

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний технічний університет

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Металорізальні верстати та інструмент

Металорізальні верстати та інструмент

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)
магістра

«Розробка багатоцільових верстатів з ЧПК з напрямними ковзання»

Виконав: студент 6 курсу, групи М 213м
спеціальності (напряму підготовки)

Металорізальні верстати та системи

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

133 Галузеве машинобудування

Генераленко Я.С.

Керівник Солоха В.В.

Рецензент Глушко П.В.

м. Запоріжжя
2018 рік

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

Інститут, Машинобудівний
 Факультет Металорізальні верстати та інструменти
 Кафедра Металорізальні верстати та інструменти
 Рівень вищої освіти (освітній ступінь) Магістр
 Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
 (код і назва)
 Програм підготовки Металорізальні верстати та системи
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М.В. Фролов
 "14" 12 2018 року

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

Генераленко Яни Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Розробка багатоцільових верстатів з ЧПК з напрямними

Ініціатор проекту (роботи) Солоха В. В., кандидат технічних наук, доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Відомості про затвердження наказом вищого навчального закладу від " 14 " 12 2018 року № 340

Строк подання студентом проекту (роботи) _____

Вихідні дані до проекту (роботи) Максимальна частота обертання шпинделя

6000 хв.⁻¹, потужність двигуна в режимі S1 P = 15 кВт, максимальне

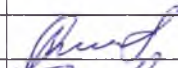
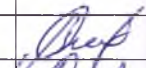
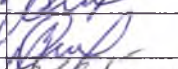
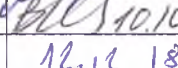
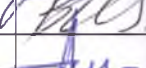
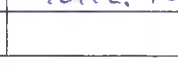
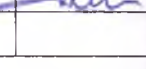
навантаження на стіл 1200 кг, швидкість прискореного переміщення 24 м/хв.,

максимальна швидкість робочої подачі 15 м/хв.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розв'язати):
 1 аналіз конструкції напрямних металорізальних верстатів; 2 аналіз різних матеріалів напрямних; 3 демпфірування і жорсткість верстата; 4 вибір і розрахунки параметрів напрямних ковзання; 5 охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 загальний вигляд верстата, стіл: загальний вигляд, розрізи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

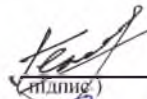
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконав завдання
1	Солоха В.В., канд. техн. наук, доцент		
2	Солоха В.В., канд. техн. наук, доцент		
3	Солоха В.В., канд. техн. наук, доцент		
4	Солоха В.В., канд. техн. наук, доцент		
5	Шмирко В.І. канд. техн. наук, доцент		
Нормоконтроль	Глушко А.В. старший викладач	12.12.18	

7. Дата видачі завдання 03.09.2018

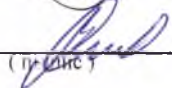
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим.
1	Аналіз конструкцій і матеріалів напрямних	10.09.18	
2	Аналіз демпфуючої здатності напрямних	1.10.18	
3	Вибір і розрахунок параметрів напрямних ковзання	19.10.18	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	26.10.18	
5	Оформлення графічного матеріалу	16.11.18	
6	Оформлення звіту	29.11.18	
7	Нормоконтроль	10.12.18	
8	Репозитарій	11.12.18	
9	Виконання процедур допуску до захисту	12.12.18	

Студент


(підпис)Генераленко І.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


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

РЕФЕРАТ

ПЗ: 87 с, 11 рис., 2 таблиці, 2 додатків, 21 літературних джерел.

Об'єкт роботи: верстат з ЧПК з напрямними ковзання.

Мета роботи: конструкції багатоцільового верстата з напрямними ковзання, що забезпечить високі швидкості встановлювальних переміщень і можливість роботи з малими швидкостями.

Проаналізовані різні типи напрямних, які застосовуються в верстатах з ЧПК і їх вплив на характеристика верстата.

Для напрямних ковзання проведений аналіз матеріалів напрямних ковзання з погляду забезпечення мінімізації коефіцієнту тертя та зношування напрямних; підвищення їх довговічності; збільшення демпфування. Найкращі демпфуюча властивості мають полімерні матеріали. Вибрані матеріали які мають мінімальний коефіцієнт тертя та зношування.

Виходячи з мінімізації критичної швидкості обрані розміри, конструкція и матеріал напрямних ковзання.

Для вибраної конструкції напрямних проведені розрахунки розподілу тиску на гранях напрямних.

Розроблена конструкція стола яка забезпечить потрібну жорсткість та вантажопід'ємність.

ВЕРСТАТ, КОНСТРУКЦІЯ, НАПРЯМНІ, НАПРЯМНИКОВЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТОЧНІСТЬ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ДОВГОВІЧНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 87 с, 11 рис., 2 таблицы, 2 приложения, 21 литературных источников.

Объект работы: станок с ЧПУ с направляющими скольжения.

Цель работы: конструкция многоцелевого станка с направляющими скольжения, что обеспечит высокие скорости установочных перемещений и возможность работы на низких скоростях.

Проанализированы разные типы направляющих, которые применяются в станках с ЧПУ и их влияние на характеристику станка.

Для направляющих скольжения проведен анализ материалов направляющих с точки зрения обеспечения минимизации коэффициента трения и износа направляющих, повышения их долговечности, увеличения демпфирования. Самые лучшие демпфирующие свойства имеют полимерные материалы. Выбраны материалы которые имеют минимальный коэффициент трения и износа.

Исходя их минимизации критической скорости, выбраны размеры, конструкция и материал направляющих скольжения.

Для выбранной конструкции направляющих проведены расчеты распределения давления на гранях направляющих.

Разработана конструкция стола, которая обеспечит нужную жесткость и грузоподъемность.

СТАНОК, КОНСТРУКЦИЯ, НАПРАВЛЯЮЩИЕ, НАПРАВЛЯЮЩИЕСКОЛЬЖЕНИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, НАГРУЗКА, НАДЕЖНОСТЬ, ТОЧНОСТЬ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, СКОРОСТЬ.

ABSTRACT

EN: 87 p., 11 images, 2 tables, 2 applications, 21 literary sources.

The object of the study - CNC machine with Box guide way.

The purpose of the work - development of multi-purpose CNC machine with sliding guides, which will provide high-speed positioning movements and possibility of working at low speeds.

Analyzed various types of guides, that are used in CNC machines and their influence on the characteristics of the machine.

For sliding guides, materials of the guides were analyzed from the point of view of minimizing the coefficient of friction and wear of the guides, increase their durability and increase damping. The best damping properties are polymeric materials. Selected materials, that have a minimum coefficient of friction and wear.

Based on the minimization of the critical speed, the dimensions, design and material of the slideways are selected.

For the chosen guide design, pressure distribution calculations on the faces of the guides are calculated.

The design of the table, which will provide the desired rigidity and carrying capacity.

MACHINES, CONSTRUCTION, GUIDES, GUIDINGSLIDES,
EQUIPMENT, LOADING, RELIABILITY, ACCURACY, WEAR
RESISTANCE, DURABILITY, SPEED.

ЗМІСТ

Завдання на дипломний проект.....	2
Реферат	4
Вступ.....	9
1 Аналіз конструкції напрямних металорізальних верстатів.....	11
1.1 Напрямні ковзання	11
1.2 Напрямні кочення.....	13
2 Аналіз різних матеріалів напрямних	15
2.1 Технологічні вимоги до матеріалів напрямних ковзання.....	15
2.2 Чавун незагартований	17
2.3 Загартовані чавунні та сталеві високої твердості	18
2.4 Кольорові матеріали	21
2.5 Полімерні матеріали	24
2.6 Матеріал Turcite B Slydway	32
3 Демпфування і жорсткість верстата	38
3.1 Демпфуюча здатність матеріалів.....	38
3.2 Демпфуюча здатність стиків	43
3.3 Демпфування масляного шару.....	47
4 Вибір і розрахунки параметрів напрямних ковзання	49
4.1 Попередній вибір форми і розмірів напрямних.....	49
4.2 Розрахунок розподілу тиску на гранях напрямних	50
4.3 Розрахунок критичної швидкості напрямних	57
4.4 Порівняння впливу різних пар тертя на їх довговічність	59
4.5 Порівняння розмірів напрямних	60
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	62
5.1 Аналіз потенційних небезпек	62
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки	63
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	66
5.4 Вплив вібрацій на організм людини	70

5.5 Заходи з пожежної безпеки.....	75
5.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	78
Висновки	83
Перелік літературних джерел	84
Додаток А	86
Додаток Б.....	87

ВСТУП

Металообробне обладнання є одним з головних факторів, що визначають розвиток народного господарства країни. Ефективність його використання безпосередньо впливає на виробництво нових машин для всіх галузей промисловості, сільського господарства і т.д., а це в кінцевому випадку характеризує рівень життя суспільства.

Багатоцільовим верстатом (обробляють центром) називається високоавтоматизований верстат з ЧПУ, що має інструментальний магазин великої місткості, а також пристрої автоматичної зміни інструменту в шпинделі і здійснює при одній установці заготовки механічну обробку великого числа поверхонь різними способами (фрезерування, свердління, точіння)

За призначенням багатоцільові верстати діляться на 2 групи: для обробки заготовок корпусних та плоских деталей, і для обробки заготовок деталей типу тіл обертання.

Застосовуються для обробки деталей складної форми в умовах від дрібносерійного до крупносерійного виробництва.

Робота багатоцільових верстатів повинна характеризуватись високими швидкостями, значними зусиллями і забезпечувати високу точність обробки. Процес різання супроводжується значними коливаннями сил різання, які приводять до збудження коливань в пружній системі верстата.

Конструкція базових елементів несучої системи повинна мати високу динамічну жорсткість.

Застосування напрямних кочення забезпечує високі швидкості, але знижує демпфування в умовах руху з малими швидкостями та в умовах відсутності руху.

Напрямні ковзання забезпечують більше демпфування та менші навантаження. Тому розробка конструкції верстата з мінімальними коливаннями є важливою технічною проблемою.

Метою роботи є розробка конструкції багатоцільового верстата з напрямними ковзання, що забезпечить високі швидкості встановлювальних переміщень і можливість роботи з малими швидкостями.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ НАПРЯМНИХ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

1.1 Напрямні ковзання.

Як правило, напрямні ковзання забезпечують високу жорсткість і високу вантажопідйомність. Вартість виготовлення напрямних ковзання дорожче ніж напрямних кочення, за рахунок ручної обробки. Вони можуть виготовлятися шабруванням, або в разі термообробки - шліфуванням. Завдяки більш високим демпфуючим властивостям, довговічність напрямних ковзання значно вище ніж напрямних кочення, завдяки чому збільшується термін служби інструменту і підвищується точність обробки.

Швидкість сучасних верстатів з напрямними ковзання не суттєво менше ніж у верстатів з напрямними кочення.

Здатність гасити вібрації залежить від площі і властивостей контактуючих поверхонь. Чим більше площа контакту, тим краще демпфуючі властивості напрямних. На рисунку 1 та 2 зображені типові графіки загасання коливань в верстатах з напрямними ковзання та кочення.



Рисунок 1.1 – Типовий графік загасання коливань в верстатах з напрямними ковзання (Вохвай) з накладними Торсайт



Рисунок 1.2 – Типовий графік вібрацій напрямних кочення .

Вони можуть використовуватися при складних механічних роботах, таких як обробка загартованих сталей або матеріалів для авіакосмічної техніки.

В напрямних ковзання використовуються накладні напрямні, які рухаються по загартованому чавуну або сталі, але в сучасних верстатах використовуються неметалеві накладки для зменшення тертя, ковзання і схоплення. Ці проблеми, найчастіше пов'язані з бронзою і іншими металевими направляючими.

Застосування мастильної рідини на напрямних, додатково зменшує тертя, збільшує швидкість і знижує тепловиділення.

Додатковою перевагою верстатів з напрямними ковзання є те, що вони збільшують термін служби верстатного оснащення за рахунок зниження вібрації, яка може зламати інструменти. Тому використання напрямних ковзання завжди краще, коли потрібна висока вантажопідйомності, жорсткості, більш тривалий термін служби інструменту, високі демпфуючі властивості і здатності обробляти міцні матеріали.

Схема напрямних ковзання приведена в Додатку А.

1.2 Напрямні кочення.

Напрямні кочення представляють собою роликові або кулькові вузли, встановлені на блокових рейках. Системи стали поширеними в машинобудуванні, оскільки вони вимагають менше механічної обробки і шліфування і усувають необхідність в термообробці.

Вони більш схильні до пошкодження, якщо відбуваються несправності в роботі верстата. У кульках і роликах напрямних можуть виникати внутрішні тріщини, що в кінцевому підсумку може призвести до поломки.

Напрямні кочення мають велику перевагу в тому, що заміна цих напрямних вимагає меншої майстерності і може бути виконана будь-яким хорошим інженером з технічного обслуговування. Час, що витрачається на заміну напрямних кочення, значно нижче, ніж час на відновлення або заміну напрямних ковзання.

Верстати з напрямними кочення забезпечують швидке позиціонування, оскільки вони знижують тягу від осьових двигунів - при більш низьких витратах. Проте, зменшується демпфірування, а сприйнятливість до пошкодження від аварій зростає.

Напрямні кочення забезпечують менший коефіцієнт тертя поряд зі збільшеними швидкостями розгону і гальмування. Вони використовуються в машинобудуванні, так як вони забезпечують більш високу швидкість. Однак перевага більш високих швидкостей відбувається за рахунок динамічної жорсткості, яка впливає на точність компонентів в динамічних умовах механічної обробки. Крім того, при коротких переміщеннях за осями, як в токарному верстаті з ЧПУ, відстань переміщення недостатньо для досягнення цих швидкостей, і, отже, такі швидкості стають недоречними.

Поверхня контакту в напрямних кочення обмежується точкою, в якій контактують кулька і доріжки кочення. Оскільки площа поверхні контакту є ключовим фактором в демпфіруванні, жорсткості і стабільності, напрямні

кочення мають значно менші демпфуючі властивості і більш сприйнятливі до бічних ударів, ніж напрямні ковзання.

Деякі верстатобудівники заповнюють базові виливки бетоном, композитом або заповнювачем (піском), щоб компенсувати зменшену демпфуючу здатність напрямних кочення.

Мастило і герметизація напрямних кочення надзвичайно важлива. Щоб підтримувати постійну продуктивність і тривалий термін служби, охолоджуючу рідину слід тримати в стороні від лінійної направляючої системи, або може статися пошкодження.

Схема напрямних кочення приведена в Додатку Б.

Для забезпечення достатньої жорсткості, високих швидкостей встановлювальних переміщень та можливість роботи з малими швидкостями в роботі розроблятимуться напрямні ковзання.

2 АНАЛІЗ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ

2.1 Технологічні вимоги до матеріалів напрямних ковзання.

Матеріал вибирають за сукупністю властивостей - відповідно до зазначених нижче вимог. При виборі пар тертя для напрямних верстатів даного типу необхідно враховувати призначення верстатів, умови роботи напрямних, точність, загальні основні характеристики верстатів (основні розміри, вага) і ступінь автоматизації.

Технологічні вимоги до матеріалів напрямних:

1 Зносостійкість. Знос напрямних визначає тривалість збереження необхідної точності обробки, а в багатьох випадках і працездатність пов'язаних з направляючими пар тертя. Важливі зносостійкість пар тертя в умовах абразивного зношування і схоплювання, і здатність напрямних протистояти ударам.

2 Сприятливі характеристики тертя, в тому числі: низький коефіцієнт тертя спокою f_t і слабка його залежність від тривалості нерухомого контакту; низький коефіцієнт тертя руху f_v і слабка його залежність від швидкості ковзання (в діапазоні малих подач).

3 Мінімальні деформації в часі внаслідок залишкових напружень, в основному в станинах і корпусних деталях верстатів.

4 Стійкість в робочих середовищах при робочій температурі. При використанні неметалевих (пластмасових) накладних направляючих важливими вимогами є: а) стійкість і стабільність розмірів при роботі в маслі, воді і при підвищеній вологості повітря. Пластмаси, що застосовуються для напрямних головного руху, повинні бути маслостійкими при температурі до 120-150 ° С і для всіх інших напрямних - при температурі до 60 ° С. Необхідна стійкість до дії слабких кислот і лугів; б) відсутність холоднотекучесті при статичних навантаженнях з напругою стиснення до 5

МПа; в) мала відмінність коефіцієнтів лінійного розширення пластмаси і чавуну; г) теплостійкість.

5 Жорсткість. Вимога відноситься в основному до неметалевих матеріалів. Застосування пластмасових накладних направляючих може викликати деяке зниження сумарної жорсткості супортів (столів, бабок) що істотно в прецизійних верстатах. Ця вимога також важлива і для накладних напрямних з металу, так як вводиться додатковий стик.

6 Мала шорсткість поверхні. Ця вимога суттєва для неметалічних напрямних, у яких не завжди можна отримати необхідну малу шорсткість робочих поверхонь.

7 Економічність. Визначається зіставленням витрат на виготовлення напрямних і економії, одержуваної при виконанні зазначених вище вимог. Підвищення довговічності напрямних, яка досягається застосуванням кращих матеріалів, термічної обробки та інших заходів, що зазвичай збільшують вартість напрямних, економічно виправдано.

Матеріали, що застосовуються для напрямних ковзання, можна розділити на такі групи:

- 1) чавуни незагартовані;
- 2) загартовані чавунні та сталеві високої твердості;
- 3) кольорові метали;
- 4) пластмаси.

Описані нижче властивості матеріалів, а саме жорсткості та характеристики тертя, розглядаються при їх роботі в парі з незагартованим чавуном відповідної марки.

2.2 Чавун незагартований

Аналіз робіт в яких вивчається знос чавуну з урахуванням умов переважно абразивного зношування напрямних показує, що зносостійкість чавунів зростає з підвищенням твердості при переході від феритної до перлітної і далі до мартенситної структури; відмінність в зносостійкості між феритними і перлітними чавунами значно менше, ніж між перлітними і мартенситними [1, 2, 3]. Зменшення розміру графітових включень сприяє підвищенню зносостійкості чавуна [8].

Легування чавуну нікелем і хромом (наприклад, 1,2—1,5% Ni та 0,4—0,5% Cr), присадка міді (близько 0,5%), легування молібденом в комбінації з міддю, хромом і нікелем застосовується в основному для станин і корпусних деталей прецизійних верстатів з загартованими напрямними. У лабораторних дослідженнях абразивного зношування встановлено, що в межах перлітної і феритної структур немає суттєвої різниці в зносостійкості легованих і нелегованих чавунів [1, 3]. Більшою зносостійкістю володіють високолеговані чавуни [1, 6]. Легування чавуну, особливо для верстатів нормальної точності при виконанні напрямних (незагартована) за одне ціле із станиною (або столом), хоча і призводить до деякого підвищення їх зносостійкості, все-таки недоцільно, так як доводиться легувати матеріал всієї станини. З легованого чавуну можна виготовляти накладні загартовані напрямні, особливо при складній формі перетину.

Вибір марок чавуну для виливків напрямних і вимоги до міцності, твердості і мікроструктурі чавуну. Твердість напрямних повинна бути не менше HB 180 кГ/мм²; для важких виливків масою понад 7000 кг допускається зниження твердості до 170 кГ/мм². Для столів, полозків, бабок з направляючими ковзання меншої довжини, ніж у сполучених деталей, твердість напрямних повинна бути не менше HB 170 кГ/мм².

Напрявні руху подачі з парою тертя чавун-чавун токарних, револьверних, фрезерних, розточувальних та ряду інших верстатів при недосконалих захисних пристроях і граничному терті мають високу швидкість зношування; це не дозволяє забезпечити тривалу роботу верстата без ремонту. Напрявні головного руху, при неможливості виключити роботу в режимі змішаного тертя, недостатньо надійні - у багатьох випадках утворюються задираки. Пара тертя чавун-чавун залишається ще найбільш поширеною, однак при інтенсивній роботі напрямних вона не відповідає сучасним вимогам.

Пару тертя чавун - чавун доцільно використовувати:

- а) для напрямних верстатів, призначених для легких робіт, і прецизійних верстатів, що мають хорошу ізоляцію напрямних від забруднення, примусове мащення і конструкцію, що забезпечує малу швидкість зношування напрямних;
- б) для не часто працюючих напрямних;
- в) для менш відповідальних напрямних, знос яких: не робить значного впливу на точність обробки.

2.3 Загартовані чавунні та сталеві високої твердості.

У багатьох роботах по вивченню зносостійкості матеріалів в умовах абразивного зношування і захоплювання, характерних для напрямних верстатів, показано, що термічна обробка сталевих і чавунних деталей до високої твердості значно підвищує їх зносостійкість.

Зносостійкість сталей при абразивному зношуванні зростає при збільшенні вмісту вуглецю; з підвищенням твердості при переході від перлітної до сорбітної, трооститної і мартенситної структури за рахунок термічної обробки; з підвищенням вмісту ряду легуючих елементів - хрому,

нікелю, вольфраму та ін. [4, 10]. При терті загартованої сталі в парі з перлітним чавуном, шаржованим абразивом, її зносостійкість підвищується при збільшенні кількості, ступеня дисперсності і твердості карбідів; карбіди вольфраму і хрому твердіше карбідів заліза [1].

Високу зносостійкість відрізняються хромовані і азотовані сталі [2, 4, 5, 7]. Інтенсивність зносу цементованого, ціанованого і азотованого шарів металу збільшується в міру зношування поверхневого шару [4]. Підвищення зносостійкості чавуну, що отримується в результаті загартування на мартенсит, має місце в більшій мірі у легованих чавунів [3].

Зазначені залежності між зносостійкістю і властивостями чавуну і сталі при абразивному зношуванні багато в чому якісно збігаються з аналогічними залежностями, встановленими в роботах [1, 5]., де основним видом зношування було схоплювання

Зносостійкість доевтектоїдної сталі і сірого чавуну безпосередньо пов'язана з кількістю вуглецю, що знаходяться у вигляді цементиту, і твердістю, яка визначається станом цементиту в сплаві. Термічна обробка сталі і чавуну з отриманням підвищеної твердості збільшує зносостійкість в обох випадках. До аналогічних результатів призводить легування сталі і чавуну хромом, нікелем, вольфрамом і рядом інших елементів з наступною термічною обробкою і отриманням гартівних структур. Висока зносостійкість досягається при хромуванні і азотуванні. У парах сталь - сталь і чавун - чавун підвищення зносостійкості одного з елементів знижує знос кожного з них.

Загартовані направляючі виконують за одне ціле із станиною (чавун), а також у вигляді накладних направляючих. Станини (корпусні деталі) з направляючими, що піддаються загартуванню, виготовляють з сірого чавуну, сірого модифікованого чавуну і чавуну з присадками нікелю; хрому, молібдену та інших легуючих елементів. Для виготовлення накладних направляючих (планок) використовують такі матеріали і термічну обробку: сталі, що піддаються цементації і загартування; високовуглецеві хромисті

загартовані сталі; конструкційні вуглецеві загартовані сталі; леговані сталі, що піддаються азотуванню; графітізовані загартовані сталі; сталі, що піддаються ціануванню і загартуванню; леговані і модифіковані чавуни і т. д.

Вивчення досвіду експлуатації верстатів, а також результатів лабораторних та стендових випробувань зносу матеріалів показують, що істотне підвищення довговічності напрямних досягається термічною обробкою з отриманням високої твердості; при цьому зносостійкість загартованих напрямних подач, що працюють із забрудненою мастилом (в умовах переважно абразивного зношування), може бути збільшена (за результатами експлуатаційних досліджень) приблизно до 2-2,5 разів, а опір схоплюванню (утворення задирів) - багаторазово.

Підвищення зносостійкості досягається у обох елементів пари тертя - загартованого і незагартованого, при цьому в більшості випадків в більшій мірі - у незагартованого елемента.

Великою перевагою пар тертя чавун - загартовані чавун або сталь в порівнянні з парами тертя чавун - чавун і кольоровий сплав (пластмаса) - чавун є те, що вони одночасно мають високу зносостійкість як в умовах абразивного зношування, так і схоплювання. В дослідях [9, 11, 12, 13] вказувалося, що після одного-двох років двозмінній роботи близько 50% токарних і револьверних верстатів мали задирки на незагартованих чавунних напрямних. У той же час з 264 верстатів тих же типів з загартованими напрямними станини, які працювали більше часу - не менше двох-трьох років (в перекладі на двозмінну службу), - лише близько 8% верстатів мали невеликі задирки, меншої інтенсивності, ніж на незагартованих напрямних. При загартуванні напрямних збільшується також їх стійкість проти випадкових пошкоджень (від ударів).

Зносостійкість загартованих напрямних з модифікованого чавуну істотно вище, ніж сталевих загартованих напрямних з конструкційних вуглецевих сталей (типу сталі 45). Застосуванням загартованих легованих (Cr, Ni, W, Mo і іншими елементами) конструкційних сталей (ШХ15, 2Х і ін.)

Можна забезпечити зносостійкість не нижче, а в ряді випадків вище, ніж у загартованого модифікованого чавуну. Застосування сталевих загартованих напрямних з конструкційних вуглецевих сталей (наприклад, стали 45) внаслідок малого підвищення зносостійкості в порівнянні з незагартованим чавуном не рекомендується. Характеристики тертя при роботі з мастилом незагартованого чавуну в парі з загартованими чавуном і сталлю близькі.

Пара тертя чавун - хромований чавун (сталь) по зносостійкості в умовах абразивного зношування в 3-4 рази вище, ніж пара чавун-чавун; коефіцієнти тертя спокою і руху при малих швидкостях ковзання у цієї пари істотно нижче, ніж у пари чавун-чавун. Мінімальний коефіцієнт тертя у пари хром по хрому, але вона внаслідок схильності до захоплювання використовується рідко. Хромування зменшує корозію напрямних. Хромування найдоцільніше для прецизійних верстатів, у яких допустимий знос направляючих менше товщини хромового покриття (25-50 мк). Хромовані напрямні внаслідок незначних деформацій можуть бути використані як змінні; можливе відновлення шару хрому.

Металізація напрямних молібденом і іншими зносостійкими сплавами становить значний інтерес, тому що не викликає деформацій і легко здійсненна в умовах одиничного виробництва, в тому числі при виготовленні важких верстатів.

2.4 Кольорові метали

Накладні напрямні (або заливка) з кольорових сплавів - бронзи, бабіту, цинкового сплаву і інших застосовуються головним чином на переміщуваних вузлах важких верстатів з метою запобігти задири, забезпечити рівномірність подачі і підвищити точність посадкових переміщень.

Зносостійкість пар тертя кольоровий сплав - чавун оцінювали в ряді випробувань.

1 Зносостійкість кольорових сплавів при чисто абразивному зношуванні: максимальної зносостійкості з числа випробуваних кольорових сплавів має алюмінієва бронза Бр.АМц 9-2. Наклепані при обробці тиском і не відпалені кольорові метали мають в більшості випадків дещо меншу зносостійкість при чисто абразивному зношуванні, а також дещо вищі характеристики тертя, ніж м'які (відпалені).

2 Зносостійкість пар тертя кольоровий сплав - чавун при схоплюванні: найбільшу зносостійкість при роботі без змащення мають цинкові сплави і вторинні бронзи Бр. ОЦС 6-6-3 і Бр. ОЦС 5-5-5. Бронза Бр. АМц 9-2 з числа безолов'яні бронзи показала кращі результати. При високих навантаженнях все бронзи, за винятком містять свинець Бр. ОЦС 5-5-5 і Бр. ОЦС 4-4-2,5, і все латуні, за винятком свинцевих ЛЗ 59-1 і ЛС 63-3, викликають пошкодження (подряпини, задираки) чавунного циліндра. При сухому терті вільний графіт, що міститься в чавуні, надає змащуючи здатність, різко знижуючи схоплювання.

3 Зносостійкість при терті з бідним малов'язким мастилом. При роботі з мастилом, коли змащуючи здатність графіту проявляється слабо, порядок розташування кольорових сплавів по зносостійкості різко змінився. Кращі результати показала бронза Бр. ОФ 10-1, потім ЦАМ 10-5, Бр. АМц 9-2; значно більший знос при високих навантаженнях у бронз Бр. ОЦС 6-6-3 і Бр. ОЦС 5-5-5; дуже високий знос у всіх латуней.

4 Зносостійкість пар тертя кольоровий сплав - чавун в умовах, що імітують умови роботи відкритих (забруднюються відходами обробки) напрямних подачі з проточним бідним мащенням. Проводилися дві серії випробувань.

У першій серії випробувань в умовах переважно абразивного зношування знос всіх випробуваних бронз і латуней істотно вище, ніж у відповідних зразків пари чавун-чавун. Це пояснюється набагато меншою

зносостійкістю кольорових сплавів в порівнянні з чавуном при чисто абразивному зношуванні. Знос пов'язаних з ними нижніх чавунних зразків, що імітують напрямні станини, значно менше, ніж у нижніх зразків пари чавун-чавун; кращі результати показали чавунні зразки, що працюють в парі з алюмінієвими бронзами Бр. АМц 9-2 і Бр. АЖ 9-4. Високі значення зносу нижніх чавунних зразків пар тертя Л62 - чавун і Л68 - чавун пояснюються посиленням схоплюванням, що спостерігалось при сухому терті і при роботі з мастилом. Цинкові сплави, в тому числі ЦАМ 10-5, зношуються більше бронз і латуней, що відповідає їх меншою зносостійкості при чисто абразивному зношуванні.

У другій серії випробувань, коли роль схоплювання велика, проявляються переваги пар кольоровий сплав-чавун. В процесі зношування пари чавун-чавун утворюються задири; всі кольорові метали намазуються на поєднану з чавуном поверхню, все ж обидва елементи пари тертя чавун-чавун зношуються більше, ніж пара кольоровий сплав-чавун.

За зносостійкості і характеристикам тертя (в сукупності) алюмінієва бронза Бр. АМц 9-2 (смуги по ГОСТу 1595-47) перевершує виготовлені у вигляді прокату бронзи і латуні і приблизно відповідає застосовуваній для напрямних ливарної олов'яної бронзи Бр. ОЦС 6-6-3. У порівнянні зі сплавом ЦАМ. 10-5 у- Бр. АМц 9-2 вище зносостійкість при абразивному зношуванні, менше зносостійкість при терті без змащення і дещо менш сприятливі характеристики тертя. Вартість накладних направляючих з бронзи Бр. АМц 9-2 значно нижче, ніж з бронзи Бр. ОЦС 6-6-3, але вище, ніж зі сплаву ЦАМ 10-5. У порівнянні з текстоліту ПТ бронза Бр. АМц 9-2 (при терті по чавуну) має більш сприятливі характеристики тертя, але значно дорожче; трудомісткість виготовлення накладних направляючих з бронзи вище, ніж з текстоліту.

Цинковий сплав ЦАМ 10-5 при терті в парі з чавуном з урахуванням умов роботи направляючих верстатів має високий опір утворенню задири, найбільш сприятливі характеристики тертя в порівнянні з іншими

металевими парами тертя, використовуваними для напрямних, і недостатню зносостійкість при абразивному зношуванні.

Для напрямних переміщуваних вузлів (столів, кареток, бабок) в основному важких верстатів з метою запобігання задирів, зниження тертя і підвищення рівномірності подач і точності настановних переміщень рекомендуються бронза Бр. АМц 9-2 і сплав ЦАМ 10-5.

Найбільш ефективним є застосування сплаву ЦАМ 10-5 для напрямних при тиску до 0,2 МПа.

У ряді випадків при високих вимогах до зносостійкості і одночасно до рівномірності подачі доцільно використовувати пару тертя загартовані чавун або сталь - ЦАМ 10-5 (Бр. АМц 9-2) [1].

2.5 Полімерні матеріали

При використанні пластмас для направляючих ковзання необхідно враховувати всі основні вимоги, що пред'являються до даної деталі або вузла.

Вибір малих питомих тисків (p — 0,05 – 2МПа) пояснюється бажанням зменшити зношування напрямних і тривалий час зберегти їх точність. Основний вид зносу - абразивний, так як повністю захистити напрямні від забруднення досить важко, а малі швидкості і реверсування столів і супортів не дозволяють забезпечити рідинне тертя. Зношування відбувається зазвичай в умовах граничного тертя. Виняток становлять столи (планшайби) швидкохідних верстатів, де можливо рідинне тертя при роботі верстата. Воно буде порушуватися лише в момент пуску і зупинки столу.

Матеріали напрямних повинні мати високі антифрикційні властивості. Для характеристики цих властивостей часто користуються лише зносостійкістю і коефіцієнтом тертя. Хоча ці показники і є головними, але вони не охоплюють усього розмаїття вимог, що пред'являються до матеріалів

напрямних. Матеріали напрямних повинні також відповідати іншим вимогам, пов'язаним з реальними умовами експлуатації верстатів. Наприклад, важливо, як матеріал буде вести себе в разі короткочасної перерви в мастилі, чи збережуться стабільними його властивості протягом усього періоду експлуатації і т. п.

Ряд вимог характерний для напрямних точних верстатів, верстатів з програмним керуванням. У цих верстатах повинна бути забезпечена рівномірність руху столу, точність посадкових переміщень, а також зменшено тертя в напрямних [14].

Застосування пластмас в якості антифрикційного матеріалу напрямних можливо лише в тому випадку, якщо забезпечується нормальна тривала робота пари при реальних умовах експлуатації. Тому поняття антифрикційності матеріалу напрямних є комплексним.

До матеріалів напрямних ковзання верстатів, в тому числі виконаних з пластмас, висуваються такі вимоги:

- Легка прироблюємість.
- Висока зносостійкість при нормальних умовах роботи.
- Низький коефіцієнт тертя при нормальних умовах роботи, майже не змінний в залежності від швидкості ковзання і часу нерухомого контакту.
- Більш плавне повільних переміщень.
- Низький коефіцієнт тертя в умовах недосконалої мастила і при перервах в мастилі.
- Не давати схоплювання при тимчасовій відсутності мастила.
- Не дряпати і не зношувати спряжену деталь навіть в умовах відсутності мастила.
- Поглинати сторонні тверді абразивні частинки, які потрапляють на поверхню тертя.
- Забезпечувати достатню жорсткість.
- Маслостійкість матеріалу при температурі до 70° С.
- Стійкість до дії слабких кислот і лугів.

- Низьке водо- і вологопоглинання.
- Відсутність холодотекучості.

Багато які з перерахованих вимог до напрямних можуть бути задоволені в разі застосування пластмас.

Наприклад, багато чавунних і сталевих напрямних виходять з ладу через утворення задирів, тобто через молекулярнео схоплювання матеріалів.

Випробування і експлуатаційні спостереження показали, що в парі з пластмасовими напрямними чавунні і сталеві напрямні задирів не мають. Це пояснюється малим модулем пружності пластмас. Пластмаси, як правило, незначно зношують спряжену чавунну і сталеву направляючу, проте зносостійкість самих пластмас не завжди задовольняє практиків. Позитивним при застосуванні пластмас є більш рівномірний розподіл питомих тисків по поверхні тертя.

Текстолит металургійний марки Б, кордоволокніт марки 1Г і винипласт успішно застосовують при модернізації супортів і столів. Так, накладки для напрямних з текстоліту і кордоволокніта застосовують для токарних верстатів середніх розмірів. Накладні напрямні набирають з окремих пластин довжиною 500-600 мм, шириною, рівній ширині граней направляючих, і товщиною (для важких верстатів) 10 мм. Для верстатів середніх розмірів допустима менша товщина пластин (бажано не менше 3 мм). При товщині накладних пластин менше 4 мм їх слід виготовляти з текстоліту марок ПТ або Б.

Високу жорсткість кріплення пластин забезпечують гвинтами, утопленими відносно площині ковзання, і текстолітовими штифтами. Пластини можна приклеїти до столу епоксидною смолою (переважно), або карбінольним клеєм без додаткового кріплення. Для важких верстатів кожену пластину додатково кріплять двома гвинтами або штифтами. Приклеювати рекомендується пластини малої товщини.

Мащення напрямних в разі застосування перерахованих марок пластмас має бути надмірним; бажана примусовим.

Значні перспективи має застосовувати в якості матеріалу напрямних і інших вузлів тертя поліаміди, і в першу чергу капрон, а також стіракріл і фторопласт 4. Капрон в більшості випадків має порівняно високу зносостійкість.

Стіракріл марки ТШ забезпечує легке і швидке утворення накладок внаслідок високої адгезії до металу. Вихідним матеріалом служить порошок стіракріл і рідина, які змішують у певному співвідношенні (1: 0,75) і через 2-3 хв після цього заливають при кімнатній температурі.

Поверхні, на яких буде закріплений шар стіракріл, ретельно знежирюють бензином або ацетоном. Ділянки, які повинні бути ізольовані від зчеплення з стіракрілом, змащують силіконовим маслом або парафіном.

Час затвердіння стіракріл 1,5 год, але для надійності рекомендується витримка після затвердіння 6-8 год.

Цінною якістю цієї пластмаси є також легка механічна оброблюваність - шліфування і шабрування, інертність до охолоджуючої рідини (емульсії). На відміну від текстоліту і капрону, приклеєних карбінольним клеєм, стіракріл добре сприймає ударні навантаження, які погано виносить карбікольний клей.

Для напрямних верстатів стіракріл застосовувався при модернізації токарних верстатів для нарощування напрямних каретки супорта. Для цього каретку встановлюють в робоче положення на верстаті на підкладках в чотирьох точках на кінцях каретки. Оскільки шар вироблення каретки, як правило, непостійний, то підкладки вибирають відповідної товщини. Станину перед цим шабрують. Потім каретку перевертають і заливають стіракрілом.

Фторопласт 4 (тефлон) має низьке значення коефіцієнта тертя не тільки в умовах змащення, але і при сухому терті. Його інертність до агресивних середовищ і сталість обсягу поряд з високими антифрикційними властивостями робить вельми бажаним застосування фторопласта 4 для вузлів тертя, в тому числі для напрямних.

Однак при оцінці можливості застосування пластмас необхідно враховувати і їхні недоліки, такі як стрибкоподібність повільних переміщень, малу зносостійкість, низьку теплопровідність, холодотекучість і ін., які проявляються при певних умовах роботи. Не можна взагалі говорити про придатність або непридатність даної антифрикційної пластмаси для напрямних, а слід вказати при яких навантаженнях, швидкостях, мастилі і інших умовах роботи допустимо і доцільно її використання.

Застосування капрону в області малих швидкостей переміщення може призвести до стрибкоподібного руху, що неприпустимо для супортів і столів металорізальних верстатів. Це пояснюється тим, що кордний капрон і смола 68 мають високе значення коефіцієнта тертя спокою, що швидко росте в залежності від часу нерухомого контакту.

Випробування показали, що при навантаженнях $p = 0,05 - 2 \text{ МПа}$ і швидкості $0,5 \text{ м/хв}$ і нижче у капрону спостерігаються чітко виражені релаксаційні коливання каретки з великою величиною стрибка. Величина стрибка збільшується пропорційно зростаючого питомого навантаження.

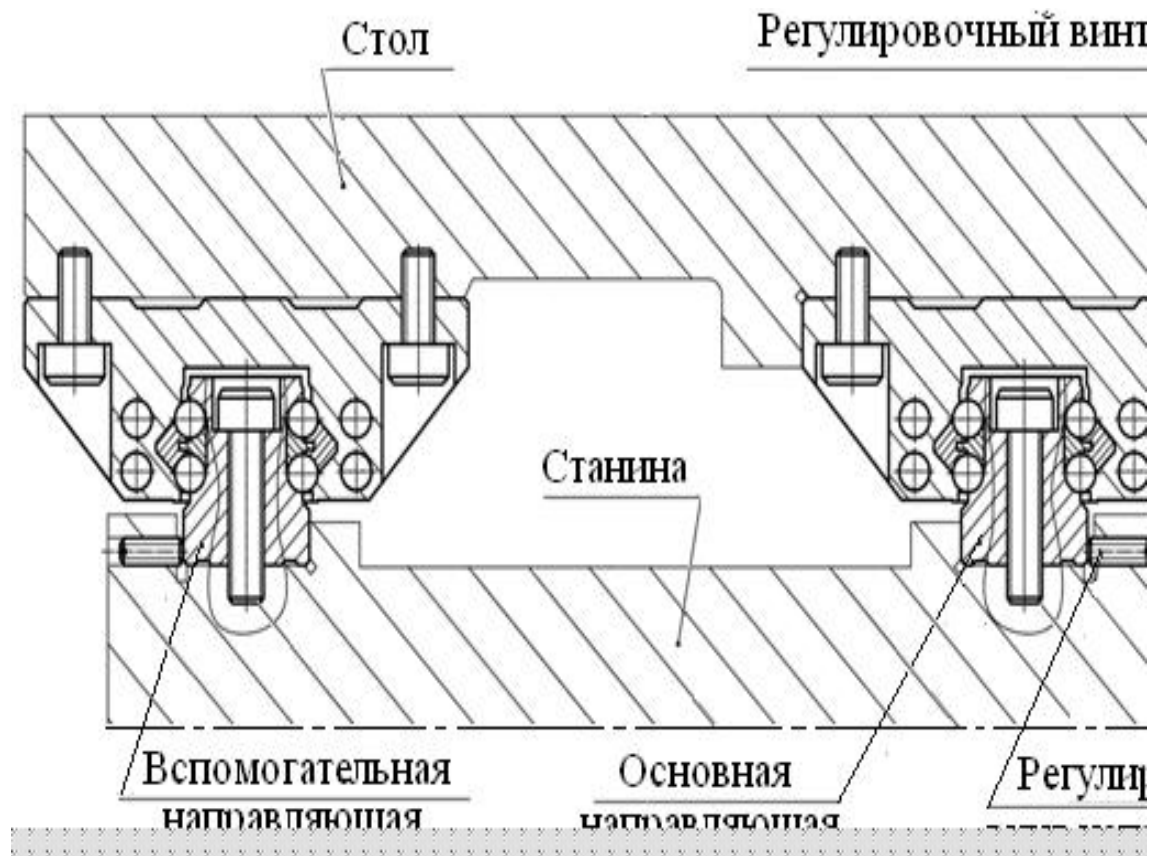


Рисунок 2.1 – Осцилограми сили тертя: а) - капрон; б) – фторопласта; в) – комбінованого зразка з 75% фторопласта и 25% капрону (по площі) [14, стр.139]

З підвищенням швидкості частота коливань збільшується, а величина стрибка зменшується. При подальшому зростанні швидкості відбувається перехід до рідинного тертя, однак стрибок коефіцієнта тертя при цьому повністю не усувається.

Для високих швидкостей, близько 3-5 м/с і вище, капрон не придатний через низьку теплопровідність.

Випробування при зворотно-поступальному русі показали, що навіть при малих питомих тисків ($p = 0,1 \text{ МПа}$), але відносно великих швидкостях ковзання, на поверхні тертя температура підвищується до 150° , і капрон оплавлюється.

Таким чином, капрон доцільно використовувати для напрямних, коли середня швидкість не перевищує 15 м/хв і питомий тиск 1 МПа. При цьому мащення має бути надмірним.

Основні недоліки фторопласта 4 (тефлону) - низька твердість і зносостійкість, а також холодотекучість, що ускладнює його застосування в чистому вигляді. Армувати ж фторопласт зазвичай технологічно досить складно і не завжди ефективно. Однак в умовах автоматичної компенсації зношування напрямних допустимо застосовувати його і в чистому вигляді. Область високих швидкостей ковзання фторопласта 4 також обмежується температурними явищами на поверхні тертя. При підвищенні температури фторопласт розм'якшується і починає не зношуватися, а строгатись. Найцінніші антифрикційні властивості фторопласта 4 проявляються при малих швидкостях. Так, проведені випробування показали, що фторопласт 4 має практично постійний коефіцієнт тертя ($f = 0,035-0,055$) в діапазоні швидкостей $v = 0,2-12$ м/хв при легкій мастилі, який при переході від спокою до руху практично не змінюється. В результаті забезпечується плавний рух супорта або столу. При сухому терті коефіцієнт тертя фторопласту 4 швидко зростає з підвищенням швидкості. При швидкостях ковзання, менших 1 м/хв, коефіцієнт тертя фторопласту 4 становить 0,1-0,15. Відсутність стрибкоподібного руху при малих переміщеннях-одне з головних переваг фторопласта 4.

Стіракріл ТШ в разі його використання для напрямних має приблизно ті ж недоліки, що і капрон. Однак дослідження показали, що він менше схильний до стрибкоподібного руху при малих швидкостях, але одночасно і менше зносостійкий, ніж капрон.

Для швидкостей ковзання 0,2-10 м/хв і питомих тисків 0,1 – 3 МПа - коефіцієнт тертя стіракріл при легкій мастилі лежить в межах 0,04-0,15. Без мастила коефіцієнт тертя може збільшуватися до 0,6.

При виборі марки пластмас для напрямних ковзання слід враховувати конкретні умови їхньої роботи і в першу чергу діапазон швидкостей ковзання, питомих тисків і характер мастила.

При виборі пластмаси для роботи в умовах абразивного зношування велике значення має поведінка абразиву, який потрапив на поверхню тертя. Відомо, що в матеріалі меншою твердості можуть закріплюватися абразивні частинки і зношувати більше твердий пов'язаний матеріал, шаржуючи його. На противагу цьому з спостережень за поведінкою пластмасових напрямних в виробничих умовах відомо, що абразив, застряє в більш м'якій пластмасі, «утоплюють» в ній і не зношує пов'язану напрямну. Тому при виборі пластмаси слід оцінювати поведінку абразиву на поверхні тертя. У будь-якому випадку необхідно прагнути краще захищати напрямні від попадання абразиву.

Випробування фторопласта 4, стіракріл ТШ і кордного капрону на абразивне зношування (абразив - люберецький пісок і залізний порошок в рівних частках за об'ємом) в парі з чавуном С4 21-40 при $v = 6$ м/хв, $p = 1,2$ МПа и смазуванні, показали наступне. Мінімальний знос зразків з чавуну СЧ 21-40 в сполученні з фторопластом 4 приблизно в чотири рази менше, ніж в сполученні зі стіракрілом ТШ, в 5-6 разів менше, ніж в сполученні з текстоліту і капроном і в 30 разів-пари чавун-чавун .

Явище поглинання абразиву спостерігається у піддатливих пластмас. Фторопласт 4 особливо легко поглинає тверді частинки внаслідок його дуже низької модуля пружності. Кількість потрапляють частинок в тіло фторопласта 4 збільшується з тривалістю випробування, але інтенсивність зносу сполучених з ним чавунних зразків з тривалістю випробування помітно не змінюється. Це підтверджує думку деяких авторів, які стверджують, що завдяки великій податливості м'якого фторопласта 4, сторонні абразиви «застряють» і «утоплюються» в ньому, особливо при великих питомих тисках (в умовах автокомпенсатора), і незначно зношують пов'язану направляючу в порівнянні з капроном.

При використанні пластмас для напрямних ковзання необхідно забезпечити жорсткість сполучення. Як відомо, кращі умови в цьому сенсі будуть досягнуті при великих питомих тисках.

2.6 Матеріал Turcite B Slydway

Turcite Slydway - високоефективний термопластичний матеріал для використання на напрямних верстатів і лінійних підшипників.

Turcite B Slydway протягом багатьох років добре зарекомендував себе в багатьох галузях машинобудування та інших галузях важкої промисловості.

Turcite B може використовуватися в самих різних областях виробництва. У прикладах застосування показані форми напрямних ковзання з покриттям з Turcite, вже використовуваного в промисловості верстатів (рисунок 2.2).

Designs

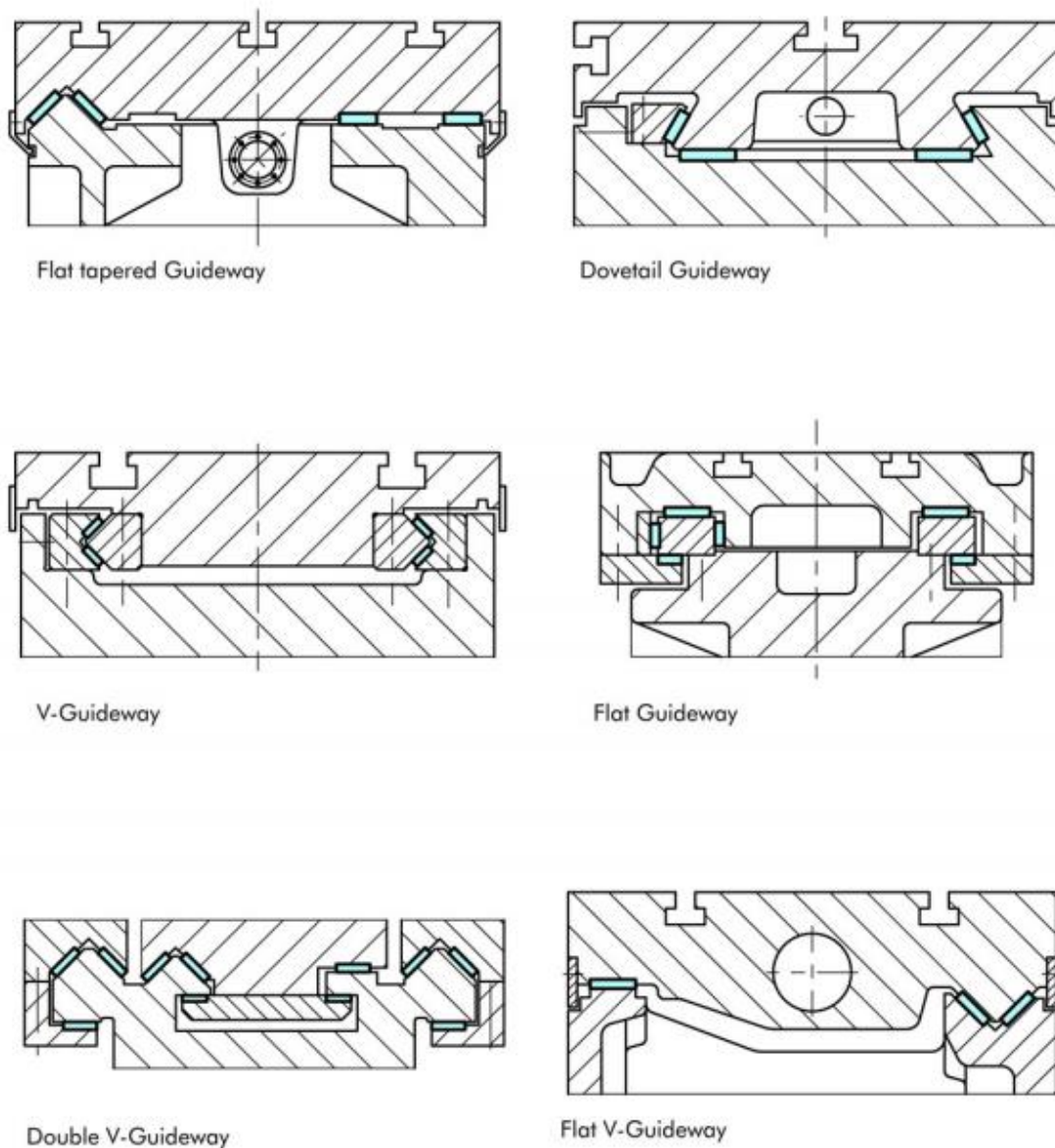


Рисунок 2.2 – форми напрямних ковзання з покриттям Turcite В [15]

Turcite В відповідає сучасним вимогам, які пред'являються різним видам і розмірам напрямних. Він має товщину від 0,5 до 5 мм і ширину до 300 мм. Він поставляється з розрізом по зазначеній довжині або без матеріалу.

Turcite В виготовлений з спеціально розробленого високопродуктивного термопластичного матеріалу і модифікований для

особливих вимог до напрямних. Для досягнення гарної адгезії при склеюванні з компонентами верстата поверхня піддається хімічній обробці.

Переваги:

- низький коефіцієнт тертя, відсутність заклинювання, відсутність стрибків, особливо на малих швидкостях ковзання;
- можливість роботи в умовах недостатнього мащення або відсутності мастила
- висока зносостійкість, що забезпечує тривалий термін служби
- хороші аварійні властивості, відсутність схильності до захоплювання
- гасить і поглинає вібрації
- несприйнятливий для забруднення і вологи
- хімічно стійкий до агресивних охолоджуючих мастильних матеріалів.

Характеристики матеріалу Turcite Tб.

Тільки одна сторона хімічно оброблена для нанесення клею: колір обробленої поверхні: коричнева - темно-коричневого; колір на необробленої (ковзної поверхні): зелений-сірий.

Вбирання води: $<0,01\%$;

Лінійний коефіцієнт розширення: $6 \times 10^{-5} \text{ 1/K}$;

Теплопровідність від 20°C : $0,8 \text{ Вт/м} \cdot \text{K}$;

Максимальне навантаження під тиском для 1% деформації: $9,3 \text{ МПа}$;

Модуль пружності при 40°C : 1.000 Н/мм^2 .

Turcite В - слід зберігати при кімнатній температурі і в сухих середовищах, захищених від світла. Термін зберігання обмежений і залежить від умов зберігання.

Turcite ТВ обробляються фрезеруванням, шліфуванням або шабруванням. Якість поверхні повинно бути $R_a = 0,6 \text{ мкм}$. Малі відхилення, мають незначний вплив на характер тертя. З більшою шорсткістю поверхні буде збільшуватися контактна деформація і знос. Недостатня шорсткість поверхні впливає на характер ковзання, коли поверхні ковзання склеюються (адгезія).

При використанні Turcite В помічається тільки незначна різниця між статичним тертям і динамічним тертям, тим самим усуваючи ковзання. При використанні в машинах з числовим програмним управлінням він забезпечує більш високу точність позиціонування і відтворення.

Динамічне тертя для Turcite В має практично лінійний характер у всьому діапазоні швидкостей. При поєднанні поверхневого навантаження 0,35МПа і викривленої поверхні Turcite ТВ коефіцієнт тертя досягає $f = 0,022-0,055$.

На малюнку показані найменші відмінності при переході до гідродинамічного діапазону. При більш високому тиску на поверхні, до 2 МПа характер ковзання змінюється незначно.

Рясне мащення має першорядне значення для досягнення контрольованого рівня динамічного тертя.

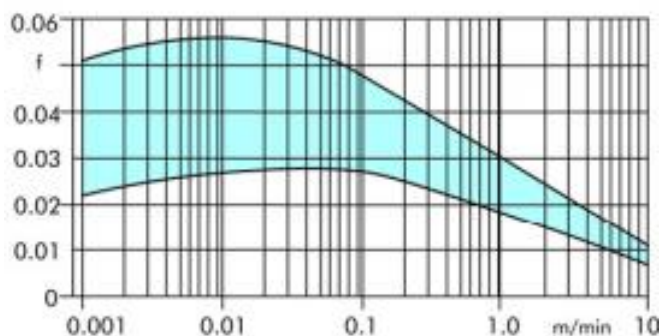


Рисунок 2.3- Діапазон коефіцієнта динамічного тертя (f) в залежності від швидкості ковзання при використанні різних мастильних матеріалів [15]

Термін служби і безперервна точність Turcite В визначається головним чином його зносостійкістю. Якщо раптово припиниться подача мастила, Turcite В буде функціонувати протягом тривалого часу через самозмащувальну властивість матеріалу, при цьому знос буде незначним. Дуже висока зносостійкість досягаються з використанням комбінації Turcite В і загартованої поверхні сполучення.

Характер зносу визначається в значній мірі впливом навколишнього середовища. Важливо захистити напрямні від зовнішнього забруднення, використовуючи кришки і ущільнення.

Turcite В має більшу перевагу, що дозволяє поглинати дрібні частинки бруду, тим самим запобігаючи негайне заїдання, пошкодження і надмірний знос направляючих.

Зазори в напрямних Turcite В встановлюються суттєво меншими, що забезпечує дуже високу безперервну точність навіть протягом тривалого періоду експлуатації. Тому характер ковзання визначається головним чином мастилом і поверхнею.

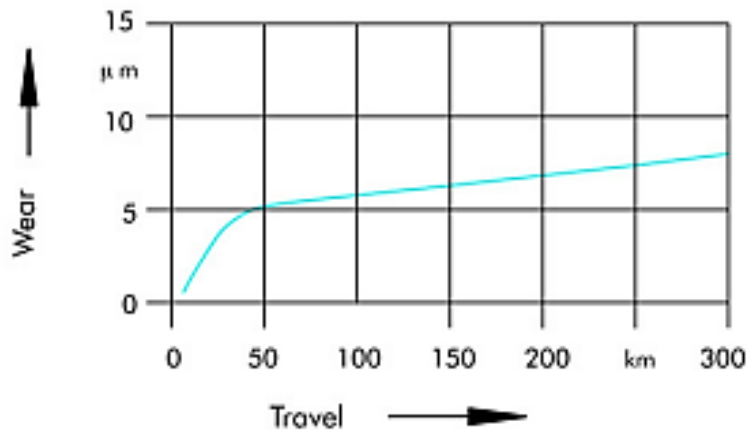


Рисунок 2.4 – Залежність величини зносу від шляху тертя:Turcite ТВ, середнє навантаження 0,5 МПа з мастилом [15]

Температура на ковзних поверхнях повинна бути якомога більш постійною. У разі підвищених температур необхідно забезпечити достатню тепловіддачу за допомогою мастила.

Одним з основних факторів при виборі матеріалу напрямних був коефіцієнт тертя матеріалу в рухомому та не рухомому стані (рис. 2.5).

При терті пар матеріалів чавун-чавун, коефіцієнт тертя на малих швидкостях становить 0,28. Зі збільшенням швидкості коефіцієнт тертя

поступово зменшується. Так при швидкості 75 мм/хв коефіцієнт тертя досягає 0,18. За 50 с у не рухомому стані коефіцієнт зростає з 0,28 до 0,3.

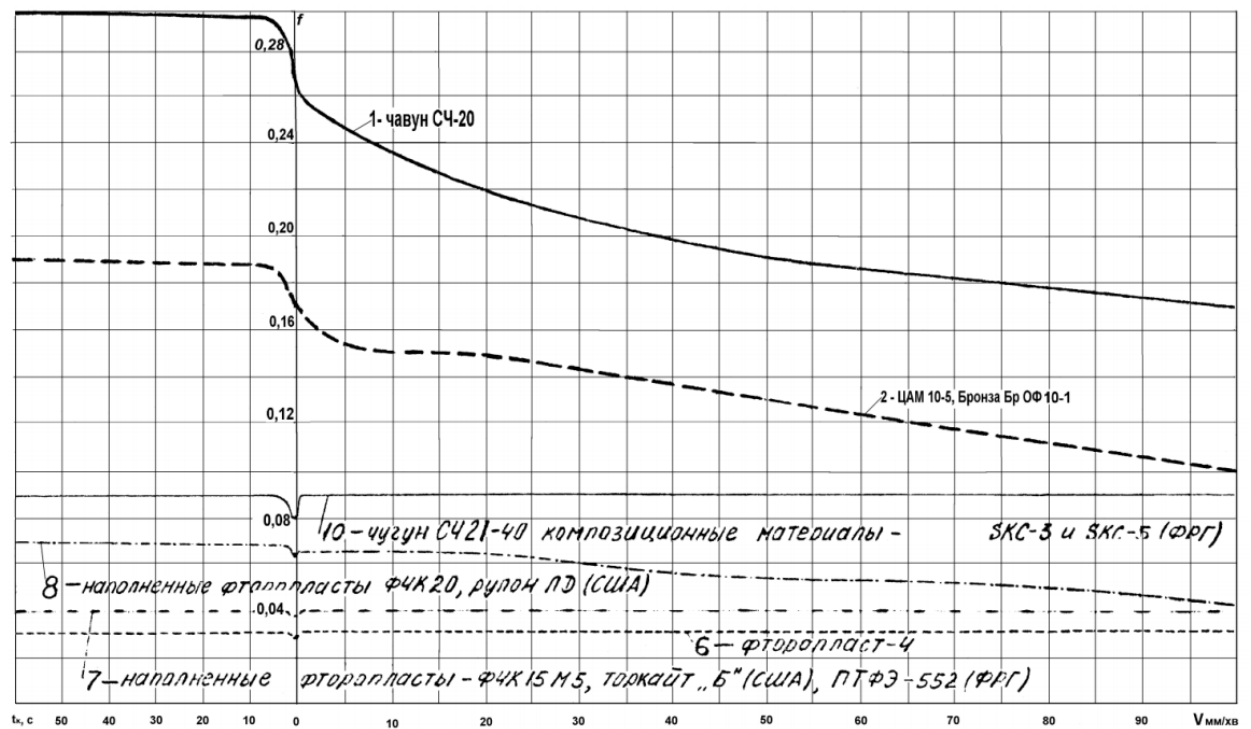


Рисунок 2.5 – Залежність коефіцієнту тертя від тривалості нерухомого контакту t_k та швидкості відносного ковзання v [1, стр. 105]

Не суттєво змінюється коефіцієнт тертя у пар чавуну та кольорових металів – 0,15-0,07. У не рухомому стані він дорівнює 0,19.

Коефіцієнт тертя пари чавун – Турcite В значно менший ніж у попередніх матеріалів – 0,04. Одними з переваг цього матеріалу є те, що коефіцієнт тертя в рухомому та не рухомому стані залишається однаковим. Відсутні стрибкоподібні руху при малих переміщеннях.

3 ДЕМПФУВАННЯ І ЖОРСТКІСТЬ ВЕРСТАТА

3.1 Демпфуюча здатність матеріалів

При циклічному деформуванні реального твердого тіла виявляється розбіжність залежностей між зусиллям P і деформацією S при навантаженні і розвантаженні (рис. 3.1), що свідчить про не пружній характер деформування реальних матеріалів. Це явище, що отримало назву гістерезиса, показує, що матеріалом тіла необоротно поглинається частина роботи зовнішніх сил, яка переходить в теплову енергію і потім розсіюється.

Таким чином, розсіювання енергії в матеріалі обумовлюється його пружними недосконалостями і проявляється в освіті деякої петлі гістерезиса при циклічному деформуванні.

Мірою розсіювання енергії в матеріалі є площа інтегральної петлі гістерезиса ΔW (рис. 3.1), що визначає в деякому масштабі величину необоротно розсіяною енергії в повному обсязі матеріалу тіла за цикл деформування з амплітудою деформації S_0 .

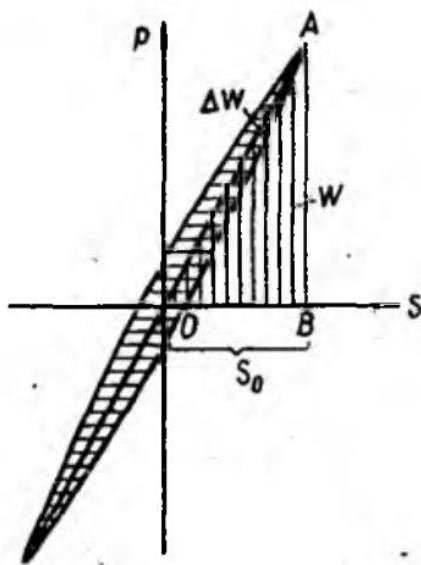


Рисунок 3.1 – Залежність поміж зусиллям та деформацією за цикл навантаження [16, стр. 11]

На практиці властивість матеріалу розсіювати енергію при його циклічному деформуванні зазвичай оцінюється з точки зору його здатності гасити (демпфувати) резонансні коливання пружної системи. Як відомо, при резонансі, тобто при вимушених коливаннях з частотою збурення, що дорівнює частоті власних коливань системи, обмеження амплітуди коливань при даному рівні сил, що збурюють повністю визначається демпфуючими властивостями коливальної системи і, зокрема, гістерезисними втратами в матеріалі пружного елемента розглянутої системи.

Незалежно від природи джерел енергетичних втрат характеристик демпфуючих властивостей пружної системи вважається відносне розсіювання енергії ψ , під яким розуміють відношення розсіяної енергії ΔW за цикл сталих коливань до амплітудному значенню потенційної енергії W пружної системи.

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} \quad (3.1)$$

Величина енергії ΔW , незворотно розсіяна за цикл коливання, в загальному випадку енергетичних втрат в системі характеризується площею петлі гістерезиса (див. рис. 3.1) в координатах деяка узагальнена сила P - відповідне переміщення S . Амплітудне значення потенційної енергії W з достатнім ступенем точності може характеризуватися площею заштрихованого трикутника OAB .

Вираз

$$\delta = \ln \frac{a_t}{a_{i+1}} \quad (3.2)$$

що визначає темп затухання вільних коливань, називається логарифмічним декрементом коливань і відноситься до середньої амплітуди циклу.

Логарифмічний декремент коливань пов'язаний з відносним розсіюванням енергії залежністю

$$\Psi=2\delta \quad (3.3)$$

Строго кажучи, залежність (3.3) справедлива за умови, якщо розсіювання енергії не залежить від частоти коливань, що практично і спостерігається для конструкційних матеріалів.

Відомі конструкційні матеріали розрізняються по демпфуючій властивості дуже суттєво – на три порядки. Нижче приведені деякі орієнтовні данні про максимальне значення декременту коливань різних класів матеріалів при амплітуді гомологічного напруження, рівного приблизно одній десятій межі текучості даного матеріалу, умовах кімнатної температури.

Таблиця 3.1 – Значення логарифмічного декременту коливань конструкційних матеріалів [17, стр. 523]

Матеріал	$\delta_{\max}, \%$
Сплави	
алюмінієві	0,1 - 1
магнієві (литі)	13 – 30
марганцевомідні	10 – 25
мідноалюмінієві	4 – 10
нікільтитанові	10 – 15
кобальтонікільові	6 – 12
титанові	0,05 – 0,15
Чугуни з графітом	
пластинчастим	10 – 15
кулястим	2 - 5

Продовження таблиці 3.1

Матеріал	$\delta_{\max}, \%$
Сталі	
хромисті	1 – 4
вуглецеві	0,2 – 1
Латуні та бронзи	0,1 – 0,3

Для полімерних матеріалів логарифмічний декремент має значення в 5-10 разів вищі, ніж для металів. Збільшення модуля пружності призводить до зниження якостей гасіння коливань.

Розсіювання енергії в полімерному матеріалі залежить від напруженого стану системи, амплітуди циклічного навантаження. виду коливань: поздовжніх, поперечних, крутильних, складних.

Одним з переваг полімерних матеріалів є властивість зростання демпфуючої здатності з підвищенням рівня напружень. Це дозволяє деталям з полімерних матеріалів працювати в резонансних режимах коливань.

Матеріали мають різну жорсткість, і тому порівняння матеріалів за коефіцієнтами в'язкості є не повним. Для твердих матеріалів зручнішою характеристикою загасання є відношення коефіцієнта в'язкості до модуля пружності - постійна часу демпфірування матеріалу.

В теорії суцільного середовища при аналізі процесів релаксації та повзучості широко використовується лінійна формула, що зв'язує напругу і деформацію, виду.

$$\sigma + n\sigma = E\varepsilon + Hn\varepsilon, \quad (3.4)$$

де E - тривалий модуль пружності;

H - миттєвий модуль пружності ($H > E$);

n - постійна часу релаксації (повзучості).

Цю ж модель лінійного пружнєво-в'язкого тіла можна використовувати і для розрахунку демпфірування. У цьому випадку коефіцієнт n буде називатися постійною часу демпфірування і вимірюватися тисячними і навіть мільйонними частками секунди. В теорії суцільного середовища постійна часу повзучості (релаксації) залишається однією і тією ж для всіх видів деформацій (розтягнення-стиснення або зсув). Будемо вважати, що цим же властивістю володіють постійні часу демпфірування, тобто $T_{h,\sigma} = T_{h,\tau}$, где $T_{h,\sigma}$ – постійна часу демпфірування при розтягуванні-стисненні; $T_{h,\tau}$ – те ж саме при зсуві.

Постійна часу демпфірування матеріалу при тангенціальних деформаціях

$$T_{h,\tau} = \frac{\eta}{G} \quad (3.5)$$

При нормальних деформаціях

$$T_{h,\sigma} = \frac{\zeta}{E} \quad (3.6)$$

Ці характеристики демпфуючої здібності залежать лише від властивостей матеріалу. Якщо, наприклад, в'язкість чавуну в 15 разів більше в'язкості сталі, а модуль зсуву в 1,5 рази менше, то демпфуюча здатність чавуну буде в 10 разів вище, ніж сталі. Це означає, що для ідентичних крутильних систем, що мають одну і ту ж частоту власних коливань, виготовлених з чавуну і сталі, декремент буде відрізнятися в 10 разів, хоча в'язкість чавуну буде в 15 разів вище.

При напрузі $\tau = 6 \text{ МПа}$ для металів і $\tau = 2 \text{ МПа}$ постійні часу $T_{h,\tau}$ показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення постійної часу $T_{h,\tau}$, для матеріалів [18].

Матеріал	$G \cdot 10^{-6}$ кгс/см ²	$T_{h,\tau} \cdot 10^{-6}$, с
Сталь 50	0,8	30,3
Сталь 37ХНЗА	0,85	11,2
Литейний чугун	0,54	324
Латунь	0,48	5,85
Дуралюмін Д16	0,28	4,65

Найбільшу демпфуючу здатність має ливарний чавун. Сплави заліза мають демпфуючу здатність на порядок меншу, а сплави кольорових металів на два порядки менше, ніж ливарний чавун. Під ливарним чавуном мається на увазі сірий чавун третього класу. Легований чавун такий демпфуючою здатністю не володіє.

Коефіцієнт нормальної в'язкості можна визначити за експериментальними даними, одержаними під час згинальних коливань. Для сталі Ст3 $T_{h,\sigma} = 10^{-5}$ с; для гуми $T_{h,\sigma} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ с.

3.2 Демпфуюча здатність стиків

Для стиків по аналогії з коефіцієнтами внутрішньої в'язкості введемо коефіцієнти нормальної і тангенціальної в'язкості (контактної в'язкості) $\zeta_{ст}$ і $\eta_{ст}$. Коефіцієнт в'язкості стику являє собою питоме демпфування, що припадає на одиницю площі. У цьому його відмінність від коефіцієнтів нормальної і тангенціальної в'язкості матеріалів, що відображено і в позначеннях. На підставі визначення коефіцієнтів в'язкості при нормальних зсувах в стику площею F загасання дорівнюватиме

$$h_{\sigma} = F\zeta_{ст} \quad (3.7)$$

при тангенціальних зсувах

$$h_{\tau} = F\eta_{\text{ст}} \quad (3.8)$$

Таке уявлення означає що сила в'язкого тертя в лінійному випадку рівномірно розподілена по стику, який може розглядатися як сукупність нескінченного числа елементарних пружинок і демпферів. Для визначення $\zeta_{\text{ст}}$ можна використовувати наявні дані Д.Н. Решетова і З. М. Левиной. Їх обробка показала, що на коефіцієнт нормальної в'язкості дуже сильно впливає кількість мастила (рис. 3.2). При кількості мастила $1,2 \text{ мг/см}^2$ коефіцієнт нормальної в'язкості в стику збільшується більш ніж в 7 разів у порівнянні з сухим (не розмитим) стиком (від 2 до 15 кгс-с/см^3). Чи не виявлено суттєвої різниці між стиками сталевих і чавунних деталей, а також між шабруванні і шліфованими стиками деталей. Для стику чавун - текстоліт коефіцієнт нормальної в'язкості приблизно в 2 рази більше коефіцієнта нормальної в'язкості для стику чавун-чавун.

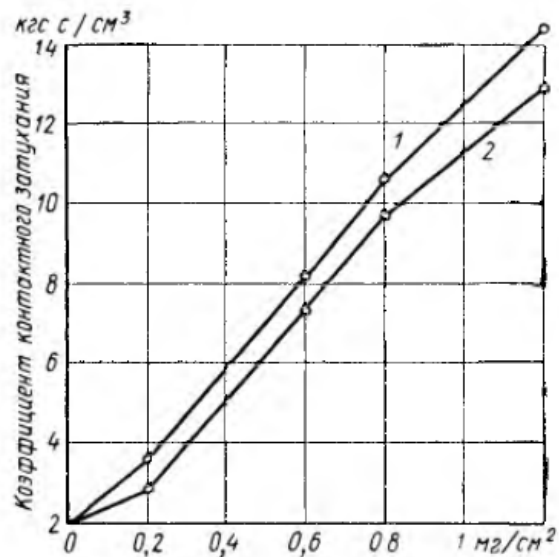


Рисунок 3.2 – Залежність коефіцієнта нормальної в'язкості в стику від кількості мастила при тиску в стику 0,25-1,35МПа.

1 – масло індустріальне 45, 2 масло індустріальне 12 [18].

У нерухомих стиках загасання при дотичних коливаннях залежить від амплітуди коливань, зростаючи з її збільшенням. При повторних навантаженнях загасання менше, ніж при першому навантаженні. На підставі визначення постійної часу демпфірування

$$\eta_{ст} = \frac{T_{h,\tau}}{k_{\tau}}, \quad \zeta_{ст} = \frac{T_{h,\sigma}}{k_{\sigma}} \quad (3.9)$$

Проводячи аналогію між суцільним середовищем і стиком, можна вважати, що $T_{h,\sigma} = T_{h,\tau}$. В середньому демпфуюча здатність нерухомих стиків визначається постійної часу демпфірування, що лежить в межах від $2 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ с. Порівнюючи ці значення з постійними часу демпфірування металів, можна зробити висновок про те, що демпфуюча здатність стиків на один-два порядки вище демпфуючої здатності металів і порівнянна з демпфуючою здатністю гуми, залізобетону і дерева.

При високому тиску поведінка стику при коливаннях така ж, як матеріалу, з якого виготовлені контактують деталі. Оскільки демпфуюча здатність матеріалів нижче демпфуючої здатності стиків, то, починаючи з деякого тиску, при його подальшому збільшенні демпфуюча здатність стиків буде зменшуватися.

Демпфуюча здатність рухомого стику буде зменшуватися зі збільшенням швидкості руху. При певній великій швидкості напрямні стануть чисто гідродинамічними, і подальше падіння постійної часу демпфірування припиниться. З ростом швидкості буде зростати жорсткість напрямних, а коефіцієнт в'язкого тертя (загасання) в нормальному напрямку може змінитися не так значно.

При зменшенні швидкості постійна часу демпфірування буде зростати, але зростання цей не буде нескінченним. При певній малій швидкості число точок металевого контакту між стиками стане настільки великим, що напрямні будуть себе вести як нерухомі стики. Зміна режимів роботи направляючих змішаного тертя виражається в зміні коефіцієнта тертя (рис.

3.3, крива 1). Спочатку напрямна поводить ся як нерухомий стик, потім істотну роль починають грати гідродинамічні підйомні сили в порівнянні з контактними силами на вершинах мікронерівностей. Зворотним відображенням графіка залежності коефіцієнта тертя буде графік залежності постійної часу демпфірування від швидкості руху (крива 2).

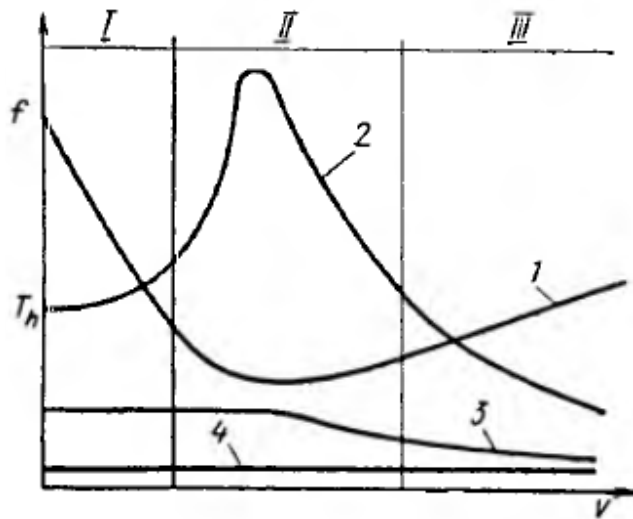


Рисунок 3.3 – залежність демпфуючої здатності рухомих стиків напрямних від швидкості руху [18].

Графік залежності постійної часу демпфірування в напрямних від швидкості руху можна розбити на три зони. Зона I малих швидкостей. У ній демпфуюча здатність напрямних поступово підвищується. Зона II середніх швидкостей, вона відповідає найбільшим значенням постійних часу демпфірування. Ці значення перевищують постійні часу демпфірування будь-яких відомих високодемпфуючих матеріалів. Випробування показують, що постійна часу демпфірування наближається до 0,1 с; це в 1000 разів перевищує демпфуючу здатність нерухомого стику. Зважаючи на малу товщини стику при великих амплітудах, порівнянних з його товщиною, описані властивості будуть змінюватися нелінійно, і не лінійність буде тим більше, чим більше амплітуда.

При відсутності мастила демпфуюча здатність стиків різко знижується. Форма стику була близькою до форми верстатних напрямних; в якості фрикційних пар застосовували пари чавун-чавун і сталь – сталь.

3.3 Демпфування масляного шару

Демпфірування масляного шару визначається головною складовою, що виникає в тонкому шарі мастильного матеріалу при зближенні поверхонь, в результаті чого укладений між ними шар масла видавлюється, і реакція масляного шару являє собою силу демпфірування.

Сила демпфірування від головної складової

$$F_{\partial} = C_{\partial} \frac{dh}{dt} \quad (3.10)$$

де C_{∂} - коефіцієнт демпфування.

У загальному випадку розподіл тиску в щілині знаходять, складаючи рівняння руху рідини що витісняється при зближенні поверхонь зі швидкістю dh / dt . Прирівнюючи витісняємий при зближенні поверхонь об'єм витрати масла, зумовленого перепадом тиску в щілині, знаходять характер розподілу тиску. Потім, обчислюючи рівнодіюча тисків по всій площі, знаходять силу демпфування.

Сила демпфування F_{∂} , Н: для напрямних поступального руху

$$F_{\partial} = \frac{\eta L}{h^3} (B_1^3 - b_1^3) \frac{dh}{dt} \quad (3.11)$$

При зближенні перекошених напрямних демпфування збільшується приблизно пропорційно величині перекоосу $k = \Delta h / 2h$ (при $k \leq 0.4$), де Δh -

максимальна різниця товщини масляної плівки в направляючих при перекосі. При кутовому переміщенні (повороті) напрямних від діючих сил, демпфування зменшується більш ніж в 2,5 рази в направляючих поступального переміщення і більше 6 разів на кругових опорах в порівнянні з паралельним зближенням напрямних.

З цих залежностей видно, що на демпфування можна впливати геометричними параметрами опор товщиною масляної плівки і в'язкістю масла. Іноді, при явно вираженому резонансі у шпіндельних опор, демпфування збільшують, зменшуючи (в робочому інтервалі частот коливань) динамічної жорсткості масляного шару CW , наприклад, вмонтовувати в кишені передньої опори гідравлічної ємності між дроселем і кишенею.

4 ВИБІР І РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ

4.1 Попередній вибір форми і розмірів напрямних

Прямокутні напрямні ковзання найбільш прості у виготовленні, зручні при складанні завдяки незалежності переміщень в горизонтальній і вертикальній площинах. Несучі горизонтальні межі робляться широкими, що дозволяє знизити тиск. На горизонтальних гранях мастило добре утримується, але відходи обробки самі не скидаються. Навантаження сприймається в основному несучими гранями, а бічні здійснюють напрямок, при малому зносі або коли знос мало впливає на точність. Застосовують найчастіше в верстатах нормальної точності, в важких верстатах, а також при гідростатичному мастиллі напрямних (відсутність зносу).

Перетини напрямних ковзання нормалізовані. В якості основного розміру прийнята висота напрямних $H = 45\text{мм}$. Конструктивні співвідношення розмірів перетину вибираються по [1, с. 205, т. 21].

$$L=810\text{ мм};$$

$$B=0,44\cdot H=100\text{мм};$$

В якості регулюючої планки використовуємо накладні напрямні з матеріалу Turcait B, довжиною $L = 810\text{мм}$, товщиною $b = 5\text{ мм}$, і шириною $B = 100\text{мм}$.

Накладки кріпляться холодним епоксидним клеєм.

Поверхня на яку кріпиться накладна напрямна, ретельно очищається від забруднення і масла двох-трьох кратним протиранням змінним тампоном з НЕ ворсистій бавовняної тканини, мастильним бензином марки Б-70. Безпосередньо перед нанесенням епоксидного клею підготовлені поверхні протирають чистим тампоном, змоченим в ацетоні, потім сушать. Не допускається обдування оброблених поверхонь стисненим повітрям і дотик знежирених поверхонь не захищеними рукавичками.

4.2 Розрахунок розподілу тиску на гранях напрямних

Розрахунок напрямних тертя ковзання ведеться виходячи із забезпечення потрібної зносостійкості та жорсткості. Для забезпечення зносостійкості обмежують допустимі тиски на робочих гранях, а вимоги до жорсткості лімітують допустимі контактні переміщення.

Коли власна жорсткість поєднаних базових деталей суттєво більша контактної жорсткості напрямних, то тиски на робочих поверхнях визначаються приблизним методом. При цьому нехтують власними деформаціями деталей та розглядають відносний поворот та зміщення деталей як твердих тіл в наслідок деформації поверхневих слоїв.

По довжині напрямних тиски вимірюються по лінійному закону, а по ширині напрямних тиск буде постійним. Складається розрахункова схема для рухомого вузла, яка надається в рисунку 4.1, при дії на нього всіх сил: складових сили різання, ваги вузла, тягового зусилля, реакцій на робочих гранях напрямних та відповідних сил тертя.

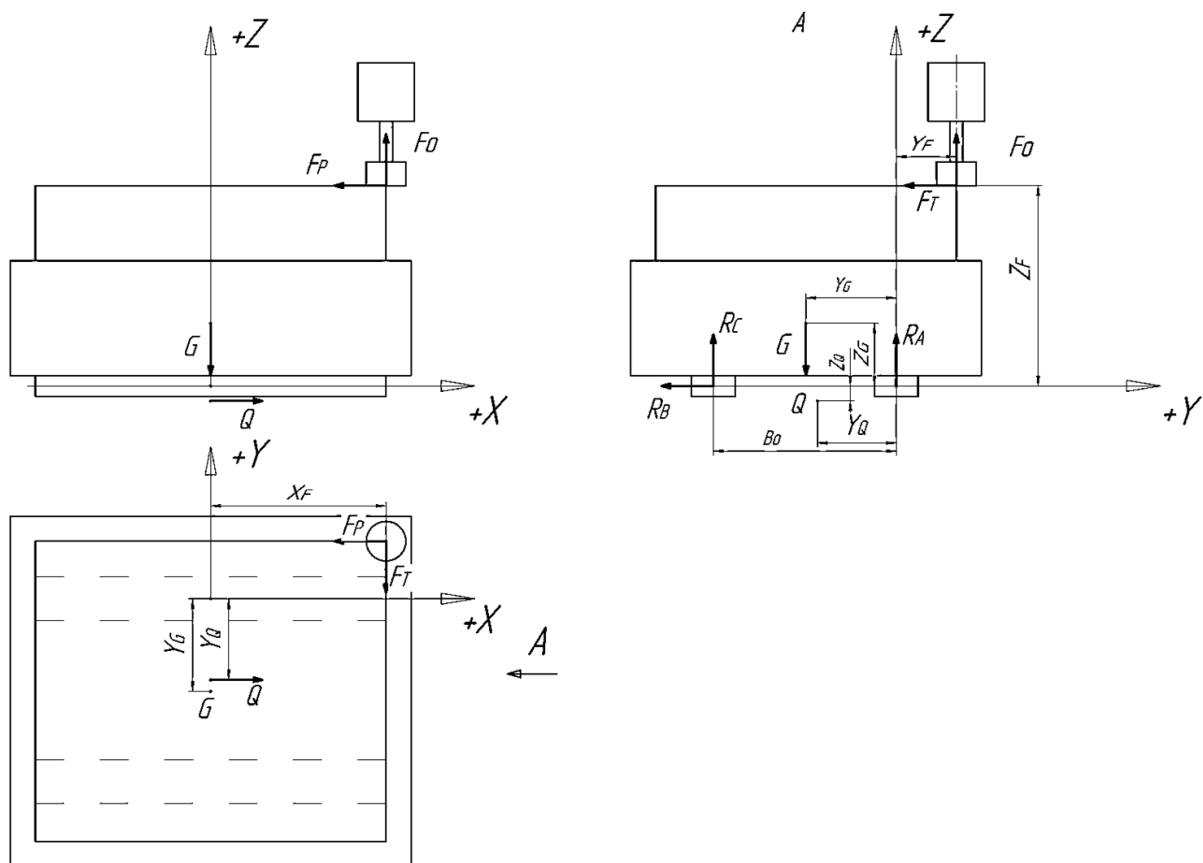


Рисунок 4.1 – Схема рухомого вузла

Приймаємо систему координат та по розрахунковій схемі складаємо рівняння рівноваги рухомого вузла:

$$\begin{aligned}
 \sum X &= 0; Q - F_P - f(R_A + R_B + R_C) = 0; \\
 \sum Y &= 0; -F_T - R_B = 0; \\
 \sum Z &= 0; F_O - G + R_A + R_C = 0; \\
 \sum M_X &= 0; -R_C B_O + G Y_G + F_O Y_F + F_T Z_F = 0; \\
 \sum M_Y &= 0; F_P X_F + F_O Z_F + R_A X_A + R_C X_C + Q Z_Q = 0; \\
 \sum M_Z &= 0; -F_T X_F + F_P Y_F + Q Y_Q - f R_C B_O - f R_B B_O - R_B X_B = 0.
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

де F_T – окружна сила різання, Н;

F_O – осьова сила різання, Н;

F_p — радіальна сила різання, Н;

G — вага вузла, Н;

Q — тягове зусилля, Н;

R_A, R_B, R_C — реакції на робочих гранях направляючих, Н;

X_F, Y_F, Z_F — координати прикладення сил різання, м;

Y_G, Z_G — координати центра ваги, м;

Y_Q, Z_Q — координати прикладення тягової сили Q , м;

X_A, X_B, X_C — координати прикладення реакції на гранях, м;

f — коефіцієнт тертя на гранях направляючих матеріалу TurciteВ.

Розраховуються режими різання для знаходження складових сили різання.

Режими різання розраховуються для фрезерування деталі зі Сталі 45, торцевою фрезою с пластинами з твердого сплаву.

Вихідні данні: $D = 100\text{мм}$; $B = 50\text{мм}$; $Z = 10$; $t = 1.5\text{ мм}$; $S_m = 15000\text{мм/хв}$; $S_o = 2,5\text{ мм/об}$; $S_z = 0.25\text{ мм/зуб}$, $n_{\max} = 6000\text{ хв}^{-1}$.

Швидкість різання V , мм/хв, розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m x S_z^y B^u Z^p} K_v; \quad (4.2)$$

де C_v, m, x, y, u, p — коефіцієнт, показники ступеня;

T — стійкість інструмента, хв;

$C_v=332$, $q=0.2$, $m=0.2$, $x=0.1$, $y=0.4$, $u=0.2$, $p=0$ — для фрезерування торцевою фрезою заготовки з конструкційної сталі, інструментом з Т15К6, [20, с269, т.17];

$T=180$ — середнє значення стійкості при одноінструментній обробці, [20, с268];

K_v — поправочний коефіцієнт швидкості різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{pv} \quad (4.3)$$

де K_{nv} – коефіцієнт враховуючий стан заготовки;

K_{uv} – коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента.

$K_{nv}=1$ – для заготовки без корки, [20, с. 263, т. 5];

$K_{uv}=1$ – для ріжучого інструмента з T15K6, [20, с. 263, т. 6];

Коефіцієнт враховуючий оброблюваний матеріал K_{mv} , розраховується за формулою

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} \quad (4.4)$$

де K_r – Коефіцієнт для розрахунку оброблюваності сталі K_{mv} ;

n_v – показник ступеня для розрахунку оброблюваності сталі K_{mv} .

$K_r=1$; $n_v=1$ – для обробки заготовки із конструкційної сталі інструментом із T15K6, [20, с. 262, т. 2].

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{710} \right)^{0,9} = 1$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,25^{0,4} \cdot 50^{0,2} \cdot 10^0} 1 = 225,68;$$

Окружна сила різання P_z , Н, розраховується за формулою

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n Z}{D^q n^w}; \quad (4.5)$$

де C_p, x, y, n, q, w - коефіцієнт, показники ступеня;

$C_p=825, x=1, y=0,75, n=1,1, q=1,3, w=0,2$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,5^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 50^{1,1} \cdot 10}{100^{1,5} \cdot 6000^{0,2}} = 1426,38$$

Осьова та радіальна сила визначаються за [20, с292,т.42]

$$P_y = 0.4 \cdot 1426.38 = 570.55$$

$$P_x = 0.55 \cdot 1426.38 = 784.51$$

$$F_T = P_z = 1426,38 \text{ Н};$$

$$F_O = P_x = 784,51 \text{ Н};$$

$$F_P = P_y = 570,55 \text{ Н};$$

$$G = 2400 \text{ кг} = 23535,96 \text{ Н};$$

$$X_F = 350 \text{ мм} = 0,35 \text{ м};$$

$$Y_F = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м};$$

$$Z_F = 400 \text{ мм} = 0,4 \text{ м};$$

$$Y_G = 180 \text{ мм} = 0,18 \text{ м};$$

$$Z_G = 125 \text{ мм} = 0,125 \text{ м};$$

$$Y_Q = 157 \text{ мм} = 0,157 \text{ м};$$

$$Z_Q = 30 \text{ мм} = 0,03 \text{ м};$$

$$B_O = 465 \text{ мм} = 0,465 \text{ м};$$

$$f = 0,04.$$

Данная система має сім невідомих R_A , R_B , R_C , X_A , X_B , X_C , Q (система статично невизначена), але перші чотири рівняння дозволяють визначити реакції на гранях напрямних та тягове зусилля.

$$R_B = -F_T; \quad (4.6)$$

$$R_B = -1426,38, \text{ Н}$$

$$R_C = \frac{GY_G + F_O Y_F + F_T Z_F}{B_O}; \quad (4.7)$$

$$R_C = \frac{23535,96 \cdot 0,18 + 784,51 \cdot 0,12 + 1426,38 \cdot 0,4}{0,465} = 10540,14 \text{ Н};$$

$$R_A = -F_O + G - R_C; \quad (4.8)$$

$$R_A = -784,51 + 23535,96 - 10540,14 = 12211,3 \text{ Н};$$

$$Q = F_P + f(R_A + R_B + R_C); \quad (4.9)$$

$$Q = 570,55 + 0,04(12211,3 - 1426,38 + 10540,14) = 1423,553 \text{ Н};$$

По реакціям на гранях можливо оцінити величини середнього тиску

$$P_A = \frac{R_A}{a \cdot L}; \quad (4.10)$$

$$P_B = \frac{R_B}{b \cdot L}; \quad (4.11)$$

$$P_C = \frac{R_C}{c \cdot L}; \quad (4.12)$$

де a, b, c – ширина та висота напрямних;

L – довжина напрямної;

$$a = 0,1 \text{ м};$$

$$b = 0,045 \text{ м};$$

$$c = 0,1 \text{ м};$$

$$L = 0,81 \text{ м};$$

$$P_A = \frac{12211,3}{0,1 \cdot 0,81} = 150756,9 \text{ Па} = 0,15 \text{ МПа} = 1,538 \text{ кг/см}^2;$$

$$P_B = \frac{-1426,38}{0,045 \cdot 0,81} = -39132,5 \text{ Па} = -0,039 \text{ МПа} = 0,399 \text{ кг/см}^2;$$

$$P_C = \frac{10540,14}{0,1 \cdot 0,81} = 130125,2 \text{ Па} = 0,13 \text{ МПа} = 1,327 \text{ кг/см}^2;$$

Визначення максимальних значень тисків можливо після знаходження координат рівнодіючих реакцій X_A, X_B, X_C . Для цього до останніх двох рівнянь рівноваги складається додаткове рівняння переміщень, припускаючи, що момент зовнішніх сил відносно вісі $Y-Y$, рівний моменту від реакцій в напрямних

$$M_Y = F_P X_F + F_O Z_F = R_A X_A + R_C X_C, \quad (4.13)$$

розподіляється між двома напрямними пропорційно їх жорсткості, тобто пропорційно їх ширині,

$$\frac{R_A X_A}{R_C X_C} = \frac{a}{c}. \quad (4.14)$$

Тепер координати X_A , X_B , X_C знаходяться з рівняння 4.14 та останніх двох рівнянь рівноваги:

$$X_A = \frac{F_P X_F + F_O Z_F + Q Z_Q}{R_A (c/a + 1)}; \quad (4.15)$$

$$X_A = \frac{570,55 \cdot 0,35 + 784,51 \cdot 0,4 + 1432,55 \cdot 0,03}{12211,3 \cdot (0,1/0,1 + 1)} = 0,022;$$

$$X_C = \frac{F_P X_F + F_O Z_F + Q Z_Q}{R_C (c/a + 1)}; \quad (4.16)$$

$$X_C = \frac{570,55 \cdot 0,35 + 784,51 \cdot 0,4 + 1432,55 \cdot 0,03}{10540,14 \cdot (0,1/0,1 + 1)} = 0,026;$$

$$X_B = \frac{-F_T X_F + F_P Y_F + Q Y_Q - f R_C B_O - f R_B B_O}{R_B}; \quad (4.17)$$

$$X_B =$$

$$\frac{-1426,38 \cdot 0,35 + 570,55 \cdot 0,12 + 1432,55 \cdot 0,157 - 0,04 \cdot 10540,14 \cdot 0,465 - 0,04 \cdot (-1426,38) \cdot 0,465}{-1426,38} = 0,264.$$

Максимальний тиск на робочих гранях напрямних розраховується за формулою, що пов'язує тиски з рівнодіючою та координатою її прикладення:

$$P_{max_A} = \frac{R_A}{a \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6 X_A}{L}\right); \quad (4.18)$$

$$P_{max_B} = \frac{R_B}{b \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6 X_B}{L}\right); \quad (4.19)$$

$$P_{maxC} = \frac{R_C}{c \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6X_C}{L}\right); \quad (4.20)$$

$$P_{maxA} = \frac{12211,3}{0,1 \cdot 0,81} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,022}{0,81}\right) = 176189,1 \text{ Па} = 0,176 \text{ МПа};$$

$$P_{maxB} = \frac{-1426,38}{0,045 \cdot 0,81} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,264}{0,81}\right) = -115703 \text{ Па} = -0,11 \text{ МПа};$$

$$P_{maxC} = \frac{10540,14}{0,1 \cdot 0,81} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,026}{0,81}\right) = 155557,4 \text{ Па} = 0,15 \text{ МПа};$$

4.3 Розрахунок критичної швидкості напрямних

Напрявні рідинного тертя розраховуються за допустимим тиском та характеристиками тертя. Перший являється умовним розрахунком та дозволяє в умовній формі використати досвід конструювання верстатів. Другий розрахунок, оснований на вивченні механізму змішаного тертя, ведеться за критерієм максимального використання гідродинамічної під'ємної сили в умовах рідинного тертя.

Довговічність напрямних залежить від режиму тертя. Мінімальний знос напрямних спостерігається в режимі рідинного тертя, на який впливає швидкість відносного руху поверхонь.

Режим роботи напрямних може характеризуватись параметром

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + (L/B \cdot 3)^2}{L \cdot C_p} h_{кр}^2; \quad (4.21)$$

де L , B – довжина і ширина напрямної, мм;

$h_{кр}$ – критична товщина масляної плівки в зазорі, мм;

C_p – коефіцієнт що залежить від відношення h_2/h_1 ;

$L = 0,81 \text{ м} = 810 \text{ мм};$

$B = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм};$

$$h_{кр} = 0,0000008 \text{ м} = 0,0008 \text{ мм.}$$

Максимальне значення C_p , відповідає оптимальному значенню нахилу каретки $h_2/h_1=2,2$. Тоді $C_p=0,16$. [1, стр. 283]

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + (810/100 \cdot 3)^2}{810 \cdot 0,16} \cdot 0,0008^2 = 0,34;$$

Критична швидкість, за якої виникає гідравлічна підйомна сила розраховується за формулою

$$v_{кр} = \frac{\lambda_{кр} P_{сер}}{\mu}; \quad (4.22)$$

де μ – динамічна в'язкість мастила, сП;

$\mu=280$ сП, [3, стр. 286].

$$v_{кр} = \frac{0,34 \cdot 1,538}{280} = 0,0019 \text{ м/с.}$$

Для зниження критичної швидкості та поліпшення мащення, по всій довжині напрямних були зроблені зигзагоподібні канавки. Це дозволяє зменшити розрахункову довжину напрямних від 810 мм до 220 мм. Зменшення розрахункової довжини напрямних сприятиме виникненню гідродинамічної підйомної сили на менших швидкостях ковзання.

Режим роботи напрямних і критична швидкість розраховуються за формулою 4.21 та 4.22

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + (220/100 \cdot 3)^2}{220 \cdot 0,16} \cdot 0,0008^2 = 0,095;$$

$$v_{кр} = \frac{0,095 \cdot 1,538}{280} = 0,00052 \text{ м/с.}$$

Як показує розрахунок, використання поперечних канавок зменшує критичну швидкість майже в 4 рази.

4.4 Порівняння впливу різних пар тертя на їх довговічність

Довговічність напрямних залежить від критичної швидкості при якій виникає гідродинамічна підйомна сила. При рідинному терті знос напрямних майже відсутній, це підвищує довговічність напрямних.

Для порівняння матеріалу пар тертя напрямних обираємо пари чавун (СЧ 21-40) – чавун (СЧ 21-40), чавун (СЧ 21-40) – цинковий сплав (ЦАМ 10-5) та чавун (СЧ 21-40) – Turcite В.

Розрахунок пари тертя чавун (СЧ 21-40) – чавун (СЧ 21-40),

Характер роботи напрямних розраховується за формулою 4.21, де $h_{кр}=0,005$ мм.

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + \left(\frac{220}{100 \cdot 3}\right)^2}{220 \cdot 0,16} \cdot 0,005^2 = 3,718;$$

Критична швидкість розраховується за формулою 4.22

$$v_{кр} = \frac{3,718 \cdot 1,7792}{280} = 0,02 \text{ м/с.}$$

Розрахунок пари тертя чавун (СЧ 21-40)– цинковий сплав (ЦАМ 10-5). Коефіцієнт тертя на гранях направляючих $f = 0,15$.

Характер роботи напрямних розраховується за формулою 4.21, де $h_{кр}=0,004$ мм.

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + (220/100 \cdot 3)^2}{220 \cdot 0,16} \cdot 0,004^2 = 2,379;$$

Критична швидкість розраховується за формулою 4.22

$$v_{кр} = \frac{2,379 \cdot 1,538}{280} = 0,013 \text{ м/с.}$$

Рідинне тертя у пари чавун (СЧ 21-40) – Turcite В, виникає при критичній швидкості $v_{кр} = 0,00052 \text{ м/с}$, у пари чавун (СЧ 21-40) – цинковий сплав (ЦАМ 10-5) при $v_{кр} = 0,013 \text{ м/с}$, а у пари тертя чавун (СЧ 21-40) – чавун (СЧ 21-40) при $v_{кр} = 0,02 \text{ м/с}$. Довговічність пари тертя чавун (СЧ 21-40) – Turcite В буде значно вища ніж у інших.

Отже для виготовлення напрямних ковзання обираю матеріал TurciteВ, так як він має низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість, що забезпечує тривалий термін служби, гасить і поглинає вібрації, що підвищує довговічність різального інструмента.

4.5 Порівняння розмірів напрямних

Для вибору розмірів напрямних, порівнюються напрямні з шириною 60мм, 100 мм та 140 мм.

Основним критерієм у виборі розмірів є критична швидкість. Для порівняння розраховується середній тиск P_A , характер роботи і критична швидкість для напрямних $s = 0,06 \text{ м}$ за формулами 4.10, 4.21 та 4.22

$$P_A = \frac{12211,31}{0,06 \cdot 0,81} = 251261,5 \text{ Па} = 0,25 \text{ МПа} = 2,563 \text{ кг/см}^2;$$

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + (220/60 \cdot 3)^2}{220 \cdot 0,16} \cdot 0,0008^2 = 0,26;$$

$$v_{кр} = \frac{0,26 \cdot 2,563}{280} = 0,0023 \text{ м/с}$$

Розраховується середній тиск P_A , характер роботи і критичну швидкість для напрямних $c = 0,14$ м за формулою 4.10, 4.21 та 4.22

$$P_A = \frac{12211,31}{0,14 \cdot 0,81} = 107683,5 \text{ Па} = 0,107 \text{ МПа} = 1,098 \text{ кг/см}^2;$$

$$\lambda_{кр} = 1175 \cdot 10^2 \frac{1 + (220/140 \cdot 3)^2}{220 \cdot 0,16} \cdot 0,0008^2 = 0,049;$$

$$v_{кр} = \frac{0,049 \cdot 1,098}{280} = 0,00019 \text{ м/с}.$$

Розрахунки показують, що зі збільшенням ширини напрямних знижується значення критичної швидкості при якій буде виникати рідинне тертя.

Так, для напрямних з шириною $c = 0,06$ м, $v_{кр} = 0,0023$ м/с; $c = 0,1$ м, $v_{кр} = 0,00052$ м/с; $c = 0,14$ м, $v_{кр} = 0,00019$ м/с

Але для верстата середніх розмірів використання напрямних шириною більше 100 мм не доречно, з економічної точки зору, так як збільшаться витрати на матеріал для виготовлення напрямних, так і з точки зору зростання габаритів і маси елементів несучої системи.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Так як тема дипломного проекту - «Розробка конструкції багатоцільових верстатів з ЧПК з напрямними ковзання», передбачає проведення розрахунків у приміщенні (лабораторії) 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 (лабораторії) обладнаного візуальними дисплейними терміналами, у відповідності з методичними вказівками.

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

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;
- механічне травмування в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;
- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;
- довготривалий дискомфорт в умовах недостатньої фізичної активності сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;

- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів (далі ПК) з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
- підвищений рівень шуму, що створюється людьми, які працюють у приміщенні, призводить до їх роздратованості, втомленню;
- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Небезпека ураження електричним струмом при використанні цих приладів з'являється при недотриманні заходів обережності, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії,

роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». Приміщення відноситься до класу пожежонебезпечної зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения»

По способу захисту людини від ураження електричним струмом, обладнання належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом, що відповідає вимогам НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей».

У виробничих приміщеннях на робочих місцях за комп'ютером мають забезпечуватися оптимальні значення параметру мікроклімату: температури, відносної вологості й швидкості руху повітря відповідно ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86, ДСН 3.3.6.042-99.

Підтримувати оптимальний рівень легких позитивних і негативних аерофонів у повітрі на робочих місцях рекомендується за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів. В приміщенні можуть бути встановлені побутові кондиціонери.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для

виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра. Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» площа на одне робоче місце не менше 6м², а об'єм – не менше 20м³.

У зв'язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у працівників може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру.

Згідно рекомендаціям НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку. Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг необхідно передбачити перерви в роботі та виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу. Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ « Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та високий рівень працездатності.

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

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

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

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання відповідно до рекомендацій ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ВДТ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить: $n^+ = 1500-30000$ (шт. на 1см^3); $n^- = 3000-5000$ (шт. на 1см^3). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних

аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

Повітрообмін – процес заміни відпрацьованого і забрудненого повітря у виробничому приміщенні свіжим за допомогою природної і (або) механічної вентиляції. Величина обміну повітря, м/год, – один з головних показників, необхідних для проектування будь-якої з систем вентиляції виробничого приміщення. Обмін повітря повинен розраховуватись так, щоб концентрація шкідливостей (пари, гази, волога, пил або аерозолі та ін.) в приміщенні під час роботи вентиляції не перевищувала допустимих рівнів чи гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК деяких шкідливих речовин встановлюються згідно ГОСТ І2.1.005- 88 і ДСН 3.3.5.042 — 99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".

Внаслідок роботи за ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.д.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види виробів. Згідно з НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

Основними причинами недостатньої або нераціональної освітленості робочих місць є несправність або нераціональний вибір освітлювальних приладів. Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається

у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровій і загальній втомі.

У приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». 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.

Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я

працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо.

Для запобігання ризиків захворювання інфекційними хворобами підприємство чи окрема установа має індивідуальну програму забезпечення робітників належними умовами праці та впроваджує профілактичні заходи. Це можуть бути як сезонні (профілактичні) так і планові заходи. Плановими чи попередніми (при вступі на роботу) заходами можуть бути медичні огляди з урахуванням загальних протипоказань, індивідуальної чутливості, прогностичних ризиків розвитку захворювань. Сезонними заходами можуть бути проведення додаткових ін'єкцій чи оздоровчі програми для визначеної групи працівників що підлягають найбільшому впливу негативних факторів виробництва. Додатковими заходами попередження захворюваності є навчання адміністрації та працівників організацій (підприємств) основам медичних знань, способам збереження здоров'я на робочому місці; нормалізація санітарно-гігієнічних і психофізіологічних умов праці; залучення працівників до занять фізичною культурою, туризмом і спортом, підвищення доступності цих видів оздоровлення;

У разі виявлення алергічних реакцій у робітників на визначені матеріали меблів (ДСП,ДВП, МДФ, ратан, бамбук, пластмаса) необхідно мінімізувати перебування працівників у приміщенні де знаходиться подразник. Необхідно забезпечити регулярне провітрювання для нейтралізації алергічних подразників і ретельно дотримуватись санітарних норм. Працівник може власноруч за необхідності обробити робочу панель комп'ютера чи стола вологою ганчіркою та провітрити робочу кімнату. За можливості встановити сучасну систему кондиціонування та зволоження повітря. Якщо віддалення робітника від подразника неможливе можна меблі що іонізують шкідливі речовини та є подразниками обгорнути плівкою для мінімізації розповсюдження алергічного запаху.

5.4 Вплив вібрацій на організм людини

Підвищений рівень вібрацій - це фізично небезпечний та шкідливий виробничий фактор, згідно з ГОСТ 12.0.003-74(1999).

Основними параметрами, що характеризують вібрацію, є: частота/ (Гц); амплітуда зсуву A (м) (розмір найбільшого відхилення точки, що коливається, від положення рівноваги); коливальна швидкість v (м/с); коливальне прискорення a (м/с²).

Вібрація - загальнобіологічний шкідливий чинник, що призводить до фахових захворювань - віброзахворювань, лікування котрих можливо тільки на ранніх стадіях. Хвороба супроводжується стійкими порушеннями в організмі людини (опорно-руховий апарат, необоротні зміни в кістках і суглобах, зсуви в черевній порожнині, нервово-психічній сфері). Людина частково або цілком утрачає працездатність. По способі передачі на людину вібрація підрозділяється на загальну і локальну. Загальна - діє через опорні поверхні ніг на весь організм у цілому. Локальна - на окремі ділянки тіла. Загальну поділяють по характері передачі на: транспортну(при прямованні машин); транспортно-технологічну (при виконанні роботи машиною прямовання: кран, бульдозер); технологічну (при роботі механізмів і людина знаходиться поруч).

Часто вібрації супроводжуються почутим шумом.

Вібрація впливає на

- центральну нервову систему
- шлунково-кишковий тракт
- вестибулярний апарат
- викликає запаморочення, оніміння кінцівок
- захворювання суглобів

Тривалий вплив вібрації викликає фахове захворювання — вібраційну хворобу.

Розрізняють загальну і локальну вібрації. Локальна вібрація зумовлена коливаннями інструмента й устаткування, що передаються до окремих частин тіла. При загальній вібрації коливання передаються всьому тілу від механізмів через підлогу, сидіння або робочий майданчик. Найбільш небезпечна частота загальної вібрації 6—9 Гц, оскільки вона збігається з власною частотою коливань внутрішніх органів людини. В результаті цього може виникнути резонанс, це призводить до переміщень і механічних ушкоджень внутрішніх органів. Резонансна частота серця, живота і грудної клітки — 5 Гц, голови — 20 Гц, центральної нервової системи — 250 Гц. Частоти сидячих людей становлять від 3 до 8 Гц.

Взагалі потрібно кілька років для змін у здоров'ї, спричинених виниклою загальною вібрацією. Тому важливо, щоб вимірювання впливу були репрезентативними для всього періоду впливу.

Збільшення тривалості (протягом робочого дня чи щодня протягом років) та інтенсивності вібрації має на увазі збільшення дози вібрації і припускає підвищення ризику в той час, як періоди відпочинку можуть знизити ризик.

Засоби та заходи боротьби з вібрацією.

У автоматизованих виробництвах засобом боротьби є дистанційне керування (виключає контакт) відповідним технологічним процесом. А у неавтоматизованих виробництвах використовують такі засоби та заходи:

- 1 Зниження вібрації в джерелах їх виникнень;
- 2 Відстройка від режимів резонансу (збільшення жорсткості системи);
- 3 Вібродемпфірування - являє собою зменшення амплітуди коливань деталей машин (в основному кожухів, сидінь майданчиків для ніг) внаслідок нанесення на них шару упруговязких матеріалів (гуми, пластиків, мастик і т.п.).

4 Віброгасіння досягається збільшенням маси вібруючого агрегату за рахунок установки його на жорсткі масивні фундаменти (з амплітудою коливання не більше 0,1 - 0,2 мм, а для особливо відповідальних споруд -

0,005 мм) або на масивні плити, а також збільшенням жорсткості системи шляхом введення в конструкцію додаткових ребер жорсткості;

5 Віб्रोізоляція послаблює передачу коливань від джерела на підставу, робочий майданчик, сидіння і т.п. за рахунок усунення між ними жорстких зв'язків і встановлення пружних елементів (віброізоляторів). Як віброізолятори застосовують сталеві пружини або ресори, прокладки з гуми, а також гумовометалеві, пружинно пластмасові та пневмогумові конструкції, що використовують пружні властивості повітря.

Із засобів індивідуального захисту використовуються спеціальне взуття та засоби захисту рук з позначенням МВ за ГОСТ 12.4.103-83.

До засобів захисту рук вимоги висуваються за ГОСТ 12.4.002-97, до засобів захисту ніг, за ГОСТ 12.4.024-76.

Поліпшення організації праці вібронебезпечних процесів:

- загальна кількість робочого часу в контакті з віброобладнанням не повинна перевищувати зміни;
- одноразова дія не повинна перевищувати для локальної - 20 хвилин, для загальної - 40 хвилин.

До лікувально - профілактичних заходів відносяться: масаж; заходи, що загально укріплюють організм; гідропроцедури. Вібрація має властивість кумуляції (накопичення в організмі).

Санітарні норми розповсюджуються на загальну та локальну вібрацію, яка впливає на людину в період її роботи, за винятком робіт на залізничному водному і повітряному транспорті.

Критерії шкідливого впливу вібрацій на людину в процесі роботи встановлюються санітарними нормами, правилами та іншими нормативними документами.

Критерії несприятливого впливу вібрацій:

- критерій безпеки, що забезпечує непорушення здоров'я оператора, що оцінюється за об'єктивними показниками з урахуванням ризику виникнення передбачених медичної класифікацією професійної хвороби і патологій, а

також виключає можливість виникнення травмонебезпечних або аварійних ситуацій через вплив вібрації;

- критерій межі зниження продуктивності праці, що забезпечує підтримку нормативної продуктивності праці оператора, не знижується через розвиток втоми під впливом вібрації;

- критерій комфорту, що забезпечує оператору відчуття комфортності умов праці при повній відсутності заважає дії вібрації.

Показники вібраційного навантаження на людину повинні формуватися з наступних параметрів:

- віброприскорення (віброшвидкість);
- діапазон частот;
- час впливу вібрації.

Нормування вібрацій визначається їх нормативними характеристиками.

Нормативними характеристиками, що служать для оцінки впливу вібрацій на людину є:

Середньоквадратичні значення віброшвидкості і віброприскорення та їхні показники. Понад 10 Гц - нормуються V_t і w_t . Менше 10 - L_w L_v .

По способу передачі на людину вібрація вимірюється в 3 ортогональних осях: x, y, z. Нормування здійснюється в різних інтервалах частот:

Для загальної вібрації - 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Гц

Для локальної - 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Для вимірювання сили вібрації використовують різні прилади і в тому числі віброскоп.

Нормованими показниками вібраційного навантаження на людину на робочих місцях в процесі роботи є одночислові параметри або спектр вібрації, встановлені санітарними нормами.

У виробничих умовах припустимий рівень вібрацій регламентується відповідними нормативними документами.

Зниження впливу шуму і вібрації на організм людини досягається такими методами: .

- зменшенням шуму і вібрації у джерелах їхнього утворення;
- ізоляцією джерел шуму і вібрації засобами звуко- і віброізоляції;
- звуко- і вібропоглинання;
- архітектурно-планувальними рішеннями, що передбачають раціональне розміщення технологічного устаткування, машин і механізмів;
- акустичним опрацюванням помешкань; застосуванням засобів індивідуального захисту.

Норму вібраційного навантаження на людину встановлюють для тривалості 8 ч, відповідної тривалості робочої зміни, в залежності від тимчасової структури робочої зміни.

Оцінка вібраційної безпеки праці повинна проводитися на робочих місцях конкретного виробництва при виконанні реальної технологічної операції або типового технологічного процесу.

Вимоги щодо обмеження несприятливого впливу вібрації на оператора, встановлені на основі санітарних норм та інших документів, наведені в додатку 5 ГОСТ 12.1.012-90.

При проектуванні і будівництві будівель і промислових об'єктів, інших елементів виробничого середовища, а також розробці технологічних процесів повинні бути використані методи, що знижують вібрацію на шляхах її поширення від джерела збудження, по ГОСТ 26568.

При проектуванні технологічних процесів і виробничих будівель і споруд повинні бути:

- обрані машини з найменшою вібрацією;
- зафіксовані робочі місця (зони), на яких працюють можуть піддаватися впливу вібрації;
- визначені вимоги віробезпечного по санітарним нормам з урахуванням тимчасових обмежень впливу вібрації, закладених в технологічний процес і зафіксованих у проектній документації;

- розроблені схеми розміщення машин з урахуванням створення мінімальних рівнів вібрації на робочих місцях;
- проведена і вказана в проектно-технологічній документації оцінка очікуваної вібраційного навантаження на оператора;
- обрані будівельні рішення підстав і перекриттів, що забезпечують виконання вимог вібраційної безпеки праці;
- обрані і розраховані необхідні кошти віброзахисту для машин або робочих місць, що забезпечують разом з будівельними рішеннями виконання вимог вібробезпечного праці.

Контроль вібрації повинен здійснюватися:

- на робочих місцях в процесі виробництва - для оцінки вібраційної безпеки праці;
- при контролі якості машин і технічного стану експлуатованих машин і устаткування - для оцінки їх вібробезпечного.

При контролі вібрації повинен бути визначений показник перевищення вібраційного навантаження на оператора.

Вібровимірювальна апаратура повинна відповідати вимогам ГОСТ 12.4.012 і мати діюче свідоцтво про перевірку.

Контроль вібрації проводять в точках, для яких встановлені санітарні та технічні норми в напрямках координатних осей, встановлених цим стандартом.

5.5 Заходи з пожежної безпеки

Горіння – це процес окислення, який супроводжується інтенсивним виділенням тепла і променевої енергії.

Горіння виникає, коли є горюча речовина, окисник та джерело запалювання. Окисником може бути кисень повітря, бертолетова сіль,

пероксид натрію, азотна кислота, хлор, фтор, бром, оксиди азоту тощо. 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 по за 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, ломы, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись 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 з горінням 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 не займистих речовин і матеріалів 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 вуглекислотних 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 ДПП-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.

5.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Для оцінки стану стійкості роботи об'єкта промисловості проводиться спеціальне дослідження. Воно зводиться до всебічного вивчення умов, які можуть виникнути в різних надзвичайних ситуаціях, і у визначенні їх впливу на виробничу діяльність.

Мета дослідження полягає в тому, щоб виявити вразливі місця в роботі об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій і виробити найбільш ефективні рекомендації, направлені на підвищення його стійкості.

Дослідження проводиться силами інженерно-технічного складу підприємства із залученням фахівців науково дослідницьких і проектних організацій. Організатором і керівником дослідження є керівник підприємства - начальник ЦО об'єкта.

Весь процес планування і проведення дослідження ділиться на три етапи: перший етап - підготовчий, другий - оцінка стійкості роботи об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій, третій - розробка заходів, що підвищують стійкість роботи об'єкта.

На першому етапі розробляються керівні документи, визначається склад учасників дослідження і організується їх підготовка. Основними документами для організації дослідження є: наказ керівника підприємства, календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження, план проведення дослідження.

Тривалість дослідження залежить від об'єму робіт, підготовки учасників, що залучається для роботи, і може становити 2 - 3 місяці.

Для проведення дослідження створюються дослідницькі групи з основних напрямів дослідження в кількості 5 - 10 чоловік і група керівника дослідження на чолі з головним інженером для узагальнення отриманих результатів і вироблення загальних пропозицій по підвищенню стійкості роботи підприємства. У підготовчий період з керівниками дослідницьких

груп проводиться спеціальне заняття, на якому керівник підприємства доводить до виконавців план роботи, ставить задачу кожній групі і визначає терміни проведення дослідження.

На другому етапі проводиться оцінка стійкості роботи об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій.

У ході дослідження оцінюються умови захисту робітників і службовців, стійкість інженерно-технічного комплексу до впливу різних вражаючих чинників, визначається характер можливих поразок, вивчається стійкість системи постачання і кооперативних зв'язків об'єкта з підприємствами - постачальниками і споживачами, виявляються вразливі місця в системі управління виробництвом і ЦО.

Кожна група фахівців оцінює стійкість певних елементів виробничого комплексу, проводить необхідні розрахунки, робить висновки і готує пропозиції по підвищенню стійкості.

На третьому етапі підводяться підсумки проведених досліджень. Групи фахівців із результатів досліджень готують доповіді, у яких подають висновки і пропозиції по захисту робітників та службовців і підвищенню стійкості оцінюваних елементів виробництва. До доповідей додаються необхідні таблиці, схеми, плани.

Група керівника дослідження на підставі доповідей груп фахівців складає узагальнену доповідь, до якої належать: можливості захисту робітників, службовців та членів їхніх родин і захисних споруджень на об'єкті і в заміській зоні; загальна оцінка стійкості об'єкта, найбільш уразливі ділянки виробництва; практичні заходи, які необхідно виконати, у мирний час і в період загрози нападу для підвищення стійкості роботи об'єкта у воєнний час, обсяг і вартість робіт; порядок і орієнтовані терміни проведення відбудовних робіт при різних ступенях руйнувань. За результатами дослідження, після попереднього обговорення його підсумків, група керівника розробляє план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта у воєнний час. У плані намічаються заходи щодо підвищення

стійкості об'єкта. Визначається вартість проведення в життя заходів, джерела фінансування, сили і засоби, необхідні матеріали, терміни виконання і відповідальні особи за виконання. План заходів, проведених силами об'єкта, затверджується керівником підприємства – начальником ЦО.

Правильність проведених розрахунків і реальність вироблених пропозицій і рекомендацій перевіряються на спеціальному навчанні тривалістю 2 - 3 доби, проведеному під керівництвом начальника ЦО об'єкта чи старшого начальника.

Дослідження стійкості повинне вестися творчо з урахуванням специфічних особливостей виробництва. Від підсумків дослідження залежить планування і проведення в життя економічно обґрунтованих заходів ЦО, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкта народного господарства.

Підвищення стійкості роботи об'єкта народного господарства є складною задачею, що вимагає великих матеріальних витрат і постійної уваги з боку всіх органів ЦО.

Заходи щодо підвищення стійкості роботи об'єкта народного господарства в умовах воєнного часу проводяться як у мирний час, воєнний час так і при погрозі нападу супротивника.

На мирний час плануються, головним чином, трудомісткі заходи, що вимагають значних матеріальних витрат і часу. Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їхньому максимальному ув'язуванні з задачами по забезпеченню безаварійної роботи об'єкта, поліпшенню умов праці, удосконалюванню виробничого процесу.

На період загрози нападу супротивника плануються заходи, що можуть бути легко реалізовані чи виконання яких, у мирний час недоцільне і навіть неможливе.

Захист систем електропостачання, газопостачання, водопостачання. Захист основних систем життєзабезпечення від ударної хвилі здійснюється:

- заглибленням комунально-енергетичних мереж;

- створенням резервних джерел постачання електрикою, газом, водою;
- установкою запірно-регулюючих пристосувань;
- подача енергоносіїв із різних напрямків (не менш двох);
- пристрій роздільних систем.

Впливу світлового випромінювання піддаються всі елементи інженерно-технічного комплексу промислового об'єкта. Тому для захисту об'єкта від світлового випромінювання проводяться визначені заходи.

Для підвищення протипожежної стійкості на промислових об'єктах проводяться профілактичні заходи як для запобігання пожеж, так і для створень умов, що утрудняють поширення вогню і полегшують боротьбу з ним у вогнищах виникнення. Це забезпечується шляхом: підвищення вогнестійкості різних конструкцій (особливо дерев'яних); створенням мережі водойм на території об'єктів устаткування під'їздів до рік, озер, ставків; створення площадок для пожежної техніки; захист у відкритих технологічних установок; зменшення на виробництві до технологічно обґрунтованого мінімуму легкозаймистих матеріалів; зміною технологій, що виключають застосування вогнебезпечних і вибухонебезпечних речовин; застосування автоматичних ліній засобів гасіння пожеж; усунення умов, що створюють вибухові суміші в будинках; пристрій аварійних заглиблених ємностей для швидкого зливу з технологічного устаткування пальних рідин.

Для підприємств, виробнича діяльність яких у воєнний час може продовжуватися в умовах впливу радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження, проводяться такі захисні заходи:

- герметизація основних виробничих будинків і споруджень;
- установка фільтрів-поглиначів у систему приточно-витяжної вентиляції;
- установка герметичних засувки у системі вентиляції;
- підготовка пристроїв по знезаражуванню води;
- створення запасів дезактивуючих, що дегазують і дезінфікують речовини, підготовка технічних засобів;

- розробка можливих режимів захисту робітників та службовців в умовах радіоактивного зараження;
- забезпечення усього виробничого персоналу засобами індивідуального захисту.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті був проведений аналіз різних типів напрямних, з точки зору зносостійкості, довговічності, зменшення коефіцієнту тертя та на здатність напрямних гасити коливання.

1 Проведений порівняльний аналіз напрямних ковзання та кочення. Одними з головних критеріїв вибору було забезпечення високої жорсткості, гарні демпфуюча властивості при великих швидкостях.

2 Проаналізовані матеріали напрямних ковзання з погляду зносостійкості, коефіцієнту тертя, залежності коефіцієнту тертя від швидкості відносного ковзання. Для багатоцільових та фрезерних верстатів з ЧПУ середніх та великих розмірів доцільним є використання напрямних ковзання зі збільшеною шириною робочих граней з покриттям полімерними антифрикційними матеріалами.

3 Проведений аналіз демпфуючої здатності матеріалів які використовуються для виготовлення напрямних ковзання, демпфування стиків та демпфуюча здатність масляного шару.

4 Виконаний розрахунок розподілу тиску на гранях напрямних та розраховані критичні швидкості в залежності від пари тертя. Обрані розміри напрямних які забезпечують роботу напрямних в режимі рідинного тертя. А використання полімерних матеріалів и канавок дає можливість знизити критичну швидкість від 0,02м/с, до 0,00052м/с.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Коллектив авторов под ред. д-ра техн. наук Д.Н. Решетова. Детали и механизмы металлорежущих станков, т.1. М., “Машиностроение”, 1972, стр. 664.
- 2 Амбаров В. А. Износостойкость направляющих металлорежущих станков. «Станки и инструмент», 1951, № 1.
- 3 В.М. Зуев «Термическая обработка металлов» М. Высшая школа 1986 г.
- 4 Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техника, 1970 г.
- 5 Гидроабразивный износ металлов при кавитации [Текст] / С. П. Козырев, канд. техн. наук. - Москва : Машиностроение, 1964. - 139 с. : ил.; 22 см.
- 6 Коцюбинский О. Ю., Сысоев СИ., Герчиков А. М., Семенов В. Н. и Челушкин А. С. Выбор марок чугунов для изготовления базовых станочных деталей. «Станки и инструмент», 1963, № 10.
- 7 Тененбаум М.М., Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин при абразивном изнашивании, М., 1966.
- 8 Митрович В.П. и Фомичева М.К. Влияние твердости на износостойкость чугунных корпусных деталей шлифовальных станков. «Станки и инструмент», 1966, № 2.
- 9 Соболев Л.А. Повышение долговечности направляющих металлорежущих станков путем их металлизации. «Станки и -инструмент», 1967, № 3.
- 10 Гаркунов. Д.Н. Триботехника (износ и безизносность): учебник / Д.Н. Гаркунов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МСХА, 2001. – 616 с.
- 11 «Machinery» (Engl.), 10, № 2697, 1964.
- 12 «Metalworking Production», vol.104, № 36, 1960.

13 Raymond L. W. Can chrome plate solve way wear problems.«MetalworkingProduction», vol.101, № 39, 1957.

14 Пластмассы в машиностроении: Сборник статей/Под ред. А.С. Проников. – М.: «Машиностроение», 1964, стр 344.

15 Turcite® В Slydway® TechnicalData/Trelleborg, SealingSolution. – 2005, p. 15.

16 Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов: Справочник. – Киев: Наукова Думка, 1971. – 375с.

17 Демпфирование колебаний деформируемых тел./Под ред. В.В. Матвеева. 0 Киев: Наук. думка, 1985, стр.264.

18 Кедров С.С. Колебания метало­ре­жу­щих стан­ков.– М.: «Машиностроение», 1978. -199 с.

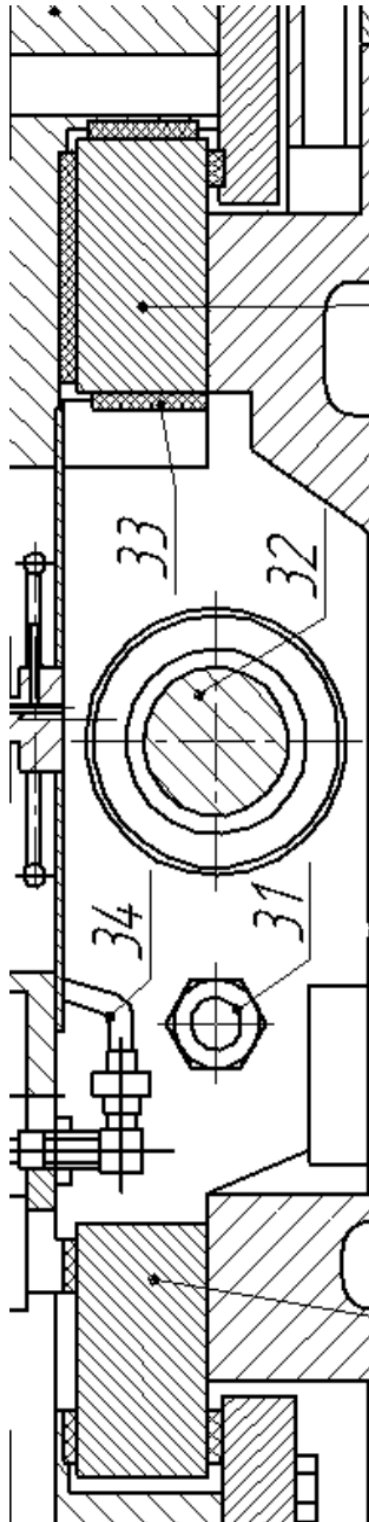
19 Бушуев В.В. гидростатическая смазка в станках. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1989. -176 с.

20 Справочник технолога-машиностроителя, в 2-х томах, том 1 / под ред. А.Г. Косиловой, – М.: “Машиностроение”, 1985г. – 496 с.

21 Металорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/Под ред. В.Э. Пуша. – М.: «Машиностроение», 1985, стр. 256.

ДОДАТОК А

Схема напрямних ковзання



ДОДАТОК Б

Схема напрямних кочення

