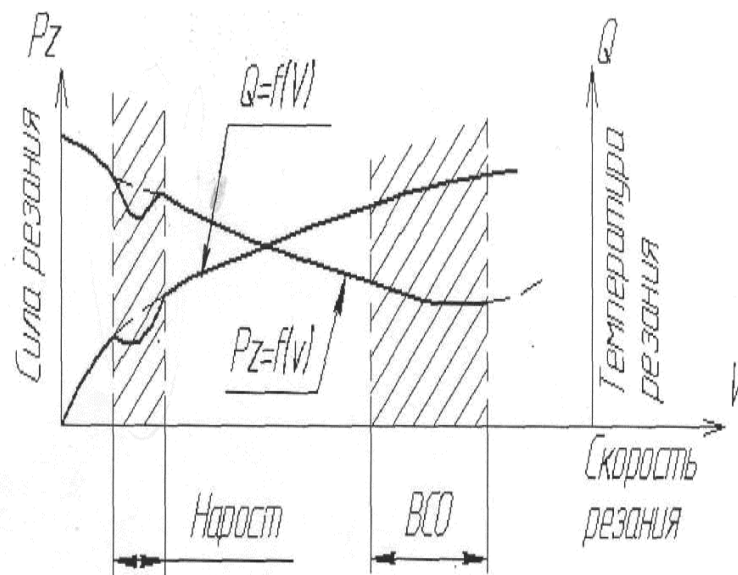


Рисунок 2.4 – Вплив швидкості на силу і температуру різання

Таким чином, залежності $Q=f(V)$ і $P_z=f(V)$ дозволяє однозначно стверджувати, що збільшення швидкості різання в області її високих значень призводить до зростання загальної кількості тепла, що виділилося при знятті стружки. Відомо, що зі збільшенням швидкості різання доля тепла, що йде із стружкою, росте, а доля тепла, що йде в деталь і інструмент, зменшується.

При збільшенні швидкості різання (більше 100 м/хв) в при різцевій зоні під дією високої температури граничний шар металу сильно розм'якшується і виконує роль твердої мастильної речовини. У цих умовах коефіцієнт тертя на передній поверхні знижується. Зниження сил тертя призводить до зниження сил різання (рис.2.5). Складний характер кривих пояснюється появою наросту на передній поверхні леза інструменту.

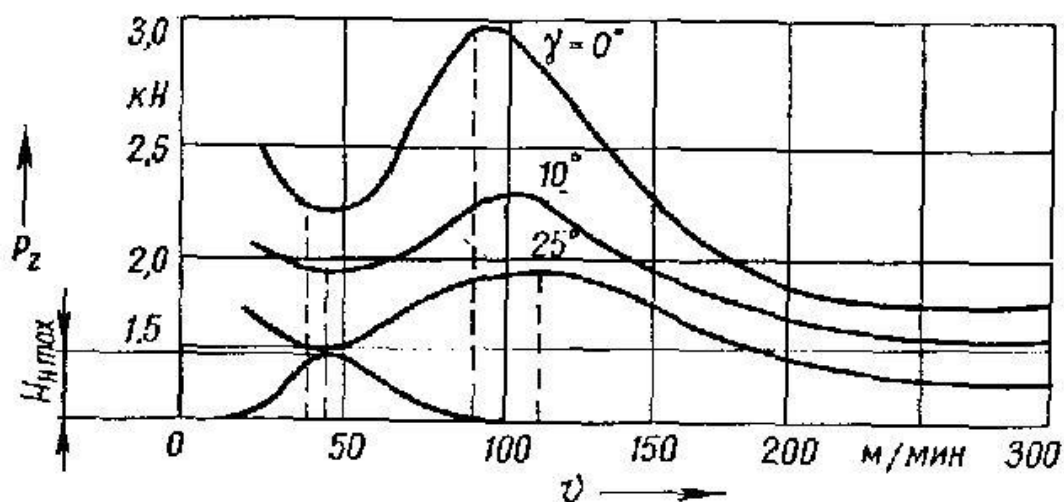


Рисунок 2.5 – Залежність сили різання від швидкості різання і переднього кута інструменту

На рисунку 2.6 показаний вплив підвищення швидкості різання на основні параметри процесу.

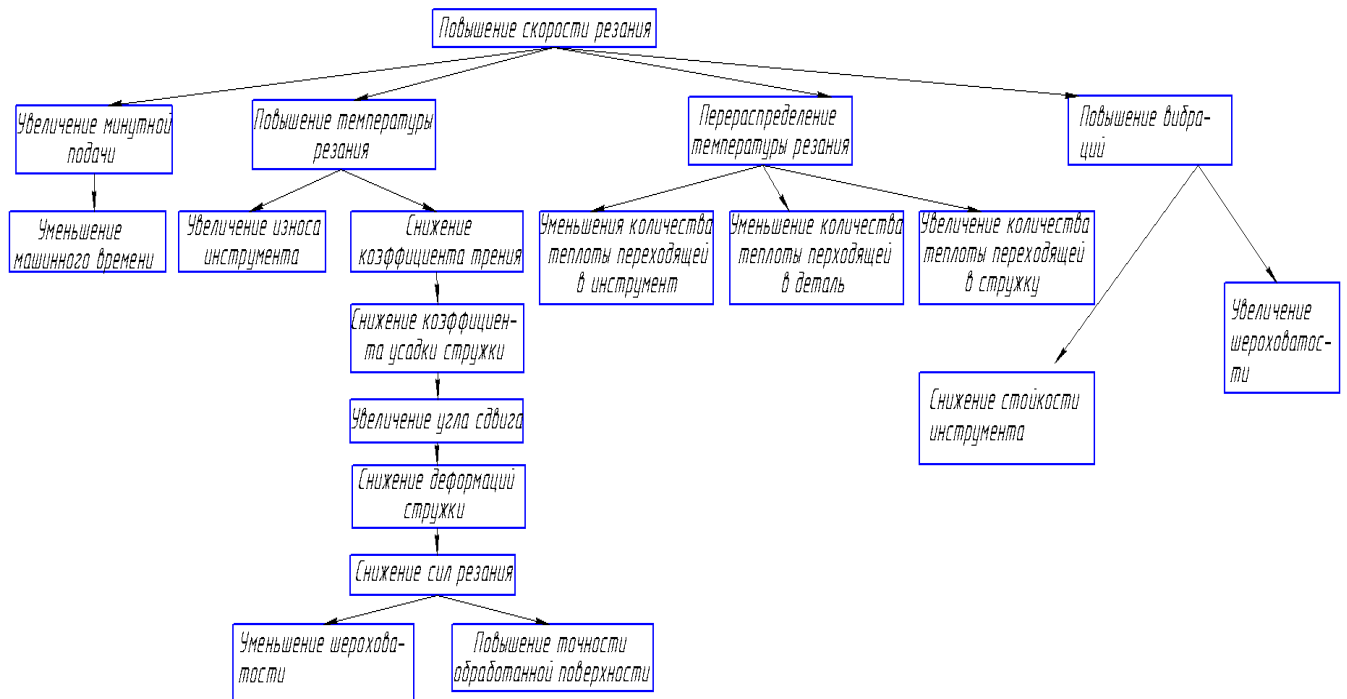


Рисунок 2.6 – Вплив підвищення швидкості різання на основні параметри процесу.

Перевага виходить також за рахунок обробки в надкритичному діапазоні коливань: при високих частотах обертання, які використовуються при ВСО, значно підвищуються частоти власних коливань деталі, інструменту і компонентів верстата. Одночасно з цим, завдяки невеликим поперечним перерізам зрізу сили різання невеликі, що сприятливо позначаються на точності обробки, високій якості отримуваної поверхні, відсутності дроблення при різанні, можливості обробки тонкостінних виробів. Тому з метою досягнення тривалого терміну роботи інструменту, радіальна подача у високошвидкісному фрезеруванні сталі, не повинна перевищувати 5-10 % від діаметру інструменту. Загалом, наступне правило справедливе для високошвидкісної обробки сталі: чим вище швидкість різання, тим меншим має бути подача.

Необхідно підкреслити, що головним аспектом високошвидкісного фрезерування є зміни в процесі утворення стружки і в її видаленні. Діапазон такого характерного утворення стружки, залежить від використовуваних матеріалів і виду інструменту, а так само термообробки деталі, матеріалу різального інструменту, якості різання, і, можливо, покриття інструменту.

Малюнок 2.7 представляє порівняльну характеристику швидкостей різання, для різних видів матеріалу, при звичайній і високошвидкісній обробці.

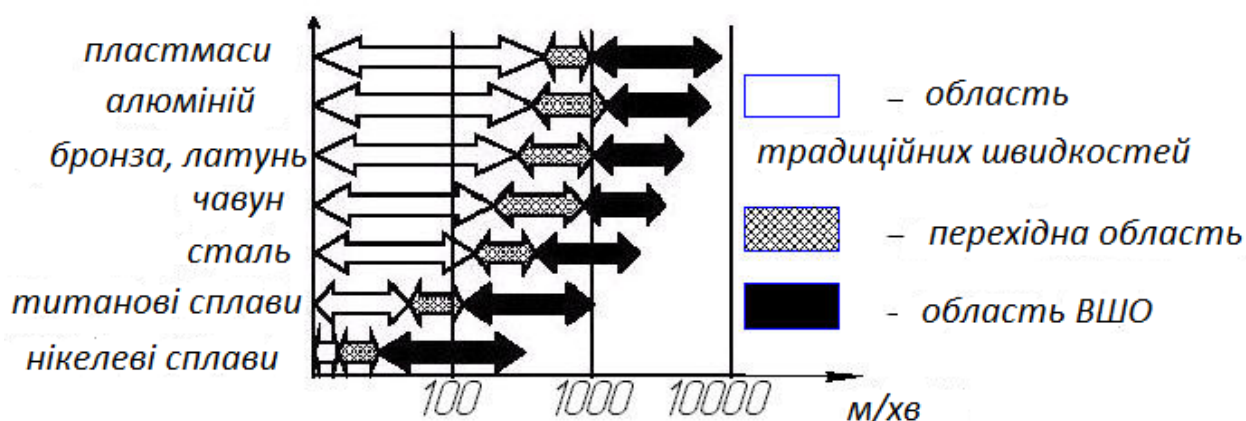


Рисунок 2.7 – Швидкість різання для різних видів матеріалу при звичайній і високошвидкісній обробці.

Високошвидкісна обробка не повина вважатися такою же простою, як обробка на високих швидкостях. Вирішальним чинником є те, що в цій області швидкостей різання, яке перевищує в 5-10 разів швидкості звичайної обробки, значно змінюється умови утворення стружки. В стороні від позитивних аспектів, таких як швидкостей різання і пониження нагріву робочої поверхні, так само повинні прийняти до уваги негативні аспекти, такі як високий рівень зносу інструменту. Проте, найголовніше це те, що високошвидкісна обробка вважається залежним, відносним, комплексним процесом в оточенні численних впливаючих чинників. Основний інтерес представляє високі вимоги до якості виконання, які мають вирішальне значення для економічності використання високошвидкісної обробки.

Рисунок 2.8 демонструє найбільш важливі характеристики високошвидкісної обробки.

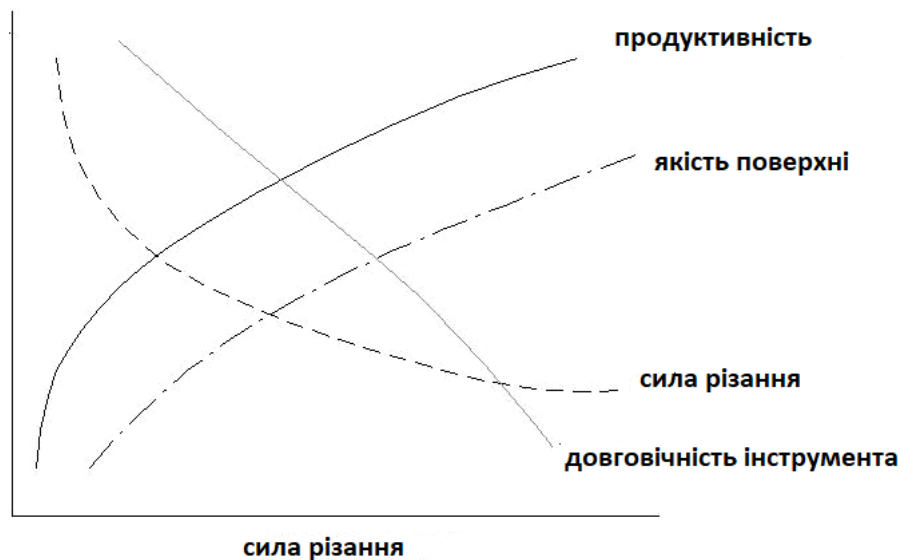


Рисунок 2.8 – Характеристики високошвидкісної обробки

2.4 Особливості різального інструменту при високошвидкісній обробці

Інструменти для високошвидкісної обробки сильно відрізняються від звичайних різальних інструментів і до них відносяться наступні вимоги. Вони мають бути розраховані на дуже високі швидкості, тобто вони мають бути абсолютно симетричними, з мінімальним допуском на знос. Геометрія різальної кромки повинна братись до уваги в умовах формування стружки, особливо при обробці легких металів. Для поліпшення плавності процесу обробки, робота різальних кромок повинна перекриватися, що можна досягти або за рахунок збільшення числа різальних кромок, або зміни кута різання.

Основна вимога до інструментів для високошвидкісного фрезерування - це достатня зносостійкість для використання при високошвидкісному різанні, тобто конкретна зносостійкість і твердість. Особливо під час обробки сталі. Ця властивість інструменту виносить рішення на користь економічної ефективності використання інструментів для високошвидкісного фрезерування. Під час звичайної обробки, основу механічного навантаження на інструмент складають сили різання. При застосуванні технології високошвидкісного фрезерування виникають додаткові відцентрові сили, в результаті чого висуюються більш високі

вимоги до того, щоб збалансувати масу, наприклад за рахунок повної симетричності конструкції інструменту і до безпеки інструменту, особливо до інструменту із замінюваними різальними вставками. Для цілісних інструментів, подача на один зуб має бути приблизно рівною. З цієї причини допуск на радіальний знос має бути встановлений як можна меншим, щоб гарантувати рівномірну навантажку на всі ріжучі кромки, що також зменшує неурівноваженість напрямку сил різання. На напрям різальної сили значно впливає перекриття роботи різальних кромок. Для того, щоб забезпечити постійний напрям сили, подальша різальна кромка повинна вже увійти в контакт, коли попередня різальна кромка покидає оброблювану поверхню. Це ми можемо забезпечити за рахунок гострого кута між зубами або за рахунок великої кількості різальних кромок.

В той же час, вимоги до невеликої кількості різальних кромок, суперечить вимозі великої зони виведення стружки. Вимоги до зони виведення стружки більшою мірою залежать від швидкості руху радіальної подачі. Ці протилежні вимоги призводять до необхідності різних підходів до вибору інструментів, які в основному ґрунтуються на виборі матеріалу і швидкості радіальної подачі. На сьогодні в нашому розпорядженні є величезна кількість особливої геометрії для різальних матеріалів з металокераміки і твердих сплавів на основі карбіду і вольфраму.

Інші вимоги до інструменту для високошвидкісного фрезерування включають високу міцність і зменшення концентраторів напруження. Міцність інструменту досягається за рахунок оптимізації конструкції основної частини інструменту. Концентрація напруження виникає в пазах відведення стружки в пальцевих типах фрез, які можуть бути зменшені за рахунок використання відповідної форми шліфувальних дисків.

Для сферичних фрез введено поняття ефективного діаметру фрези $D_{\text{эф}}$

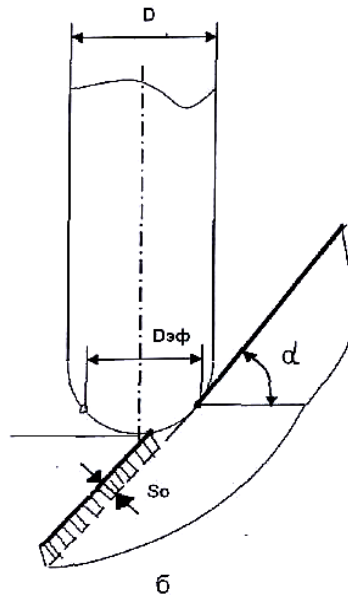


Рисунок 2.9– Розрахункові схеми для визначення ефективного діаметру сферичної фрези Dэф.

Ефективний діаметр сферичної фрези залежить від осьової подачі- S_o , контурного кута α і діаметру фрези D . У свою чергу величина осьової подачі S_o визначається твердістю оброблюваного матеріалу і жорсткістю сферичної фрези і розраховується по формулі:

$$S_o = r \cdot C_2 \cdot C_3 \quad (3)$$

где r - радіус інструменту, м;

C_2 - коефіцієнт твердості матеріалу (рис. 2.10)

C_3 - коефіцієнт жорсткості матеріалу (рис 2.11)

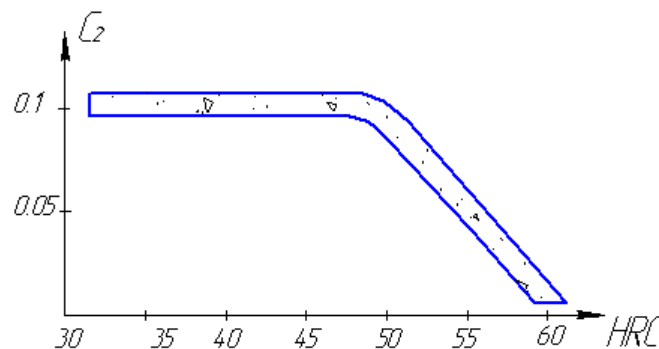


Рисунок 2.10- Залежність коефіцієнта C_2 від твердості оброблюваного матеріалу

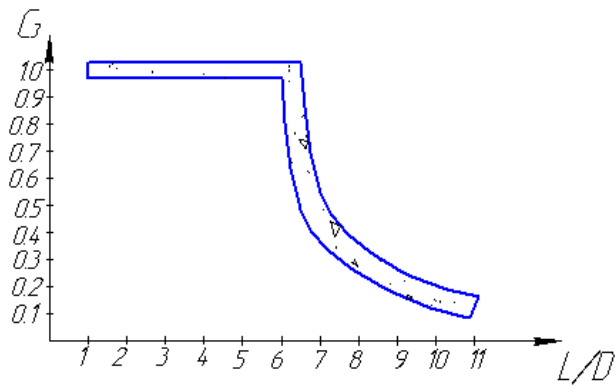


Рисунок 2.11- Залежність коефіцієнта C_3 від співвідношення L/D інструменту

Таким чином, при ВСО осьова подача S_o може набувати різних значень.

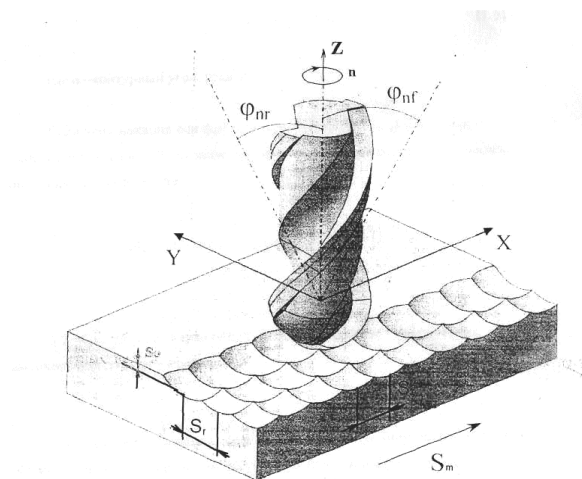


Рисунок 2.12– Принципова схема фрезерування кінцевою сферичною фрезою.

Принципова схема фрезерування вільної поверхні сферичною фрезою представлена на рисунку 2.12.

У збірних інструментах, особливо необхідно враховувати їх механічні властивості. Різальні пластини, підставки і гвинти, повинні забезпечувати надійне кріплення навіть під дією дуже високих відцентрових сил. Високі швидкості обертання, диктують високі вимоги, чим вимоги до звичайних інструментів. Концентрація напруги, занадто маленькі зони створення

стружки, а також занадто великі обертальний і радіальний знос - ось ті проблеми, які треба вирішувати при роботі інструменту.

Провідні інструментальні фірми пропонують сьогодні широку гамму фрез для ВСО з детальними рекомендаціями по сферах їх застосування і режимах різання. Розробляються нові мелкодисперсные сплави, здатні працювати надійно на високих швидкостях. Украв важливо звернути увагу на системи допоміжного інструменту, які забезпечують кріплення фрез. У зв'язку зі зниженням сил різання в процесі ВСО на перший план виходить інші чинники, такі як величина биття фрези, вібрації. Наприклад, подвоєння швидкості різання збільшує відцентрові сили більш ніж в 4 рази, і ці сили стають сумірні з силами різання. Биття інструменту сильно впливає на знос. Це підтверджують дані експериментів (рис. 2.13), де визначена практична лінійна залежність зносу від биття при високих швидкостях різання.

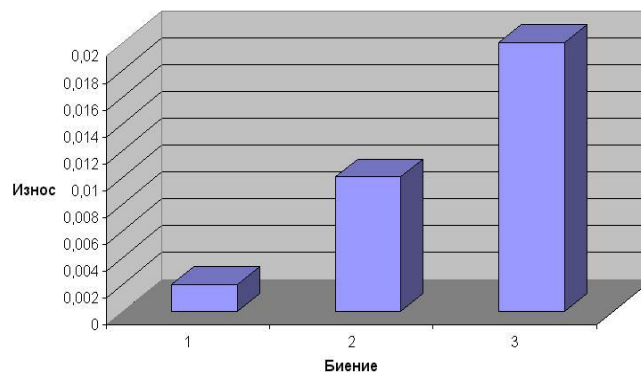


Рисунок 2.13 – Вплив биття на знос інструменту

Таким чином, ВСО вимагає особливої уваги до балансування інструменту. Для цього можуть використовуватися спеціальні патрони з можливістю балансування або збалансовані оправки для термозажима.

З урахуванням того, що ВСО ставить завдання забезпечення високої якості оброблюваної поверхні, додаткову увагу слід приділити підбору режимів різання з точки зору знаходження зон, де відсутні вібрації (рис. 2.14).

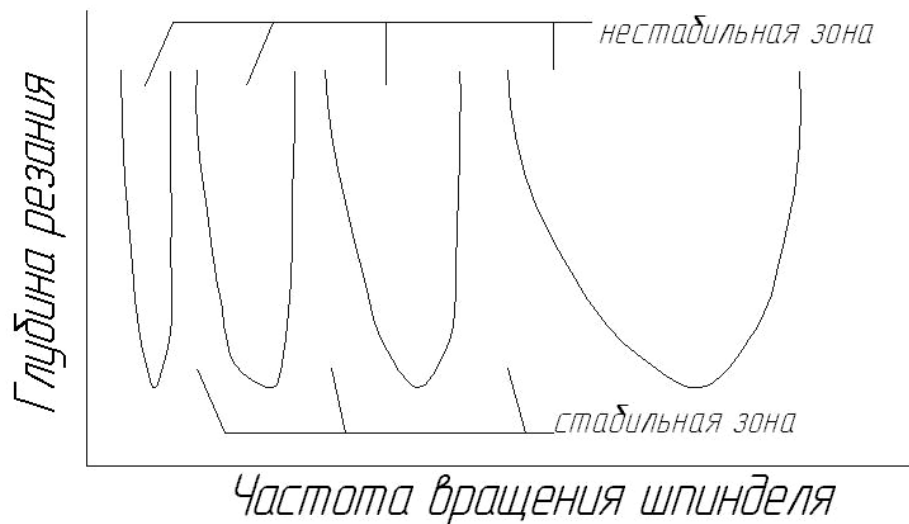


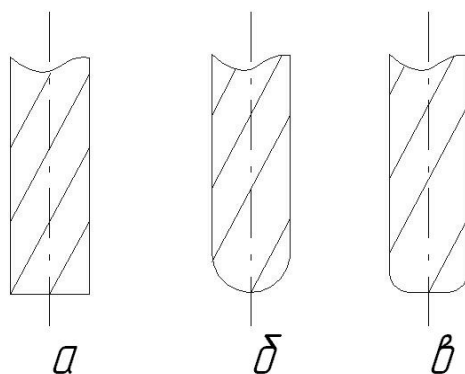
Рисунок 2.14 – Зони вібрацій при фрезеруванні залежно від глибини і частоти обертання шпинделя

Практично для кожної комбінації системи СПД (станок- пристосування - інструмент - деталь) доведеться знаходити стабільні зони, і у зв'язку з відсутністю відпрацьованих рекомендацій їх доведеться експериментальним шляхом шукати безпосередньо на верстаті. Найбільш схильні до вібрації кінцеві фрези з нульовим радіусом скруглення. Для зменшення вібрацій слід вибирати фрези із закругленою різальною кромкою.

Цікавий ефект збільшення стійкості інструменту при ВСО спостерігається при порівнянні способів охолодження. Як було визначено в ході досліджень, найбільша стійкість спостерігається при використанні обдування. Оскільки тепло концентрується в стружці, її потрібно швидко видалити із зони різання. Низька стійкість інструменту при охолодженні пояснюється головним чином вифарбовуванням, що обумовлено циклічними термічними навантаженнями на різальну кромку інструменту. Постійне теплове навантаження, навіть на відносно високих температурах, краще, ніж циклічне навантаження, що міняється термічними навантаженнями на різальну кромку інструменту. Постійне теплове навантаження, навіть на відносно високих температурах, краще, ніж циклічне навантаження, що змінюється .

2.4.1 Типи фрез використовуваних для ВСО і схеми фрезерування

Для високошвидкісного фрезерування на проєктованому верстаті застосовуються: кінцеві фрези, кінцеві сферичні фрези, кінцеві округлені фрези (рис 15).



а) кінцеві фрези; б) кінцеві сферичні фрези; в) кінцеві округлені фрези

Рисунок 2.15 - Типи кінцевих фрез:

Залежно від вживаного типу фрез схеми фрезерування відрізняють (рис 16).

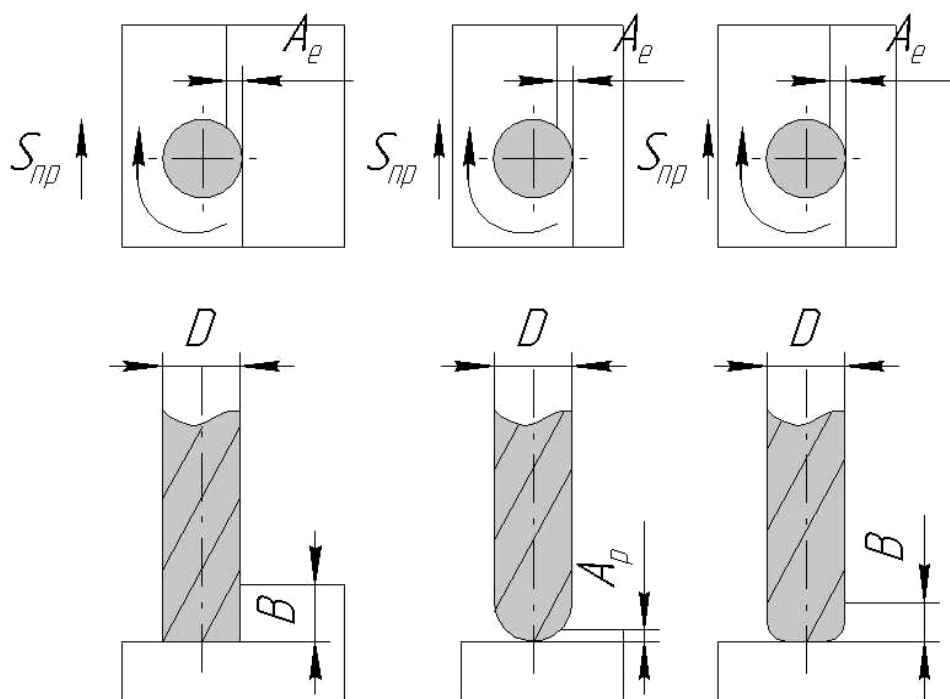


Рисунок 2.16 - Схеми фрезерування

На схемі позначені:

$S_{пр}$ - подовжня подача, мм/хв;

D - діаметр інструменту, мм;

U - ширина фрезерування, мм;

A_e - радіальна подача, мм;

A_p - осьова подача, мм

Фрезерування виконується двома способами. Перший спосіб фрезерування - зустрічне фрезерування, другий - попутне фрезерування. При зустрічному фрезеруванні переріз зрізу і навантаження на зуб збільшуються поступово, від нуля при урізуванні зуба до максимального значення при виході зуба з контакту із заготовкою. При виході зуба фрези з контакту походить різке зниження навантаження, що викликає вібрації при різанні. При попутному фрезеруванні зуб фрези розпочинає роботу з найбільшої товщини зрізу, яка у кінці роботи зменшується до нуля і не відбувається різкої зміни навантаження на інструмент. При високошвидкісній обробці необхідно застосовувати тільки попутне фрезерування, оскільки необхідно зменшити вібрації.

Для чорнкової обробки застосовуються кінцеві і округлені фрези. Ці фрези можуть використовуватися також для чистового контурного фрезерування. Обробка ведеться по шарам. Товщина шару, що знімається, є шириною фрезерування B , а радіальна подача - глибиною різання. Для чистової обробки складних поверхонь використовуються сферичні кінцеві фрези. При цьому виді фрезерування товщина шару, що знімається, буде глибиною фрезерування, а ширина фрезерування дорівнює ефективному діаметру різання, який визначається глибиною різання.

2.4.2 Визначення параметрів режимів різання при високошвидкісній обробці лопаток ГТД

На основі аналізу рекомендацій, що надають виробники ріжучого інструмента та досвіду обробки лопаток турбін ГТД на АТ «Мотор-Січ»

встановлюємо граничні діаметри фрез для обробки лопаток заданих у 1 розділі типорозмірів.

Вихідні дані:

Максимальний діаметр фрези – 60 мм

Мінімальний діаметр фрези – 5 мм

Керуючись порівняльною характеристикою швидкостей різання для різних матеріалів, розглянутою в підрозділі 1.2 (рис 1.18) і матеріалу представленої деталі, необхідно визначити режими різання для титанових сплавів. Таким чином, усі розрахунки режимів різання повинні виконуватися з урахуванням усього діапазону діаметрів інструменту для обробки титану.

Для розрахунків прийняті наступні діаметри інструментів : 5, 10, 20, 40, 60 мм

Для обробки титану передбачений широкий діапазон швидкостей : 300—1200 м/хв. Цей діапазон швидкостей обмежується діаметром інструменту і частотою його обертання. Тому необхідно визначити діапазон швидкостей для прийнятих діаметрів інструменту з урахуванням обмежуючих чинників. Для цього необхідно виконати розрахунки і побудувати графік залежностей частоти обертання інструменту від діаметру інструменту, таким чином будуть отримані нові діапазони швидкостей.

Частота обертання шпинделя визначається по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\phi}} \quad (2.1)$$

де V - швидкість різання, м/мін;

ϕ - діаметр фрези або ефективний діаметр для роботи сферичними фрезами, мм
Ефективний діаметр при копіювальному фрезеруванні сферичними фрезами визначається по формулі:

$$D_{\phi} = 2\sqrt{t(D\phi - t)} \quad (2.2)$$

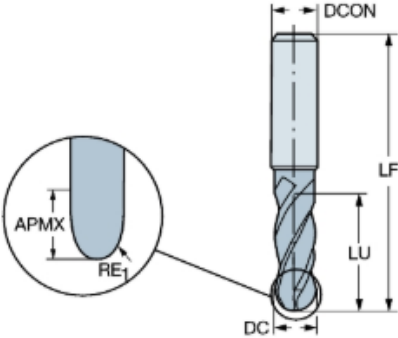
Отримані результати розрахунків показані в таблиці 1

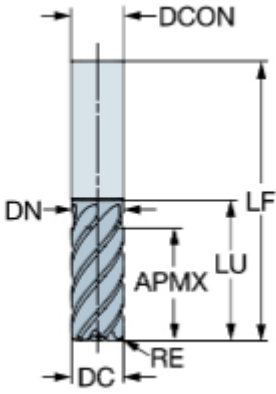
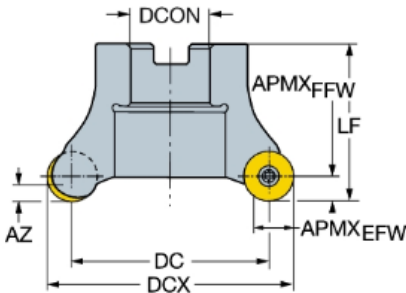
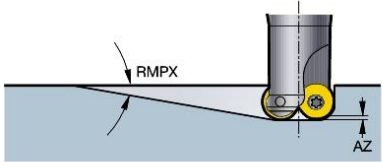
Таблиця 2.1 — Розрахункові дані швидкостей різання і частоти обертання шпинделя для прийнятих діаметрів інструменту.

Діаметр інструмента D, мм	Швидкість різання, V, м/хв	Частота обертів шпинделя n, об/хв
5	314	20000
10	314-628	10000-20000
20	300-1193	5028-20000
40	300-1256	2388-10000
60	300-1200	1592-6369

Приклади фрез для заданих умов обробки представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Коротка характеристика фрез для ВШО

Шарова фреза для ВСО	 CoroMill 357 RM357-100Q32N-22M050	 R357-24T310M-PH R357-24T310M-KH	D=5 Z=4

Кінцева фреза	 CoroMill Plura 2S340-500-100- NA1640	 Technical drawing of an end mill showing dimensions: DCON (outer diameter), DN (inner diameter), LF (total length), LU (length to cutting edge), APMX (axial depth of cut), RE (corner radius), and DC (cutting edge diameter).	D=10 Z=5
Фреза для ВСО зі зміними пластинками		 Technical drawing of an indexable face mill showing dimensions: DCON (outer diameter), LF (total length), APMX_{FFW} (axial depth of cut for face width), APMX_{EFW} (axial depth of cut for edge width), AZ (axial distance from center to insert), DC (insert diameter), and DCX (insert pitch).  Technical drawing showing the cutting action of the face mill with dimensions: RMPX (radial depth of cut) and AZ (axial distance from center to insert). 880-5000-20-PM 880-5000-20-KM	D=60 Z=4

За проведеними розрахунками побудований графік (див. рисунок 2.17)

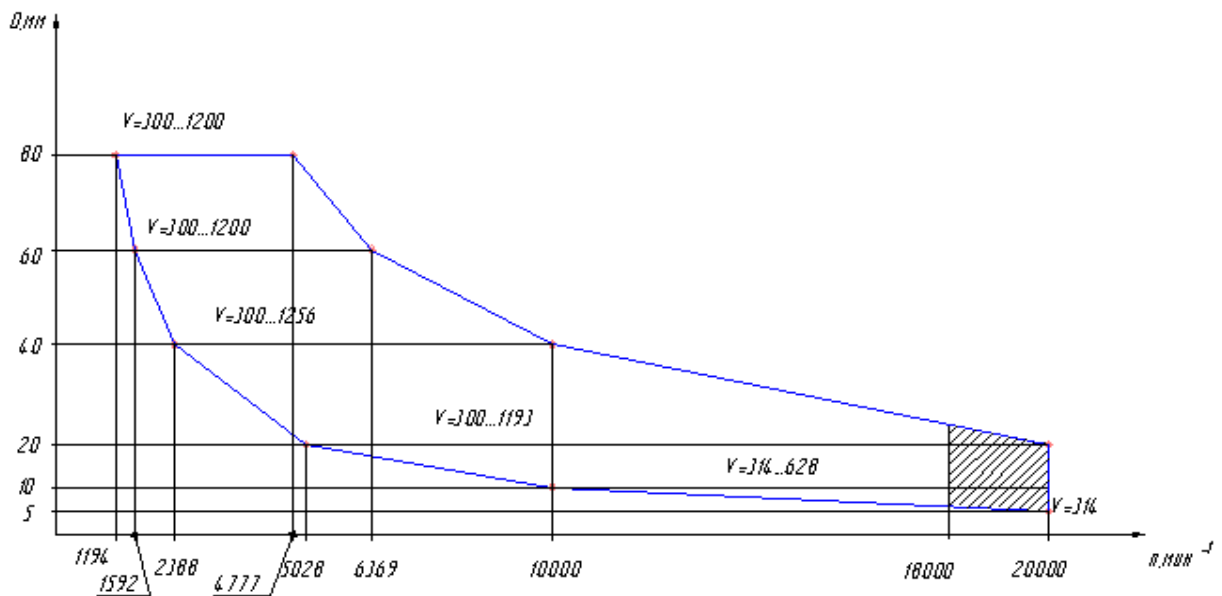


Рисунок 2.17 - Залежність частоти обертання шпинделя від діаметру інструменту для заданого діапазону швидкостей при обробці титану.

На графіку приведені розрахункові значення оборотів для різних діаметрів інструменту, що відповідають кожному діаметру швидкостях різання. Штрихуванням виділена зона гранично можливої роботи шпинделя. Для розрахунку приводів верстата необхідно визначити сили різання, потужність різання і момент на шпинделі.

Для розрахунків будуть використані дані, отримані на графіку (рисунок 17). Для визначення сил різання необхідно розглянути схеми фрезерування і дії сил різання. Враховуючи, що окрім чистової обробки буде здійснюватись і чорнова обробка кінцевими фрезами, то для розрахунків прийнята найбільш навантажена схема фрезерування.

Схема фрезерування і розташування сил різання приведена на рисунку 2.18.

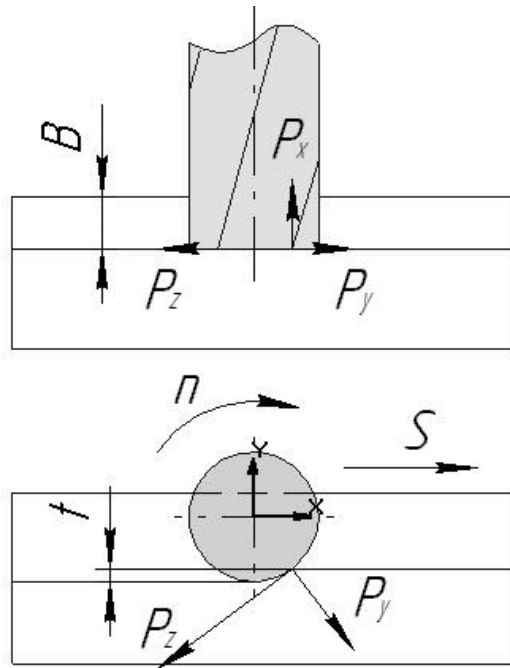


Рисунок 2.18 - Схема фрезерування і розташування сил різання

Розрахункові формули використані з довідників різальних інструментів різних виробників [45], [58].

Сила різання визначається по формулі:

$$P_z = \frac{k_c}{h_m^{m_c}} \quad (2.3)$$

Де P_z - головна складова сили різання, Н;

k_c - питома сила різання, але відношенню до поперечного перерізу стружки в 1 мм ;

h_m - середня товщина стружки, мм;

m_c – підвищення кривої k_c .

Середня товщина стружки визначається по формулі:

$$h_m = \frac{114,7 \cdot S_z \cdot \frac{a_e}{D_\phi}}{180} \quad (2.4)$$

де a_e - ширина фрезерування в цій схемі.

У дипломному проекті була прийнята схема фрезерування з найменш сприятливими умовами роботи. Розглянемо величину ширини фрезерування на цій схемі при роботі різними видами фрез: сферичною і кінцевою (див. рис. 19).

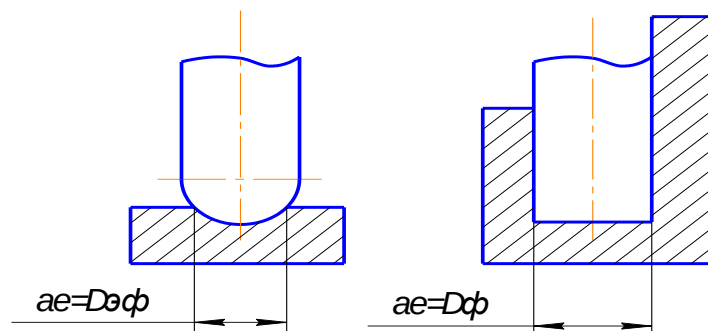


Рисунок 2.19— Ширина фрезерування за найменш сприятливих умов роботи.

З рисунка видно, що ширина фрезерування дорівнює діаметру інструменту. Тому при розрахунку середньої товщини стружки приймаємо відношення a_e/D_ϕ рівним одиниці.

Крутний момент, який виникає на шпинделі під дією сил різання :

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (2.5)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент, $H \cdot m$;

P_z - складова сили різання, Н;

D - діаметр фрези, мм;

Радіальна подача на зуб фрези (переміщення столу із заготовкою за час повороту фрези на один зуб або кутовий крок між зубами) для високошвидкісного фрезерування визначається по формулі:

$$S_z = 0,01 \cdot D \phi \quad (2.6)$$

де S_z - подача на зуб фрези, мм/зуб;

Для випадків, коли фрезерування здійснюється сферичною фрезою, замість діаметру фрези враховується ефективний діаметр. Залежно від подачі на зуб визначається хвилинна подача.

$$S_{xв} = S_z \cdot Z \cdot n \quad (2.7)$$

де $S_{xв}$ – хвилинна подача, мм/хв;

Z - кількість зубів фрези.

Для хвилинної подачі так само є обмеження. Враховуючи літературний огляд високошвидкісних верстатів, для проектного верстата набуто середнє значення хвилинної подачі— 30000 мм/хв. Таким чином, в дипломному проекті необхідно скласти графік залежності певного діапазону хвилинної подачі і раніше прийнятих обмежень частоти обертання, діаметрів інструментів. Для цього виконаний аналіз вживаного числа зубів фрез для різних діаметрів і розрахована хвилинна подача (таблиця 2.3).

Як видно з таблиці 3 хвилинна подача виходить за установлені межі при використанні фрези діаметром 60 мм з 12 зубцями. Але при використанні фрези діаметром 60 мм небажано накладати обмеження по числу зубів, оскільки при швидкісній обробці бажано забезпечити безперервне різання, коли один зуб ще не вийшов із зони різання, а інший увійшов. Таким чином необхідно виконати розрахунок подачі на зуб виходячи з обмежень хвилинної подачі. Подача на зуб розраховується по формулі:

$$S_z = \frac{S_{xg}}{Z \cdot n} \quad (2.8)$$

Таблиця 2.3— Розрахункова таблиця для побудови залежності хвилинної подачі від частоти обертання шпинделя

Діаметр фрези D, мм	60		40		20		10		5	
Кількість зубів, Z	4	12	3	6	2	4	2	4	2	4
Частота обертів шпинделя n, об/хв	1592-6369		2388-10000		5028-10000		10000-20000		20000	
Хвилинна подача S _{хв} , мм/хв	3821-15286	11462-45857	2866-12000	5731-24000	2000-4000	4000-8000	2000-4000	4000-8000	2000-4000	4000

Отримані значення занесені в таблицю 2.4.

За результатами розрахунків побудований графік (рис. 2.20), по якому видно, що зі збільшенням числа зубів подача на зуб зменшується, що призводить до кращих умов різання.

Таблиця 2.4 — Розрахункова подача на зуб при обмеженій хвилинній подачі

Діаметр фрези D, мм	Частота обертів шпинделя n, об/хв	Хвилинна подача S _{хв} , мм/хв	Кількість зубів, Z	Подача на Sz мм/зуб
60	6369	30000	12	0,4
			10	0,5
			8	0,6
			7	0,7
			6	0,8
			5	0,9
			4	1,1

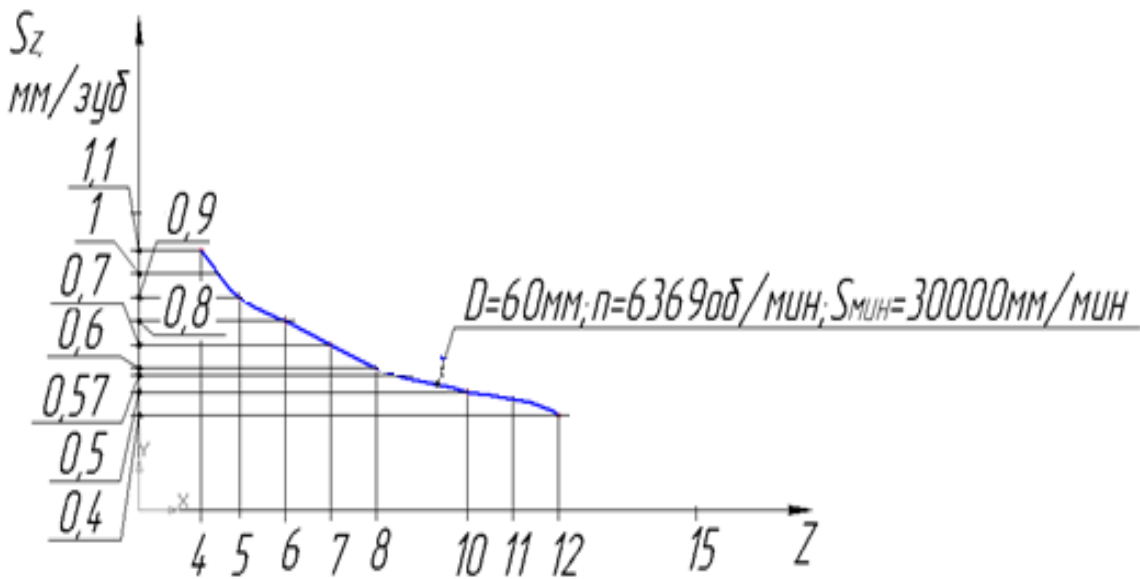


Рисунок 2.20 - Графік залежності подачі на зуб від кількості зубів фрези.

Для подальших розрахунків враховуються максимальні значення хвилинної подачі і потужності різання.

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_{рез} = \frac{D_{\phi} \cdot t \cdot S_{мин} \cdot P_z}{6 \cdot 10^7 \cdot 0,8} \cdot h_m^{-m_c} \quad (2.9)$$

З підприємством АТ "Мотор Січ" домовлено, що глибина різання t для чорнового фрезерування приймається 0,5 мм, для чистового - 0,05 мм. Щоб визначити потужність різання при роботі сферичної фрезою необхідно в формулу замість діаметра інструмента підставити ефективний діаметр фрези. До модернізованих верстата підібраний мотор-шпиндель, який має максимальну потужність 30 кВт. Необхідно визначити режими різання, на яких можна працювати, не перевищуючи максимально допустиму потужність не

тільки для чорнового, але і для чистового фрезерування, для фрез різних діаметрів.

Результати розрахунків занесені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5—Таблиця для визначення потужності різання для різних діаметрів інструменту

Діаметр фрези D, мм		60		40		20		10		5	
Подача на зуб Sz, мм/зуб		0,6		0,4		0,2		0,1		0,05	
Хвилинна подача S _{хв} , мм/хв		3821-15286	11462-30000	2866-12000	5731-24000	2011-8000	4022-16000	2000-4000	4000-8000	2000	
Середня товщина стружки h, мм		0,4		0,25		0,13		0,06		0,03	
Головна складова сили різання P _z , Н		1790		1994		2318		2769		3248	
Крутий момент M _{кр} , Н*м		53700		39880		23180		13845		8120	
Потужність різання N _{різ} , кВт	чорн обр	5-21	16-30	3-14	6,5-27	1,6-6	3-12	1,1-2	2-4	0,8	
	чист обр	0,5-2	1,6-4	0,3-1	0,7-3	0,2-0,6	0,3-1	0,1-0,2	0,2-0,4	0,1	
Кількість зубів, Z		4	12	3	6	2	4	2	4	2	4

З таблиці видно, що максимальна потужність досягається при чорновому фрезеруванні інструментом діаметром 60 мм.

Величину потужності можна регулювати за рахунок хвилинної подачі, яка в даному випадку залежить від кількості зубів фрези. Працюючи фрезами великих діаметрів, при чорновій обробці перевищується максимальна потужність різання (30 кВт). Тому необхідно підібрати таку кількість зубів, при роботі якими потужність не буде перевищувати максимальну. Розглянемо вплив кількості зубів фрез на величину потужності різання і результати розрахунків занесемо в таблицю 6.

Таблиця 2.6 — Таблиця підбору необхідної кількості зубів і режимів різання для забезпечення заданої потужності.

Діаметр фрези D, мм	Частота обертів шпинделя n, об/хв	Кількість зубів, Z	Хвилинна подача S _{хв} , мм/хв	Потужність різання N _{різ} , кВт
60	6369	4	15286	21,6
		5	19108	27
60	1592	4	3821	5,4
		5	4776	6,7
		6	5731	8,1
		7	6686	9,4
		8	7642	10,8
		10	9552	13,5
		12	11462	16,2

Отримані значення максимальної частоти обертання шпинделя, величина сил різання, подачі і потужність різання будуть вихідними даними для проектування основних вузлів і деталей високошвидкісного фрезерного верстата.

Висновки:

1. Високошвидкісну обробку можливо використовувати як остаточну для обробки лопаток турбін ГТД за умови забезпечення заданих параметрів точності та якості їх поверхонь.
2. На основі аналізу вихідних даних для обробки визначені граничні величини параметрів режимів різання, необхідних для формування технічної характеристики та розроблення конструкції вузлів проектного верстата.

Отримані дані мають значення:

- граничні діаметри фрез – 5...60 мм
- - подача – 30 м/хв.
- - максимальна частота обертання шпинделя - 20000 хв-1
- - потужність різання – 30 кВт

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз компоновок верстатів для високошвидкісного фрезерування робочої частини лопаток турбін

Для вдосконалення механообробки нежорстких деталей ГТД зі складною просторовою геометрією доцільно застосовувати комплексний підхід, виявляючи резерви для зниження трудовитрат на всіх стадіях цього процесу. При проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталей ГТД важливими етапами є призначення параметрів ріжучого інструмента, який займається обробкою обладнання та режимів обробки. Комплексна взаємодія даних параметрів визначає ефективність механічної обробки деталей ГТД, як процес формоутворення поверхні виробу з досягненням необхідної якості і точності оброблюваної поверхні при найменших затратах.

Основною тенденцією розвитку верстатобудівної галузі є прагнення до підвищення продуктивності. Застосування технології високошвидкісного різання дозволяє домогтися значного підвищення ефективності механічної обробки за рахунок багаторазового збільшення продуктивності. Для реалізації руху інструменту по траєкторії, що забезпечує обробку теоретичного профілю деталі в межах допуску на її виготовлення, при обробці нежорстких деталей зі складною просторовою геометрією необхідно використовувати верстати, які можуть здійснювати відносний рух інструменту і оброблюваної заготовки з використанням 5 керованих координат. Три з них зазвичай керують лінійними переміщеннями і позначаються X , Y , Z . Дві інші є круговими і мають позначення відповідно до лінійної координатою, що збігається з віссю її обертання (A , B , C). Три лінійні і дві кругові координати дають можливість підвести інструмент до будь-якій точці в просторі, витримуючи його необхідну орієнтацію. При реалізації п'ятикоординатне обробки зазвичай застосовуються такі типові кінематичні рішення:

1) обидві кругові осі верстата розташовуються в шпіндельній голівці (рисунок 1а), при такій компоновці кутову орієнтацію здійснює тільки інструмент;

2) одна кругова вісь реалізує кутове позиціонування столу, а друга - нахил головки шпінделя (рисунок 1б), при такій компоновці кутову орієнтацію здійснює і інструмент, і заготівля;

3) обидві кругові осі верстата розташовуються в столі (рисунок 1 в), при такій компоновці кутову орієнтацію здійснює тільки заготовка.

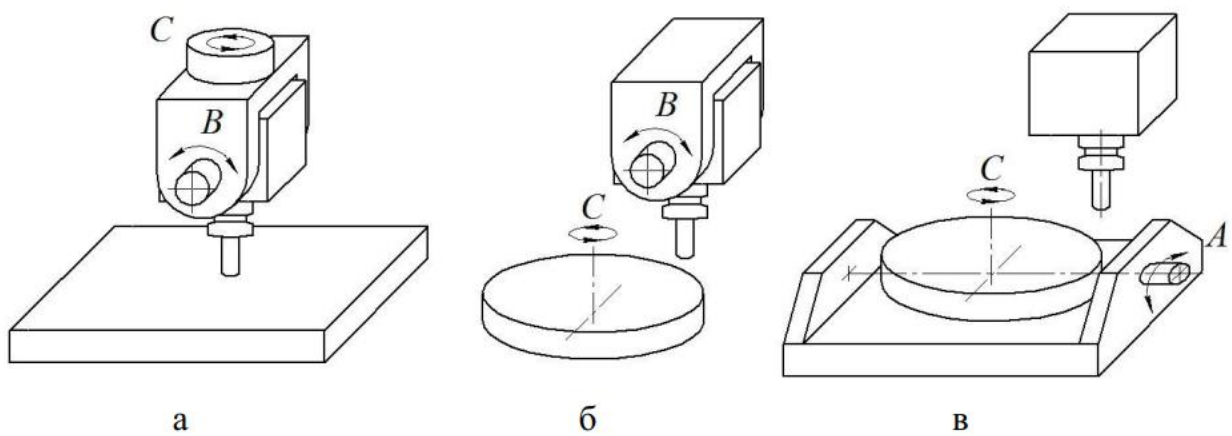


Рисунок 3.1 - Типові кінематичні рішення, використовувані для здійснення п'ятикоординатної обробки.

П'ятикоординатна обробка підрозділяється на два характерних види:

- поворот навколо осей здійснюється один раз до обробки для досягнення необхідної орієнтації інструмента відносно заготовки, а в процесі механічної обробки орієнтація інструменту залишається постійною (схема «3 + 2 осі»);

- в процесі механічної обробки здійснюється безперервна зміна кута нахилу осі інструменту по відношенню до заготівлі (схема «5 осей»), при цьому системою числового програмного керування (ЧПУ) забезпечується 23 узгоджений рух робочих органів, що враховує довжину інструменту і контролює величину фактичного подання (Рисунок 2).

– програмування п'ятикоординатне обробки зазвичай полягає в завданні позиції вершини інструменту і кутів його орієнтації щодо системи координат деталі. Положення робочих органів верстата, що забезпечують задане положення інструменту і заготовки, розраховується системою ЧПУ. Система ЧПУ за допомогою закладених в неї математичних виразів визначає додаткові лінійні переміщення, обумовлені поворотом робочих органів верстата



Рисунок 3.2 - п'ятикоординатна обробка з безперервною зміною кутового положення інструменту.

3.2 Розробка конструкції вузла фрезерної головки

3.2.1 Принцип роботи вузла фрезерної головки

На статор електродвигуна подається струм, через що починає обертатися ротор. Роторне кільце 18 встановлено в роликовий підшипник 82. Оберти ротора передаються на корпус шпинделя 1 через торцеві зуб'я 38. Кутове переміщення шпинделя фіксується датчиком кутових переміщень 20.

3.2.2 Вибір мотор-шпинделя

Інтегровані мотор-шпинделі не мають потреби в зовнішньому двигуні для забезпечення моменту і потужності. Двигун є складовою частиною

шпиндельного вала і корпусу шпинделя. Це дозволяє шпинделю обертатись на більш високих швидкостях як комплексного вузла, без додаткових обмежень з боку пасів.

Мотор-шпиндель відносять до приводів прямої дії (Direct Drive). В даному вузлі шпиндель є ротором електродвигуна і складається з наступних основних елементів: шпиндельного вала з вузлом кріплення інструменту, приводний частини (статора і ротора електродвигуна), шпиндельних опор, системи охолодження, датчиків (частоти обертання, положення ротора, температури), роз'ємів і каналів зв'язку (електричних сигналів, системи охолодження, системи змащування) [7].

В даний час на промисловому ринку представлено досить велику кількість компаній, що займаються виробництвом мотор-шпинделів. Це компанії Японії, Німеччини, США, Швейцарії. Основні технічні характеристики мотор-шпинделів деяких фірм виробників представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики мотор-шпинделів фірми IBAG Switzerland AG

Модель шпинделя	HF170.xA	HF170.5 AI	HF210.xAI	HF230.xAI
1	2	3	4	5
Максимальна швидкість обертання шпинделя				
Шарикопідшипники змішаного типу с системою змащення масляним туманом [1 / min]	24.000	30.000	24.000	24.000
Шарикопідшипники сталеві з систем змащення підшипників масляним туманом [1 / min]	20.000			
Шарикопідшипники змішаного типу с масляним мастилом [1 / min]	16.000	17.000	15.000	15.000
Потужність протягом тривалого часу [KW]	30/40	30	30	30/40
Потужність при короткочасному використанні [kW]	95	107	150	185
Момент протягом тривалого часу S1 [Nm]	29/53	16,1	63/73	71/95
Система кріплення інструменту	SK 40	HSK E50	SK 40	SK 40/Y
Діаметр / Довжина [mm]	170/470	170/342	210/457	230/511
Вага [kg]	63	44	110	130
Схема підключення електродвигуна	трикутник або зірка-трикутник			

Виходячи з аналізу технічних характеристик представлених мотор-шпинделів, для проектного верстата в якості приводу головного руху приймається найбільш підходяща модель мотор-шпинделя фірми Siemens, розроблена і виготовлена спільно з компанією IBAG Switzerland A HF170.xA G [8].

Обраний мотор-шпиндель використовується при фрезеруванні і свердлінні на фрезерних верстатах з ЧПК і обробних центрах. Підходить як для чорнової, так і для точної чистової обробки.

Основні характеристики мотор-шпинделя F200S.20.38:

1. Максимальна частота обертання: $n = 20000 \text{ мін.}$

2. Потужність двигуна $N=30 \text{ кВт.}$

Потужність двигуна залежить від температури охолоджуючої рідини на вході.

4. Максимальний крутний момент на шпинделі:

Максимальний крутний момент обчислюється за формулою:

$$M_{\max} = 2 \cdot M_n, \quad (3.1)$$

де M_n - номінальний момент обертання, $M_n = 84 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

$$M_{\max} = 2 \cdot 84 = 168 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В діапазоні постійної потужності максимальний момент при постійному числі обертів n приблизно обчислюється за формулою:

$$M_{\max} = 9.6 \cdot \frac{P_{\max}}{n} \quad (3.2)$$

де, $P_{\max}$ - максимальне навантаження, Вт

$$M_{\max} = 9.6 \cdot \frac{30000}{20000} = 14.4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В якості опції мотор-шпиндель може бути обладнаний функцією внутрішнього охолодження інструменту. При цьому через обертове прохідне з'єднання МОР з заднього кінця вала подається через вал шпинделя на інструмент.

Мотор-шпиндель поставляється з вбудованим підведенням МОР.

Вбудоване підведення МОР підходить для сухої обробки (без стисненого повітря). Основні параметри МОР:

- максимальное давление $50 \cdot 10^5$ Па;
- максимальный размер частиц 50μм;
- максимальная температура СОЖ 40°C;

5. Система затиску і зміни інструменту

Мотор-шпиндель обладнаний системою затиску для автоматичної зміни інструменту. Система затиску інтегрована в вал шпинделя і обертається разом зі шпинделем. Система затиску розрахована на макс. 5 циклів зміни інструменту за хвилину. Зусилля захоплення надходить від обертової пружинної системи. Система затиску приводиться в дію за допомогою пневматичного циліндра. Для звільнення інструменту на пневматичний циліндр подається стиснене повітря.

Виконавчий пристрій звільняє інструмент з затиску, він легко може бути вилучений захопленням пристроєм зміни інструменту. Установка інструменту здійснюється через видалення повітря з пневматичного циліндра.

3.2 Вибір електродвигуна для фрезерної головки

Вибір електродвигуна.

Для вибору електродвигуна необхідно визначити необхідну потужність, яка залежить від сили тяжіння фрезерної головки і інструменту з оправкой, а також сили різання.

Маса зборки дорівнює 200 кг, а положення центру мас зображено на малюнку 3.3.

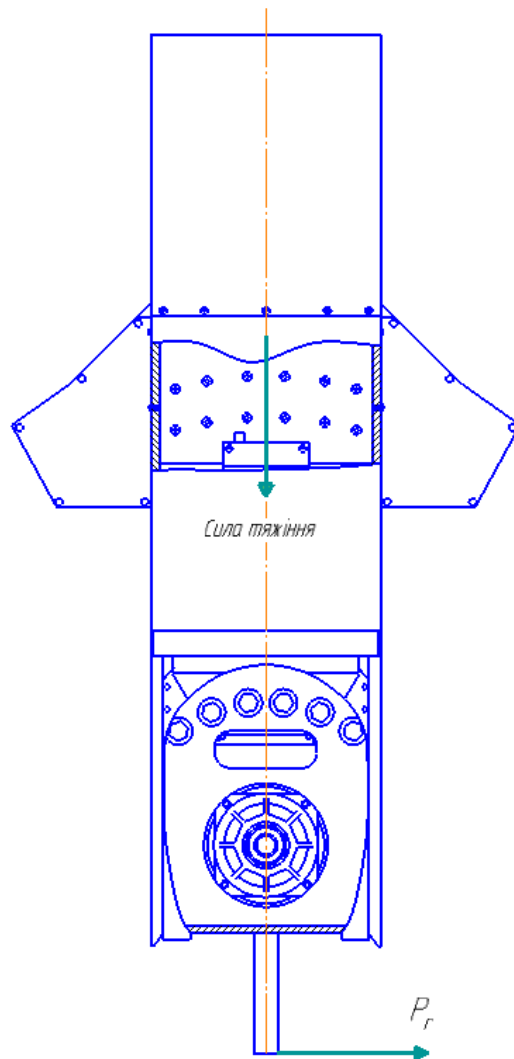


Рисунок 3.3 – Положення центру мас фрезерної головки

На інструмент (в даному випадку фреза) діє сила різання, що складається з трьох складових: P_x , P_y , P_z . Складова P_x спрямована уздовж осі обертання фрези, P_y - в площині, перпендикулярній осі обертання фрези, перпендикулярно напрямку подачі, а P_z - в тій же площині в напрямку подачі. Величина сили P_z була визначена в розділі 2 і становить $P_z = 264$ Н. Сили P_x і P_y дорівнюють відповідно $0,4P_z$ і $0,6P_z$.

Вісь обертання фрезерної головки і вісь фрези перетинаються, отже, сила P_x не впливає на обертання фрезерної головки і на потужність приводу. Сили P_y і P_z діють в площині, перпендикулярній осі фрези. Отже, на вузол буде діяти рівнодіюча цих сил P_R (рис. 3.4). Найбільший вплив на вузол можливо

тоді, коли сила тяжіння і рівнодіюча P_R спрямовані в одну сторону, тобто проти напрямку осі Z (вниз), оскільки сила тяжіння завжди спрямована вниз.

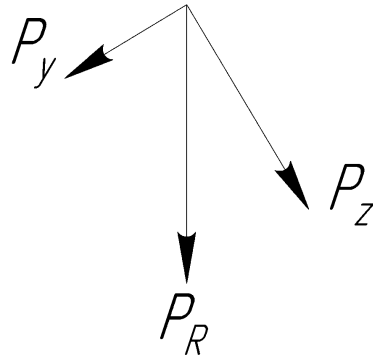


Рисунок 3.4 – Рівнодіюча сила сил P_y і P_z

Дана ситуація можлива тільки при положенні фрезерної головки, зображеному на рисунку 3.5. Там же позначено положення сили P_R щодо початку координат.

Визначимо всі невідомі сили і сумарний момент цих сил для розрахунку необхідної потужності електродвигуна і розрахунку передач і деталей вузла.

Сила P_y дорівнює:

$$P_y = 0,6P_z. \quad (3.3)$$

$$P_y = 0,6 \cdot 264 = 158,4 \text{ Н.}$$

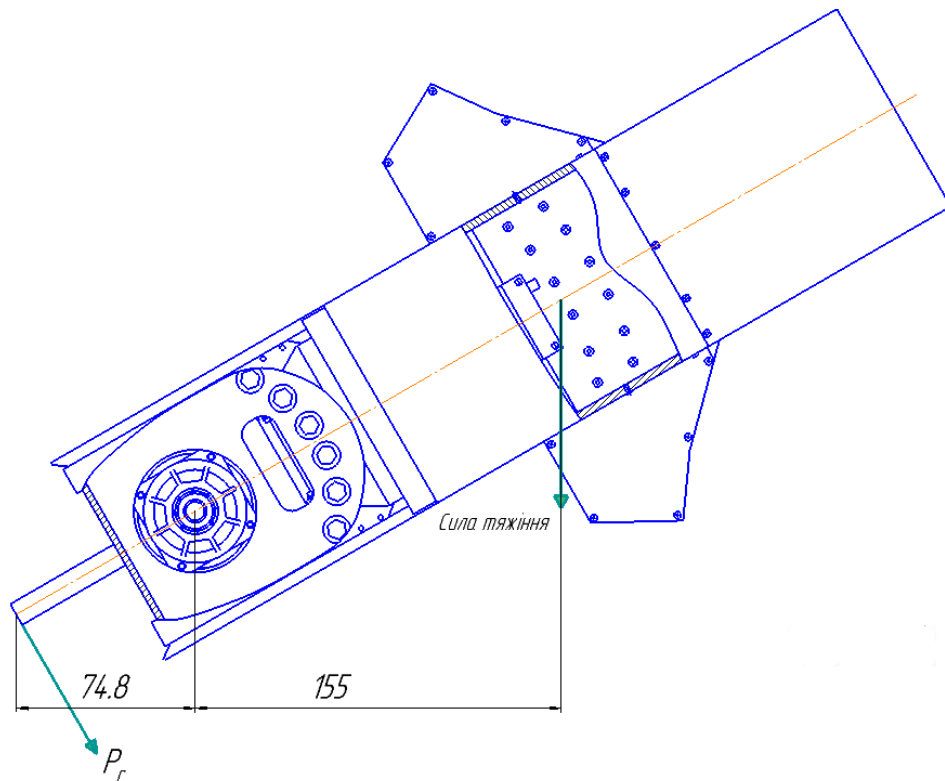


Рисунок 3.5 – Положення фрезерної головки при найбільшому навантаженню

Рівнодіюча сила дорівнює:

$$P_R = \sqrt{P_Z^2 + P_Y^2}. \quad (3.4)$$

$$P_R = \sqrt{264^2 + 158,4^2} = 307,9 \text{ Н.}$$

Сумарний момент всіх сил визначаємо за формулою:

$$T = P_T \cdot l_1 + P_R \cdot l_2, \quad (3.5)$$

де P_T – сила тяжіння фрезерної головки з інструментом;

l_1 – відстань від осі фрезерної головки до центру мас, $l_1 = 155$ мм;

l_2 – відстань від осі фрезерної головки до точки докладання зусиль різання, $l_2 = 74.8$ мм.

Сила тяжіння фрезерної головки з інструментом:

$$P_T = M \cdot g, \quad (3.6)$$

де M – маса фрезерної головки з інструментом, $M = 250$ кг;
 g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8$ м/с².

$$P_T = 250 \cdot 9,8 = 2450 \text{ Н};$$

$$T = 2450 \cdot 0,155 + 307,9 \cdot 0,0748 = 402,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахункова вихідна потужність, кВт, розраховується:

$$P_{\epsilon} = \frac{T \cdot n}{9550}, \quad (3.7)$$

где n – частота обертання фрезерної головки.

$$P_{\epsilon} = \frac{402,7 \cdot 10}{9550} = 0,42 \text{ кВт}.$$

Необхідна потужність електродвигуна, кВт, визначається за формулою:

$$P_{\text{эд}} = \frac{P_{\epsilon}}{\eta}, \quad (3.8)$$

где η – сумарний ККД всіх передач і опор кочення між електродвигуном і вихідним елементом.

$$\eta = \eta_{on}^i \eta_{\text{чп}} \eta_{\text{кп}}, \quad (3.9)$$

где η_{on} – ККД опор кочення, $\eta_{on} = 0,99$;

i – кількість пар опор кочення, $i = 4$;

$\eta_{\text{чп}}$ – ККД черв'ячної передачі, $\eta_{\text{чп}} = 0,75$;

$\eta_{\text{кп}}$ – ККД конічної передачі, $\eta_{\text{кп}} = 0,95$.

$$\eta = 0,99^4 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 0,68.$$

$$P_{эд} = \frac{0,42}{0,68} = 0,62 \text{ кВт.}$$

До вимог по потужності і частоті обертання валу електродвигуна необхідно додати вимогу за габаритними розмірами. Виходячи з кінематичної схеми вузла, діаметр корпусу електродвигуна повинен бути менше 70 мм.

Для забезпечення необхідного діапазону частот обертання фрезерної головки необхідно використовувати регульований електродвигун. Розглянемо доступні за параметрами моделі електродвигунів вітчизняного та зарубіжного виробництва.

З вітчизняних електродвигунів відповідає нашим вимогам по потужності і максимальній частоті обертання двигун моделі ДПУ135-300-1,5 (потужність 0,78 кВт і частота обертання $n = 4000$ об / хв). Але дана модель має зовнішній діаметр корпусу $D = 170$ мм, що не відповідає вимогам.

Електродвигун форми Siemens моделі 1FT6 024 має потужність 0,4 кВт, максимальну частоту обертання $n = 6000$ об / хв і габаритні розміри $55 \times 55 \times 215$ мм. Дана модель відповідає всім вимогам. Таким чином вибираємо електродвигун Siemens 1FT6 024.

3.3 Розрахунок шпинделя на жорсткість

Розрахунок проводимо за рекомендаціями [11].

Розрахунок і конструктивне оформлення шпинделя має свою специфіку у порівнянні зі звичайними валами. На конструкцію шпинделя впливають вимоги жорсткості і точності його обертання, що визначає його розміри, розташування та вид опор, а також вид приводу, метод закріплення патрона, наявність отвору в шпинделі тощо.

Шпиндель розраховують на жорсткість. При розрахунках на жорсткість розрахункову схему шпинделя виставляють у вигляді балки, тип якої залежить

від типу і кількості підшипників у них. Прогин шпинделя залежить від його конструкції. В даному випадку шпиндель є розвантаженим, тобто на нього діє лише сила різання $P_{різ}$. Схема сил для розрахунку шпинделя на жорсткість приведена на рисунку 6.

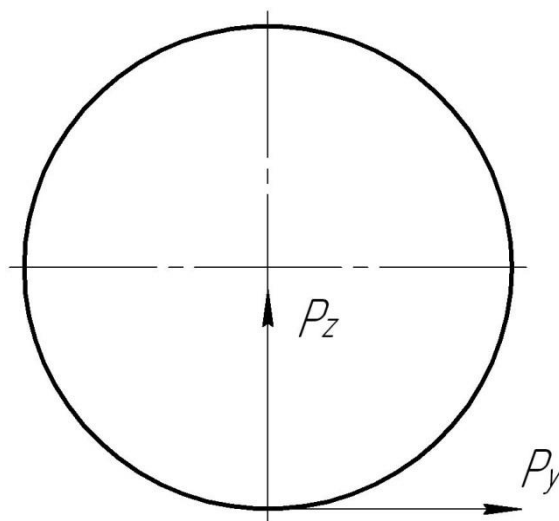


Рисунок 3.6 – Схема дії сил на шпиндель.

Сумарний прогин розраховується як сума прогину консолі і прогину між двома опорами у обох вісях [11, стр 70].

P_z – максимальна сила різання, $P_z = 8098$ Н.

$$P_y = (0,3...0,4)P_z = 0,35 \cdot 8098 = 2834 \text{ Н},$$

$$P_{різ} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{8098^2 + 2834^2} = 8580 \text{ Н}.$$

Знаходимо реакції опор з рівнянь моментів:

$$\sum M_{BZ} = 0, \quad P_z \cdot (a + b) - A_z \cdot a = 0,$$

$$A_z = \frac{8098 \cdot (0,26 + 0,06)}{0,26} = 9967 \text{ Н},$$

$$\sum M_{BY} = 0, \quad P_y \cdot (a + b) - A_y \cdot a = 0,$$

$$A_y = \frac{2834 \cdot (0,26 + 0,06)}{0,26} = 3488 \text{ Н},$$

$$\sum M_{Az} = 0, \quad P_z \cdot b - B_z \cdot a = 0,$$

$$B_z = \frac{8098 \cdot 0,06}{0,26} = 1869 \text{ Н},$$

$$\sum M_{Ay} = 0, \quad P_y \cdot b - B_y \cdot a = 0,$$

$$B_y = \frac{2834 \cdot 0,06}{0,26} = 654 \text{ Н}.$$

Сумарні реакції опор

$$A = \sqrt{A_z^2 + A_y^2} = \sqrt{9967^2 + 3488^2} = 10560 \text{ Н} = 1076 \text{ кг} \cdot \text{с},$$

$$B = \sqrt{B_z^2 + B_y^2} = \sqrt{1869^2 + 654^2} = 1980 \text{ Н} = 201,8 \text{ кг} \cdot \text{с}.$$

Для визначення прогину потрібно розрахувати опори на радіальну жорсткість. Радіальна жорсткість визначається за формулою

$$j = \frac{F_r}{\delta_r} n,$$

$$\delta_r = \delta_r' + \delta_r'',$$

$$\delta_r' = \beta \cdot \delta_{r0},$$

$$\delta_{r0} = 0,35 F_r^{0,897} \cdot d^{-0,8},$$

$$\delta_r'' = \frac{4 F_r \cdot k}{\pi \cdot d \cdot B} \left(1 + \frac{d}{D} \right),$$

де F_r – радіальне навантаження на опору,

n – кількість підшипників в опорі, які сприймають радіальне навантаження;

δ_r – радіальна податливість,

δ_r' – радіальна податливість в контакті найбільш навантаженого тіла кочення з доріжкою кочення,

δ_r' – радіальна податливість в контактi кілець підшипника з посадочними поверхнями вала та корпусу,

β – коефіцієнт, що враховує натяг в підшипнику $\beta = (0,3 \dots 1)$,

$k = 0,005 \dots 0,025 \text{ мм}^3/\text{кгс}$ – коефіцієнт точності виготовлення посадочних місць,

d – внутрішній діаметр підшипника,

D – зовнішній діаметр підшипника,

B – ширина підшипника.

Розрахунок радіальної жорсткості передньої опори

$$\delta_r'' = \frac{4 \cdot 1076 \cdot 0,025}{3,14 \cdot 90 \cdot 37} \left(1 + \frac{90}{140} \right) = 0,0169 \text{ мкм},$$

$$\delta_{r0} = 0,35 \cdot 1076^{0,897} \cdot 90^{-0,8} = 5,0143 \text{ мкм},$$

$$\delta_r' = 1 \cdot 5,0143 = 5,0143 \text{ мкм},$$

$$\delta_r = 5,0143 + 0,0169 = 5,0312 \text{ мкм},$$

$$j_1 = \frac{1076}{5,0312} \cdot 1 = 213,9 \text{ кгс/мкм} = 2098000 \text{ Н/мм}.$$

Розрахунок радіальної жорсткості задньої опори

$$\delta_r'' = \frac{4 \cdot 201,8 \cdot 0,025}{3,14 \cdot 85 \cdot 22} \left(1 + \frac{85}{130} \right) = 0,0057 \text{ мкм},$$

$$\delta_{r0} = 0,35 \cdot 201,8^{0,897} \cdot 85^{-0,8} = 1,170 \text{ мкм},$$

$$\delta_r' = 1 \cdot 1,170 = 1,170 \text{ мкм},$$

$$\delta_r = 1,170 + 0,0057 = 1,1757 \text{ мкм},$$

$$j_2 = \frac{201,8}{1,1757} \cdot 2 = 343,3 \text{ кгс/мкм} = 3368000 \text{ Н/мм}.$$

Прогин шпинделя визначимо за формулою

$$y = P_{\text{пиз}} \cdot \left[\frac{(a+b)^2}{j_1 \cdot a^2} + \frac{b^2}{j_2 \cdot a^2} + \frac{b \cdot (a+b)}{3E \cdot I} \right],$$

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} = \frac{3,14 \cdot (85^4 - 36^4)}{64} = 2480000 \text{ мм}^4,$$

$$y = 8580 \cdot \left[\frac{(260+60)^2}{2098000 \cdot 260^2} + \frac{60^2}{3368000 \cdot 260^2} + \frac{60^2(260+60)}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2480000} \right] = 0,0127 \text{ мм}.$$

Кут повороту шпинделя в передній опорі

$$\theta = \frac{P_{\text{пиз}} \cdot b \cdot a}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$\theta = \frac{8580 \cdot 60 \cdot 260}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2480000} = 0,000086 \text{ рад}.$$

За результатами розрахунків будуюмо епюру.

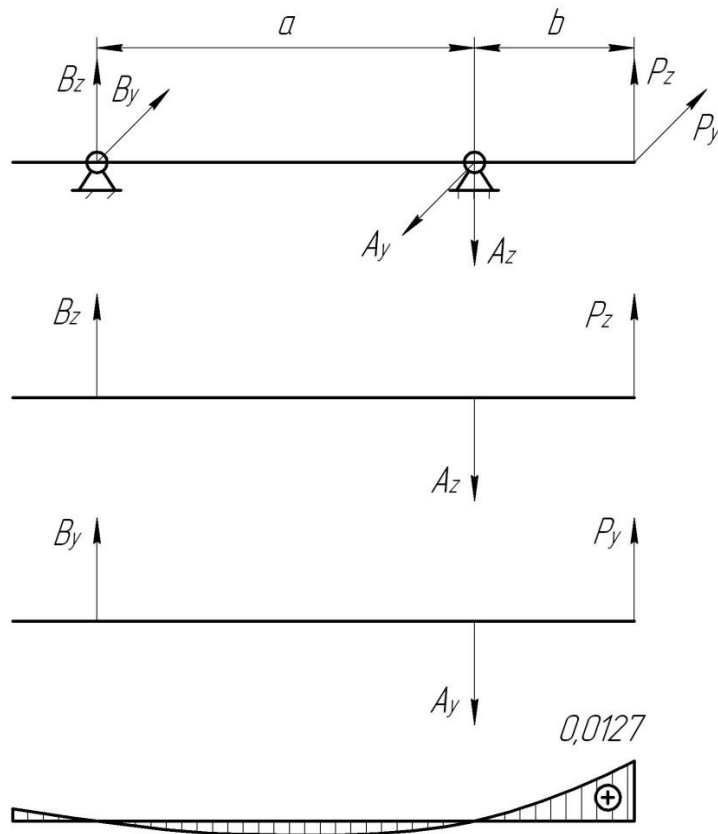


Рисунок 3.7 – Схема навантаження шпинделя.

Результати розрахунків порівнюємо з допустимими значеннями прогину.

$$[y] = 0,0001 \cdot a = 0,0001 \cdot 260 = 0,026 \text{ мм},$$

$$y = 0,0127 \text{ мм} < [y] = 0,026 \text{ мм},$$

$$\theta = 0,000086 \text{ рад} < [\theta] = 0,001 \text{ рад}.$$

Умова виконується.

3.4 Розрахунок підшипника на довговічність

Виходячи із розрахунку шпинделя попередньо обираємо роликовий підшипник SX 011860.



Рисунок 3.8 – Схема конструкції підшипника SX 011860.

Значення статичної C_{or} та динамічної C_r вантажопідйомності для роликового підшипника SX 011860: $C_r = 32500 \text{ Н}$. Даній тип підшипника не сприймає осьові навантаження.

Радіальне зусилля одно радіальної силі, $F_r = F_R$.

$$F_R = z_p \cdot F_1 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \psi \quad (3.10)$$

$$F_R = 30 \times 450 \times 0,342 \times 0,9986 = 8221,06 \text{ Н}$$

$$z_p = 0,7 \cdot z_1 \quad (3.11)$$

$$z_p = 0,7 \cdot z_1 = 30$$

$$F_1 = z_p \cdot d \quad (3.12)$$

$$F_1 = 30 \times 15 = 450$$

де, d – діаметр тіл кочення підшипника, мм :

$$d = 0,3 \cdot (d - D) \quad (3.13)$$

$$d = 0,3 \times (220 - 270) = 15$$

Для однорядного підшипника $X = 0,8$; $Y = 0$.

Еквівалентна динамічна навантаження, Н:

$$P = (VXF_r + YF_a) \cdot K_b \cdot K_T \quad (3.14)$$

$$P = (1 \times 0,8 \times 8221,06 + 0 \times 0) \times 1,4 \times 1 = 9207,6$$

Довговічність підшипника, млн.об:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot t}{10^6} \quad (3.15)$$

де n – кількість обертів вала шпинделя, 5000 об / хв;

t – прийняте час роботи верстата, $t = 20000$ час.

$$L = \frac{60 \times 5000 \times 20000}{10^6} = 6000$$

Визначаємо необхідну динамічну вантажопідйомність, Н:

$$C_{\text{треб}} = P \cdot \sqrt[m]{L} \quad (3.16)$$

де L – довговічність підшипника, млн. об;

m – показник ступеня для роликового підшипника.

$$C_{\text{треб}} = 9207.6 \times \sqrt[10]{6000} = 1251964$$

$$C_{\text{треб}} = 1251964 \text{ Н} < [C] = 8000000 \text{ Н}$$

Так як розрахункова вантажопідйомність менше табличної, робимо висновок, що підшипник підібраний правильно.

Дійсний ресурс підшипника, год:

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P_B} \right)^m \quad (3.17)$$

$$L = \frac{10^6}{60 \times 5000} \times \left(\frac{1251964}{6000} \right)^{\frac{10}{3}} = 179616976$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема дипломного проекту передбачає проведення розрахунків у приміщенні обладнаному персональними комп'ютерами (далі ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщення обладнаного візуальними дисплейними терміналами, у відповідності з методичними вказівками.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

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 електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- механічне травмування в наслідок нераціональної організації робочих місць, недостатньої уваги персоналу;

- довготривалий дискомфорт в умовах недостатньої фізичної активності сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності;

- порушення роботи кістково-м'язового апарату внаслідок тривалих статичних навантажень під час роботи зПК.

- нервово – психічні перевантаження внаслідок постійного контакту з клієнтами, колегами по роботі, керівництвом при вирішенні робочих питань, які можуть носити конфліктний характер і призвести до емоційного дискомфорту,внутрішнього роздратування, емоційної нестабільності та захворювань нервової системи;

- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця внаслідок нераціонального планування робочого місця, що може призвести до

механічних травм, уражень електричним струмом та порушень кістково-м'язового апарату;

- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи;

- негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я працюючого, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;

- негативний вплив підвищеного рівня шуму на психоемоційний стан працюючого, який пов'язаний з використанням застарілої периферійної техніки, кондиціонерів, копіювальної техніки, освітлювальних приладів.

Небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі.

Неправильні організаційні дії в умовах надзвичайних ситуацій, при ліквідації наслідків таких ситуацій, що може призвести до травмування та загибелі людей.

4.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Конструкторські бюро, згідно ПУЕ відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом.

Обладнання, що використовується в цих приміщеннях є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220. Від мережі з заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» І (стаціонарні комп'ютери,) та ІІ (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери) класу захисту.

Згідно «Правилам улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») виконані такі групи заходів з електробезпеки:

Конструктивні заходи забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок.

Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» у приладах II класу захисту використовується подвійна ізоляція - електрична ізоляція, що складається з робочої і додаткової ізоляції.

Так як згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок» офісні приміщення відносяться до класу пожежебезпечної зони П-Па (приміщення, в яких містяться тверді горючі речовини), тому передбачений ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій.

Згідно з ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщеннях галузі управління персоналом влаштовується занулення.

Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок» (далі «ПБЕЕ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей» (далі «ПБЕЕС»).

Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» для запобігання статистичного навантаження при користуванні ПК рекомендовано використовувати перерви в роботі 10 хв. через кожні дві години. Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок тривалої роботи з мишею: постійні напруга і здавлювання приводить до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк.

Згідно з ГОСТ 12.2.032-78. « ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» враховано. Потрібно деякі правила організації робочого місця.

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 65-75см;
- наявність ергономічних і зручних особисто для вас миші і клавіатури;
- можливість регулювання висоти і нахилу клавіатури (відстань від поверхні стола до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);
- наявність у клавіатури підставки для рук;
- наявність килимка для миші з захистом від тунельного синдрому (спеціальний виступ забезпечує правильне положення кисті).

При роботі з мишкою і клавіатурою також слід дотримуватися певних правил які прописані в ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

Щоб попередити тунельний синдром потрібно робити спеціальні вправи для кистей – чим частіше, тим краще. Ці вправи допоможуть поліпшити кровообігу в м'язах і розтягнути їх. Комплекс вправ потрібно повторювати приблизно кожні 45 хвилин, тривалість однієї вправи – 1-2 хв.

Нервові напруження впливає на серцево-судинну систему, збільшуючи артеріальний тиск і частоту пульсу, а також на терморегуляцію організму та емоційні стани працівника. Особливу роль у запобіганні втомі працівників відіграють професійний відбір, організація робочого місця, правильне робоче положення, ритм роботи, раціоналізація трудового процесу, використання емоційних стимулів, впровадження раціональних режимів праці і відпочинку тощо. Боротьба зі втомою, в першу чергу, зводиться до покращення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища (ліквідація забруднення повітря, шуму, вібрації, нормалізація мікроклімату, раціональне освітлення тощо).

Загальні ергономічні вимоги встановлено ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір

ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей

Планування та 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 1,2м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Необхідно також врахувати 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 – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» комп'ютеризовані робочі місця розміщуються 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.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в приміщеннях конструкторського бюро та дослідницьких лабораторіях використовується 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, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Показники мікроклімату в приміщеннях з ПК відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Роботи в приміщеннях з ПК, належать до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2м/с.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять: $n+=1500-30000$ (шт. на 1см^3); $n- = 3000-5000$ (шт. на 1см^3).

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно 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».

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.

Рівні вібрації під час виконання робіт з ЕОМ у виробничих приміщеннях не перевищують допустимих значень, визначених в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

4.4 Шум, вплив на людину і методи захисту

Найшкідливішим фактором виробничого і побутового середовищ є шум. Особливо небезпечним є виробничий шум, дія якого є тривалою, тобто постійно супроводжує виробничий процес.

Виробничий шум - сукупність різноманітних за силою і частою звуків. Джерелом шуму можуть бути двигуни, насоси, вентиляційні пристрої, холодильне обладнання, компресори, деякі технологічні процеси - робота на ткацьких верстатах, випробування двигунів, будівельні роботи. Постійним джерелом шуму є транспорт, особливо міський (залізниця, метро, автомобілі) і на сьогодні на вулицях великих міст рівень шуму досягає 80-90 дБ. В останні роки інтенсивність шуму на виробництві й у побуті зростає, що пов'язано з підвищенням потужності і продуктивності машин, механізмів, побутових приладів. За останні 30 років в усіх великих містах країни рівень шуму виріс на 12-15 дБ, а гучкість виросла в 3-4 рази.

Шум спричиняє шкідливу дію не тільки на орган слуху, але й на весь організм. При тривалому впливі шуму знижується гострота слуху (розвиток приглуховатості і глухоти), погіршується стан нервової системи (неврози), серцево-судинної (гіпертонічна хвороба) і травної (гастрити, виразкова

хвороба) систем. При дії підвищеного рівня шуму (понад 80 дБ) працездатність людини знижується в середньому на 20 %, а для 30 % людей шум є причиною передчасного постаріння. Найбільш негативна дія шуму проявляється протягом перших 10 років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Для визначення впливу шуму на організм людини навіть введено термін «шумова хвороба».

Виділяють три характеристики шуму - рівень тиску шуму, частоту і тривалість дії. Шумові характеристики джерела шуму визначаються згідно з ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки». Допустимі межі тиску шуму в різних умовах становлять 45-80 дБ. Частотну характеристику шуму подають в герцах (Гц). Вухом людини сприймає шуми в діапазоні від 16 Гц до 20000 Гц (20 кгц). Звук частотою до 16 Гц називають інфразвуком, понад 20000 Гц - ультразвуком.

Параметри шуму вимірюються приладами - шумомірами і частотними аналізаторами. Рівень робочого шуму вимірюється регулярно, 1 раз на рік, і він не повинен перевищувати 80 дБ. Класи умов праці залежно від рівня виробничого шуму поділяються на допустимі (згідно з державними санітарними нормами, ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвука и инфразвука), шкідливі й небезпечні.

Рекомендовані такі діапазони шуму для приміщень різного призначення:

- для сну й відпочинку - 30 -50 дБ (45 дБ вдень і 40 дБ - вночі);
- для розумової праці - 45 -55 дБ;
- для робітників цехів, гаражів, магазинів - 56-70 дБ;
- для банківських приміщень - 60 дБ;
- касового вузла банку - 75 дБ;
- інших виробництвах - до 80 дБ.

Для боротьби з виробничим шумом застосовують різні заходи. Найефективнішим є зниження його рівня у джерелі виникнення. У тих випадках, коли вплинути на джерело шуму неможливо, використовують метод зменшення сили шуму на шляху його поширення - звукоізоляцію та звукопоглинання (стіни, загородки, перекриття з металу, товстого скла, цегли, залізобетону, які покривають пористими матеріалами, шлаковатою,

пінополіуретаном, тканинами тощо). Місцева ізоляція проводиться шляхом створення боксів, кабін, у яких розміщується джерело шуму.

Важливу роль у боротьбі з шумом відіграють архітектурно-будівельні рішення при проектуванні та будівництві підприємств. Цехи з високим рівнем шуму повинні бути сконцентровані в 1-2 місцях, їх необхідно оточувати зеленою зоною. За цією зоною слід розміщувати підприємства з середнім рівнем шуму, за ними - безшумні цехи та адміністративні приміщення.

Важливим профілактичним засобом попередження утомлюваності на роботі при дії шуму є чергування періодів роботи й відпочинку.

Працівники виробництв з високим рівнем виробничого шуму повинні обов'язково проходити профілактичні огляди з обстеженням насамперед стану органу слуху не менше 1 разу на рік.

Зниження загального шумового фону населених пунктів досягають шляхом перерозподілу транспортних потоків та екрануванням житлових будівель, а також облаштуванням зелених зон між вулицею та будівлями..

До засобів індивідуального захисту відносять навушники, заглушки для вух.

4.5 Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окиснювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла.

Горюча речовина і окиснювач, за певних умов, утворюють горюче (вибухонебезпечне) середовище. Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище може утворюватися твердими речовинами, легкозаймистими, та горючими рідинами горючим пилом та горючими газами за наявності окиснювача. Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії

їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір), та класу Е - пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» приміщення (лабораторія) відповідає категорії Д – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості дослідницької лабораторії - II.

В приміщення (лабораторія) пожежний інвентар з пожежним інструментом і вогнегасниками розташовано на двох спеціальних пожежних щитах (стендах), відповідно до "Правил пожежної безпеки в Україні". Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. В приміщення (лабораторія) встановлено 2 вуглекислотних вогнегасника місткістю 5 л. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник ВВК-3 призначений для гасіння загорання різних речовин,

горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в офісних приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Також, для адміністративних приміщень рекомендується використання сповіщувачів пожежі, тому в офісне приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПІ-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я. Для адміністративних приміщень використовується димові пожежні сповіщувачі.

4.6 Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях

Аварії на пожежно-вибухонебезпечних об'єктах. Транспортні аварії та катастрофи

За останні 10 років особливо великі масштаби такого виду надзвичайних ситуацій набули у вугільній промисловості, які супроводжувалися численними людськими втратами і матеріальними збитками. Пожежно-небезпечний об'єкт (ПНО) - об'єкт, на якому виробляються, зберігаються чи транспортуються продукти, що набувають при певних умовах (аваріях, ініціюванні і т.п.) здатність до загорання. До пожежно-небезпечних відносяться об'єкти нафтової, газової, хімічної, металургійної, лісової, деревообробної, текстильної, хлібопродуктової промисловостей.

За масштабами і інтенсивністю пожежі підрозділяються на окремі, суцільні, масові і вогняні шторми.

Окрема пожежа - це пожежа, що виникла в окремому будинку чи споруді.

Пересування людей і техніки по забудованій території між окремими пожежами можливе без засобів захисту від теплового впливу.

Суцільна пожежа - одночасне інтенсивне горіння переважної кількості будинків і споруд на даній ділянці забудови. Пересування людей і техніки через ділянку суцільної пожежі неможливе без засобів захисту від теплового випромінювання.

Масова пожежа - сукупність окремих і суцільних пожеж.

Вогняний шторм - особлива форма суцільної пожежі, що поширюється, - характерними ознаками якої є: наявність висхідного потоку продуктів згоряння і нагрітого повітря, приплив свіжого повітря з усіх боків зі швидкістю не менше 50км/год, у напрямку до межі вогняного шторму. Особливу небезпеку з погляду можливих втрат і збитків становлять вибухи.

Вибух - це звільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу. Він призводить до утворення сильно нагрітого газу (плазми) з дуже високим тиском, що при моментальному розширенні здійснює ударний механічний вплив на навколишні тіла.

Основними вражаючими факторами вибуху є:

повітряна ударна хвиля, що виникає при вибухах, вибухах речовин, які ініціюють і детонують, при вибухових перетвореннях хмар паливно-повітряних сумішей, вибухах резервуарів з перегрітою рідиною і резервуарів під тиском;

осколкові поля, створювані уламками різного роду предметів технологічного устаткування, будівельних деталей тощо.

Вибухонебезпечний об'єкт (ВНО) - об'єкт, на якому зберігаються, використовуються, виробляються, транспортуються речовини, що набувають при певних умовах здатність до вибуху.

Наслідки пожеж:

При пожежах цілком або частково знищуються чи виходять з ладу технологічне устаткування і транспортні засоби. Гинуть домашні і сільськогосподарські тварини. Гинуть чи одержують опіки різних ступенів люди.

Вторинними наслідками пожеж можуть бути вибухи, витік отруйних або забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Великих збитків приміщенням і предметам, яких не торкнувся вогонь, може завдати вода, що застосовується для гасіння пожежі.

Транспортні аварії (катастрофи)

Щорічно в Україні перевозиться транспортом загального призначення близько 900млн. тонн вантажів (у тому числі небезпечних) і близько 3 млрд. пасажирів, з них залізничним транспортом близько 60% вантажних перевезень, автомобільним - 26%, річковим і морським - 14%. Оскільки транспорті перевозяться і потенційно-небезпечні вантажі (вибухо-пожежохімічно небезпечні речовини - 15% від вантажів, що перевозяться), небезпека життя і здоров'я людей збільшується. А скорочення відновлення основних фондів усіх видів транспорту, зростання ступеня зносу транспортних засобів, який у даний час становить близько 50%, значно підвищує ступінь ризику при експлуатації транспортних засобів.

Таким чином, для приміщення, що обладнано персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами передбачений комплекс заходів по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки. Відповідно до вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» передбачені безпечні та комфортні умови праці персоналу.

4.7 Організація і проведення рятувальних і інших невідкладних робіт на підприємствах

Україна є однією з найбільших за територією, чисельністю населення й економічним потенціалом країна Європи, тому наявність на її території об'єктів атомної енергетики та хімічної промисловості, вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів їх висока щільність розташування, а також наявність об'єктів атомної енергетики та хімічної промисловості на території суміжних держав, створюють передумови виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру регіонального та державного рівня.

Запобігання НС, взаємодія з органами державної влади щодо ліквідації їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків є загальнодержавною проблемою і одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади.

Для ліквідації наслідків НС передбачається проведення рятувальних та інших невідкладних робіт (РіНР). Виконання яких є однією з головних завдань цивільного захисту, з метою врятування людей, надання допомоги потерпілим і забезпечення життєдіяльності міст та об'єктів народного господарства.

Особливості проведення РіНР при ліквідації наслідків великих виробничих аварій та катастроф

Виробнича аварія – це раптова зупинка роботи або порушення установленого процесу виробництва на об'єкті, яка призводить до пошкоджень або знищення матеріальних цінностей, травмування або загибелі людей.

Великі виробничі аварії і катастрофи можуть призвести до загибелі людей і завдати відчутної шкоди народному господарству. Тому забезпечення безаварійної роботи на підприємстві слід розглядати як важливу державну справу. Аварії можуть відбутися на будь-яких промислових підприємствах і на транспорті, однак найбільшу небезпеку становлять об'єкти, які виробляють чи застосовують у технології СДОР, вибухо- і пожежонебезпечні матеріали й

продукти. Небезпечними об'єктами є також склади, бази, залізничні станції і порти, де зберігають чи знаходяться запаси цих матеріалів і продуктів.

Аварії можуть відбутися в результаті стихійних лих, допущених прорахунків у проектуванні, будівництві й устаткуванні підприємств; введення в експлуатацію промислових об'єктів з великими недоробками і виступами від проектів; прийняття в експлуатацію вентиляційних систем без випробування їх на ефективність роботи; незабезпечення вибухо- і пожежонебезпечних виробництв необхідною промисловою вентиляцією і захистом від пилу; недоробок з техніки безпеки й охорони праці; незадовільного оснащення контрольно-вимірною, захисною, блокуючою апаратурою і недостатньої герметичності технологічного устаткування. Вони можуть бути також наслідком порушення технологічних процесів, несправності електропроводки і відсутності надійних систем пожежегасіння.

Кожна конкретна аварія викликається сукупністю ряду причин і несприятливих факторів. Аналіз показує, що аварії виникають, головним чином, у результаті слабкої навченості персоналу, допущеної недбалості, порушення технологічного процесу виробництва і правил техніки безпеки. Вивчення причин аварії 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, формувань ЦО і населення, що проживає поблизу об'єкта; 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 лікуванні 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; організація комендантської служби.

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

При ліквідації наслідків виробничих аварій застосовуються інженерна і інша спеціальна техніка: крани, бульдозери, екскаватори, компресорні станції, самоскиди. Важкі тягачі з тросами для розтягування і розведення великих залізобетонних конструкцій, вертольоти великої вантажопідйомності і металорізні установки.

Використовуються також засоби малої механізації: домкрати, лебідки, мотопилки, газорізи, електронасоси й ін.

Рятувальні роботи в місцях аварії, як правило, проводяться в умовах загальності, а при пожежах – задимленості і високих температур; щоб забезпечити безперервність роботи з наростаючим темпом, сили ЦО поділяються на зміни і виділяють резерви.

У залежності від характеру і масштабу аварії керівництво ліквідацією наслідків здійснює або керівник даного підприємства, який є одночасно і начальником ЦО, або голова спеціально створюваної надзвичайної комісії. На кожну ділянку призначається керівник з числа відповідальних посадових осіб об'єкта або керівників ЦО і фахівців служб ЦО. Він повинен поставити завдання формуванням, вказати терміни і способи їх виконання, визначити порядок матеріального, технічного й інших видів забезпечення, організувати роботи, своєчасну зміну, відпочинок і харчування особового складу.

Рятувальні роботи і допомога потерпілим організовується негайно після виникнення аварії. Також відразу вживають заходи до локалізації і гасіння пожеж, без цього неможливе виконання інших робіт. Ухваленню рішення на проведення РіНР передують ретельна перевірка. Основні її завдання – виявити обстановку, що склалася, визначити характер руйнувань і обсяг невідкладних робіт, умови, у яких потрібно вести ці роботи. У ході розвідки визначаються місцезнаходження постраждалих людей, намічаються способи їх порятунку і шляхи евакуації. Розвідку організовує керівник – начальник ЦО об'єкта за

допомогою розвідувальних формувань і при обов'язковій участі провідних спеціалістів.

До місця виробничої аварії першими повинні прибути протипожежні команди, підрозділи міліції, машини швидкої 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 доводиться проводити послідовно. При цьому в першу чергу їх починають там, де необхідно надати допомогу людям, і на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Першу медична і лікарська допомога надається постраждалим, які знаходяться в стані шоку, а також звільненим з-під невеликих 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.

Будь-яке підприємство свої особливості, які можуть бути невідомі рятувальникам, але повинні бути враховані. Тому перед початком робіт з кожним формуванням відповідними фахівцями підприємств і служб ЦО проводиться інструктаж, на якому вказуються способи дії при виконанні поставленого завдання і правила безпеки, дотримання яких обов'язково.

4.8 Ліквідація наслідків аварії і катастроф на об'єктах господарювання

Для організації робіт з ліквідації наслідків аварій катастроф на об'єктів господарювання створюється постійно діюча надзвичайна оперативна група під керівництвом головного інженера. У надзвичайних ситуаціях вона працює під загальною координацією районної надзвичайної комісії.

На оперативну групу покладені такі завдання:

- приведення готовність підлеглих сил і засобів і керівництво їх діями надзвичайних умовах;

- оцінка обстановки, масштабів подій;
- вживання екстрених заходів по захисту населення від наслідків аварії;
- вживання екстрених заходів по захисту населення від наслідків аварії;

Дії на надзвичайної оперативної групи по керівництву РіНР організовуються відповідно до плану ЦО ОГ на мирний час.

Ліквідація наслідків аварії поводиться в 4 етапи:

1 – й етап. Вживання екстрених заходів:

- оповіщення і збір НОГ
- попередня оцінка обстановки
- вживання екстрених заходів по захисту робітників, службовців, населення
- надання допомоги потерпілим
- локалізація аварії та організація розвідки
- організація комендантської служби і підтримка громадського порядку в районі аварії

2 – й етап. Оперативне планування:

- розвідка
- уточнення обстановки
- прогнозування
- розрахунок сил і засобів
- оцінка збитку
- вироблення рішення
- планування робіт з ліквідації аварії

3 – й етап. РіНР. Рятувальні роботи:

- розшук потерпілих
- витягнення потерпілих
- евакуація людей
- надання першої медичної допомоги

Інші невідкладні роботи:

- локалізація аварії
- гасіння пожеж
- зміцнення споруд
- 4 . відновлення мереж
- 5 . проведення санітарної обробки людей

4 – й етап. Ліквідація наслідків.

Заходи щодо створення умов для забезпечення діяльності населення, відновлення функціонування ОГ:

- коротко строкове відновлення експлуатації об'єкта
- тимчасове відновлення для забезпечення роботи об'єкта
- капітальне відновлення з реконструкції споруд.

Так як за останні роки щороку в Україні виникає до 500 надзвичайних ситуацій техногенного походження, то їх миттєва ліквідація має важливе значення для суспільства. Вони виникають в основному на потенційно техногенно небезпечних об'єктах.

4.9 Розрахунок площ адміністративних та побутових приміщень

На будь-якому підприємстві, незалежно від масштабу виробництва, повинні бути передбачені адміністративні та побутові приміщення, які за призначенням поділяються на:

— санітарно-побутові (гардеробні, душові, умивальні, туалети, кімнати для куріння, місця для пристроїв питного водопостачання, приміщення для обігрівання тощо);

— охорони здоров'я (пункти охорони здоров'я, інгаляторії, приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження);

— громадського харчування (їдальні, буфети, кімнати прийняття їжі);

— культурного обслуговування (приміщення для зборів, заклади культури, спортивні споруди);

— адміністративні (приміщення управління, громадських організацій, охорони праці, конструкторських бюро).

Побутові приміщення необхідно розташовувати з максимальним наближенням до робочих місць, з урахуванням відсутності зустрічних потоків людей, а також переходів через виробничі приміщення зі шкідливими виділеннями, неопалювані частини будівлі та відкриті простори. Приміщення громадського харчування, охорони здоров'я, культурного обслуговування необхідно розташовувати в місцях, де вплив шкідливих виробничих факторів найменший. Не допускається розміщувати душові, умивальні та туалети над робочими кімнатами управлінь, технічних служб, охорони здоров'я, громадського харчування, громадських організацій.

Гардеробні служать для зберігання вуличного, домашнього, робочого одягу та взуття. Гардеробні вуличного, а також вуличного і домашнього одягу в будь-яких випадках можуть бути загальними для всіх груп виробничих процесів.

Душові належить розміщувати суміжно з гардеробними. У випадках спільного зберігання в гардеробній всіх видів одягу обладнуються переддушові для переодягання; при кількості душових сіток до чотирьох переддушова не передбачається. Не допускається розміщувати душові та переддушові біля зовнішніх стін будівель.

Умивальні розміщуються в окремих приміщеннях, суміжно з гардеробними спеціального одягу, загальними гардеробними або в приміщеннях гардеробних. До 40% розрахункової кількості умивальників допускається розміщувати у виробничих приміщеннях поблизу робочих місць.

Туалети в багатоповерхових виробничих, побутових і адміністративних будівлях належить передбачати на кожному поверсі. При кількості до 30 працівників на двох суміжних поверхах туалет може бути тільки на одному — з

найбільшою кількістю працівників, а якщо на трьох поверхах знаходиться не більше 10 працівників, то може бути лише один туалет.

Кімнати для куріння належить розміщувати суміжно з туалетами або приміщеннями для відпочинку та обігрівання. Площа кімнат для куріння визначається із розрахунку на одного працюючого в найчисельнішій зміні: 0,03 м² для чоловіків і 0,01 м² для жінок, але не менше 9 м². У найчисельнішій зміні при кількості працівників менше 100 обладнують спеціальні місця для куріння на сходових клітках, в тамбурах при туалетах, де вивішується знак „Місце для куріння”.

Пункти охорони здоров'я повинні передбачатись на промисловому підприємстві при кількості працюючих 50 і більше. Категорія пункту охорони здоров'я визначається наступним чином: при списковій чисельності працівників від 50 до 300 — медичний пункт; від 301 до 1700 — фельдшерський; більше 1700 — лікарський пункт. Площа медичного пункту приймається: 12 м² при списковій чисельності працівників від 50 до 150 осіб, та 18 м² — від 151 до 300 осіб. Загальна площа фельдшерського пункту повинна становити 100- 120 м², а лікарського — 180-240 м².

Для забезпечення працівників загальним та дієтичним харчуванням на підприємствах передбачаються приміщення громадського харчування: при кількості працівників у найчисельнішій зміні більше 200 — їдальні, а менше 200 — буфет, що відпускає гарячі страви, які доставляються з інших підприємств громадського харчування. При кількості працівників у найчисельнішій зміні менше 30 допускається організовувати кімнати для прийняття їжі. Якщо кількість працюючих становить менше 10 то допускається замість кімнати приймання їжі передбачати в гардеробній додаткове місце площею 6 м², де встановлюється стіл.

Розрахунок площ адміністративних та побутових приміщень виконується у такій послідовності:

Вихідні дані. Загальна спискова кількість працівників $N = 50$; з них: робітників $N_p = 40$; інженерно-технічних працівників (ІТР) $N_{ін} = 6$; службовців $N_{сл} = 4$. Співвідношення чоловіків і жінок — 0,92;0,08 (тобто 92% та 8%) Коефіцієнт складу найчисленнішої зміни — 0,8 Групи виробничих процесів — 1а, 1б

Визначаємо кількість чоловіків та жінок за формулою

$$N_q = \% \cdot N$$

де - % співвідношення чоловіків та жінок

N – загальна кількість працівників

$$N_q = 0,92 \cdot 50 = 46 \text{ осіб}$$

$$N_{ж} = 0,08 \cdot 50 = 6 \text{ осіб}$$

Серед працівників робітничих професій визначаємо за формулою:

$$N_{p,q} = 0,92 \cdot 46 = 43 \text{ осіб}$$

$$N_{p,ж} = 0,08 \cdot 6 = 1 \text{ осіб}$$

Оскільки коефіцієнт складу найчисленнішої зміни приймається 0,65—0,85, то очікувана кількість жінок та чоловіків у найчисленнішій зміні буде розраховуватися за формулою:

$$N_q^3 = 0,8 \cdot N_q = 0,8 \cdot 46 = 37 \text{ осіб}$$

$$N_{ж}^3 = 0,8 \cdot N_{ж} = 0,8 \cdot 6 = 5 \text{ осіб}$$

$$N^3=42 \text{ осіб}$$

Серед працівників робітничих професій розраховуємо за формулою:

$$N_{p\text{ ч}}^3=0,8 \cdot N_{\text{ч}}^3=0,8 \cdot 37=30 \text{ осіб}$$

$$N_{p\text{ ж}}^3=0,8 \cdot N_{\text{ж}}=0,8 \cdot 5=4 \text{ осіб}$$

$$N_p^3=34 \text{ осіб}$$

Використовуючи [5 табл.3.1,3.2] визначаємо необхідні площі адміністративних та побутових приміщень.

Площі гардеробів розраховуємо за формулою:

$$S_{\text{г ж}}=0,9 \cdot N_{\text{ж}}$$

$$S_{\text{г ж}}=0,9 \cdot N_{\text{ж}}=0,9 \cdot 6=5,4 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{г ч}}=0,9 \cdot N_{\text{ч}}=0,9 \cdot 54=48,6 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{г.з}}=5,4+48,6=54 \text{ м}^2$$

В обох гардеробах планується розмістити шафи (1 працівник:1 шафа).

Враховуючи, що розрахункова кількість працівників робітничих професій на одну душову сітку становить 10 осіб, визначаємо необхідну кількість сіток у жіночій та чоловічій душових розраховуємо за формулою:

$$n_{\text{дж}}=N_{\text{рж}}/10$$

$$n_{\text{дж}}=N_{\text{рж}}/10=4/10=1$$

$$n_{\text{дч}}=N_{\text{рч}}/10=30/10=3$$

Таким чином у жінок потрібно поставити 1 стінку, а у чоловіків 3 стінки, а площа душової повинна становити:

$$S_{д.ч}=3 \cdot 2=6 \text{ м}^2$$

Загальна площа душових:

$$S_{д}= S_{д.ж}+ S_{д.ч}=2+6=8 \text{ м}^2$$

Згідно з таблицею [3.1] у жінок необхідно встановити умивальні 1, а у чоловіків 5. Площа цих приміщень буде становити відповідно 1 та 5 м².

Необхідна кількість унітазів в жіночому та чоловічому туалетах розраховується за формулою:

$$N_{у.ж}=N^3_{ж}/10$$

$$N_{у.ж}=N^3_{ж}/10=5/10=0,2$$

$$N_{у.ч}=N^3_{ч}/10=37/10=3,7$$

Приймаємо 1 унітаз у жінок та 4 унітази у чоловіків. Площа яких буде становити:

$$S_{м.ж}=1 \cdot 2,5=2,5 \text{ м}^2$$

$$S_{м.ч}=4 \cdot 2,5=10 \text{ м}^2$$

Місця для куріння. Оскільки очікувана кількість працівників найчисельнішої зміни менше 100 осіб, то проектом передбачаємо улаштувати спеціальні місця для куріння в тамбурах при туалетах. Площу обох тамбурів приймаємо по 4 м², тоді загальна площа буде 8 м².

Визначаємо необхідні площі приміщень охорони здоров'я.

Так як згідно з розрахунками спискова кількість працівників дільниці становить 50 осіб, то як приміщення охорони здоров'я приймаємо медичний пункт загальною площею $S = 12 \text{ м}^2$. При цьому у пункті пропонуємо розмістити одну кабінку для особистої гігієни жінок площею 3 м^2 та приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження працівників окремих професій (наприклад, операторів комп'ютерного набору, коректорів). Площа такого приміщення за даними табл. [3.2] буде: $S_v = 0,2 \cdot 42 = 8,4 \text{ м}^2$

Визначаємо площу приміщень громадського харчування

Оскільки очікувана кількість працівників найчисельнішої зміни друкарні менша 200 осіб, то для їх харчування передбачаємо буфет з кількістю посадкових місць:

$$N_{\text{відв}} = N_{\text{змін}} / 4 = 42 / 4 = 10,5$$

Приймаємо площу буфету 11 м^2 .

Визначаємо площу приміщення культурного обслуговування.

На основі кількості працівників найчисельнішої зміни нормативна площа приміщення для зборів повинна становити $S = 24 \text{ м}^2$.

Визначаємо площу адміністративних приміщень.

Оскільки спискова кількість працівників друкарні не перевищує 100 осіб, то проектуємо приміщення профкому площею 12 м^2 та кабінет охорони праці площею 24 м^2 .

Особовий склад працівників сфери управління дільницею (інженерно-технічних працівників і службовців), налічує $N = 6$ осіб яке працюють за комп'ютером.

$$S_{\text{упр.}} = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

Загальна площа усіх адміністративних та побутових приміщень зводяться в таблицю 4.1:

Таблиця 4.1- Загальна площа адміністративних та побутових приміщень у м²

Санітарно побутові приміщення					
Гардероб	Душові	Умивальні	Туалети	Місце для куріння	Загалом
54	8	6	12,5	8	88,5
Приміщення охорони здоров'я					
Пункт охорони здоров'я	Приміщення для особої гігієни жінок	Приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження			Загалом
12	3	8,4			23,4
Приміщення громадського харчування					
Їдальня	Буфет	Кімната для прийняття їжі			Загалом
-	11	-			11
Адміністративні приміщення та приміщення культурного обслуговування					
Приміщення управління	Профком	Кабінет охорони праці	Приміщення для зборів	Загалом	
36	12	24	24	96	
Загальна площа адміністративних і побутових приміщень					218,9

Висновок.

На підставі виконаних розрахунків встановлено, що для підприємства загальну площу адміністративних і побутових приміщень слід передбачити щонайменшою 218,9 м².

На одного працівника підприємства припадає $218,9 \text{ м}^2 / 50 \text{ осіб} = 4,3 \text{ м}^2$ площі адміністративних і побутових приміщень.

ВИСНОВКИ

- В результаті аналізу конструкції лопаток турбін встановлено, що зі збільшенням їх розмірів профіль робочої поверхні ускладнюється і вимагає застосування складних стратегій обробки, реалізація яких можлива лише на верстатах,
- Точність та якість обробки робочої поверхні лопаток турбін, що повинні забезпечуватись на верстатах призначених для їх кінцевої обробки повинна знаходитись у межах $\pm 0,2$ мм та $Ra\ 0,4 \dots 0,8$ мкм
- Методом лезової обробки, що забезпечує зазначені показники є високошвидкісна обробка
- На основі аналізу високошвидкісного фрезерування визначені режими обробки, що повинен забезпечити проектований верстат
- Розроблена компоновка та схема рухів проектованого верстата для забезпечення високошвидкісної обробки
- Розроблено конструкцію основних вузлів верстата: фрезерної головки та вузла поворотної осі.
- Виконані проектні та перевірочні розрахунки елементів конструкції розроблених вузлів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Демин Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей. Издательство СГАУ, Самара, 2012 г., 354 с.
2. Высокоскоростная обработка. [Электронный ресурс]. 2011. – Режим доступа к статье: <http://www.delcam-ural.ru/cam/tehpodderjka> (Дата обращения: 22.06.2011).
3. Высокоскоростная резка – высокодинамичные прецизионные пятиосевые центры. Серия HSC. [Электронный ресурс] // DMG/MORI SEIKI 2014.URL:141.<http://ru.dmgmori.com/blob/163138/41061f8b093c35b37265fad4c6d8d2ca/pmgru1-1-hsc-series-pdf-data.pdf> (Дата обращения: 24.01.2014).
4. Гурин, В. Д. Повышение эффективности фрезерования на станках с ЧПУ путем комплексного диагностирования состояния инструмента в реальном времени : дисс. докт. техн. наук. / В.Д. Гурин. – Москва: МГТУ «Станки» 2011. – 252 с. 12. Гноенский, Л. С. Математические основы теории управляемых систем [Текст]
5. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В. И. Баранчиков, А. В. Жариков, Н. Д. Юдина и др. Под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. 400 с.: ил.
6. Батуев, В. В. Расчет толщины срезаемого слоя при фрезеровании пространственно-сложных поверхностей, имеющих ступенчатый припуск / В. В. Батуев // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. Челябинск, 2006. №3. С. 119-123
7. Безъязычный, В. Ф. Автоматизация технологии изготовления газотурбинных авиационных двигателей . – М. : Машиностроение, 2005 - Ч. 1 / В. Ф. Безъязычный [и др.]; под ред. В. Ф. Безъязычного, В. Н. Крылова. – 2005. – 560 с.; ил.
8. ГОСТ 30544-97 «Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории» [Текст]. – Введ. 01-01-2002–

М.:Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 5 с., ил.

9. ГОСТ 31.1001.01-88. «Приспособления станочные для станков с ЧПУ, ГПМ, ГПС. Основные параметры» [Текст]. – Введ. 01-01-90 – М.: Госстандарт России:Изд-во стандартов, 2011. –36с., ил.

10. ГОСТ 3882-74. «Сплавы твердые спеченные» [Текст]. – Введ. 15-08-74 –М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1997. – 12 с.

11. ГОСТ 4784-97. «Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые» [Текст].– Введ. 1-07-2000 – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2009. – 15с.

12. ГОСТ Р 8.585-2001 «ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования» [Текст]. – Введ. 01-07-2002 – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2010. – 82 с.

13. Даниелян, А. М. Теплота и износ инструмента в процессе резания металлов [Текст] / А.М. Даниелян – М. : Машгиз, 1954. – 276 с.142

14. Еремин, А. Н. Физическая сущность явлений при резании сталей [Текст] / А.Н. Еремин – М.: Машгиз, 1951. – 226 с.

15. Жилиев, С. В. Экспериментальные исследования силы резания при точении титанового сплава ВТ6 / С. В. Жилиев, С. Д. Кугультинов // Вестник Иж ГТУ им. М.Т. Калашникова. 2011. № 3. С. 15-17

16. Зориктуев, В. Ц. Управление процессами механообработки деталей авиационных двигателей в условиях неопределенности / В. Ц. Зориктуев, А. Г. Лютов – М.: Изд-во МАИ, 2003. – 120 с.

17. Клушин, М. И. Алгоритмы расчета сил и скоростей резания. Труды Проектнотехнологического и научно-исследовательского института, ВВСНХ. Горкий, 1963, вып.2, с.121-152

18. Кривоухов, В. А. Обработка резанием титановых сплавов / В. А. Кривоухов,А. Д. Чубаров – М.: Машиностроение, 1970, 180 стр.

19. Кудинов, В. А. Динамика станков [Текст] / В.А. Кудинов – М.: Машиностроение, 1967. – 359с.

20. Леонов, Б. Н. Технологическое обеспечение проектирования и

производства газотурбинных двигателей [Текст] / Под ред.:Б. Н. Леонова, А. С. Новикова.-Рыбинск: Рыбинск. Дом печати, 2000. - 407с. : ил.

21. Лоладзе, Т. Н. Износ режущего инструмента [Текст] / Т.Н. Лоладзе –М. : Машгиз,1958.–354с.

22. Лясников, А. В. Сопротивление материалов пластическому деформированию в приложениях к процессам обработки металлов давлением: Монография /А.В. Лясников, Н.П. Агеев, Д.П. Кузнецов и др. – СПб.: Внешторгиздат, 1995. 527с.

23. Макаров, А. Д. Износ и стойкость режущих инструментов [Текст]/ А.Д. Макаров– М.: Машиностроение,1966. – 264с.

24. Макаров, А. Д. Оптимизация процессов резания [Текст] / А.Д. Макаров– М.:Машиностроение1976.–278с.

25. Макаров, А. Д. Устройство адаптивного управления процессом резания и использование его для разработки оптимальных режимов резания [Текст]/ 143

26. А.Д. Макаров, Л.Н. Волгарев, Назаренко Е.А. // Оптимизация процессов резания жаро- и особопрочных материалов: межвуз. тем. сб. – Уфа: УАИ, 1983.–С.14–19.

27. Макаров, В. Ф. Резание материалов / В. Ф. Макаров. – Пермь: Изд-во Перм. Гос. Техн. Ун-та, 2009. – 364 с.