

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

“Експлуатація та обслуговування верстатів”

для здобувачів освіти
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти,

спеціальності G11 Машинобудування,
усіх освітніх програм та форм навчання

Конспект лекцій з дисципліни «Експлуатація та обслуговування верстатів» для здобувачів освіти за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, спеціальності G11 Машинобудування усіх освітніх програм та форм навчання / Укл.: С.В. Танченко, В.С. Штанкевич – НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 89 с.

Укладач: С.В. Танченко, ст. викладач

Рецензент: В.В. Солоха, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: В.П. Загородній зав. лаб.

Затверджено на засіданні кафедри
“Металорізальні верстати та інструмент”
Протокол № 5.
від “19” 11 2025

Рекомендовано
до видання НМК
Машинобудівного факультету
Протокол № 4.
від “09” 12 2025

ЗМІСТ

С.

Лекція 1. Основні поняття з експлуатації та надійності обладнання....	4
Лекція 2. Установлення верстатів.....	11
Лекція 3. Розміщення верстатів на фундаментах.....	20
Лекція 4. Віброізоляція верстатів.....	29
Лекція 5. Регулювання верстатів.....	33
Лекція 6. Мащення верстатів.....	37
Лекція 7. Зношування деталей.....	53
Лекція 8. Організація ремонту.....	57
Лекція 9. Ремонтоскладність обладнання. Підготовка робіт з технічного обслуговування і ремонту.....	66
Лекція 10. Зміст типових ремонтних робіт.....	71
Лекція 11. Складання верстатів після ремонту. Приймання й випробування верстатів.....	78
Лекція 12 способи виявлення дефектів і відновлення деталей.....	81
Лекція 13. Методи утилізації металорізальних верстатів та нормативне забезпечення процесу.....	84
Рекомендована література.....	89

ЛЕКЦІЯ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ

Періоди експлуатації обладнання.

Ефективне використання в робочих умовах технічних можливостей верстатів і збереження характеристик на протязі тривалого часу пов'язані з раціональними методами експлуатації та обслуговування. Основним завданням правильної експлуатації є одержання від верстата найбільшої продуктивності за умов збереження його точності, надійності та довговічності.

Експлуатація машини це складний процес, який складається з різних періодів, під час яких працездатність машини або зменшується або відновлюється.

Під експлуатацією обладнання розуміють весь термін його існування від випуску заводом виробником до зняття з експлуатації, який може складатись з окремих періодів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Періоди експлуатації обладнання

Період експлуатації	Працездатність машини
I. Простої машини Консервація та зберігання Транспортування Перевірка працездатності (діагностика) або наладка (очікування роботи або ремонту) Простої (підготовка до роботи)	Як правило змінюється не суттєво
II. Робота машини Робота на нормальних режимах і умовах експлуатації Робота на підвищених режимах Робота на знижених режимах Робота під час перевірок і випробувань	Знижується
III. Ремонт машини Планові періодичні ремонти Технічне обслуговування Аварійні ремонти	Відновлюється

Для різних машин в залежності від їх призначення характерні

визначені поєднання перерахованих періодів і різна їх тривалість.

Так для технологічного обладнання консервація і транспортування характерні лише в початковий період експлуатації. Основними під час експлуатації будуть періоди роботи і періодичних простоїв в ремонті, а також простої в разі неповного використання машини.

Характер експлуатації обладнання визначає вибір системи ремонту, яка повинна так встановити структуру ремонтного циклу, щоб за найменших витрат часу і засобів, тобто за мінімальних ремонтних витрат, забезпечити підтримання обладнання в працездатному стані.

Крім того, характер роботи машини в часі визначає період, на протязі якого слід оцінювати його безвідмовність: для металорізальних верстатів це час між плановими ремонтами.

Спектри експлуатаційних навантажень.

Розсіювання навантажень, швидкостей, температур, вологості, запиленості і інших показників середовища, в якому експлуатується машина, є основною причиною випадкового характеру процесу зміни вихідних параметрів. Верстатне обладнання, яке експлуатується в стаціонарних заводських умовах, тим не менше часто сприймає різноманітні навантаження, піддається впливу від сусідніх машин і агрегатів.

Спектри експлуатаційних навантажень для різних машин і їх елементів подають зазвичай у вигляді кривих густини імовірності для відповідного фактора. Наприклад, дослідження розподілу потужності на шпинделі токарних верстатів (рис.1а) показує значну нерівномірність в завантаженні верстатів і мале використання максимально допустимих навантажень. Аналогічна картина спостерігається і в аналізі розподілу частоти обертання шпинделя універсальних верстатів (рис.1.1б). Ці закономірності можуть бути описані законом Релея, логарифмічно-нормальним або іншим асиметричним законом розподілу.

Для оцінки навантажень, що діють на машину, звичайно враховують взаємодію зовнішніх факторів з динамікою машини, яка сприймаючи їх, може підсилювати або ослаблювати зовнішню дію. Так, для механічних навантажень на машину характерна наявність резонансних зон з підвищеними значеннями амплітуд і, відповідно,

напружень в коливальних процесах пружної системи.

Для оцінки навантажень, що діють на машину, звичайно враховують взаємодію зовнішніх факторів з динамікою машини, яка сприймаючи їх, може підсилювати або ослаблювати зовнішню дію. Так, для механічних навантажень на машину характерна наявність резонансних зон з підвищеними значеннями амплітуд і, відповідно, напружень в коливальних процесах пружної системи. Необхідно враховувати, що потенційні можливості машини в досягненні найбільших швидкостей, навантажень, потужностей то що можуть в визначеному поєднанні призвести до недопустимих режимів їх роботи. Наприклад, під час роботи прецизійних поступальних пар тертя (столів, супортів, повзунів), які працюють на низьких швидкостях, сили тертя, що виникають в парі, можуть призвести до виникнення релаксаційних коливань, внаслідок чого робота механізму буде нестійкою.

За даних характеристик фрикційного контакту на перехід в область нестійкого тертя переважно впливає жорсткість приводу C і швидкість руху V .

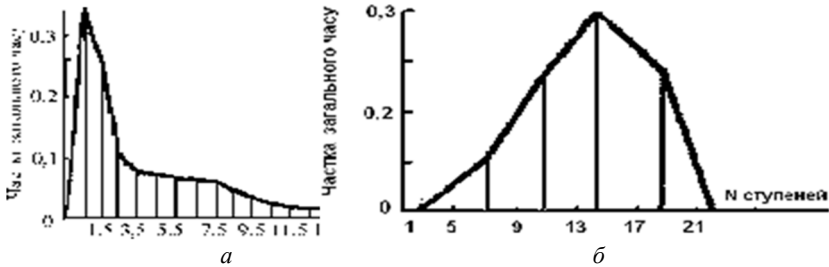


Рисунок 1.1.- Розсіювання режимів експлуатації верстатів.

Їх граничні значення $V_{зр}$ та $C_{зр}$ визначають запас стійкості $K_c > 1$ за кожним з цих параметрів $V/V_{зр}$ і $C/C_{зр}$ для вибраних режимів роботи механізму.

Граничні значення $V_{зр}$ та $C_{зр}$, в свою чергу, залежать від характеристик сил тертя і, в першу чергу, від різниці статичного та динамічного коефіцієнтів тертя і залежності, яка пов'язує статичну силу тертя з тривалістю контакту.

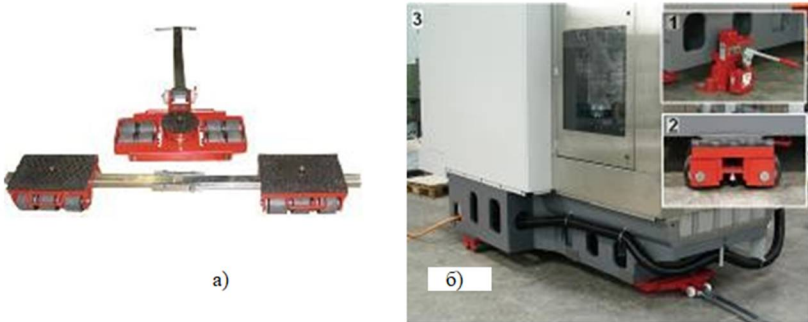
До завдання визначення спектру експлуатаційних навантажень входить також оцінка умов, в яких протікає робота машини, і які

суттєво впливають на інтенсивність процесу старіння.

Транспортування верстатів та підготовка до роботи.

Верстати транспортуються як територією заводу під час одержання, так і в цеху.

Транспортувати верстати можна підйомним краном, автотранспортом, транспортним засобом у вигляді броньованих роликів. Транспортування транспортним засобом у вигляді броньованих роликів (рис.1.2) прийнятне лише на короткі дистанції на рівних поверхнях. Верстат піднімається гідравлічним підйомником (поз.1 рис.1.2б), демонтуються транспортувальні балки ззаду і спереду.



а – броньовані ролики; б – підготовка та транспортування верстата
Рисунок 1.2 - Транспортування верстата транспортним засобом у вигляді броньованих

Броньовані ролики за допомогою гідравлічного підйомника розміщують згідно зі схемою транспортування (поз.2 рис.1.2б) і обережно транспортують.

Переміщувати верстати цехом можна волоком, на листі або на спеціальному візку. Інколи транспортування верстатів може здійснюватись на сталевих котках $\varnothing 60 - 70$ мм вручну, або за допомогою лебідок.

Транспортування обладнання класів В, А і С, а також верстатів з ЧПК всіх класів на металевому листі можна допускати лише в приміщеннях з рівною, чистою підлогою, з метою запобігання втрати ними точності внаслідок струсів та поштовхів.

Транспортуючи обладнання підйомним краном, необхідно перш за все перевірити відповідність вантажопідйомності крана вазі

верстата. Вантажопідйомність підйомного крана повинна бути більше ваги верстата.

Спосіб стропування верстата канатами приділяється серйозна увага, що уникнути пошкоджень верстата та нещасних випадків з людьми. В разі підвішування обладнання особлива увага має приділятися вірному урівноваженню його. Під час підйому верстата для стропування використовують міцні виступаючі частини верстата, ломик, пропущений через спеціальні отвори в станині або основі, або передбачені для цього приливки, спеціальні рими чи крюки, в відповідності з паспортними даними верстата.

Для транспортування підйомним краном (рис. 1.3) використовується комплектний підвісний пристрій, що складається з вантажного траверса (двогаврової балки) 1, підйомних пасів 2, а також приладдя: транспортувальних поперечок 3 та транспортувальних балок 5. Транспортувальні поперечки повинні фіксуватися стопорними кільцями 4 проти бокового сповзання. Вантажний траверс повинен позиціонувати через центр верстата.



Рисунок 1.3 - Транспортування верстата підйомним краном

Обладнання, упаковане в ящик, забороняється піднімати за кришку. Ящик повинен бути підвішений на тросах, що підводяться під кінці полозків ящика.

Розпакування обладнання слід виконувати в відповідності з

вказівками заводу-виробника. Малогабаритне легке обладнання можна розпаковувати вручну. Для розпаковки крупногабаритних, середніх і важких машин в більшості випадків слід використовувати кран. Під час підйому вгору кришки з бічними стінками ящика необхідно слідкувати за тим, щоб не пошкодити виступаючі частини обладнання. Стропування обладнання тросами повинне виключати можливість пошкодження фарбування обладнання або деформації виступаючих частин. В місцях дотикання тросів з поверхнями обладнання необхідно прокладати захисні валки з тканини. Кут між тросами має бути не більшим 30° .

При розкритті упаковки необхідно звертати особливу увагу на те, щоб полімерна плівка і антикорозійний папір, якими запаковано обладнання, видалялися тільки після досягнення обладнанням кімнатної температури (приблизно через 48 годин), оскільки в іншому випадку існує небезпека виникнення корозії від конденсаційної вологи.

В ході монтажу вузлів обладнання, що доставляється в розібраному вигляді, їх звільняють від захисного антикорозійного покриття – мастильного матеріалу або спеціального бітуму. Захисний шар видаляють чистим бензином або гасом за допомогою технічних серветок. Після ретельного очищення і промивання деталей на оброблені поверхні наносять тонкий шар мастила.

Обладнання, яке надходить в зібраному вигляді, звільняється від антикорозійного покриття після закінчення механічного і електричного монтажу. До видалення покриття переміщення рухомих частин обладнання не дозволяється.

Після закінчення монтажу обладнання оглядають. Необхідно переконатись, що всі картери і резервуари чисті і заповнити їх маслом, так само як і всі індивідуальні місця мащення, відповідно до схеми і карти мащення.

Облаштування робочих приміщень

Тривале збереження технологічним обладнанням початкових технологічних показників можливе лише в разі встановлення його в закритих опалюваних приміщеннях, які забезпечують:

- захист від атмосферних опадів;
- захист від зовнішніх джерел запилення повітря;
- підтримання вологості повітря в межах:
- 40-75% за температури нижче 24°C ;

- 40-60% за температури нижче 28⁰С;
- 40-55% за температури вище 28⁰С;
- відсутність в повітрі агресивних газів (допускаються лише сліди газоподібних кислот та лугів).

Верстати класів Н і П можна встановлювати в загальних приміщеннях. Верстати, що працюють абразивним інструментом, та верстати, на яких обробляють матеріали, що пилять (наприклад чавун) для захисту повітря від забруднення абразивним та металевим пилом, повинні обладнуватись відсмоктуючими пристроями.

Верстати класів В, А і С мають встановлюватися лише в ізольованих приміщеннях. Неприпустимо встановлення верстатів цих класів, що працюють абразивним інструментом, разом з верстатами інших типів (координатно-розточувальними, токарними та іншими).

Припливна вентиляція приміщень, в яких встановлені верстати класів В, А і С, повинна обладнуватись пристроями для підігрівання повітря. Нормальна температура приміщень 20⁰С.

Допустимі коливання температури наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.– Допустимі коливання температури в виробничих приміщеннях.

Клас точності верстата	Н	П	В	А	С
Допустимі коливання температури, ⁰ С	±10	±5	±2	±1	±0,5

Допустимі інтервали температур для верстатів класів Н і П в зимовий час може забезпечуватись центральним опаленням будь-якого типу, а в літній час – припливно-витяжною вентиляцією.

Кращим опаленням приміщень для верстатів класів В, А і С є повітряне. Допускається також водяне опалення, радіатори якого мають бути розміщені не ближче 1 м від верстатів і обов'язково закриті теплоізолюючими екранами.

Розміри та планування приміщень повинні забезпечувати вільний доступ до всіх вузлів верстатів під час роботи, а також транспортування із приміщення для відправлення в ремонт будь-якого верстата масою до 10 т.

ЛЕКЦІЯ 2. УСТАНОВЛЕННЯ ВЕРСТАТІВ.

Загальні положення

Установлення верстата на фундамент і опори впливає на точність обробки і якість оброблюваної поверхні, продуктивність та довговічність верстата.

Вибір способу установлення визначають такі особливості верстатів:

- високі вимоги до точності і якості поверхні деталей, що обробляються на верстатах;

- різноманітність діючих в верстатах навантажень (за характером, місцем прикладення, величиною, спектральним складом то що), які по-різному впливають на працездатність верстата при різних способах установлення. Вибираючи спосіб установлення верстата, необхідно враховувати дію статичних навантажень – ваги вузлів верстата і сил різання, і динамічних навантажень – сил інерції, змінних складових сили різання, сил, що виникають в працюючому приводі від ударів в зазорах та ін.;

- в практиці розрізняють машини не чутливі до коливань, які надходять ззовні і не є джерелами коливань; машини, що потребують захисту від коливань, що надходять ззовні, і машини з динамічними навантаженнями, що є джерелами коливань. Значна частина верстатів, будучи джерелами коливань основи, в той же час потребують захисту від коливань, що надходять до верстата.

Основні вимоги, що висуваються до установлення верстатів нормальної точності такі:

а) обмеження пружних переміщень станин (переважно важких верстатів) під дією сил різання, ваги переміщуваних вузлів і осадок фундаменту;

б) обмеження рівня коливань, що виникають в працюючому верстаті;

в) забезпечення сталості під час різання в заданому діапазоні режимів різання.

Основна вимога, що висувається до установлення високоточних верстатів – забезпечення надійного захисту від коливань основ – віброізоляція.

Найбільш поширене установлення верстатів на фундаменти трьох видів: 1) бетонні підлоги першого поверху (загальна плита цеху); 2) потовщені бетонні стрічки (стрічкові фундаменти); 3)

спеціально спроектовані масивні фундаменти (індивідуальні або групові) звичайного типу, на палях і віброізольовані.

Установлення верстатів на фундаментах здійснюється (рис. 2.1):

1. з закріпленням анкерними болтами – на клинах з підливанням опорної поверхні станини цементним розчином (рис. 2.1а) або на регульованих опорних елементах (гвинтових або клинових) без підливання (рис. 2.1б);

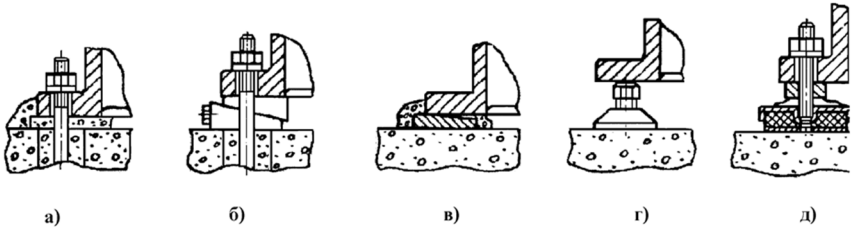


Рисунок 2.1 – Схема установлення верстатів на фундаменти:

з закріпленням болтами: а – з підливанням опорної поверхні станини цементним розчином; б – без підливання;

без закріплення болтами: в - з підливанням; г – на жорстких регульованих опорах; д – на гумометалевих опорах

2. без кріплення болтами з підливанням опорної поверхні станини цементним розчином (рис. 2.1в);

3. без кріплення болтами і без підливання на жорстких металевих регульованих опорних елементах(рис. 2.1г);

4. на пружних, зокрема на гумометалевих опорах (рис. 2.1д).

Всі наведені способи установлення верстатів укрупнено можна розділити на дві групи – жорстке і пружне. До жорсткого відносяться ті види установлення верстатів на жорстких (металевих) опорах (з кріпленням або без кріплення), коли фундаментом служить плита або бетонний блок, що опирається на природну основу або переkritтя. До пружного відносяться всі види установлення верстатів на пружних опорах і ті види установлення на жорстких опорах, коли фундаментом служить бетонний блок, що опирається на пружні опорні елементи – гумові килимки, пружини і інше.

За жорсткого установлення верстата станина і фундамент деформуються разом. В цьому разі величини пружних переміщень і рівень коливань від силових факторів, що діють в верстаті, менші, ніж за пружного установлення, але вся система чутлива до зовнішніх збурень – осадок і коливань основи.

Найбільша жорсткість досягається в разі кріплення верстата анкерними болтами, дещо менша – в разі установлення без кріплення болтами, але з підливанням опорної поверхні станини цементним розчином, і ще менша – в разі установлення без болтів і без підливання; цей спосіб встановлення застосовується переважно для верстатів, які потребують частого переустановлення.

За пружного установлення верстат ізольований від зовнішнього середовища. В такому разі вплив зовнішніх збурень на працездатність верстата менший, але рівень переміщень і коливань від збурень, що діють в верстаті більший. Різні способи пружного установлення забезпечують різний спосіб чутливості верстата до коливань основи і збурень, що діють в верстаті. Чим нижчі частоти власних коливань, які визначаються жорсткістю опор і масою системи, тим вищий ступінь віброізоляції.

Вплив способу установлення на працездатність верстатів.

Вплив установлення верстатів на їх працездатність в разі дії статичних навантажень.

Для верстатів нормальної точності вибір типу фундаменту і його розміри, а інколи і спосіб закріплення верстата на плиті, значною мірою визначаються вимогами жорсткості.

Положення верстата в просторі змінюється лише під дією ваги вузлів або оброблюваної деталі внаслідок зміни положення центру ваги системи та перерозподілу навантажень в опорних елементах верстата або на підшві фундаменту. Чим більша вага і шлях переміщуваного вузла, а також піддатливість опор верстата і основи фундаменту, тим більший загальний нахил верстата.

Вплив параметрів установлення на деформації елементів несучої системи залежить від конструкції елементів і способу установлення верстата. Найбільшою мірою спосіб установлення впливає на деформації довгих суцільних станин, які працюють разом з фундаментами. В цьому випадку жорсткість системи станина – фундамент визначається жорсткостями опорних елементів і фундаменту.

Установлення суцільних станин на загальній плиті цеху на достатню кількість жорстких опор, навіть без закріплення болтами і без підливання, зменшує пружні переміщення станини на 30-40%, а з кріпленням болтами або з підливанням – в 2-4 рази.

Установлення верстата на індивідуальний фундамент значно

підвищує (до 10 разів) жорсткість станини внаслідок взаємодії з фундаментом.

Деформації крутіння станини з фундаментом більше впливають на точність, ніж деформації згину. Величини кутів закручування φ станини горизонтально-розточувального верстата з діаметром шпинделя 90мм., що виникають від переміщення стола з деталлю для різних способів установлення верстата, наведені на рисунку 2.2.

Якщо верстат жорстко закріплено на фундаменті, то висота фундаменту H_ϕ суттєво впливає на деформації станини (рис. 2.2). Кути закручування станини, не закріпленої на фундаменті, значно більші, ніж закріпленої, і майже не залежать від розміру фундаменту.

Збільшення кількості опор понад деякий мінімум практично не відбивається на деформації системи. Так, в разі установлення координатно-розточувального верстата на чотири, шість і вісім опор пружні переміщення під дією ваги стола з деталлю, що переміщується в поперечному напрямку, майже не змінюються.

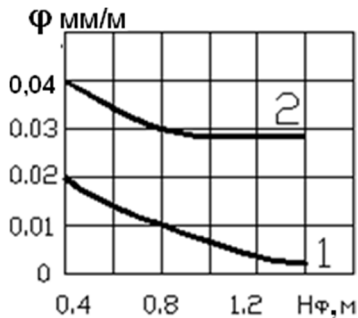


Рисунок 2.2 – Залежність кута закручування станини від висоти H_ϕ фундаменту. 1 – станина закріплена; 2 – станина не закріплена.

В важких верстатах основними навантаженнями є навантаження від ваги, тому деформації системи під дією сил різання, як правило, виявляються меншими ніж від ваги вузлів.

На поведінку несучих систем важких верстатів під дією статичних навантажень впливають властивості ґрунтів. На ділянках з ґрунтами високої жорсткості деформації станин верстатів, установлених на індивідуальні фундаменти і на плити тієї ж товщини, що і висота фундаменту, близькі. На ділянках з ґрунтами малої

жорсткості доцільніше використовувати індивідуальні фундаменти.

При встановленні верстатів з довгими станинами на слабких ґрунтах осадка фундаменту може бути нерівномірною, що призводить до викривлення станин і порушенню прямолінійності напрямних. Оскільки прямолінійність станини може бути скоректована регулюванням опорних елементів, швидкість зміни осадки в часі визначає періодичність вивірки станини.

Необхідність частої періодичної вивірки змушує відмовлятися від підливання опорної поверхні довгих станин цементним розчином; в такому випадку верстати закріплюють лише анкерними болтами. В загальному випадку висоту фундаментів з довгими станинами необхідно вибирати так, щоб за заданої періодичності вивірки викривлення станини внаслідок нерівномірної осадки фундаменту не перевищувало допуску на її прямолінійність.

Вплив установаження верстатів на їх працездатність в разі дії динамічних навантажень.

Динамічні навантаження, що діють в верстаті, можуть бути поділені на періодичні та імпульсні. До періодичних відносять навантаження, які визначаються обертанням елементів з неврівноваженістю (заготовок, шліфувальних кругів то що); навантаження від сил інерції в разі безперервної зміни швидкості в верстатах з кулісним, кривошипно-шатунним і подібними механізмами; навантаження від змінної складової сили різання під час фрезерування, переривчастого різання та інше. До імпульсних відносять короткочасно діючі навантаження, які різко змінюють величину і напрямок (навантаження, що виникають під час реверсу вузлів, врізанні інструменту то що). Періодичні навантаження, що діють в верстаті, викликають періодичні вимушені коливання, а імпульсні навантаження – імпульсні коливання і так звані збої розміру, тобто одностороннє зміщення вузлів.

Якщо вибір типу і розмірів фундаменту верстатів нормальної точності значною мірою диктується вимогами статичної жорсткості, то спосіб закріплення верстата на фундаменті в першу чергу залежить від дії динамічних навантажень, які визначають рівень коливань в системі, стабільність вивірки, міцність його закріплення.

За співвідношень параметрів, типових для верстатів, спосіб установаження, як правило, впливає лише на нижні власні частоти коливань динамічної системи верстата і практично не впливає на

верхні. В разі устанавлення верстатів середніх розмірів на загальній плиті цеху з кріпленням болтами або з підливанням опорної поверхні станини нижні власні частоти системи зазвичай знаходяться в межах 20-80 Гц; в разі устанавлення без кріплення (на клинах або жорстких опорах) – 10-50 Гц і в разі устанавлення на пружних опорах – 5-25 Гц; якщо верстат встановлюється на індивідуальний фундамент звичайного типу нижні власні частоти системи станина - фундамент складають 10-25 Гц.

В верстатах нормальної точності, що мають інтенсивні джерела збурень, наприклад невірноваженість двигуна або шліфувального круга, коливання вузлів можуть виявитись інтенсивними – амплітуди коливань станини сягають десятих часток міліметра.

В токарних верстатах інтенсивним джерелом періодичних коливань є невірноваженість заготовок. Сили, що збурюють, від невірноваженості заготовок викликають низькочастотні коливання системи.

В разі закріплення токарних верстатів, які використовуються для обробки невірноважених заготовок, фундаментними болтами створюється попереднє напруження на опорній поверхні станини. Це забезпечує достатню міцність з'єднання станини з фундаментом і високу жорсткість устанавлення. Власні частоти коливань верстата на опорах виявляються, як правило, вищими за частоти сил, що збурюють і амплітуда коливань елементів не перевищує допустимих; в разі устанавлення цих же верстатів без закріплення болтами частоти власних коливань верстатів на опорах можуть бути близькими до частот сил, що збурюють. На резонансних режимах амплітуди коливань елементів і напруження в опорних елементах верстата виявляються вищими за допустимі. Однак ймовірність попадання в резонанс в разі обробки крупних невірноважених заготовок значно менша, в випадку застосування жорсткого устанавлення з підливанням опорної поверхні цементним розчином, ніж в разі застосування устанавлення на гумометалеві опори. Саме тому верстати, призначені для обробки невірноважених заготовок, устанавлюються жорстко.

Порушення точності устанавлення верстата може бути викликано не лише значними силами, що діють на підшві станини, але і імпульсними збуреннями, які викликають одностороннє зміщення в опорних елементах верстата.

В верстатах з жорсткими станинами порушення точності установалення призводить головним чином до нахилу верстата. Оскільки такі верстати, навіть не виставлені по рівню, працюють задовільно, їх задовільно, їх можна установалювати на загальній плиті цеху без кріплення.

В верстатах з нежорсткими станинами в разі порушення точності установалення напрямні викривляються, що впливає на відносні переміщення інструменту і заготовки, тобто на похибки форми, розміщення поверхонь оброблюваних деталей і на правильність контакту в напрямних. Викривлення напрямних може в десятки разів перевищувати величини, що допускаються за нормами точності.

Для верстатів, які працюють зі значними динамічними навантаженнями, вибір способу установалення визначається не лише вимогами забезпечення їх нормальної працездатності, але і збуреннями, що передаються від верстатів, а також динамічними характеристиками основ, від яких залежить рівень коливань основи, шум в приміщенні, працездатність сусідніх машин і т.п.

Рекомендації з установалення верстатів нормальної точності

Верстати нормальної точності в залежності від їх маси і конструкції можуть бути установалені на підлогу цеху, на вбудовані в підлогу потовщені бетонні стрічки (стрічкові фундаменти) або на спеціально спроектовані фундаменти звичайного типу. На підлогу цеху встановлюють верстати масою до 10-15т зі станинами жорсткими і середньої жорсткості ($l/h < 7-8$, l – довжина, h – висота перетину станини). Товщину бетонної плити визначають з розрахунку на міцність і призначають не менше 150мм. На підлогу цеху або на потовщені бетонні стрічки відповідної міцності та жорсткості встановлюють і більш важкі верстати (масою до 30т).

На спеціально спроектовані фундаменти установалюють:

- верстати з нежорсткими, тобто довгими ($l/h > 8$), зі збірними станинами, в яких потрібна жорсткість станини забезпечується за рахунок фундаменту;
- важкі верстати (масою понад 10т), що розміщуються в цехах, товщина підлоги яких, визначена працездатністю більшості установалених в цеху верстатів, недостатня для встановлення верстатів даної маси;
- верстати, що розміщуються в цехах, підлога яких виконана

з нежорстким підстилаючим шаром (без бетонної підготовки).

Використовуються індивідуальні і групові фундаменти. Розмір фундаменту в плані визначається за габаритами опорної поверхні станини. Висоту фундаменту для верстатів масою до 30т вибирають з таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. - Рекомендована висота фундаментів для різних верстатів.

Верстати	Висота фундаменту, м
Токарні, горизонтально–протяжні, поздовжньо-стругальні, поздовжньо-фрезерні	$0.3 \sqrt{L}$
Шліфувальні	$0.4 \sqrt{L}$
Зуборізні, карусельні, вертикальні напівавтомати і автомати, консольно- і безконсольно-фрезерні, горизонтально-розточувальні	$0.6 \sqrt{L}$
Вертикально - і радіально-свердлильні	0,6-1,0
Поперечно-стругальні, довбальні	0,8-1,4

де L - довжина фундаменту, м.

Для верстатів масою понад 30т висоту фундаменту призначають з умови забезпечення необхідної жорсткості станини за рахунок фундаменту (важкі токарні, поздовжньо-фрезерні і поздовжньо-стругальні; розточувальні і подібні верстати), а також із конструктивних міркувань.

Верстати середніх розмірів можна встановлювати на перекриття. В такому випадку мають виконуватись умови забезпечення міцності несучих конструкцій будівлі (з урахуванням динамічних навантажень).

Точність установлення верстатів на фундаменти забезпечується регулюванням положення верстата за допомогою підкладок, клинів або регульованих клинових чи гвинтових опор. Для особливо точного і жорсткого установлення верстатів застосовують спеціальні чавунні плити, оснащені регульовальними пристроями жорстко закладеними в фундамент.

На загальній бетонній плиті цеху з кріпленням фундаментними болтами верстати встановлюють:

- коли це диктується вимогами техніки безпеки (верстати схильні до перекидання – радіально-свердлильні і високі вертикально-свердлильні; верстати інших типів, коли на них обробляють важкі деталі, що встановлюються за допомогою кранів);
- в разі необхідності забезпечити спільну роботу станини і фундаментної плити (верстати з відносно довгими нежорсткими станинами – $l/h > (6-8)$);
- в разі значної динамічної дії від зворотно-поступально переміщуваних мас (стругальні верстати), від неврівноважених мас, що обертаються на швидкісних режимах (токарні, фрезерні верстати).

Установлення з кріпленням болтами (на клинах з підливанням опорної поверхні станини або на регульованих опорних елементах без підливання) є найбільш жорстким і може застосовуватись для всіх верстатів нормальної точності, для яких допустиме установлення на підлозі. В разі необхідності частій вивірки і установлення верстата на регульованих опорах, підливають лише основу опори. Для підвищення жорсткості рекомендується затяжка болтів зі значними силами.

Для верстатів, що встановлюються на підлогу цеху і потребують переустановлення, можна застосовувати установлення без кріплення болтами. Без кріплення болтами з підливанням опорної поверхні станини цементним розчином можна установлювати більшість легких і середніх верстатів, що використовуються в широкому діапазоні режимів на операціях нормальної точності. Установлення без кріплення болтами і без підливання на жорстких опорах допускається для верстатів, що працюють на неважких режимах, з недовгими станинами ($l/h > (5-6)$), які потребують частого переустановлення. З метою запобігання швидкої втрати точності установлення верстата необхідна фіксація регульованого опорного елемента опори, тому установлення на клинових підкладках не рекомендується.

Для зручності переустановлення доцільно використовувати опори, закріплені до верстата.

На гумометалевих опорах можна установлювати верстати з нежорсткими станинами ($l/h < 4-5$), які працюють на легких режимах з відносно невеликими динамічними навантаженнями та потребують частого переустановлення. Верстати, установлені на такі опори протягом першого року експлуатації потребують періодичної вивірки. Застосовувати гумометалеві опори раціонально для верстатів, які

працюють в умовах інтенсивних коливань основи і в разі необхідності активної віброізоляції верстатів.

Установлювати верстати нормальної точності на фундаменти без кріплення болтами або без підливання недоцільно.

ЛЕКЦІЯ 3. РОЗМІЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ НА ФУНДАМЕНТАХ

Величини пружних переміщень в місці з'єднання з фундаментом внаслідок деформації станини визначаються її загальними деформаціями і місцевими – в зоні розміщення опорних елементів. Загальні деформації безпосередньо призводять до викривлення осі станини. Вплив місцевих деформацій на непрямолінійність напрямних визначається як відгинанням фланців, так і збільшенням контактних деформацій в стиках елементів опори внаслідок зменшення фактичної площі контакту.

Конструктивне оформлення опорних елементів станин.

На жорсткість суттєво впливає конструктивне оформлення опорних частин станини (рис. 3.1) Опорні елементи станини можуть оформлятися у вигляді фланців, лап, карманів. Жорсткість фланців в 1,5-2 рази вища за жорсткість лап. Кармани технологічно складніші за лапи або фланці, але жорсткість карманів в 2,5-3 рази вища, ніж лап. Введення ребер на фланцях підвищує жорсткість з'єднання до 40%.

Для вірного контакту в стиках опори і високої жорсткості опорних елементів доцільно, щоб навантаження, що передається на опору було симетричним. Для цього рекомендується застосовувати симетричне розміщення фундаментних болтів відносно опори.

В разі жорсткого установлення і закріплення верстата на фундаменті бажано, щоб жорсткість з'єднання станини з фундаментом була максимально можливою. Жорсткість цього з'єднання характеризується коефіцієнтом жорсткості верстата. Для заданих габаритних розмірів опорної поверхні станини чим більша кількість опор, тобто, чим менша відстань між опорами, тим більша жорсткість основи станини і менші її деформації. Але зменшення відстані l між опорами понад визначені межі виявляється небажаним, оскільки в разі установлення верстата на надто велику кількість опор ускладнюється

вивірка верстата. До того ж, коли

$$l < 3\sqrt{F_{оп}},$$

де $F_{оп}$ – площа опорної поверхні башмака (наприклад, коли $F_{оп} = 250 \cdot 350 \text{ мм.}$, то $l < 800 \text{ мм}$) взаємний вплив деформацій бетонної основи на переміщення сусідніх опор буде суттєвим, що також ускладнює вивірку. Тому відстань між опорами рідко роблять меншою за 600 мм.

Опорні елементи і фундаментні болти зазвичай розміщують по периметру опорної поверхні станини; в важких верстатах з широкими станинами необхідні опори і в середній частині станини. В такому випадку використовують спеціальні конструкції опор, а кріплення здійснюється довгими болтами, що проходять через всю станину.

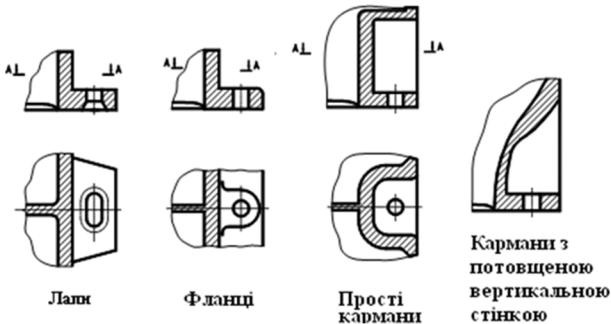


Рисунок 3.1. - Конструктивне оформлення опорних елементів

Установлення та регулювання положення верстатів на фундаменті.

Для установлення більшості верстатів нормальної точності на фундаментах, а також точних верстатів на фундаментних блоках використовують жорсткі опорні елементи - плити, підкладки, клинові башмаки, домкрати та інше.

Опори мають забезпечувати зручність регулювання положення верстата і збереження цього положення та мати високу жорсткість. Для зручності регулювання положення станини за висотою необхідно, щоб регульовальний елемент досить просто переміщувався в вертикальній площині як вгору, так і вниз. Під час регулювання положення в вертикальній площині установлення в горизонтальному напрямі не повинно порушуватись, що може відбуватись, наприклад, за значних сил тертя на підшві станини, якщо регульовальний

елемент зміщується відносно станини.

Для верстатів, які часто переустановлюють зручно, коли опора закріплена з верстатом і переноситься разом з ним.

Для збереження стабільного положення верстата регулювальний елемент повинен фіксуватися, наприклад за допомогою контргайок. Якщо фіксація відсутня, а тертя в елементах значне то внаслідок одностороннього зміщення елементів точність установки верстата швидко порушується. Інколи для зменшення тертя контактуючі поверхні опорних елементів мастять консистентним мастилом.

Висока жорсткість опори забезпечується за рахунок якості кріплення і високої якості стикових поверхонь за відповідних розмірів і навантажень на опору. Чим більші розміри, краща якість виготовлення опорних поверхонь і більший тиск в стиках, тим жорсткість опори вища.

Всі жорсткі опори за видом елемента, який регулює положення верстату за висотою, можна поділити на клинові і гвинтові.

Найпростішим видом жорстких опорних елементів є прокладки або клини, які використовують переважно для вивірки верстатів, що підливаються, і не потребують періодичного регулювання. Точність вивірки верстата, встановленого на клинах без підливання, швидко порушується, що для верстатів з нежорсткими станинами неприпустимо. В цьому відношенні плоскі прокладки мають перевагу в порівнянні з клинами. Але регулювання положення верстата на прокладках потребує більшого часу, ніж на клинах. Жорсткість прокладок та клинів нижча, ніж опорних елементів інших видів і складає 50-100 Н/мкм. Для верстатів з жорсткими станинами, які допускають роботу без підливання, застосовують прокладки з неметалевих матеріалів.

Конструкції опорних елементів

Конструкції простих клинових башмаків (рис.3.2) використовуються для верстатів, що закріплюються болтами і потребують періодичної вивірки. Відсутність самоустановного елемента в конструкції опори визначає неминучі перекося опорних поверхонь башмака і станини.

Ця обставина, а також розміщення фундаментного болта поряд з башмаком, обумовлюють деяке зниження жорсткості з'єднання станини з фундаментом внаслідок нерівномірного розподілу тиску в

стиках і місцевих деформацій фланців станини. Більш висока жорсткість забезпечується в разі симетричного розміщення фундаментного болта відносно башмака (рис. 3.2 б).

Переміщення клина здійснюється обертанням гвинта (рис. 3.2а) або гайки (рис. 3.2б). Якщо клин переміщується гвинтом тільки в один бік – “вверх”, то в інший бік – “вниз” – клин підштовхується. Це ускладнює регулювання положення верстата. Регулювання і фіксація горизонтального положення станини забезпечується спеціальними гвинтами, які або встановлюються безпосередньо на башмаку, або окремо – на спеціальних опорах, закладених в фундамент.

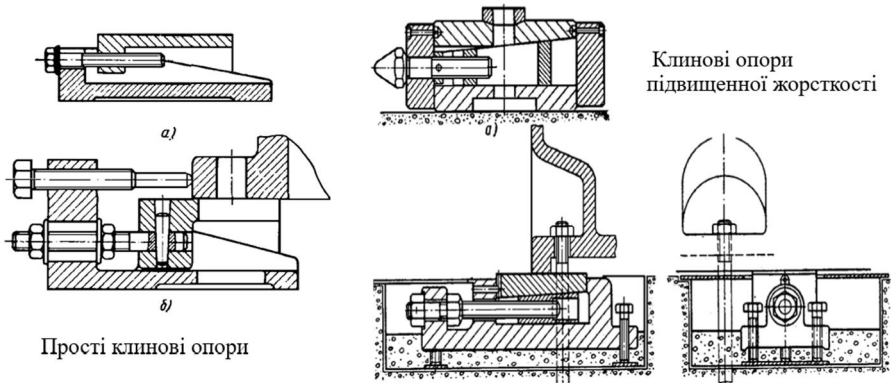


Рисунок 3.2. та 3.3 – Конструкції простих клинових опор та підвищеної жорсткості

Найбільш досконалі і жорсткі конструкції клинових опор наведені на (рис.3.3). Конструкція рис. 3.3а застосовується головним чином для високоточних верстатів, що закріплюються на фундаменті, самоустановлення забезпечується сферичною шайбою; коли клин переміщується сила тертя на опорній поверхні не діє; клин переміщується в обидва боки обертанням гвинта; фундаментний болт проходить через середину башмака. Опори такої конструкції можна використовувати і для встановлення верстатів, що не закріплюються болтами. Для верстатів, які потребують частого переустановлення, опора закріплюється до станини за допомогою болта, що проходить через отвори в башмаку і в станині.

В опорі, показаній на рис. 3.3б, правильний контакт в стикових поверхнях забезпечується регулюванням положення всієї опори

відносно станини трьома регулювальними гвинтами, що вкручені в корпус опори і опираються на попередньо накладені на фундамент металеві прокладки. Після грубої вивірки верстата основа башмака підливається. Тонке регулювання здійснюється клином після затвердіння цементного розчину підливання.

Конструкції гвинтових опорних елементів, що використовуються для верстатів, які закріплюються болтами, приведені на рис. 3.4.

Жорсткість найпростіших гвинтових опор (рис.3.4а) дещо нижча ніж досконалих клинових. Ці опори представляють собою суцільні або порожнисті гвинти, вкручені в лапу станини або в спеціальну сталеву втулку, закладену в станину для того, щоб уникнути нарізування різі безпосередньо в станині. В тих місцях, де опорні гвинти опираються на фундамент в бетонний масив закладають металеві плити, колодки та інше. Якщо регулювальний і фундаментний болти розміщені співвісно, жорсткість опори виявляється суттєво вищою, ніж коли неспіввісно. Для забезпечення стабільності положення станини регулювальний гвинт контрється.

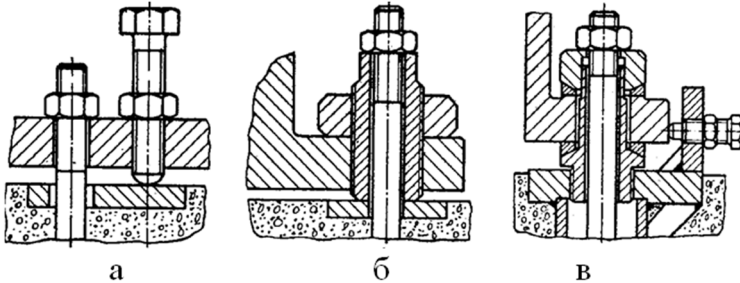


Рисунок 3.4 – Конструкції гвинтових опор та верстатів, які закріплюються болтами

В складних гвинтових опорах самоустановлення станини забезпечується за допомогою сферичних шайб. Жорсткість таких опор в разі доброї затяжки фундаментного болта, як правило, вища ніж у простих і близька до жорсткості клинових опор. В разі використання простих опор ускладнено збереження стабільного положення станини в горизонтальній площині. В складних опорах положення фіксується спеціальними опорними гвинтами.

Конструкції гвинтових опор, які використовуються для установа верстатів, що не закріплюються болтами, наведені на рис.3.5. Найпростіша опора (рис. 3.5а) має невисоку жорсткість і потребує закладання в фундамент металевих плиток, на які повинні опиратись регулювальні гвинти.

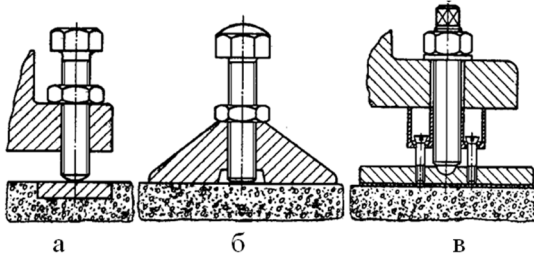


Рисунок 3.5—Конструкції гвинтових опор, що використовуються для верстатів, які не закріплюються болтами.

Гвинтові домкрати (рис. 3.5б) використовують для установа верстатів, які не мають отворів в станині. Для верстатів, які мають отвори в станині і потребують частого переустанова, доцільно використовувати опори ОЖ-1 (рис. 3.5 в), які закріплюються до верстата. Порівняно висока жорсткість цієї опори забезпечується шляхом притирання кульового кінця опорного гвинта до поверхні гнізда в опорній плитці. Самоустанова опори забезпечується нахилом регулювального гвинта відносно плити. Для збереження від зміщення вздовж фундаменту від значних горизонтальних навантажень до нижньої поверхні опорної плитки приклеюється тонка гумова прокладка.

Закріплення верстатів на фундаментах

Найбільш надійне і жорстке закріплення верстатів на фундаментах забезпечується за допомогою фундаментних болтів. Навантаження на фундаментні болти від верстатів порівняно невеликі і розміри болтів, як правило, вибирають із конструктивних міркувань. Вибираючи розміри болта можна виходити з того, щоб напруження в елементах опори, зокрема, на її підшві, під час затяжки болта були близькими до гранично допустимих.

В залежності від способу установа і закріплення в бетоні фундаментні болти можуть бути розділені на три групи: а) глухі або

залитні болти, закладені в бетонному фундаменті; б) з'ємні болти, установлені в фундаменті так, що стрижень болта не має зчеплення з бетоном, а анкерування здійснюється за допомогою, наприклад, закладних плит; в) болти, що встановлюються в готовому фундаменті укрупненням в попередньо закладені фундаментні гайки, закріпленням в пазах монтажної підлоги або в свердловинах, що виконуються в готовому фундаменті.

Кріплення найбільш простими глухими болтами з відгинанням (рис.3.6а) використовується для верстатів середніх розмірів з порівняно невеликими діаметрами болтів. Застосовувати болти діаметром $d < 14$ мм не рекомендується. Довжина закладання болтів, яка призначається з умов однакової міцності болта і бетонного масиву, зазвичай береться $l = (13-15)d$. Для болтів з періодичного прокату (рис. 3.6в) або з насічками можна брати $l = (10-12)d$. На кінцях гладких болтів виконують крюки, роздвоєння (рис. 3.6б), потовщення; крюк інколи зачіпають за горизонтальний металевий стрижень та інше. Форма кінця болта не має значення, оскільки міцність і жорсткість з'єднання визначається зчепленням стрижня болта з бетоном. Відстань від болта до грані фундаменту $l \geq 4d$; між болтами $l_1 \geq 6d$.

Глухі болти з анкерною плитою (рис. 3.6г) застосовують з болтами діаметром $d > 24$ мм; плиту приварюють або прикручують; розміри плити $a \approx 4d$, глибина закладання $l = (10-12)d$; $c \geq 10d$; $c_1 \geq 6d$.

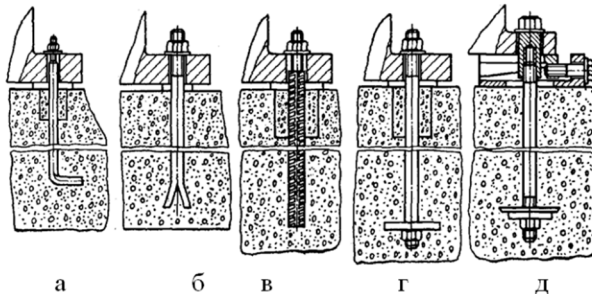


Рисунок 3.6 - Глухі або залитні фундаментні болти.

Для спрощення установлення верстатів на башмаках інколи верхні кінці глухих болтів розміщують нижче опорної поверхні башмака; в такому разі болт виконують складеним або затягують фігурною гайкою (рис. 3.6д).

Для установлення важких верстатів на індивідуальних фундаментах частіше використовують закріплення верстатів з'ємними фундаментними болтами з закладними анкерними плитами або з ізолюючими трубами (рис. 3.7). Анкерну арматуру закладають в фундамент під час бетонування. Болти, зазвичай великих розмірів ($d > 30\text{мм}$), установлюють в гнізда під час монтажу верстата і з'єднують з плитою різьбою або за допомогою спеціального замка. Для болтів з анкерними плитами розміри плити $a \approx (5-6)d$; глибина закладання болтів $l \approx (5-10)d$, (менше значення для бетону марки 300, більше – марки 100); відстань від болта до грані фундаменту повинна бути не меншою за $15d$. Для болтів з ізолюючими трубами $l \approx (10-12)d$; $c \geq 6d$; $c_1 \geq 10d$.

В разі установлення верстатів на загальній плиті цеху або перекритті використовують кріплення болтами на монтажних підлогах або фундаментних плитах (рис. 3.8), а також кріплення за допомогою болтів, що установлюють в свердловини на готових фундаментах (рис. 3.9).

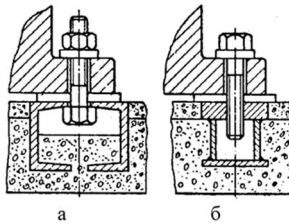


Рисунок 3.7 – З'ємні фундаментні болти.

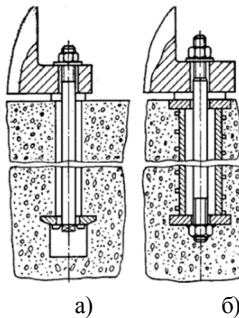


Рисунок 3.8 – Кріплення верстатів на монтажних плитах: а)-з швелерів, б)- зі зварних балок.

Кріплення за допомогою болтів, що установлюються в свердловини на готових фундаментах, характеризується високою точністю та швидкістю робіт, пов'язаних з установленням верстата. Отвори під болти свердлять за допомогою спеціальних переносних верстатів алмазним або твердосплавним інструментом за розміткою. Можуть використовуватись прямі болти в вигляді стрижня, що закріплюється в свердловині за допомогою епоксидного клею або гумової анкерної частини (рис.3.9 а), і конічні, що закріплюються за допомогою цементного зачеканювання (рис. 3.9 б), розпірних цанг або втулок (рис.3.9в).

Болти на епоксидному клеї можуть установлюватись, як до, так і після монтажу і вивірки верстата, через отвори в опорних лапах станини. Глибина закладання болтів $l=10d$.

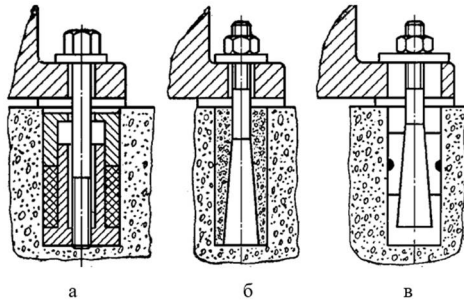


Рисунок 3.9 – Кріплення верстатів болтами, що встановлені в свердловинах на готових фундаментах: а - прямими болтами з гумовою анкерною частиною; б, в - конічними болтами.

Для закріплення болтів застосовують епоксидні клеї холодного затвердіння. Товщина клейового шару для болтів $d=10-48\text{мм}$ береться 3-8мм. Для рівномірного розподілу клею болти в отворах центрують за допомогою фіксуєчих кілець.

Конічні болти, що закріплюють за допомогою цементного зачеканювання, закладають на глибину $l=10d$. Для кріплення використовують цементний розчин з цементу марки не нижче 300. Болти можна вводити в експлуатацію через 10 діб з моменту закладання.

Конічні болти з розпірними цангами або втулками дають можливість експлуатувати верстат безпосередньо після установлення

болтів. Глибина закладання цих болтів $l=(7-8)d$. Для утворення отворів в фундаментах під конічні болти з розпірними цангами, які потребують жорстких допусків на діаметр отвору, використовують верстати алмазного свердління. В разі кріплення верстатів на монтажних підлогах або фундаментних плитах для збільшення демпфування інколи під опори підкладають прокладки з неметалевих матеріалів.

ЛЕКЦІЯ 4. ВІБРОІЗОЛЯЦІЯ ВЕРСТАТІВ.

Віброізоляція верстатів може здійснюватись установленням на пружні опори на підлогу цеху, або установленням на пружно опертий фундаментний блок. Коли установлення виконується на підлозі, використовуються віброізолюючі опори і підкладки, які можуть розміщуватись безпосередньо під станиною або, в деяких випадках, під допоміжною плитою, на яку верстат установлюють з метою підвищення жорсткості станини або зміни розміщення опорних точок.

Віброізолюючі опори.

Віброізолюючі опори розрізняються матеріалом пружного елемента, який може бути: гумовим, гумометалевим, металевим з пружинами і з об'ємної дротяної сітки, з фетру, пробки і то що. Більшість таких опор мають лінійну характеристику і забезпечують одержання $f_z \geq 10$ Гц за навантажень 1000-40000 Н.

Рівночастотні гумометалеві опори ОВ-31 і ОВ-33 (рис.4.1а) мають жорсткість приблизно пропорційну навантаженню, і тому частота власних коливань верстата мало залежить від навантаження на опору.

Це суттєво спрощує підбір опор, оскільки не потрібно розраховувати опорні реакції від ваги верстата, і необхідно лише визначити, чи не перевищує навантаження на опору гранично допустимого.

Перевагами рівночастотних опор в порівнянні з опорами з лінійною характеристикою є також те, що зміна ваги не викликає перевантаження опор, один типорозмір може використовуватись для встановлення різних машин. Для зниження частот власних коливань за навантаження на опору 2000-3000 Н і для збільшення демпфування в пружний елемент вводиться демпфер рідинного тертя.

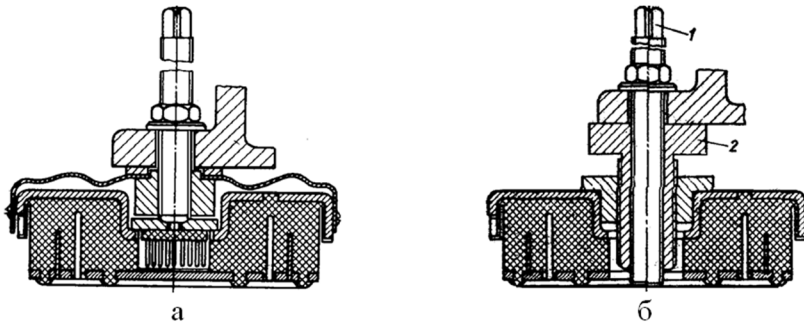


Рисунок 4.1 – Віброізоляційні гумометалеві опори.

Опори ОВ мають пристрої для вивірки верстата по рівню.

При установленні на гумометалеві опори в наслідок повзучості гуми точність установлення верстата на протязі часу втрачається. Для зменшення втрат точності установлення необхідно надійно закріплювати контргайки на опорах і повторно вивіряти верстат по рівню через 3-4 дні після установлення. Вивірка верстата проводиться в середньому положенні вузлів.

В зв'язку з тим, що при установленні на пружних опорах спостерігаються великі нахили верстата під час переміщення рухомих вузлів, в разі перевірок верстата за нормами точності, пов'язаними з використанням рівнів, необхідно використовувати два рівні – один, установлений на недеформованій частині станини, для реєстрації загального нахилу верстата на опорах, а інший – на рухомому вузлі верстата. Вивірка здійснюється за різницею показань цих рівнів. В випадку значних кутів нахилу складання та юстування високоточних верстатів ускладнено. В цих випадках доцільно застосовувати спеціальні пружно-жорсткі опори (рис. 6.5б), які забезпечують можливість швидко переходити від пружного установлення до жорсткого без зміни базування верстата. Цей перехід здійснюється обертанням гвинта 1 до упору його в основу; регулювання за висотою забезпечується обертанням різьбової втулки 2.

Віброізолюючі фундаменти.

Віброізолюючий фундамент на гумових килимках (рис. 4.2) представляє собою бетонний короб, заглиблений в ґрунт, всередині

якого розміщується фундаментний блок на пружних прокладках із гумових килимків.

Килимки виготовляють з маслостійкої гуми з малою повзучістю. Килимки можуть забезпечити частоти $f_z \geq 9-11\text{Гц}$ в широкому діапазоні навантажень. Якщо необхідно одержати менші значення f_z , то килимки можна укласти в декілька шарів; тоді f_z зменшиться в \sqrt{n} разів (n - число шарів).

Площа $F_{кл}$ прокладок, які викладаються під бетонний блок, визначається в залежності від частоти f_z і ваги G верстата з блоком

$$F_{кл} = \frac{G}{P_f},$$

де P_{f_z} - питоме навантаження в Па, що відповідає частоті f_z . (f_z - частота власних коливань в вертикальному напрямі).

В більшості випадків необхідна площа прокладок менша за площу підшви фундаментного блоку, яка встановлюється за габаритними розмірами верстата в плані, і килимки укладаються не під всю підшву, а рядами на відповідних постаментах (рис. 6.6). Зазвичай ширина кожного ряду береться рівною розміру сторони килимка (350мм).

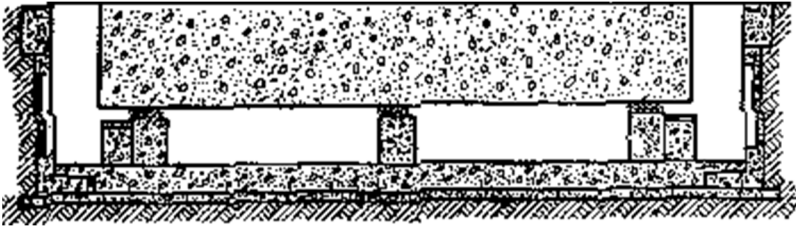


Рисунок 4.2– Віброізолюючий фундамент на гумових килимках

Фундаменти на килимках мають деякі переваги перед пружними фундаментами – блок може бути виконано меншим; конструкція фундаменту простіша; вартість гумових килимків значно нижча вартості пружинних віброізоляторів; демпфування фундаменту на килимках суттєво більше пружинного то що.

Звичайно під час відливання фундаментного блоку для рівномірного розподілу навантаження на килимки бетон заливається безпосередньо на поверхню прокладок, накриту гідроізоляційним

матеріалом і тонким металевим листом. Відстань між блоком і коробом, як з боків, так і по підшві повинна бути достатньою для спостережень за станом килимків і, в разі потреби, прочистити або замінити їх. За технічними умовами строк служби килимків 15 років. Прокладки з килимків KB1 і KB2 можуть використовуватись не лише для встановлення під фундаментні блоки, але і для безпосереднього установлення верстатів в разі відсутності відповідних віброізолюючих опор. Можливі способи установлення верстатів на прокладках показані на рис. 4.3. Площа прокладок визначається за частотою власних коливань верстатів на опорах f_z і вагою верстата.

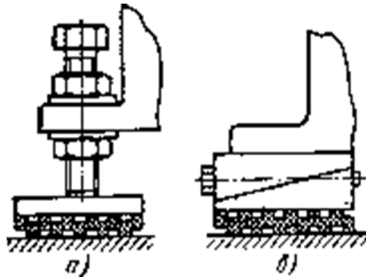


Рисунок 4.3– Установлення верстатів на гумових килимках

Фундаменти на пружинах.

Фундаменти на пружинах є найбільш досконалими, але і найбільш дорогими засобами віброізоляції. Віброізолюваний фундамент на пружинах (рис. 4.5) представляє собою фундаментний блок розміщений всередині короба і зв'язаний з коробом через віброізолятори. Можливі два варіанти – опорний, коли віброізолятори розміщені під блоком (під підшвою або під спеціальними опорними консолями), і підвісний, коли фундаментний блок підвішений на пружинах, закріплених вище його підшви. Найбільш поширені опорні варіанти; підвісні застосовуються в умовах дуже низьких частот власних коливань

Число віброізоляторів n вибирають з міркувань зручності їх розміщення та установлення.

Для віброізоляторів використовують як одиничні циліндричні пружини, так і складені (концентричні) пружини стискання. В пружинний віброізолятор можуть входити одна або декілька пружин, що складаються з двох – трьох концентрично розміщених пружин

стискання, які спільно сприймають навантаження.

В плані віброізолятори слід розміщувати так, щоб їх центр жорсткості знаходився на одній вертикалі з центром ваги установки. Ця умова завжди виконується за симетричного розміщення відносно центру ваги установки однакових віброізоляторів.

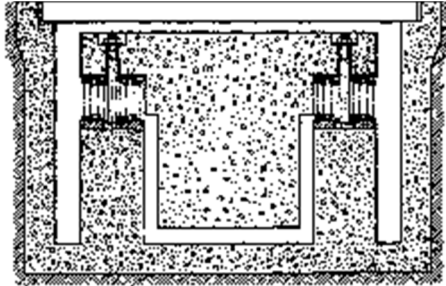


Рисунок 4.5 - Фундамент на пружинах

ЛЕКЦІЯ 5. РЕГУЛЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ

Для одержання точності і продуктивності, передбачених технічною характеристикою верстата необхідно здійснювати регулювання вузлів і механізмів. Для кожного типу і навіть моделі верстата можуть передбачатись особливі способи регулювання, які описуються в керівництві з експлуатації верстата. Та не дивлячись на це існують типові регулювання, які і розглянемо.

Регулювання опор шпindelних вузлів.

Величина зазору-натягу суттєво впливає на працездатність шпindelних вузлів і точність обертання шпинделя, жорсткість шпindelного вузла, нагрівання опор, довговічність підшипників.

Регулювання величини зазору в підшипниках серії 3182100.

Величина зазору в підшипниках цієї серії змінюється внаслідок напресування внутрішнього кільця підшипника на конічну шийку шпинделя. Послідовність процесу регулювання розглянемо на прикладі фрезерно-розточувального верстата з ЧПК (рис. 5.1). В разі необхідності регулювання підшипника 5 необхідно зняти кришку 2, відгвинтити гвинти. Після цього виймається компенсаторне кільце 1, яке складається з двох півкільць. Ці кільця можуть утримуватись в

вузлі різними способами від розлітання внаслідок дії відцентрових сил в процесі обертання. Компенсаторне кільце шліфується на потрібну величину, встановлюється на шпindel. Гайкою 10, попередньо відпустивши стопорний гвинт 3, підшипник напресовується на конус до упору в компенсаторне кільце. Після регулювання зазору гайка стопориться гвинтом. Вкладиш, розміщений в пазу гайки під гвинтом, уберігає різь шпинделя від пошкодження гвинтом. Для полегшення запресування підшипника та зйому підшипника під час розбирання використовують гідророзтискання. Для цього через канал 4 в шпинделі за допомогою спеціального пресу подається масло, яке розтискає внутрішнє кільце, полегшуючи його переміщення.

Подане між двома конічними поверхнями масло створює тонку масляну плівку, яка знижує тертя, а отже і значно знижується необхідне зусилля в процесі монтажу. Масляна плівка також мінімізує контакт металевих поверхонь при монтажі, що знижує ризик пошкодження компонентів.

Значне навантаження, висока частота обертання та велика різниця температур внутрішнього і зовнішнього кілець в умовах сильного нагріву можуть суттєво збільшити величину натягу в підшипнику, тому в процесі регулювання натягу – зазору необхідно враховувати можливі зміни натягу.

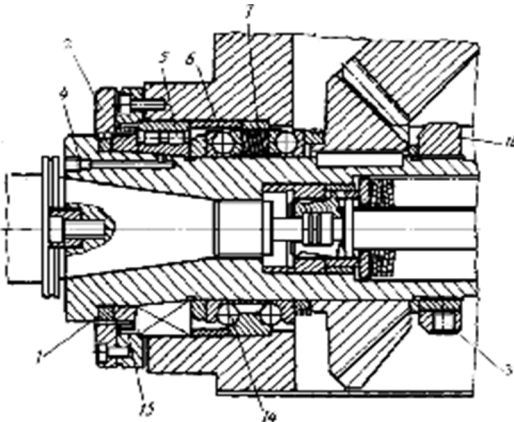


Рисунок 5.1 – Конструкція опори з довжини дистанційних кілець

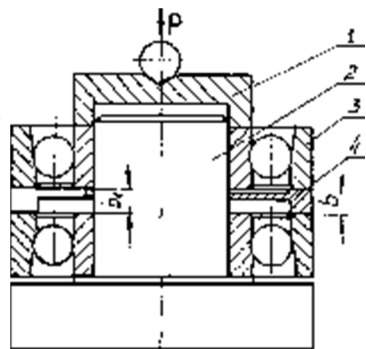


Рисунок 5.2 – Схема визначення підшипником серії 3182100

Методи регулювання зазору-натягу в кульковій гвинтовій передачі.

Вразі використання півкруглого профілю різі всі методи усунення зазору і створення натягу зводиться до зміни взаємного розміщення двох гайок. Можливі два основні способи регулювання взаємного розміщення гайок: 1) в осьовому напрямі за незмінного кутового їх взаєморозміщення; 2) в кутовому напрямі за незмінного осьового їх розміщення.

Сила натягу може створюватись: або шляхом деформування контактуючих робочих тіл, або шляхом деформування пружин. Для точних передач перший спосіб має безумовні переваги, оскільки дає можливість створювати більший натяг, а отже, забезпечує більш високу жорсткість. В разі використання іншого способу досягається зменшення залежності моменту на гвинті від неточностей виготовлення передач і відпадає необхідність вперіодичному підрегулюванні.

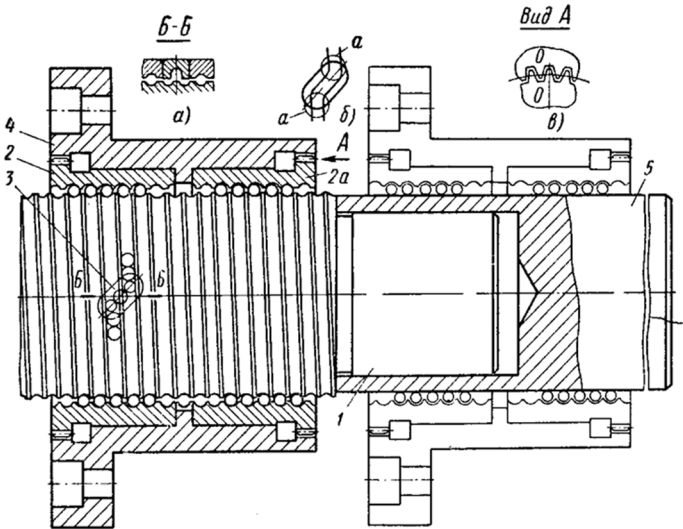


Рисунок 5.3 - Регулювання кулькової гвинтової передачі.

Для регулювання натягу зміщенням в кутовому напрямі (рис. 5.3) гайки оснащуються зубчастими вінцями, які входять в відповідні внутрішні зубчасті вінці стакана 4. Число зубців вінців гайок 2 і 2а відрізняється на одиницю внаслідок чого можна повертати одну гайку відносно іншій на дуже малий кут. Так в гвинтовій парі верстата МС12-250 поворот двох гайок в одному напрямку відносно корпусу на

один зуб забезпечує зміну величини натягу на 1 мкм. Сили натягу, що виникають сприймаються внутрішнім буртом корпусу. Корпус гайки і кульки складаються на гладкому валику 5, насадженому на шийку 1 гвинта; потім весь складений вузол нагвинчується на гвинт. Переваги такої конструкції – можливість дуже тонкого регулювання натягу і висока жорсткість внаслідок відсутності болтових з'єднань.

В приводах подач верстата АТПР 2М12 гайки мають 74 і 75 зубців на вінці і поворот їх в один бік на один зубець забезпечує осьове зближення на 1,08 мкм.

Існують конструкції передач з одностороннім регулюванням натягу (рис. 5.4). Такий механізм зручний в експлуатації. До його складу входять кільце 6 і стопорні елементи 5 і 7. На внутрішній і зовнішній циліндричній поверхнях кільця нарізані рівномірно розміщені виїмки. В корпусі 4 гайка 2 застопорена штифтом 1, а гайку 3 під час регулювання повертають на малий кут за допомогою регулювального механізму. Для цього в неї запресований стопорний елемент 5, що входить в контакт з однією з внутрішніх виїмок на кільці 6. Інший стопорний елемент 7 встановлено в отвір корпусу 4 і входить в контакт з однією із зовнішніх виїмок на цьому кільці. Під час регулювання натягу стопорний елемент 7 виводиться з контакту з кільцем 6, гайка 3 повертається, а потім стопорний елемент 7 вводиться в сусідню або більш віддалену виїмку.

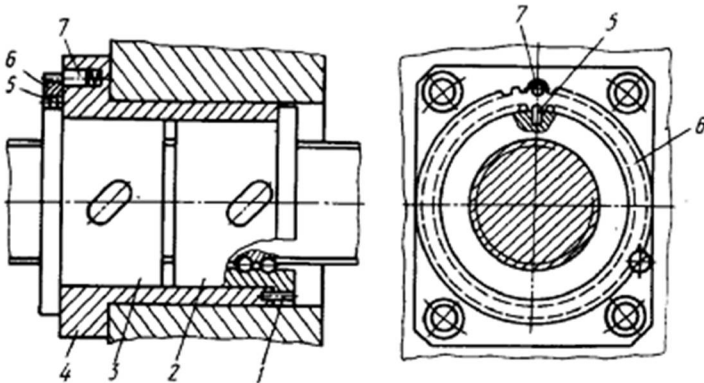


Рисунок 5.4 – Одностороннє регулювання кулькової гвинтової передачі.

ЛЕКЦІЯ 6. МАЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ.

Мащення призначене для зниження коефіцієнту тертя, зменшення зносу поверхонь контакту, відведення тепла від вузлів тертя, захисту деталей від корозії.

Для мащення поверхонь тертя застосовують мастильні масла та пластичні мастильні матеріали.

Для промислового обладнання використовують індустріальні масла, які умовно поділяють за в'язкістю на такі групи:

- малов'язкі (легкі) в'язкістю від 6 сСт за 20°C до 10 сСт за 50°C;
- середньов'язкі (середні) в'язкістю від 10 до 58 сСт при 50°C;
- в'язкі (важкі) в'язкістю від 58 сСт при 50 С до 96 сСт при 100°C.

Основні властивості масел

В'язкість масла визначається силами тертя між окремими шарами рідини і характеризується динамічною в'язкістю μ і кінематичною в'язкістю ν . Динамічна в'язкість визначається як відношення дотичної сили внутрішнього тертя до градієнту швидкості d_v/d_r за формулою:

$$\mu = \tau / \frac{d_v}{d_r}, \text{ і вимірюється в Па}\cdot\text{с.}$$

Кінематична в'язкість ν представляє собою відношення динамічної в'язкості до густини:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ і вимірюється в м}^2\text{/с.}$$

Кінематична в'язкість може задаватись в інших одиницях, зокрема сантистоксах ($1 \text{ сСт} = 1 \text{ мм}^2\text{/с} = 10^{-6} \text{ м}^2\text{/с}$).

При виборі масла слід враховувати три критичні значення в'язкості: оптимальне за нормальної робочої температури; максимальне за найбільш низької температури, за якої повинен бути забезпечений запуск холодної системи; мінімальне за максимальної

робочої температури. Залежність в'язкості від температури характеризується індексом в'язкості. Масла з меншою залежністю в'язкості від температури мають більш високий індекс в'язкості.

Стабільність проти окислення. Мастильне масло під час експлуатації не повинне піддаватись значним хімічним і фізичним змінам. Однією з найбільш імовірних змін є окислення масла. В результаті зростає корозійна агресивність масла по відношенню до металевих поверхонь, зростає в'язкість масла або утворюються нерозчинні в маслі речовини в вигляді осадів.

Процес окислення масел прискорюється під дією високих температур або в присутності каталізаторів: металів і металевих солей органічних кислот, що утворюються внаслідок взаємодії продуктів

окислення з металом. Для гальмування окислення додають антиокислювачі або інгібітори окислення.

Антикорозійні властивості. Органічні нафтові кислоти, які знаходяться в мінеральних маслах, а також утворюються внаслідок окислення масла під час роботи в кількостях, що перевищують допустимі межі, можуть стати причиною корозії. Особливо чутливі до корозійної дії цих кислот кольорові метали і їх сплави, які використовуються для заливання вкладишів підшипників. Для оцінки антикорозійних властивостей служать граничні норми за кислотним числом.

Основні властивості пластичних мастил

За своїми властивостями пластичні мастила займають проміжне місце між твердими мастилами і маслами. В основному мастила складаються з двох компонентів: рідкої основи (мінеральні, рослинні, синтетичні і інші масла) і загусників (тверді вуглеводи, мила, високодисперсні силікати і інші).

Загусники, зокрема мила, в процесі приготування мастила утворюють його тривимірний структурний каркас, в комірках якого утримується масло.

Основними перевагами пластичних мастил є: здатність утримуватись в вертикальних вузлах тертя, працездатність в більш широких температурному та швидкісному діапазонах, краща змащувальна здатність, більш високі захисні властивості від корозії, працездатність в контакті з водою та іншими агресивними середовищами, більша економічність застосування.

До недоліків мастил слід віднести: погану охолоджувальну здатність, більш високу схильність до окислення, складність подачі до вузлів тертя.

Основні характеристики мастил

Границя міцності (P_a) представляє собою те мінімальне критичне зусилля, яке необхідно прикласти, щоб відбулась деформація структурного каркасу мастила і почався його рух. Абсолютна величина і температурна залежність характеризують здатність мастила утримуватись в вузлі тертя.

В'язкість (η , $P_a \cdot c$) характеризує витікання мастила після порушення зв'язків в його структурному каркасі внаслідок прикладання критичного навантаження. В'язкість мастил залежить не лише від температури, але і від умов витікання тобто швидкості деформування. З підвищенням температури і зростанням швидкості деформації в'язкість мастил зменшується.

В'язкість мастила визначає умови його заправки в вузли тертя за низьких температур, впливає на пускові і усталені моменти зсуву підшипників.

Механічна стабільність характеризується зміною об'ємномеханічних властивостей мастил, наприклад границі міцності, внаслідок механічної обробки і наступного їх відпочинку. Механічно нестабільне мастило, тобто таке, що сильно руйнується і не відновлює своїх початкових властивостей після зняття деформуючих навантажень, витече з вузла тертя і призведе до передчасного його пошкодження.

Колоїдна стабільність – це здатність мастила під дією зовнішніх сил утримувати в комірках свого структурного каркасу масло. Колоїдну стабільність визначають в відсотках масла, що виділилось.

Колоїдно-стабільні мастила можуть не виділяти масло під час зберігання і експлуатації тривалий час. Незначне виділення масла з мастила під час його роботи в вузлі тертя завжди корисне, оскільки це сприяє покращенню умов мащення деталей, що труться. Та надмірно велике виділення масла з мастила (низька колоїдна стабільність) призводить до витікання масла з вузла тертя і утворення в ньому затверділої маси загусника, тобто до порушення режиму мащення.

Для характеристики пластичних мастил можуть

використовуватись і інші показники. Такі як: випаровуваність, водостійкість, несуча здатність мастильної плівки, температура краплепадіння, пенетрація.

Машення основних елементів верстатів. Момент тертя в підшипнику.

Потужність втрат на тертя в підшипнику визначається за формулою:

$$P = \frac{M \cdot n \cdot 2\pi}{60 \cdot 1000}, \text{ Вт}$$

де M – момент тертя в підшипнику, Н/мм; n – частота обертання шпинделя, хв^{-1} .

Момент тертя складається з двох різних складових: моменту M_0 , що залежить від частоти обертання і машення, а також моменту M_1 , що залежить від навантаження. Вони визначаються за такими виразами:

$$M_0 = 10^{-7} f_0 (n \cdot v)^{2/3} \cdot d_m^3; \quad M_1 = f_1 \cdot P_1 \cdot d_m,$$

де f_0 – коефіцієнт, що залежить від виду машення і конструкції підшипника;

v – кінематична в'язкість мастила при робочій температурі, $\text{мм}^2/\text{с}$; d_m – середній діаметр підшипника, мм; f_1 – коефіцієнт, що залежить від конструкції підшипника і навантаження. P_1 – навантаження на підшипник, Н.

Необхідно прагнути до досягнення малого моменту тертя для того, щоб забезпечити низькі температури, які забезпечують можливість роботи з високими частотами обертання. В більшості випадків допустима температура є тим чинником, який визначає досяжну частоту обертання.

Вплив кількості мастила на втрати на тертя в підшипнику.

На високих частотах обертання гідродинамічне тертя мастильної речовини складає основну частку втрат на тертя підшипників.

В'язкість мастильної речовини – параметр, який грає важливу роль в цьому терті, але кількість мастильного матеріалу, що активно діє в

підшипнику, має навіть більше значення.

Загальна залежність між кількістю мастильної речовини, втратами на тертя і температурою наведена на графіку (рис. 6.1)

Там, де кількість мастильної речовини мала (діапазон А), спостерігається значний металевий контакт, який призводить до швидкого зносу і високих температур. В цьому випадку підшипник буде пошкоджений за короткий проміжок часу.

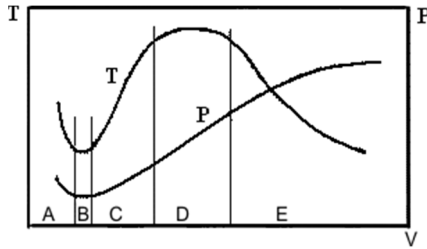


Рисунок 6.1 – Вплив кількості мастила V на тепловиділення T та втрати потужності P в підшипнику.

В діапазоні В відбувається достатнє розділення елементів кочення і доріжок кочення, тертя мале і температура низька. Кількість мастильного матеріалу дуже невелика. Такий стан називається масляним голодуванням.

Коли кількість мастильної речовини збільшується, тертя і температура також зростають (діапазон С), подальше зростання кількості мастильної речовини (діапазон D) призводить до виникнення стану рівноваги між зростанням температури і ефекту охолодження. Якщо кількість масла буде зростати і далі (діапазон E), то більша частина тепла, що утворюється буде поглинатись маслом, так що не дивлячись на зростання втрат на тертя, температура підшипника буде падати. В такому режимі температура масла, що подається в опору буде суттєво впливати на температуру підшипника.

Використання традиційних систем мащення, наприклад, масляної ванни або багатого масляного мащення, часто створює ситуацію діапазону D. В разі застосуванні пластичного мастила або маслоповітряного мащення і, до деякої міри, мащення масляним туманом можуть створюватись умови, що відповідають діапазону В. Для забезпечення ефективного охолодження в діапазоні E потрібна циркуляція масла в відносно великих кількостях.

Таким чином існує два шляхи забезпечення високих частот обертання і низьких температур: використання мастильного матеріалу в дуже невеликих кількостях, або в дуже великих кількостях. Системи для використання великих об'ємів масла, включаючи необхідні охолоджуючі пристрої, дуже дорогі, до того ж використання масла в дуже великих кількостях може викликати проблеми ущільнення. Тому в більшості сучасних конструкцій шпindelних вузлів передбачені системи мащення з використанням мастильного матеріалу в невеликій кількості, тобто мащення пластичним мастилом і маслоповітряне мащення.

Мащення підшипників кочення шпindelних вузлів

Підшипники кочення змащуються маслом або пластичним мастилом. Найбільш поширене пластичне мащення, оскільки в цьому випадку, частіш за все, немає потреби використовувати спеціальні мастильні пристрої. Переваги мащення маслом – інтенсивне тепловідведення.

В підшипниках кочення, так само як і в гідродинамічних підшипниках, на поверхнях ковзання (сепаратор, торці роликів) виникає гідродинамічний несучий шар мастила.

В контактні тіл та доріжок кочення (де виникають значні контактні напруження) також утворюється шар мастила, який розділяє тіла, що взаємодіють, але закон утворення такого шару мастила описується та званою контактної-гідродинамічної теорією мащення (пружно-гідродинамічної теорією мащення), а сам режим такого мащення скорочено називається ПГД. На формування пружно-гідродинамічного шару мастила вирішальний вплив мають властивості мастильних матеріалів.

Мащення пластичними мастилами.

Пластичні мастила мають переважне використання для мащення підшипників, особливо встановлених на вертикальних і похилих валах, оскільки в таких випадках в разі використання пластичного мастила, можна суттєво спростити конструкцію ущільнень. Пластичне мастило має достатні захисні властивості проти проникнення в підшипник забруднення.

Пластичні мастила розрізняються за базовим числом і загусником. Як загусники використовуються металеві мила, наприклад, літєві, натрієві, кальцієві і барієві, а також спеціальні

речовини, які викликають набухання, такі як силікагель, глинисті речовини, барвники. Базові масла використовують мінеральні і синтетичні. Для мащення підшипників шпindelних вузлів металорізальних верстатів застосовують мастила на основі синтетичних масел з загусниками в вигляді літєвих барієвих і комплексних мил.

Для мащення підшипників шпindelних вузлів можуть бути використані спеціальні пластичні мастила ЛКС-2, КБС, ВНИИ НП-505 (Старт). Мастило ЛКС-2 має в своїй основі комплексні літєві мила та працює до температури 130⁰С. Їх можна використовувати для мащення кулькових та роликів підшипників з $dn=5 \cdot 10^5$ мм/хв⁻¹ і навантаженнях до 1800-2000 МПа.

Мастило КБС за механічною стабільністю переважає ЛКС-2, а за більшістю інших характеристик подібне до нього. Застосовується до температури 110⁰С. Розраховане на роботу за тих самих частот і навантажень, що і мастило ЛКС-2.

Можуть використовуватись пластичні мастила зарубіжних фірм такі як: SKF Grease LGLT2, Klüber Isoflex NBU 15; Klüber Isoflex LDS 18 ShcA; Esso Beason та інші.

Для роботи на високих частотах обертання не варто заправляти підшипник надто великою кількістю пластичного мастила, оскільки це зумовлює високі моменти тертя на стадії початкового припрацювання і робить період припрацювання небажано тривалим. За даними досліджень в разі заповнення мастилом всього вільного об'єму підшипника середній момент тертя зростає в 5-10 разів в порівнянні з моментом тертя за оптимального мащення. Такі ж результати спостерігаються і в разі заповнення мастилом однієї третини вільного об'єму підшипника на початку випробувань.

Необхідна кількість мастила може бути визначена за формулою:

$$G = f \cdot \frac{B \cdot d_m}{1000}, \text{ см}^3$$

де f – коефіцієнт, який залежить від діаметра отвору підшипника; B і d_m – ширина і середній діаметр підшипника в мм, відповідно. Шпindelні вузли сучасних верстатів можуть працювати на протязі багатьох років не потребуючи заміни пластичного мастила.

Термін служби пластичного мастила буде залежати від типу підшипника, кількості мастила, частоти обертання, робочої

температури і ефективності системи ущільнень.

Класифікація систем мащення

Рідке мащення.

В тих випадках, коли мащення пластичним мастилом виявляється недоцільним внаслідок необхідності його частоті заміни, або коли максимальна частота обертання надто висока для мащення пластичним мастилом, повинно використовуватись мащення мінеральним маслом. Способи підведення рідкого масла в підшипники досить різноманітні: мащення зануренням, циркуляційне, мінімальне (з впорскуванням, масляний туман, тощо). Вибір системи мащення залежить від умов роботи та конструкції опори.

Циркуляційне мащення має ряд переваг, головна з яких – тепловідведення від підшипників. Це дає можливість стабілізувати температуру опор шпинделя і шпиндельної бабки в цілому, і, завдяки цьому, усунути температурні деформації, які суттєво знижують точність роботи верстата. Витрати на циркуляційне мащення можна знизити, якщо використовувати насосний ефект несиметричних підшипників.

В більшості випадків в верстатах циркуляційне мащення підшипників здійснюється за допомогою спеціальних насосів, оскільки лише така система забезпечує ефективне відведення тепла.

Як зазначалось, для мащення підшипників потрібна дуже мала кількість масла. Тому створюються системи мінімального мащення, коли в робочу зону підшипника, тим чи іншим способом, вводять точно дозовані малі об'єми масла.

Режим *мінімального мащення* може забезпечуватися крапельним змащенням, масляним туманом, маслоповітряним мащенням та змащенням впорскуванням.

В сучасних верстатах крапельне змащення реалізується за допомогою імпульсних дозаторів (імпульсне мащення).

Змащування масляним туманом раніше було найбільш поширеною системою мінімального мащення. Однак цю систему неможливо відрегулювати на ту невелику кількість, яка потрібна, і це може призвести до надмірних температур підшипників. Змащування масляним туманом може також створювати проблеми для оточуючого середовища. Найбільш надійною системою для роботи з дуже

незначними кількостями масла з точним дозуванням є система маслоповітряного мащення.

Маслоповітряне змащування.

В разі застосування маслоповітряного мащення немає обмежень в відношенні типу масла і в'язкість масла може бути більш високою, ніж це можливо в разі мащення масляним туманом. Не виникає жодних проблем в зв'язку з оточуючим середовищем, оскільки від шпиндельного вузла не виходить масляний туман. Принципова схема маслоповітряного мащення наведена на рис. 6.2.

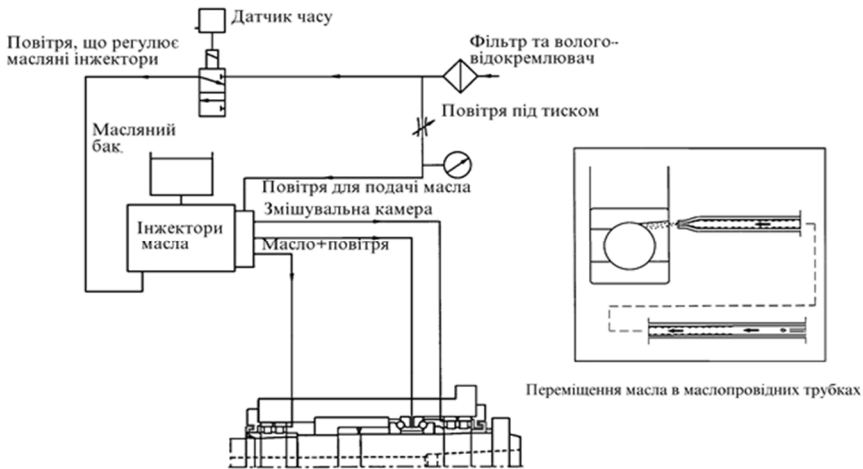


Рисунок 6.2-Система мало-повітряного мащення

Пневматично керовані інжектори подають через визначені інтервали часу точно визначені кількості масла, дець $2 - 35 \text{ мм}^3$. Масло подається в масловідвідні трубки за рахунок безперервно діючого стиснутого повітря через змішувальну камеру.

В трубках масло "повзе" по стінках в вигляді когезійної плівки і рухається вперед відносно повільно в вигляді хвилі. Звужені виходи трубки розміщені поряд з підшипниками. Таким чином забезпечується подача масла безпосередньо в підшипник. Оскільки масло розтікається по трубках, можуть бути допущені достатньо тривалі інтервали між подачами масла зі збереженням безперервної подачі масла в підшипники.

Необхідну кількість масла для подачі в підшипники шпинделя можна визначити за формулою:

$$Q = k \cdot d \cdot B / 100,$$

де Q – витрати масла, мм³/год.; k – коефіцієнт, що залежить від типу підшипника; $k \cong 1$ для радіальних роликотпідшипників; $k \cong (2-3)$ для радіально-упорних шарикотпідшипників; d – діаметр отвору підшипника, мм; B – ширина підшипника, мм.

Кулькові підшипники не такі чутливі до витрат масла, як роликотпідшипники, отже, можуть бути допущені більш високі витрати масла без будь-якого негативного впливу на температуру. Для високошвидкісних шпиндельних вузлів з радіально-упорними шарикотпідшипниками потрібні більш високі витрати масла, ніж це визначається рівнянням, оскільки спостерігається дія насосного ефекту.

Інтервали часу між моментами змащення визначаються в відповідності з об'ємом масла, який може забезпечити інжектор за час одного імпульсу, і необхідної витрати масла за годину. Інтервали можуть змінюватись в діапазоні від 1 хвилини до 1 години, та найбільш широко використовуються інтервали, що складають 15 – 20 хвилин.

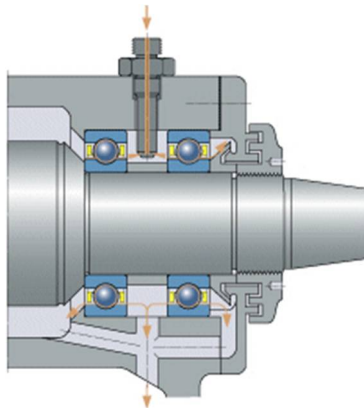


Рисунок 6.3 – Система змащення впорскуванням масла

Для того, щоб добитися задовільного розподілу масла в трубопроводі, трубки не повинні бути занадто короткими. Для

забезпечення більших інтервалів необхідні трубки більшої довжини. Для інтервалів 15 хвилин трубки повинні бути не коротші за 0,5 м. Тиск повітря повинен складати 0,2 – 0,3 МПа. Якщо трубки дуже великої довжини, то може знадобитись більш високий тиск повітря для компенсації падіння тиску в трубопроводі.

Впорскування масла. Для забезпечення достатнього змащування без підвищення робочої температури в умовах дуже високих швидкостей в підшипник має надходити достатня, але не надмірна кількість масла. Одним з найбільш ефективних методів досягнення такого режиму є впорскування масла (рис. 6.3), коли струмінь масла під високим тиском направляється в торець підшипника. Швидкість струменя масла повинна бути досить високою (не менше 15 м/с) для подолання завихрень, що виникають навколо обертового підшипника.

Машення напрямних

Напрямні ковзання.

Для змащення напрямних, що сприяє значному збільшенню їх довговічності, застосовують різноманітні способи. Найпростішим є машення ручним способом та змащення за допомогою індивідуальних маслянок. Безперервна подача масла може здійснюватись спеціальними роликками, розміщеними в масляних карманах станини, за допомогою насоса або з використанням масляної ванни. Для розподілу масла по всій поверхні тертя на напрямних виконують спеціальні масляні канавки.

В'язкість мастила, що використовується для машення напрямних залежить від умов роботи: характеру змащення, швидкості ковзання, навантаження. Зі збільшенням навантаження та зменшенням швидкості ковзання застосовують масло більш високої в'язкості.

В разі роботи з чистим мастилом для машення горизонтальних напрямних з малим та середнім тиском рекомендуються масла з кінематичною в'язкістю $v_{40} = 27 - 65 \text{ мм}^2/\text{с}$ (більші значення в'язкості для більш важких умов роботи); для високих навантажень доцільні більш в'язкі масла до $v_{40} = 100 \text{ мм}^2/\text{с}$.

В разі роботи з мастилом, забрудненим відходами, для машення горизонтальних напрямних рекомендують масла з в'язкістю: для проточного (бідного) машення $v_{40} = 25 - 35 \text{ мм}^2/\text{с}$ для верстатів середніх розмірів і $v_{40} = 40 - 55 \text{ мм}^2/\text{с}$ для важких; для циркуляційного (достатнього) машення або машення з масляної ванни $v_{50} = 30 - 45$

мм²/с для верстатів середніх розмірів і $v_{50} = 45 - 65$ мм²/с для важких верстатів.

Для мащення напрямних прецизійних верстатів найбільш ефективним є застосування антистрибкових масел, які забезпечують найбільш міцну і довговічну плівку, що підвищує точність установлювальних переміщень, значно знижує коефіцієнт тертя спокою.

Індустріальні масла ИНСп -40, ИНСп -65 призначені для змащення середньонавантажених і легконавантажених горизонтальних напрямних, коли потрібно забезпечити рівномірність і точність установлювальних переміщень. Їх використовують для змащування напрямних ковзання і кочення металорізальних верстатів високої точності, верстатів з ЧПК, передач ходовий гвинт-гайки та інших вузлів і там, де необхідно знизити рівень коефіцієнтів тертя в статичних та кінетичних умовах

Індустріальне масло ИНСп-110 призначене для змащування вертикальних напрямних ковзання і кочення металорізальних верстатів і для горизонтальних напрямних з вертикальними гранями великої площі.

Застосування пластичних мастил для напрямних ковзання верстатів, які піддаються забрудненню, неприпустиме в зв'язку зі збільшенням зносу та утворенням задирок.

Напрявні кочення.

Для напрямних кочення використовують масла і пластичні мастила. Використання масел є більш доцільним, оскільки вони сприяють видаленню забруднення і охолоджуючої рідини. Сила тертя в напрямних за відсутності забруднення мало залежить від кількості та в'язкості мастила. Рекомендовані масла наведені в таблиці 4. В більшості випадків слід застосовувати індустріальні масла. Для скорочення асортименту масел для горизонтальних і вертикальних напрямних можуть застосовуватись масла однієї в'язкості (40 – 50 мм²/с за 40⁰С).

Під час роботи напрямних кочення з малими навантаженнями опір руху визначається в основному тертям ковзання. Тому, в разі необхідності знизити тертя спокою, особливо для роликів опор та голчастих напрямних, доцільно застосовувати антистрибкові масла серії ИНСп.

В напрямних з надійним захистом можуть використовуватись пластичні мастила, зокрема універсальні середньоплавкі УС-2 і УС-1, ГОСТ1033-79. Для зниження тертя, зокрема в роликівих опорах, доцільно застосовувати мастила АМС-1 та АМС-3, ГОСТ2712-75, які мають добрі антистрибкові властивості.

Кулькові гвинтові передачі.

Для змащування кулькових гвинтових передач використовується мащення пластичними мастилами та мащення маслами. Для пластичного мащення використовуються мастила на базі літєвих мил з кінематичною в'язкістю (30 – 140) мм²/с. Мінеральні масла використовуються кінематичною в'язкістю (32 – 100) мм²/с. Масла з низькою в'язкістю доцільно використовувати, коли гвинт працює з високою швидкістю і важливо знизити теплове видовження ходового гвинта. Масла з високою в'язкістю рекомендуються для малих швидкостей гвинта, високих температур, роботі з вібраціями та іншими високими навантаженнями.

Недостатність мастила зумовлює бідне мащення, в той час як надмірна кількість масла веде до підвищеного генерування тепла і зростання опору. Тому важливо визначити оптимальну кількість мастила для конкретних умов роботи.

Приблизна кількість пластичного мастила зазвичай береться 1/3 об'єму простору в гайці.

Рекомендована кількість масла дана в таблиці 6.1. Слід зауважити, що кількість масла залежить від ходу, типу масла, що використовується та умов роботи (необхідно запобігати теплоутворенню).

Використовують мащення таких видів: крапельне, порційне, масляний туман. Пластичний мастильний матеріал використовується, коли використання рідкого матеріалу ускладнено. В невеликих кількостях його закладають в гвинтові канавки гайки.

Ефективні масла з протизадирними присадками, особливо в зв'язку з тим, що в каналах повернення спостерігається тертя ковзання.

Таблиця 6.1 - Рекомендовані об'єми масла для змащення гвинтової передачі

Діаметр вала, мм	16 – 18	20 – 25	28 – 32	36 - 40
Кількість масла, см ³ (інтервал 3 хв.)	0,07	0,10	0,15	0,25

Таблиця 6.2 - Масла, що рекомендуються для мащення напрямних кочення.

Вид напрямних	Особливі умови застосування масел	Марка масла	В'язкість кінематична при 40°C, мм ² /с
Горизонтальні	-	И-30А И-40А ИНСп-40	41-51 51-75 50-70
	Підвищений тиск, напрямні важких верстатів, горизонтальні напрямні з вертикальними гранями великої площі	И-40А	51-75
		ИНСп-65	100-110
	ИНСп-110	175-200	
Зниження спливання столів	ИНСп-20	18-25 (при 50°C)	
Вертикальні	-	И-40А	51-75
	Підвищений тиск, напрямні важких верстатів	ИНСп-110	175-200
		ИНСп-110	175-200
Горизонтальні і Вертикальні	Мащення напрямних маслом з гідросистеми	ИГП-18	24-30
		ИГП-30	39-50
		ИНСп-20	18-25 (при 50°C)
	Загальна для горизонтальних і вертикальних напрямних система мащення.	И-40А ИНСП-65	51-75 100-110

Схема мащення верстата.

Для кожного верстата розробляється схема мащення, на якій зазначаються точки підведення мастила. В таблиці, що супроводжує таку схему мащення деталізуються інтервали подачі мастильного матеріалу до кожної точки, характеризуються самі точки мащення та наводиться інформація про мастильний матеріал, що подається в конкретну точку. На рисунку 10.1 показана схема мащення багатоцільового верстата мод. 2204ВМФ4, а в таблиці 6.3 необхідна інформація по режиму мащення верстата.

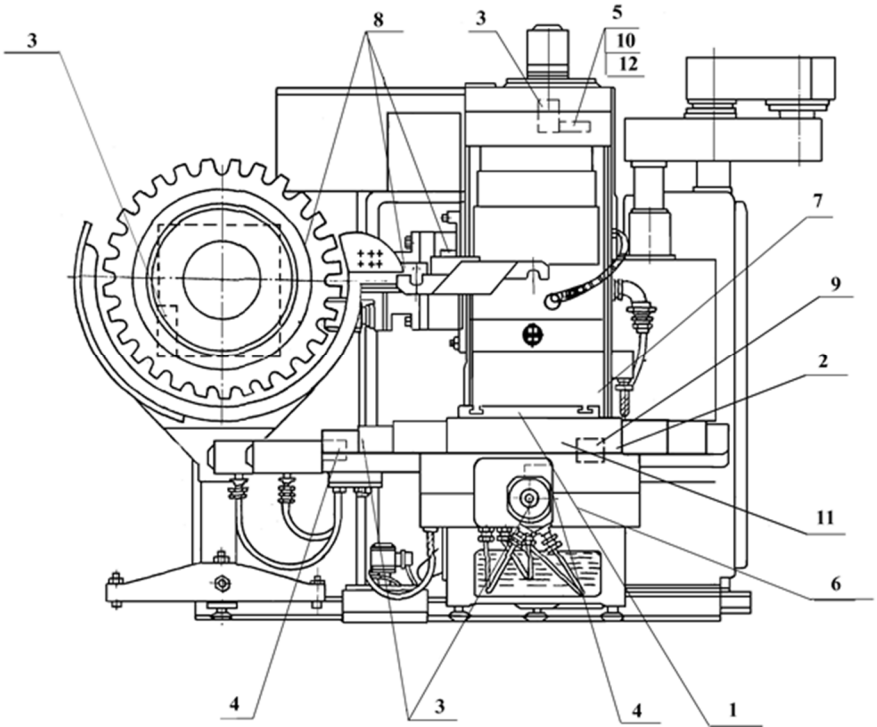


Рисунок 6.4 – Схема мащення багатоцільового верстата мод. 2204В

Таблиця 6.3 - Перелік точок мащення

Позиція	Періодичність мащення	Точка, що змащується	Куди входить	Мастильний матеріал
1	Щоденно	Кругові напрямні	Стіл	Індустріальне И-30А ГОСТ20799-88
2	1 раз на 6 місяців	Шестірні, підшипники, ходовий гвинт, танкетки	Те саме	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
3	1 раз на 6 місяців	Шестірні, підшипники	Редуктор (блок сельсинів)	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
4	1 раз на 6 місяців	Шестірні, підшипники	Затиск ходового гвинта	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
5	1 раз на 6 місяців	Шестірні	Головка шпindelьна	Індустріальне И-30А ГОСТ20799-88
6	1 раз на 6 місяців	Шестірні, підшипники, ходовий гвинт	Основа	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
7	1 раз на 6 місяців	Шестірні, підшипники, ходовий гвинт, ланцюги, напрямні вантажів, танкетки головки	Колона	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
8	1 раз на 6 місяців	Шестірні, підшипники	Механізм заміни інструменту	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
9	1 раз на 6 місяців	Шестірні, опори, тяги, рейки	Затиск поворотного стола	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
10	1 раз на 6 місяців	Танкетки, опори, шліцьовий вал	Головка шпindelьна	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
11	1 раз на 6 місяців	Центральна опора поворотного стола	Стіл	ЦИАТИМ –203 ГОСТ6267-74
12	1 раз на 6 місяців	Електродвигуни РД-09	Затиск ходового гвинта, головка шпindelьна	Приладне МВП ГОСТ1805-76

ЛЕКЦІЯ 7. ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Основними причинами виведення обладнання з ладу є: 1) порушення правил експлуатації, у тому числі перевантаження окремих механізмів і вузлів; 2) порушення регулювання визначеного вузла чи механізму; 3) знос окремих деталей і вузлів, вихід з ладу окремих механізмів, утрата точності.

Якщо виходу з ладу обладнання з перших двох причин можна запобігти забезпеченням належного догляду і правильної експлуатації, то знос механізмів — явище постійне. Здійснюючи ряд технічних рішень, можна сповільнити знос, але запобігти його важко.

Термін служби верстатів в основному визначається зношуванням, при якому відбувається втрата механізмом початкових експлуатаційних якостей. Зношування це процес руйнування і відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла, незворотний процес зміни деталей під час експлуатації. В наслідок зношування змінюється форма, розміри і стан робочих поверхонь деталей. У залежності від умов роботи одні деталі зношуються швидше, інші повільніше.

Розрізняють три періоди зносу. Процес зносу в першому періоді характеризує початкову роботу з'єднання — період припрацювання його сполучених деталей. Величина і ступінь інтенсивності зносу в період припрацювання залежать від якості поверхонь деталей. Чим краще оброблені і пригнані тертьові поверхні деталей відповідно до умов роботи з'єднання, тим менше їхній початковий знос. Другий період характеризує нормальну роботу з'єднання. Знос поступово наростає; його величина залежить від тривалості роботи з'єднання.

Третій період це інтенсивне наростання зносу, коли зазори в спряженнях різко збільшуються. В міру наростання зносу працездатність механізму порушується, і зрештою він виходить з ладу.

Розрізняють такі основні види зношування: механічне, при заїданні й окисне.

Механічне зношування — зношування в результаті механічних впливів. При цьому відбувається стирання (зрізання) поверхневого шару металу в спільно працюючих деталях. Механічне зношування часто збільшується наявністю абразивного пилю, твердих часток, стружки, продуктів зношування; тертьові поверхні додатково

руйнуються за рахунок дряпання.

Знос і характер зношування деталей залежать від фізико-механічних властивостей поверхневих шарів металу, умов роботи поверхонь, що сполучаються, тиску, відносної швидкості переміщення, умов змашування, параметрів шорсткості третьових поверхонь то що. Якщо взаємодія деталей відбувається без відносного переміщення, то можливе зминання металу, що характерно для шліцьових, шпонкових, різьбових і інших з'єднань.

Під час роботи багато деталей верстатів, наприклад, вали, зуби зубчастих коліс, шатуни, підшипники, пружини і інше, піддаються тривалому впливу змінних навантажень, що набагато сильніше знижують міцність деталей, ніж статичні навантаження. Циклічні навантаження викликають втомне зношування і руйнування деталей, внаслідок чого зношування характеризується двома зонами — зоною тріщин, що розвивалися, і зоною, по якій відбувся злам. Поверхня першої зони гладка, а поверхня другої — з раковинами чи зерниста. Такий злам говорить про те, що причиною поломки є втома. Для запобігання руйнування від втоми необхідно правильно вибрати розміри поперечного перерізу деталі, що виготовляється чи ремонтується, виконувати її по можливості так, щоб не було різких переходів від одного розміру до іншого. Варто враховувати, що грубо оброблена поверхня, наявність рисок і подряпин можуть стати причинами виникнення втомних тріщин.

Зношування внаслідок заїдання відбувається в результаті схоплювання однієї поверхні з іншої, глибинного виривання матеріалу. Відбувається це через недостатнє змашення і значний питомий тиск, коли дві поверхні зближаються настільки щільно, що починають діяти молекулярні сили. Схоплювання відбувається також в умовах високих швидкостей ковзання і високого тиску, коли температура третьових поверхонь висока.

Окисне зношування виявляється звичайно в деталей верстатів, що піддаються безпосередньо дії води, повітря, хімічних речовин і температури. Мінливість температури повітря у виробничому приміщенні приводить до того, що при її підвищенні водяні пари, які містяться в повітрі, стикаючись з більш холодними металевими деталями, осаджуються на них у вигляді конденсату. Це викликає корозію металу, тобто з'єднання металу з киснем повітря. Під впливом корозії в металевих деталях утворюються глибокі руйнування, матеріал

утрачає механічну міцність. Ці явища спостерігаються, зокрема, у деталей шліфувальних, електрохімічних і інших верстатів, що працюють з водоемульсійними охолоджувальними рідинами.

Звичайно корозійний знос супроводжується механічним впливом через з'єднання однієї деталі з іншої. У цьому випадку відбувається так зване *корозійно-механічне* зношування.

Про зношування деталей верстата можна судити за характером їхньої роботи. Наприклад, підвищений шум у зубчастих передачах — ознака зношування профілю зубів. Зношування шліцьових і шпонкових з'єднань виявляється у вигляді глухих і різких поштовхів щораз, коли змінюється напрямок обертання чи прямолінійного руху. За шумом можна оцінити і стан вузлів із підшипниками кочення. Діагностування проводять за допомогою спеціального приладу — стетоскопа. За його відсутності можна скористатися металевим прутком, що прикладають закругленим кінцем до вуха, а загостреним — до місця, де знаходиться підшипник. При нормальній роботі чутний слабкий шум, рівномірне тонке дзижчання. Різкий (дзвенячий) шум чи свист указують на те, що в підшипнику відсутнє мастило, кульки чи ролики затиснені між біговими доріжками внутрішнього й зовнішнього кілець. Шум, що гримить, (часті дзвінки стукоти) свідчить про те, на тілах кочення чи кільцях з'явилися «виразки» чи в підшипник потрапив абразивний пил чи бруд. Глухі удари говорять про ослаблення посадки підшипника на валу й у корпусі.

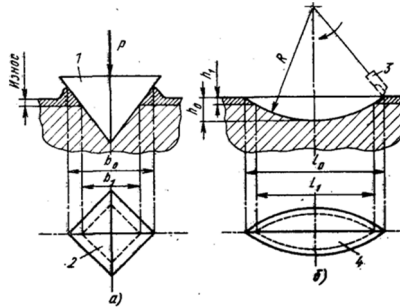
Зношування в складальних одиницях верстата можна установити не тільки на слух, але і за виглядом поверхонь, оброблених на цьому верстаті. Наприклад, поява на обробленій на токарному верстаті деталі кільцевих виступів чи западин через рівні проміжки свідчить про знос зубів рейкового колеса й рейки; рух супорта замість плавного стає переривчастим. Цей дефект часто викликається також зношуванням напрямних станини і каретки супорта, що порушує співвісність отворів фартуха й коробки подач, через які проходить ходовий вал, і що змінює, крім того, зазор у рейковій передачі.

Збільшений «мертвий» хід рукояток гвинтів свідчить про зношування різі гвинтів і гайок. У даному випадку під "мертвим ходом" розуміють деякий вільний кут повороту рукоятки, перш ніж почне рухатися з'єднана з нею деталь.

Для оцінки зносу поверхонь тертя базових деталей верстатів

рекомендується метод «штучних баз». Цей метод полягає в тім, що на поверхні, що зношуються, заздалегідь наносять лунки визначеної форми (рис. 7.1). На зміну режиму тертя вони практично впливу не чинять, оскільки вони мають малі розміри: глибина 50—75 мкм, довжина 1,7—2 мм. відстань між лунками 100—200 мм. Лунки на поверхні тертя виконують або вдавленням алмазної піраміди (спосіб відбитків), або обертовим твердосплавним роликком (спосіб

«витирання»). Другий спосіб краще, тому що по сторонах лунки не відбувається случування металу і це дозволяє робити виміри більш точно. За зміною розміру лунки, тобто за зменшенням її глибини за час роботи верстата між вимірами, судять про величину зносу. Глибина лунки $h = l^2/8r$, де l — довжина лунки; r — радіус кривини заглиблення.



1 — алмазна піраміда; 2 — відбиток; 3 — різець; 4 — лунка

Рисунок 7.1 - Схеми нанесення відбитка (а) і лунки (б) для визначення зносу

Довжину l лунок може вимірюватися приладом МИБ-2, що представляє собою відліковий мікроскоп із мікрометричним гвинтом.

На напрямні лунки наносять посередині, у напрямку, перпендикулярному руху по них, щоб в процесі зношування поверхні кінців лунок залишалися чіткими.

Припустимий знос напрямних станин токарно-гвинторізних і консольно-фрезерних верстатів нормують у залежності від необхідної точності обробки й розмірів деталі. Якщо знос напрямних перевищує 0,2 мм, вібростійкість верстата значно знижується, і, хоча за умовами забезпечення заданої точності деталей припустиме продовження експлуатації верстата, приходиться зупиняти його на капітальний ремонт у зв'язку з погіршенням якості поверхні оброблених деталей

(сліди вібрації) чи з утратою продуктивності.

Припустимий знос напрямних поздовжньо - стругальних і поздовжньо-фрезерних верстатів:

$$U_{max} = 6 (L_0/L_1)^2,$$

де δ — похибка обробки на верстаті (допуск на деталь), мм; L_0 — довжина напрямних станини, мм; L_1 — довжина оброблюваної деталі, мм.

Для плоских напрямних знос дорівнює відстані від деякої умовної прямої, що проходить через точки на незношених кінцях напрямних, до зношеної поверхні. Для верстатів з V-подібними чи трикутними напрямними з кутом основи α припустимий знос:

$$U_{max} = 6 \cos \alpha (L_0/L_1)^2$$

Один з основних заходів боротьби зі зношуванням деталей верстатів - змащування поверхонь тертя. Поверхні під час роботи розділяються мастилом, і дрібні нерівності (шорсткості), що є на цих поверхнях, не стикаються між собою.

ЛЕКЦІЯ 8. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ

Поступове зношування металорізальних верстатів у процесі експлуатації проявляється в зниженні точності обробки, появи підвищеного шуму, виникненні неполадок і відмов. Підтримати верстати в працездатному стані і відновити втрачені в процесі експлуатації технічні показники можна тільки під час періодичного огляду і ремонту.

Задача ремонтників — компенсувати зноси, відновити нормальні з'єднання, повернути механізму його початкову здатність до виконання роботи, для якої він призначений.

Якщо ремонт виконується в умовах нормального зносу, він обходиться порівняно недорого; якщо ж допускаються надмірні зноси, тобто з'єднання працює в третьому періоді, коли знос відбувається інтенсивно, ремонт у цьому випадку носить відбудовний характер і вимагає значних матеріальних і трудових витрат.

Ремонт по потребі (тобто ремонт під час зупинок, обумовлених поломкою якої-небудь з деталей механізмів) — застаріла форма обслуговування. Недоліки її: раптовість виходу обладнання з ладу, що приводить до порушення нормального ходу виробництва і наносить

великий збиток виробництву; надмірний знос обладнання підвищує вартість ремонту і знижує його якість.

На всіх промислових підприємствах нашої країни діє система планово-попереджувального ремонту. Під планово-попереджувальним ремонтом варто розуміти відновлення працездатності машин (точності, потужності і продуктивності) шляхом раціонального технічного догляду, заміни і ремонту зношених деталей і вузлів, проведених за заздалегідь складеним планом. Сутність системи планово-попереджувального ремонту обладнання полягає в тім, що через визначене число відпрацьованих годин кожного агрегату виконують профілактичні огляди і різні види планових ремонтів цього агрегату. Основним завданням системи є подовження міжремонтного терміну служби обладнання, зниження витрат на ремонт і підвищення якості ремонту.

Чергування і періодичність оглядів і планових ремонтів обладнання визначаються його особливостями, призначенням і умовами експлуатації.

Існує три різновиди планово-попереджувального ремонту.

1. Метод післяоглядових ремонтів — планують не ремонти, а лише періодичні огляди. Якщо під час чергового огляду з'ясується, що верстат не пропрацює нормально до наступного огляду, то призначають ремонт до визначеного терміну. Це дає можливість підготуватися до ремонту, виконати його швидше і якісніше. Недолік методу — відсутність планування, що може привести до перевантаження працівників ремонтної служби в одні періодів і незайнятості — в інші.

2. Метод періодичних ремонтів — для кожного верстата складають план із зазначенням термінів і обсягу ремонтних робіт. Допускається коректування плану з урахуванням фактичних результатів оглядів, що робить систему ремонтів гнучкою, забезпечуючи найбільш рентабельне використання технологічного обладнання за термін його служби. Це найбільш розповсюджений вид планово-попереджувального ремонту.

3. Метод примусових ремонтів — обов'язковий ремонт обладнання у встановлений термін. Ремонт проводять за заздалегідь розробленою технологією з обов'язковою заміною чи відновленням усіх намічених деталей і вузлів. Метод доцільний тільки на дільницях з однотипним обладнанням і стабільним режимом роботи (потоківі

лінії, енергетичне обладнання).

Основні види робіт з технічного огляду і ремонту обладнання

Планово-попереджувальний ремонт проводиться за визначеною системою. Він передбачає виконання таких робіт із технічного огляду і ремонту.

Роботи з технічного огляду за обладнанням.

Міжремонтне обслуговування включає спостереження за виконанням правил експлуатації обладнання, зазначених у технічних керівництвах заводів-виробників, особливо механізмів керування, огорожень і мастильних пристроїв, а також своєчасне усунення дрібних несправностей і регулювання механізмів. Міжремонтне обслуговування виконується під час перерв у роботі агрегату без порушення процесу виробництва. Його виконують робітники, що обслуговують агрегати, і черговий персонал ремонтної служби цеху (слюсарі, електрики, мастильники й то що).

Промиванню піддаються усі види обладнання, що працюють в умовах забруднення.

Промивання виконують ремонтні слюсарі, не порушуючи процесу виробництва, використовуючи для цього технологічні перерви в роботі агрегату, неробочі зміни і вихідні дні.

Заміна і поповнення масел здійснюється за спеціальним графіком для всього обладнання з централізованою і картерною системами мащення.

Перевірка геометричної точності проводиться після планових ремонтів і профілактично за особливим планом- графіком для прецизійного і фінішного обладнання.

Перевірку геометричної точності агрегатів проводять відповідно до норм, передбачених ДСТУ або технічними умовами, а в агрегатів спеціального призначення - за технологічною точністю оброблених деталей.

Перевірку геометричної точності виконує контролер відділу технічного контролю з притягненням ремонтних слюсарів.

Огляд виконується з метою перевірки стану обладнання, усунення дрібних неполадок і виявлення об'єму підготовчих робіт, що підлягають виконанню під час чергового планового ремонту.

Огляди між плановими ремонтами обладнання проводять ремонтні слюсаря за місячним планом з притягненням, у разі

необхідності, працівників, що працюють на цьому устаткуванні.

Ремонтні роботи

Малий ремонт - вид планового ремонту, при якому заміною або відновленням зношених деталей і регулюванням механізмів забезпечується нормальна експлуатація агрегату до чергового планового ремонту.

Середній ремонт – вид планового ремонту, при якому здійснюється часткове розбирання агрегату, капітальний ремонт окремих вузлів, заміна і відновлення значної кількості зношених деталей, складання, регулювання й випробування під навантаженням.

Капітальний ремонт - вид планового ремонту, при якому здійснюється повне розбирання агрегату, заміна зношених деталей і вузлів, ремонт базових і інших деталей і вузлів, складання, регулювання й випробування агрегату під навантаженням.

Під час середнього і капітального ремонтів шляхом вивірки координат відновлюють передбачені ДСТУ або технічними умовами (для спеціального і спеціалізованого обладнання, а також переведеного на операційну роботу) геометричну точність, потужність і продуктивність агрегату на термін до чергового планового ремонту - середнього або капітального.

Зміст типових робіт з планового ремонту механічної частини металообробного обладнання

Огляд

Під час огляду виконують такі види робіт:

1. Зовнішній огляд без розбирання для виявлення дефектів стану і роботи верстата в цілому і по вузлах (регулювання, нагрівання то що).
2. Розкриття кришок вузлів для огляду і перевірки стану механізмів, заміна зношених або зламаних деталей.
3. Регулювання зазорів гвинтів і гайок супортів, кареток, траверс, ходових гвинтів то що. Регулювання підшипників шпинделя. Регулювання плавності переміщення столів, супортів, кареток, повзунів, довбачів. Регулювання фрикціонів, підтяжка гальм.
4. Перевірка вірності перемикачів ручок швидкостей і подач.
5. Перевірка стану напрямних станин, кареток, траверс і інших поверхонь тертя; зачищення забойн, подряпин, задирів.

6. Підтяжка, зачищення або заміна розслаблених або зношених кріпильних деталей - шпильок, гайок, гвинтів і ін.
7. Перевірка справності обмежників, перемикачів, упорів.
8. Чищення, натяжка, ремонт або заміна ланцюгів, пасів, стрічок.
9. Розбирання і промивання вузлів, зазначених в операції «промивання».
10. Перевірка стану і дрібний ремонт системи охолодження.
11. Перевірка стану і ремонт огороджувальних пристроїв.
12. Перевірка стану і дрібний ремонт системи мащення і гідравліки.
13. Регулювання верстата і здача його виробничому майстру (протягом 1 години) для перевірки вірності регулювання.
14. Виявлення деталей, що вимагають заміни при найближчому плановому ремонті, із записом у попередні відомості дефектів.

Під час огляду перед капітальним ремонтом проводяться роботи, що виконуються при оглядах перед іншими видами ремонтів, і, крім того, виявляються деталі, що вимагають заміни під час капітального ремонту, із записом у відомість дефектів, а також ескізування частини зношених деталей, що не мають креслень, із вузлів, що піддаються розбиранню.

Малий ремонт

Включає в себе операції, що виконуються під час огляду, та такі операції:

1. Часткове розбирання агрегату. Подетальне розбирання двох-трьох вузлів, схильних до найбільшому зносу і забруднення. Розкриття кришок для внутрішнього огляду і промивання інших вузлів.

2. Протирання всього агрегату, промивання деталей розібраних вузлів.

3. Розбирання шпинделя, зачищення шийок шпинделя, місця під інструмент і пристосування; зачищення або пришабрування підшипників, складання шпинделя і регулювання підшипників. Шпиндельні вузли прецизійних, великих, важких, особливо важких і унікальних верстатів при малому ремонті не розбираються.

4. Перевірка зазорів між валиками і втулками, заміна зношених втулок. Регулювання підшипників кочення, заміна зношених

підшипників.

5. Зачищення задирок на зубах коліс, заміна коліс із викрешиними зубами. Зачищення гвинтів, супортів, кареток, траверс, ходових гвинтів і ін.; заміна зношених гайок. Зачищення задирів, подряпин, забойн і задирок на поверхнях тертя напрямних станин, кареток, супортів, траверсів, колон то що.

6. Заміна зношених і зламаних зовнішніх кріпильних деталей у різцетримачів, клинів, планок і ін.; зачищення іншого кріплення.

7. Пришабрювання або зачищення регулювальних клинів, планок.

8. Перевірка роботи і регулювання важелів і ручок вмикання прямого і зворотного ходів, переключення швидкостей і подач, блокуючих, фіксуючих, запобіжних механізмів і обмежників.

9. Заміна зношених деталей, що не витримують експлуатації до чергового планового ремонту.

13. Виконання робіт, пов'язаних із ремонтом системи мащення і гідравліки і заміною масла.

14. Виявлення деталей, що вимагають заміни при найближчому плановому ремонті (середньому, капітальному), із записом у попередній відомості дефектів.

15. Зачищення робочих поверхонь столів.

16. Перевірка точності агрегатів, що включені в список обладнання, що піддається профілактичній перевірці точності.

17. Випробування верстата на холостому ході на усіх швидкостях і подачах, перевірка на шум, нагрівання і по виготовленій деталі на точність і чистоту оброблюваної поверхні.

Примітка. При малому ремонті виконуються ті з зазначених у даному змісті робіт, що зумовлюються станом агрегату що ремонтується, за винятком пп. 14, 16 і 17, які виконуються для усіх верстатів.

Середній ремонт

Включає в себе операції, що виконуються під час малого ремонту, та операції, пов'язані з частковим розбиранням та відновленням вузлів верстата.

1. Заміна або відновлення валиків.

2. Заміна зношених зубчастих коліс і черв'ячних пар.

3. Відновлення або заміна зношених гвинтів і гайок гвинтових передач.

4. Заміна або відновлення і пришабрювання регулювальних клинів і притискних планок.

5. Перевірка і зачищення незношених деталей, що залишаються в механізмах верстата.

6. Ремонт масляного насоса та системи мащення і гідравліки.

7. Контрольне шабрення або шліфування напрямних поверхонь, що потребують ремонту: станини, супортів, каретки, столів, консолі, хобота, траверси, колони, повзуна й ін., якщо їхній знос перевищує припустимий.

Загальна шабрована поверхня не повинна перевищувати 30 - 35% поверхні тертя, інша поверхня тертя піддається розшабруванню.

8. Складання відремонтованих вузлів верстата, перевірка вірності взаємодії вузлів і всіх механізмів верстата.

9. Фарбування зовнішніх неробочих поверхонь верстата з підшпаклювання.

10. Обкатування на холостому ході на усіх швидкостях і подачах. Перевірка на шум, нагрівання.

11. Перевірка на точність за ДСТУ універсального обладнання, за технічними умовами агрегатів, що постійно працюють із кондукторами або пристосуваннями, які визначають технологічну точність обробки.

Капітальний ремонт

Виконується повне розбирання верстата і всіх його вузлів, промивання та протирання всіх деталей. Уточнюється попередньо складена дефектно-кошторисна відомість. Виконуються операції малого та середнього ремонтів. Здійснюється заміна зношених деталей або їхнє відновлення, шліфування або шабрення всіх напрямних поверхонь: станин, столів, кареток, супортів, колон, стійок, траверс і т.п., заміна або відновлення столів із викрешеними Т-подібними пазами.

Для верстатів, установлених на фундаменті, проводять перевірку стану фундаменту, виправлення його, перевірку установки верстата і підливання цементним розчином.

Зняття з фундаменту верстата для капітального ремонту рекомендується при централізованій системі організації ремонту і для агрегатів, що працюють у потоці, для агрегатів вагою до 2-2,5 т при необхідності зняття станин для шліфування на спеціальних верстатах. При ремонті великих, важких, особливо важких і унікальних верстатів

зняття їх із фундаменту не рекомендується.

Структура та періодичність робіт з планового технічного обслуговування та ремонту.

Всі роботи з планового технічного обслуговування та ремонту виконуються в визначеній послідовності, утворюючи цикли, що повторюються.

Ремонтний цикл (C_p) – це сукупність різних видів планового ремонту, що повторюються, і виконуються в передбаченій послідовності через установлену рівну кількість годин оперативного часу роботи обладнання, яка називається міжремонтним періодом.

Ремонтний цикл завершується капітальним ремонтом і визначається структурою і тривалістю.

Структура ремонтного циклу (C_{np}) - це перелік ремонтів, які входять до його складу, розташованих в послідовності їх виконання. Наприклад, структура ремонтного циклу, що складається з чотирьох поточних, одного середнього та одного капітального ремонту, записується так: КР-ПР-ПР-СР-ПР-ПР-КР.

Тривалість ремонтного циклу (T_{np}) – це кількість годин оперативного часу роботи обладнання, протягом якого виконуються всі ремонти, що входять до складу циклу. Прості обладнання, пов'язані з виконанням планових та непланових ремонтів та технічного обслуговування в тривалість ремонтного циклу не входять.

Міжремонтний період (T_{mp}) – це період оперативного часу роботи обладнання, між двома плановими ремонтами, що виконуються послідовно.

Тривалість міжремонтного періоду дорівнює тривалості ремонтного циклу, поділений на число внутрішньоциклових ремонтів плюс 1.

Цикл технічного обслуговування (C_o) – це сукупність операцій, що повторюється, різних видів планового технічного обслуговування, які здійснюються через встановлену для кожного виду обладнання кількість годин оперативного часу роботи, що називається міжопераційним періодом (T_{mo}).

Для різних видів обладнання і різних умов експлуатації однотипного обладнання визначені різні за структурою і тривалістю ремонтні цикли і кількість планових оглядів.

Структура ремонтного циклу для середніх і легких верстатів:

Клас точності верстата **Н**: КР-ПР-ПР-СР-ПР-ПР-КР;

Класи точності верстата **П, В, А, С**: КР-ПР-ПР-СР-ПР-ПР-СР-ПР-ПР-КР.

Тривалість ремонтного циклу і міжремонтного періоду середніх і легких верстатів визначається за формулами наведеними в табл. 8.2:

Таблиця 8.1 - Тривалості ремонтного циклу та міжремонтного періоду металорізальних верстатів середньої ваги (для обробки сталі).

Клас точності верстата	Матеріал інструмента	Тривалість оперативного часу, год.	
		Ремонтний цикл	Ремонтний період
Н	метал	16800	2800
	абразив	13440	2240
П	метал	25200	2800
	абразив	20160	2240
В, А, С	метал	33600	3780
	абразив	26880	2990

Таблиця 8.2 - Визначення тривалості ремонтного циклу та міжремонтного періоду.

Клас точності верстата	Тривалість ремонтного циклу, год. відпрацьованих обладнанням	Тривалість міжремонтного періоду год. відпрацьованих обладнанням
Н	$T_{ур} = 16800 * K_{ом} K_{мі} K_{тв} K_{кc} K_{в} K_{д}$	$T_{мр} = T_{ур} / 6$
П, В, А, С	$T_{ур} = 16800 * K_{ом} K_{мі} K_{тв} K_{кc} K_{в} K_{д}$	$T_{мр} = T_{ур} / 9$

$K_{ом}$ – коефіцієнт оброблюваного матеріалу; $K_{мі}$ – коефіцієнт матеріалу інструменту; $K_{тв}$ – коефіцієнт класу точності верстата; $K_{кc}$ – коефіцієнт категорії маси; $K_{ро}$ – коефіцієнт ремонтних особливостей; $K_{у}$ – коефіцієнт умов експлуатації; $K_{в}$ – коефіцієнт віку; $K_{д}$ – коефіцієнт довговічності.

ЛЕКЦІЯ 9. РЕМОНТОСКЛАДНІСТЬ ОБЛАДНАННЯ. ПІДГОТОВКА РОБІТ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

Оцінка ремонтоскладності обладнання

Обсяг ремонтних робіт на планований рік визначають у фізичних одиницях. Для порівняння обсягів робіт, що виконуються під час ремонту різних верстатів і машин, обсягів робіт окремих цехів чи підприємств, необхідна одиниця, що була би мірилом фізичного обсягу робіт, які здійснюються під час ремонту. Ця одиниця повинна бути стабільною, не змінюватися в часі зі зміною організаційно-технічних умов виконання ремонту. Вона називається стабільною одиницею ремонтоскладності чи одиницею ремонтоскладності. Термін «одиниця ремонтоскладності» позначає стабільну одиницю, що відповідає визначеним незмінним умовам. У іншому випадку зіставлення обсягів робіт, виражених в одиницях ремонтоскладності, неможливо.

Одиниця ремонтоскладності механічної частини r_m — це ремонтоскладність деякої умовної машини, трудомісткість капітального ремонту механічної частини якої, що відповідає за обсягом і якістю вимогам ТУ на ремонт, дорівнює 50 год. у незмінних організаційно-технічних умовах середнього ремонтного цеху машинобудівного підприємства.

Одиниця ремонтоскладності електричної частини r_e — це ремонтоскладність деякої умовної машини, трудомісткість капітального ремонту електричної частини якої, що відповідає за обсягом і якістю вимогам ТУ на ремонт, дорівнює 12,5 год. у тих самих умовах, що і r_m .

Обсяг робіт, що підлягає виконанню під час капітального ремонту механічної й електричної частин будь-якого верстата (машини) у незмінних умовах і який може бути оцінений числом одиниць ремонтоскладності, що залежать тільки від його конструктивних і технологічних особливостей, називається стабільною ремонтоскладністю даного верстата (машини) і позначається відповідно R_m і R_e .

Механічна частина верстатів і машин у загальному випадку може складатися з кінематичної і гідравлічної частин,

ремонтоскладність який позначають відповідно R_k і R_p . Таким чином,

$$R_M = R_k + R_p$$

Електрична частина верстатів і машин складається з електроапаратів, приладів і проводки, ремонтоскладність яких позначають R_a , і електродвигунів R_d .

$$R_e = R_a + R_d$$

Вихідними даними для визначення ремонтоскладності різних моделей устаткування є технічні характеристики, що містяться в паспортах.

Для моделей устаткування, що випускаються серійно, розроблені довідкові таблиці величин стабільної ремонтоскладності механічної й електричної частин.

Для поширених видів обладнання розроблені емпіричні формули, що дозволяють шляхом нескладних обчислень визначити ремонтоскладність моделей, які не ввійшли до довідкових таблиць.

Планований обсяг робіт з капітального і поточного ремонту обладнання в R_M і R_a вносять у річні плани-графіки.

Для спрощення планових розрахунків доцільно обсяг робіт з поточного і середньої ремонту механічної частини обладнання в R_M і обсяги робіт з капітального і поточного ремонту електричної частини устаткування в R_a привести до еквівалентного за трудомісткістю обсягу робіт з капітального ремонту механічної частини і виразити в R_n .

R_n — це ремонтоскладність різних видів ремонту різних частин обладнання, приведена до ремонтоскладності капітального ремонту механічної частини обладнання. Для приведення обсягів робіт з поточного і капітального ремонту, а також ремонту механічної й електричної частин до одного вимірника R_n установлені коефіцієнти переведення.

1. Коефіцієнти відношення обсягу робіт поточного і середнього ремонту механічної частини до обсягу робіт капітального ремонту $K_{nm} = 0,12$; $K_{cm} = 0,18$.

2. Коефіцієнт відношення обсягу робіт поточного ремонту електричної частини до обсягу робіт капітального ремонту $K_{na} = 0,12$.

3. Коефіцієнт відношення обсягу робіт капітального ремонту електричної частини до обсягу робіт капітального ремонту механічної частини $K_{em} = 0,25$.

Методика визначення ремонтної складності

За експериментальними формулами, які пов'язують параметри технічної характеристики (висота центрів, ширина робочої поверхні стола, частота обертання шпинделя то що) верстатів і машин з трудомісткістю їх ремонту, може бути наближено визначена ремонтоскладність обладнання, однак в окремих випадках емпіричні формули можуть давати досить значні розбіжності з реальними потребами в витратах праці на капітальний ремонт і, отже, з дійсною ремонтоскладністю. Тому користування формулами допускається лише для тих моделей верстатів і машин, на які відсутні дані про ремонтоскладність в таблицях.

Для токарних верстатів формула має вигляд:

$$R_m = K_{ко}(K_1 d_0 + K_2 L_{мц} + K_3 n_1) + R_{ом} + R_2$$

де $K_{ко}$ – коефіцієнт конструктивних особливостей верстата:

$$K_{ко} = K_m K_{x_2} K_{чм},$$

де K_m – коефіцієнт класу точності верстата; K_{x_2} – коефіцієнт виконання (з ходовим гвинтом, або без ходового гвинта); $K_{чм}$ – коефіцієнт частоти обертання шпинделя;

K_1, K_2, K_3 – коефіцієнт технічних параметрів, K_1, K_3 залежать від маси верстата, K_2 – від відстані між центрами. d_0 – найбільший діаметр оброблюваної деталі; n_1 – число ступенів швидкості шпинделя;

$R_{ом}$ – ремонтоскладність окремих механізмів; R_2 – ремонтоскладність гідравлічної частини обладнання.

Приклади ремонтоскладності механічної частини верстатів: ремонтоскладність механічної частини верстата 16К20 складає 12 одиниць, для того ж верстата класу точності П – 14 одиниць, верстата з ЧПК – 13,5 – 17 одиниць; для вертикально свердлильного верстата 2Р135Ф2 – 21 одиниця.

Підготовка до виконання робіт з технічного обслуговування і ремонту.

Як би ретельно не був розрахований план, що передбачає оптимізацію термінів виведення устаткування в ремонт і виконання операції технічного обслуговування верстатів і машин, він може бути реалізований тільки за умови всебічної підготовки запланованих робіт, що включає:

- завчасне забезпечення технічною документацією, необхідною для ремонту і технічного обслуговування обладнання;
- підготовку виробничої бази, що має потужність, достатню для

виконання передбачених планом обсягів робіт, і підтримка в справності її обладнання;

- матеріальне забезпечення робіт, передбачених планом, упорядкування збереження матеріалів і деталей, підтримка в справності інструмента і пристосувань;

- підготовку робітників, освоєння ними прогресивних, продуктивних прийомів роботи і вимог, що містяться в технічній документації;

- організаційну підготовку: юридичне оформлення взаємин служби головного механіка (СГМ) з іншими службами і цехами і визначення форм оплати праці робітників, способів контролю виконаних робіт і перевірки стану устаткування.

Конструкторська і технологічна підготовка.

Конструкторська підготовка ремонтних робіт полягає в завчасному придбанні чи виготовленні креслень на деталі, що підлягають заміні і відновленню.

Технологічна підготовка ремонту включає: придбання чи розробку типових технологічних процесів розбирання і складання агрегатів, виготовлення замінних деталей (як правило, тільки складних у конструктивно-технологічному відношенні) і відновлення незамінних деталей; придбання креслень або конструювання і виготовлення технологічного і контрольо-перевірочного оснащення, спеціального інструмента і засобів механізації ремонтних робіт; складання дефектно-кошторисних відомостей на обладнання, що проходить у планованому році капітальний ремонт.

Складання дефектно-кошторисної відомості розділяється на два етапи. Попередньо форму заповнюють під час повного огляду, що передує капітальному ремонту, за даними візуальної перевірки вузлів, що розкриваються, і інструментального виміру зносу окремих деталей, внесених у журнали періодичних оглядів.

Остаточну дефектно-кошторисну відомість складають шляхом внесення уточнень під час розбирання і дефектації деталей у процесі капітального ремонту. Відомість складають інженер СГМ і (чи) майстер ремонтно-механічного цеху (РМЦ).

За даними попередньої дефектно-кошторисної відомості виконується комплектування деталей на складі й оформлення замовлення на виготовлення в РМЦ деталей, відсутніх на складі і які

не можуть бути отриманими зі спеціалізованих заводів. Тому украй важливо, щоб уточнення попередньої відомості в процесі дефектації й обсяг термінового замовлення на виготовлення відсутніх деталей були мінімальними.

Технологічна підготовка робіт з технічного обслуговування включає:

–розробку карт планового технічного обслуговування на конструктивно близькі групи моделей устаткування;

–розробку інструкційно-технологічних карт на окремі операції технічного обслуговування, що потребують виконання у визначеній технологічній послідовності, незрозумілій без ілюстративного пояснення;

–розробку типових інструкцій на виконання операцій технічного обслуговування з регламентованими переходами, що не вимагають ілюстративного пояснення;

–конструювання і виготовлення орг- і техоснастки, інвентарю, тари і то що, що сприяють підвищенню продуктивності праці при технічному обслуговуванні.

Забезпечення технічною документацією РМЦ покладається на конструкторсько-технологічне бюро СГМ. Альбоми креслень на кожну модель устаткування, що знаходиться в експлуатації, і контрольні екземпляри типових технологічних процесів зберігають у технічному архіві СГМ.

Підготовка виробничої бази

Після складання річного плану технічного обслуговування, ремонту обладнання й інших робіт, що підлягають виконанню в РМЦ, необхідно перевірити, чи достатня потужність РМЦ для його виконання.

Перевірку виконують:

- зіставляючи чисельність робітників, необхідну для виконання робіт, передбачених річним планом, з наявною чисельністю;

- порівнюючи площу, необхідну для виконання слюсарно-складальних і розбірних робіт під час ремонту обладнання, з наявною площею слюсарного відділення РМЦ і слюсарних дільниць;

- зіставляючи кількість обладнання, необхідного для виготовлення і відновлення деталей при усіх видах ремонту і технічного обслуговування, з наявною кількістю обладнання.

Перевірку потужності виробничої бази за чисельністю робітників виконують щорічно за формулою:

$$\Sigma Ч \Sigma Ч_{\phi}$$

де $\Sigma Ч$ — розрахункова чисельність робітників СГМ; $Ч_{\phi}$ — фактична чисельність робітників СГМ.

Якщо розрахункова чисельність виявляється більшою за фактичну, необхідно збільшити чисельність робітників РМЦ на $\Sigma Ч - Ч_{\phi}$.

Якщо, за якихось причин, збільшення чисельності неможливе, то річний план підлягає зміні. Повинні бути виключені такі обсяги не ремонтних робіт, щоб відновилася рівність.

Зміна плану за рахунок виключення робіт з ремонту і технічного обслуговування категорично забороняється.

Якщо розрахункова чисельність робітників виявляється меншою за фактичну, то повинна бути проведена зміна річного плану шляхом збільшення обсягів не ремонтних робіт до відновлення рівності. Технічний прогрес пов'язаний з неухильним підвищенням рівня механізації й автоматизації виробництва будь-якого підприємства, а отже, зі збільшенням обсягу робіт СГМ.

Підготовка кваліфікованих ремонтників вимагає декількох років. Тому на скорочення фактичної чисельності робітників РМЦ варто йти лише в крайніх випадках.

ЛЕКЦІЯ 10. ЗМІСТ ТИПОВИХ РЕМОНТНИХ РОБІТ

Технологічний процес ремонту являє собою комплекс робіт, що виконуються у визначеній послідовності. Основні роботи при виконанні виробничого процесу ремонту верстатів показані на схемі (табл. 10.1).

Таблиця 10.1 - Схема технологічного процесу середнього і капітального ремонту верстата

Огляд
Очищення від стружки, бруду, пилу, рідини, що охолоджує, й мастила
Приймання верстата в ремонт
Транспортування верстата для ремонту

Розбирання верстата на вузли	
Розбирання вузлів	
Миття вузлів і деталей	
Контроль і сортування деталей, складання відомості дефектів	
Придатні деталі	Не придатні деталі
Деталі, що вимагають відновлення і ремонту	
Ремонт деталей	
Контроль якості ремонту	
Складання вузлів	
Випробування вузлів	
Фарбування вузлів	
Загальне складання верстата	
Обкатування й випробування верстата	
Здача відремонтованого верстата в експлуатацію	

Верстат, що направляється на капітальний чи середній ремонт повинен бути очищений від бруду і стружки. Масло й охолодна рідина повинні бути злиті з ємностей (картерів). У разі проведення ремонту без зняття агрегату з фундаменту, місце біля агрегату повинне бути звільнене від деталей, заготовок і ретельно прибрано [6].

Відповідальність за підготовку верстата для передачі в ремонт несе начальник виробничого цеху чи начальник дільниці.

Приймання верстата в ремонт

Якщо верстат відправляється для ремонту в спеціалізований ремонтно-механічний цех підприємства, то він транспортується до місця ремонту. Разом з верстатом, що відправляється до спеціалізованого ремонтного заводу чи цеху, повинна бути направлена така технічна документація:

- 1) документи, що прибули з верстатом із заводу-виробника (технічний паспорт, посібник, заводський акт прийому і інше);
- 2) акт технічного огляду перед ремонтом;
- 3) відомість комплекту деталей і вузлів, що направляються в ремонт разом з верстатом.

Електродвигуни, установлені на окремих полозках і з'єднані з верстатом за допомогою пасових, ланцюгових чи зубчастих передач або муфт, не підлягають передачі в ремонт із верстатом. Полозки

таких електродвигунів, якщо вони вимагають ремонту, направляються разом з верстатом. Деталі, насаджені на вали окремо встановлюваних електродвигунів (шків, зірочки, зубчасті колеса, муфти то що), повинні бути демонтовані, скомплектовані з парними деталями верстата і відправлені на ремонт.

Ремонт універсальних приладь до верстатів (патронів, планшайб, люнетів, затискних пневмогідролічних пристроїв, ділильних головок, лещат, ділильних столів то що) не повинен входити в обсяг робіт з капітального (середньому) ремонту верстатів. Ці приладдя, як правило, не підлягають передачі в ремонт разом з верстатом.

Перед відправленням у ремонт верстат на місці його установки повинний бути оглянутий для визначення стану і комплектності. Переданий у ремонт верстат може складатися з деталей, що мають різний ступінь зносу, що потребують відновлення або заміни, але за будь-якого зносу окремих деталей чи порушенні правильності взаємодії вузлів, він повинен бути укомплектований, як правило, усіма деталями.

Якщо ж у верстата, що надійшов у ремонт, відсутні базові (корпусні) деталі чи вони мають наскрізні тріщини, виламані стінки, днища чи перегородки, то верстат не може бути прийнятий на капітальний ремонт. У цьому випадку складається акт на списання верстата, після чого він, в окремих випадках, може бути підданий (за згодою сторін) відбудовному ремонту за спеціальними технічними умовами.

Важливе значення при складанні акта технічного огляду перед ремонтом має опитування робітників-верстатників, що працюють на даному верстаті, а також ремонтних слюсарів, що обслуговують агрегат під час його експлуатації.

Розбирання обладнання

До розбирання необхідно перевірити верстат на точність за ДСТУ чи за технічними умовами, що дозволить уточнити послідовність проведення ремонтних робіт і виявити величини зносу окремих деталей.

Перед розбиранням верстата на спеціалізованому ремонтному заводі (цеху) необхідно також перевірити його укомплектованість.

Деталі, що важко знімаються, наприклад шків, муфти, зубчасті

колеса, зібрані з нерухомими посадками і тривалий час не розбиралися, варто розбирати за допомогою преса чи гідравлічних знімачів. При цьому потрібно розрахувати зусилля запресовування вузла, що розбирається.

Зусилля, необхідне для запресовування (розпресовування) деталей, визначають за формулою:

$$P = \frac{a\left(\frac{D}{d} + 0,3\right) \cdot it}{\frac{D}{d} + 6,35},$$

де P —зусилля запресовування (розпресовування) у Т; D —зовнішній діаметр маточини деталі, що насаджується в мм; d — внутрішній діаметр деталі, що насаджується в мм; i — натяг у мм; t — довжина маточини деталі, що насаджується в мм; a — коефіцієнт, береться для сталі рівним 7,5; для чавуну — 4,3.

Під час складання деталі, що охоплюють, зазвичай нагрівають до 75-450 °С в воді, маслі, чи розплавленому свинці, не допускаючи окислювання поверхонь, що сполучаються. Нагрівання відкритим полум'ям не рекомендується, тому що воно викликає великі внутрішні напруження в металі.

Температура нагрівання деталі, що охоплює, для розбирання з'єднання визначається за емпіричною формулою:

$$t = 2 \frac{i}{ad} + t_1,$$

де i - натяг у мм; d — діаметр з'єднання в мм; a — коефіцієнт лінійного розширення (стиску); t_1 - температура охоплюваної деталі.

При запресуванні (складанні) для одержання посадкового натягу температуру нагрівання деталі, що охоплює, збільшують у двічі в порівнянні з розрахункової, що значно полегшує складання.

Охолодження деталей, що охоплюється, застосовують тільки в тих випадках, коли нагріванням зовнішньої деталі не забезпечується необхідне збільшення посадкового розміру. Для охолодження використовується переважно сухий лід.

Промивання деталей і вузлів

Після розбирання верстата чи іншого обладнання, що ремонтується, деталі і вузли необхідно промити, тому що дефекти

можуть бути виявлені якісно тільки в тому випадку, якщо деталі чисті. Крім того, очищення забруднених деталей поліпшує санітарні умови ремонту. Промивання потрібно проводити також для підготовки деталей до відновлення чи для підготовки поверхонь корпусних деталей до фарбування.

Механізація очищення і промивання деталей обладнання, що ремонтується, поліпшує умови праці, знижує трудомісткість і підвищує якість ремонту. Очищення деталей обладнання, що ремонтується виконується термічним (вогневим), механічним, абразивним і хімічним способами.

Термічний спосіб полягає в тім, що очищення деталей (видалення іржі і старої фарби) виконується полум'ям. Цей спосіб не рекомендується для прецизійних верстатів.

При *механічному способі* очищення стара фарба, іржа й отверділі нашарування мастила знімаються з деталей щітками, механізованими шарошками, роторними машинками й іншими переносними механізмами.

Типова відомість дефектів на ремонт устаткування

Відомість дефектів на ремонт звичайно складає технолог з ремонту устаткування за участю бригадира ремонтної бригади, майстра ремонтного цеху, представників ОТК і цеху-замовника.

Дефектацію промитих і просушених деталей виконують після їхнього комплектування по вузлах. Ця операція вимагає великої уваги. Кожну деталь спочатку оглядають, потім відповідним перевірочним і вимірювальним інструментом перевіряють її розміри. В окремих випадках перевіряють взаємодія даної деталі з іншими, сполученими з нею.

У відомості дефектів докладно перелічуються дефекти верстата в цілому, кожного вузла окремо і кожній деталі, що підлягає відновленню і зміцненню.

В процесі дефектації важливо знати і вміти призначати величини граничних зносів для різних деталей обладнання. Однак точно установити величини граничних зносів для всіх численних видів деталей у верстатах, виходячи з специфічних вимог, що висуваються до них, є складною задачею.

Знос напрямних вважають граничним: для верстатів підвищеної точності (прецизійних) 0,02—0,03 мм на довжині 1000 мм, а для

устаткування нормальної точності 0,1—0,2 мм на довжині 1000 мм.

Знос шийок валів, що працюють у підшипниках ковзання (втулках) без пристроїв, що компенсують, у коробках подач, фартуках і інших подібних механізмах, допускається в межах 0,001—0,01 діаметра вала в залежності від його точності. Відповідні дані приведені в табл. 10.2.

Припустимий знос шийок шпинделів (0,01—0,05 мм) залежить від вимог точності, що висуваються до верстата. Знос шийок валів під підшипники кочення не повинний перевищувати 0,01—0,02 мм, а знос шліців по ширині 0,1—0,15 мм.

Величини зносу зубів по товщині, що допускаються в зубчастих передачах, приведені в табл. 10.3.

Таблиця 10.2 - Зазори, що допускаються без ремонту, у вузлах типу вал – підшипник, мм

Діаметр вала мм	Вузли невідповідальні	Вузли відповідальні, що працюють при швидкостях обертання вала.			
		менше 1000 об/хв.		більше 1000 об/хв.	
		Питомий тиск, МПа			
		до 3	понад 3	до 3	понад 3
50—80	0,5	0,20	0,10	0,30	0,15
80—120	0,8	0,25	0,15	0,35	0,20
120—180	1,2	0,30	0,20	0,40	0,25
180—260	1,6	0,40	0,25	0,60	0,35
260—360	2,0	0,50	0,30	0,70	0,45

Припустимі граничні ремонтні розміри: зменшення діаметра різьби ходових гвинтів - 8% номінального діаметра; зменшення діаметрів шийок валів, шпинделів і осей — 5 — 10% номінального діаметра; зменшення товщини стінок порожнистих шпинделів і осей 3—5% номінальної товщини.

У процесі дефектації деталі розділяють на три групи:

1) придатні для подальшої експлуатації; 2) ті, що потребують ремонту чи відновлення; 3) непридатні, що підлягають заміні.

Ремонтують піддають трудомісткі у виготовленні деталі,

відновлення яких обходиться значно дешевше знову виготовлених. Деталь, що ремонтується повинна мати значний запас міцності, що дозволяє відновлювати чи замінити розміри поверхонь, що сполучаються, (за системою ремонтних розмірів), не знижуючи (а в деяких випадках підвищуючи) їхню довговічність, зберігаючи чи поліпшуючи експлуатаційні якості вузла й агрегату в цілому.

Деталі підлягають заміні, якщо зменшення їхніх розмірів у результаті зносу порушує нормальну роботу механізму чи викликає подальший інтенсивний знос, що приводить до виходу механізму з ладу.

Під час ремонту обладнання заміні підлягають деталі з граничним зносом, а також зі зносом менше допустимого, якщо вони за розрахунком не дослужать до чергового ремонту.

Розрахунок терміну служби деталей виконується з урахуванням граничного зносу й інтенсивності їхнього зношування у фактичних умовах експлуатації.

Таблиця 10.3 - Значення гранично припустимих зносів сталевих зубчастих коліс.

Режими роботи	Колова швидкість, м/с	Максимальний граничний знос в % до номінальної товщини зуба на початковому колі під час ремонту		
		малого	середнього	капітального
Передача потужності в одному напрямі без ударного	До 2	20	15	10
	2—5	15	10	6
	Понад 5	10	7	5
Передача реверсивна з ударним	До 2	15	10	5
	2—5	10	6	5

Для чавунних зубчастих коліс зазначені тут дані зменшуються на 30%

Після оформлення відомості на ремонт здійснюється її конструкторське опрацювання та видача креслень для проведення ремонту і виготовлення деталей, оформляється технологічна документація. Ця відомість є документом, за яким контролюють хід виготовлення, ремонту, складання і здачі верстата після ремонту.

ЛЕКЦІЯ 11. СКЛАДАННЯ ВЕРСТАТІВ ПІСЛЯ РЕМОНТУ. ПРИЙМАННЯ Й ВИПРОБУВАННЯ ВЕРСТАТІВ

Складання верстата, що ремонтується, повинно виконуватися в точній відповідності з вимогами складальних креслень і забезпечувати точність взаємного положення його вузлів і нормальну роботу всіх механізмів. Перед складанням всі деталі повинні бути очищені від бруду, залишків стружки й абразиву, а оброблені поверхні і порожнини промиті. Складання механізмів виконують у порядку, зворотному розбиранню. Деталі, зняті під час розбирання останніми, установлюють під час складання першими.

Складання графіка ремонту. У ремонтній справі до моменту складання окремі деталі верстата можуть бути не цілком виготовлені чи відремонтовані. Складання часто супроводжується ремонтом і пригоном окремих деталей і вузлів верстата. Тому процес складання верстата невіддільний в часі від ремонту верстата в цілому. Це ускладнює ведення ремонту, і тому він повинен бути правильно організований і проводитися за графіком, складеному заздалегідь.

Основою для складання графіка є норма простою верстата в ремонті відповідно до категорії ремонтної складності (к. р. с.) за системою ППР, укрупнені норми на ремонт і типова технологія ремонту. До графіка заносять усі ремонтні роботи з усіх спеціальностей і приблизний розподіл робіт між членами бригади.

Тривалість кожної операції на графіку відзначається горизонтальною, а початок і кінець — вертикальною лінією. Графік дає можливість бачити щоденний хід виконання операцій і вчасно запобігати можливості зриву термінів виконання ремонту окремих вузлів і верстата в цілому.

Приймання й випробування верстатів

Відремонтоване і відрегульоване устаткування підлягає випробування з метою визначення придатності його для подальшої експлуатації.

Технічний стан відремонтованого верстата визначається зовнішнім оглядом, випробуванням на холостому ході і під навантаженням, випробуванням на потужність і жорсткість, випробуванням на геометричну точність, перевіркою точності і

чистоти обробленого на верстаті виробу (згідно ДСТУ на відповідні верстати).

Випробування відремонтованих верстатів на холостому ході й у роботі під навантаженням (ГОСТ 7599—82) може проводитися на місці їхньої установки на спеціальному стенді чи на майданчику, де виконувався ремонт. Випробування проводяться після того, як перевірена вірність горизонтальної установки верстата, що визначається за рівнем з ціною відліку 0,02—0,04 мм на 1000 мм довжини.

Перед пуском верстата необхідно ще раз переконатися в нормальній роботі механізмів під час обертання вручну і перемикання рукояток швидкостей і подач, а також у наявності і надходженні масла до тертьових поверхонь.

Випробування на холостому ході. Випробування верстата на холостому ході починається на найменших швидкостях обертання, а потім з послідовним вмиканням всіх його робочих швидкостей: від найменшої до найбільшої. На найбільшій швидкості верстат повинний працювати не менш 1 год. без перерви.

Випробування під навантаженням і в роботі. Під навантаженням відремонтований і зібраний верстат випробують шляхом обробки деталей-зразків на різних швидкостях відповідно до технічних даних паспорта верстата. Випробування ведуть з навантаженням верстата до величини номінальної потужності привода, знімаючи стружку усе більшого перетину. Допускається короткочасне перевантаження до 25% понад номінальну потужність (у залежності від призначення верстата) протягом 30 хв.

Усі механізми верстата під час його випробування під навантаженням повинні працювати справно, припустиме лише незначне підвищення шуму в зубчастих передачах.

Нерівномірність рухів окремих вузлів, виникнення вібрацій, що приводять до викришування крайки різального інструмента і появи хвилястості на оброблюваних поверхнях деталей, не допускаються.

У верстатів призначених для обдирних робіт, у процесі випробування під навантаженням повинна бути перевірена відповідність дійсної споживаної потужності паспортним даним. Обмірювана на випробуванні дійсна споживана потужність не повинна перевищувати більш ніж на 5% потужність, отриману розрахунком для обраного режиму обробки заготовки, з врахуванням паспортного к. к. д. верстата.

Верстати, призначені для чистових викінчувальних робіт, перевіряються на відповідність шорсткості оброблюваних поверхонь паспортним даним.

Пристрої, що вберігають верстат від перевантаження, повинні діяти надійно; легко і плавно повинна вмикатися пластинчаста фрикційна муфта. На найбільшому перевантаженні верстата (на 25%) муфта не повинна самовимикатися чи буксувати.

Результати перевірки споживаної потужності і шорсткості поверхні (ГОСТ 2789—73) заносяться в акт здачі верстата з ремонту.

Перевірка точності. Після обкатування верстата на холостому ході й випробування під навантаженням повинна бути перевірена відповідність нормам точності, установленим діючими ДСТ: обмірювані геометрична точність самого верстата і точність виробів, оброблюваних на верстаті.

Приймання відремонтованого верстата з капітального (середнього) ремонту здійснюється за нормами точності, установленими ГОСТ для приймання нових верстатів:

Перед випробуванням на точність верстат необхідно установити на фундаменті чи стенді і ретельно вивірити за допомогою клинів, башмаків чи іншими засобами. Його треба привести в те саме положення, в якому він був вивірений на стадії складання після закінчення ремонту (ГОСТ 8—82).

У процесі випробування на точність не допускається розбирання чи регулювання верстата.

Результати випробування на точність заносяться до акту здачі верстата з ремонту.

Таблиця 11.1. – Стандарти на норми точності верстатів.

Типи металорізальних верстатів	ДСТУ (ГОСТ)
Токарні	18097-93
Револьверні	17—70
Автомати одношпindelьні револьверні	18100—80
Напівавтомати токарні багатошпindelьні горизонтальні патронні	6819—84
Фрезерні консольні	17734—88
Поперечно-стругальні*	16—71

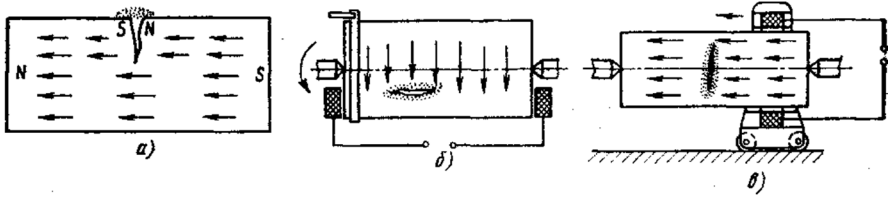
Круглошліфувальні	11654—90
Радіально-свердлильні	98—83
Горизонтально-розточувальні	2110—85 Е
Зубофрезерні	659—89
Вертикально-свердлильні	370-81

ЛЕКЦІЯ 12. СПОСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ І ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Дефекти, що виникають у процесі експлуатації обладнання, можна розділити на три групи: зношування, сюди відносяться подряпини, риси, задирки; механічні ушкодження (тріщини, викришування зубів, полонки, вигини і скручування); хіміко-теплові ушкодження (жолоблення, раковини, корозія).

Більшість великих і середніх механічних дефектів виявляють під час зовнішнього огляду. У деяких випадках перевірку здійснюють за допомогою молотка. Деренчливий звук при обстукуванні деталі молотком свідчить про наявність у ній значних тріщин.

Для виявлення дрібних тріщин можна використовувати різні методи дефектоскопії. Найбільш прості капілярні методи. Якщо, наприклад, опустити деталь на 15—30 хв. у гас, то в разі наявності тріщин рідина проникає в них. Після ретельного протирання, поверхні деталі покривають тонким шаром крейди, крейда поглинає гас із тріщин, у результаті чого на поверхні з'являються темні смуги, що вказують місцезнаходження дефекту. Для більш точного виявлення тріщин застосовують рідини, що світяться при опроміненні ультрафіолетовими променями (капілярний люмінесцентний метод). Деталь занурюють на 10—15 хв. у рідину, потім промивають і просушують, після чого опромінюють ультрафіолетовими променями (ртутно-кварцовою лампою). У місцях тріщин з'являється світло-зелене світіння.



a — скупчення магнітного порошку біля тріщини;

б — схема ротаційного намагнічування;

в — схема подовжнього намагнічування.

Рисунок 12.1 - Магнітна дефектоскопія

Тріщини виявляють також методами магнітної дефектоскопії. Деталь намагнічують і змочують магнітною суспензією (порошок окису заліза, розмішаний в маслі чи гасі, водно-мильному розчині). У місцях тріщин утворюються скупчення порошку (рис. 12.1 а). Подовжні тріщини виявляють при проходженні магнітних ліній по колу деталі (рис. 12.1, б), а торцеві тріщин - при подовжнім намагнічуванні, коли магнітні лінії проходять уздовж осі деталі (рис. 12.1, в).

Поширений також ультразвуковий метод виявлення тріщин і інших прихованих дефектів. До досліджуваної деталі прикладають ультразвуковий зонд, основною частиною якого є кристалічний генератор механічних коливань високої частоти (0,5—10 МГц). Ці коливання, проходячи через матеріал деталі, відбиваються від внутрішніх границь (внутрішніх тріщин, поверхонь розриву, раковин то що) і попадають назад у зонд. Прилад реєструє час запізнювання відбитих хвиль щодо випромінених. Чим більше цей час, тим більше глибина, на якій розташований дефект. Для кращої передачі коливань від зонда до досліджуваної деталі останню звичайно поміщають у рідину (воду, масло і інше).

Відновлення верстатів

Відновлення деталей і механізмів верстатів здійснюють такими методами. *Обробка різанням* — метод ремонтних розмірів — застосовують для відновлення точності напрямних верстатів, зношених отворів, шийок різних деталей, різі ходових гвинтів то що. З двох, як мінімум, з'єднаних деталей ремонтують більш дорогу, трудомістку і металомістку деталь, а замінюють більш дешеву. Зношені місця деталей переводять відповідною обробкою (токарною, стругальною, шліфувальною то що) у наступний ремонтний розмір.

Ремонтним називають розмір, до якого обробляють зношену поверхню в процесі відновлення деталі. Розрізняють вільні і регламентовані розміри. *Вільні ремонтні розміри* — це такі розміри, величина яких не встановлюється заздалегідь, а виходять безпосередньо в процесі обробки, коли будуть видалені сліди зношування і відновлена форма деталі. До отриманого розміру підганяють відповідний розмір сполученої деталі методом індивідуального підгону. При цьому неможливо заздалегідь виготовити запасні частини в остаточно обробленому вигляді, що є недоліком системи вільних ремонтних розмірів. *Регламентований ремонтний розмір* — це заздалегідь установлений розмір, до якого ведуть обробку зношеної поверхні під час її виправлення. В цьому випадку запасні частини можна виготовляти заздалегідь, з'являються умови для застосування методу взаємозамінності при ремонті і прискорюється ремонт. Основними даними для розрахунку регламентованих ремонтних розмірів є знос за міжремонтний період і припуск на обробку. Кінцевий ремонтний розмір установлюють з умов міцності, довговічності і конструктивних особливостей деталей, що сполучаються.

Під час ремонту напрямних верстатів шляхом переведення в новий ремонтний розмір порушений розмірний ланцюг з каретками супортів чи іншими складальними одиницями відновлюють постановкою деталей-компенсаторів.

Зварюванням виправляють деталі зі зломами, тріщинами, відколами. Наплавлення є різновидом зварювання і полягає у тім що на зношену ділянку наплавляють присадний матеріал. Однак в процесі відновлення деталей зварюванням і наплавленням необхідно враховувати можливість виникнення деформацій (жолоблення) і внутрішніх напружень в деталях через нерівномірне нагрівання.

Для ремонту сталевих деталей частіше застосовують дугове зварювання металевими електродами. Сталі, що добре зварюються можна наплавляти чи зварювати в звичайних виробничих умовах без попереднього нагрівання і без наступної термічної обробки. Сталі з обмеженою і, тим більше, поганою зварюваністю можуть давати тріщини в зоні зварювання, тому рекомендується деталі з них перед зварюванням відпалювати при температурі 500—600°C, а по закінченні зварювання піддавати загартуванню і відпуску.

Для відновлення деталей з чавуну, а також з вуглецевих сталей

товщиною менш 3 мм, використовують в основному газове зварювання. Зварювання чавуну ведуть киснево-ацетиленовим полум'ям з деяким надлишком ацетилену (полум'я виходить відновне). При цьому використовують чавунний присадний матеріал, у вигляді прутків з підвищеним вмістом вуглецю і кремнію, тому що ці елементи в процесі зварювання частково вигорають. Для запобігання розплавленого матеріалу від окислювання застосовують флюси, а якщо є умови, то зварювання ведуть у середовищі інертного газу.

Деталі із сірого чавуну можна зварювати з попереднім загальним нагріванням, з місцевим чи підігрівом або без підігріву. Зварювання з попереднім підігрівом до 500—700⁰С умовно називають гарячим, з нагріванням до 250—450⁰С — напівгарячим, а без підігріву — холодним. Кращі результати дає гаряче зварювання.

Ковкий чавун погано піддається зварюванню звичайними методами, тому деталі з нього відновлюють із застосуванням латунних електродів чи електродів з монель-металу, тобто сплаву нікелю з міддю, залізом і марганцем. Монель-метал має високу корозійну стійкість і механічну міцність.

Для високоякісного зварювання необхідна відповідна підготовка поверхонь, що зварюються, і режим охолодження. Великі деталі охолоджують разом з піччю, дрібні поміщають у сухий гарячий пісок чи золу, тому що при швидкому охолодженні утвориться твердий і крихкий вибілений чавун. Нерівномірне охолодження приводить до виникнення внутрішніх напружень і появи тріщин.

ЛЕКЦІЯ 13. МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ

Експлуатаційний цикл будь-якого верстата є скінченним і завершується етапом виведення з експлуатації, що включає списання, демонтаж і подальшу утилізацію. З огляду на це утилізація повинна розглядатися не як окрема допоміжна процедура, а як структурний елемент системи експлуатації та обслуговування верстатів, що безпосередньо пов'язаний з технічним станом обладнання, результатами технічного обслуговування і ремонту та економічною ефективністю його використання.

На основі експлуатаційних показників (напрацювання, втрати точності, частоти відмов, вартості ремонтів) формується рішення про доцільність подальшої експлуатації, капітального ремонту, модернізації або остаточного списання верстата.

З позицій теорії експлуатації металорізальний верстат проходить послідовні стадії: введення в експлуатацію, період нормальної роботи, стадію зростання інтенсивності відмов і, зрештою, граничний стан. Досягнення граничного стану може бути зумовлене як фізичним зношуванням основних вузлів (напрямних, шпindelного вузла, приводів подач), так і моральним старінням, коли техніко-економічні показники верстата перестають відповідати вимогам сучасного виробництва. Чим ефективніше організовані технічне обслуговування і ремонти, тим пізніше настає момент списання, однак повністю усунути необхідність утилізації неможливо. Навпаки, сучасні підходи передбачають планування утилізації ще на етапі експлуатації шляхом документування технічного стану, складу матеріалів і використаних технологічних рідин.

Ключовим завданням експлуатаційної служби є оцінка технічного стану верстата перед списанням. На практиці рішення про утилізацію ґрунтується на співвідношенні залишкового ресурсу та витрат на його відновлення. Наприклад, значне зношування напрямних або деформація станини можуть зробити відновлення геометричної точності економічно недоцільним, тоді як заміна електрообладнання або системи керування часто є виправданою.

У зв'язку з цим у межах експлуатаційної концепції доцільно розрізняти:

- утилізацію без відновлення (остаточне списання);
- часткову утилізацію з повторним використанням вузлів;

Такий підхід дозволяє розглядати утилізацію не лише як кінець експлуатації, а як інструмент оптимізації життєвого циклу обладнання.

Конструктивні особливості металорізальних верстатів безпосередньо визначають характер утилізаційних операцій. Масивні чавунні станини та корпусні деталі є основною складовою маси верстата і становлять головний інтерес з точки зору вторинної переробки. Водночас саме ці елементи в процесі експлуатації зазнають найбільших навантажень і накопичують залишкові

напруження та деформації, що обмежує можливості їх повторного використання без глибокого відновлення.

З позицій експлуатації особливу складність становлять верстати з числовим програмним керуванням. Вони поєднують у собі традиційні механічні вузли та складні електронні системи, стан яких значною мірою визначається умовами експлуатації: стабільністю електроживлення, температурним режимом, якістю технічного обслуговування.

У процесі експлуатації металорізальні верстати використовують значні об'єми мастильних і мастильно-охолоджувальних рідин. Їх склад і ступінь забруднення залежать від режимів різання, матеріалів заготовок та організації технічного обслуговування. На етапі утилізації ці рідини стають одним з основних джерел екологічної небезпеки.

З методичної точки зору доцільно включати питання утилізації в систему експлуатаційної документації верстата. Це дозволяє:

- зменшити невизначеність при прийнятті рішення про списання;
- забезпечити раціональне використання матеріальних ресурсів;
- підвищити загальну ефективність експлуатації парку верстатів.

Вибір методу утилізації не є формальною процедурою списання, а ґрунтується на оцінці технічного стану обладнання, залишкового ресурсу його елементів, а також можливості повторного використання матеріалів і вузлів.

У промисловій практиці застосовується кілька основних методів утилізації, які відрізняються ступенем збереження елементів конструкції та глибиною демонтажу.

Найбільш поширеним є утилізація шляхом повного демонтажу з подальшою вторинною переробкою матеріалів. Цей метод застосовується у випадках, коли верстат досяг граничного стану за точністю, жорсткістю або надійністю, а відновлення його працездатності є економічно недоцільним. Після виведення верстату з виробничого процесу він розбирається на складові частини, які сортуються за матеріалами: чавун і сталь передаються на металургійну переробку, кольорові метали — на спеціалізовані

підприємства, а неметалеві матеріали та електронні компоненти — на утилізацію відповідно до встановлених вимог.

Більш раціональним з точки зору експлуатації є часткова утилізація з повторним використанням вузлів і агрегатів. У цьому випадку на основі даних технічної діагностики визначаються елементи з достатнім залишковим ресурсом, які можуть бути використані як запасні частини або застосовані для ремонту аналогічного обладнання. Такий підхід особливо ефективний для підприємств з однорідним парком металорізальних верстатів і розвиненою ремонтною базою.

Окрему групу становить ремануфактуринг, який з експлуатаційної точки зору можна розглядати як специфічну форму утилізації з відновленням функціональності. У цьому випадку верстат формально виводиться з експлуатації, однак його основні несучі елементи та частина вузлів зберігаються і проходять відновлення геометричної точності, заміну зношених компонентів і, за необхідності, модернізацію систем керування. Такий метод дозволяє суттєво продовжити життєвий цикл обладнання, але потребує високого рівня технологічного забезпечення та точного економічного обґрунтування.

Незалежно від обраного методу утилізації, процес повинен здійснюватися у визначеній технологічній послідовності. Спочатку проводиться виведення верстата з виробничого процесу, що включає відключення від енергетичних мереж, злив і збір мастильних та мастильно-охолоджувальних рідин, демонтаж електронних компонентів і потенційно небезпечних елементів. Далі виконується механічний демонтаж вузлів і корпусних деталей із сортуванням за матеріалами. Завершальним етапом є передача матеріалів та відходів відповідним структурним підрозділам підприємства або ліцензованим організаціям.

З експлуатаційної точки зору важливо, що якісне ведення документації з технічного обслуговування та ремонту значно спрощує цей процес, зменшуючи ризики і витрати на утилізацію.

Процес утилізації металорізальних верстатів регламентується сукупністю міжнародних, національних і галузевих нормативних документів. На європейському рівні загальні принципи поводження з відходами визначає Waste Framework Directive, яка закріплює ієрархію управління відходами та пріоритет повторного використання і

переробки.

В Україні правове регулювання утилізації промислового обладнання здійснюється на основі:

- Закону України «Про відходи», який визначає правові та організаційні засади поводження з відходами виробництва, у тому числі обладнання, що виводиться з експлуатації;

- Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», який встановлює загальні екологічні вимоги до господарської діяльності;

- підзаконних актів і санітарних норм, що регламентують поводження з небезпечними відходами (мастильні матеріали, СОЖ, електронні компоненти);

- нормативних документів з охорони праці, які встановлюють вимоги до демонтажу та транспортування важкого обладнання.

З позицій експлуатації особливе значення мають вимоги щодо обліку технологічних рідин, безпечного демонтажу верстатів і документального підтвердження факту утилізації або передачі обладнання на переробку. Ці вимоги накладають на експлуатаційні служби обов'язок тісної взаємодії з екологічними та виробничими підрозділами підприємства.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про відходи» : станом на 2024 р. – Київ : Верховна Рада України, 1998.
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» : станом на 2024 р. – Київ : Верховна Рада України, 1991.
3. ДСТУ 3273-95. Охорона природи. Поводження з відходами. Терміни та визначення. – Чинний від 1996-01-01. – Київ : Держстандарт України, 1995.
4. НПАОП 0.00-1.03-13. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. – Київ, 2013.
5. Баранов О. А. Експлуатація металорізальних верстатів : навч. посібник. – Київ : Вища школа, 2019. – 352 с.
6. Бойко В. С., Кравченко О. П. Технічне обслуговування та ремонт технологічного обладнання. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 312 с.
7. Ковальов М. О. Надійність і довговічність машин : підручник. – Київ : КНУТД, 2018. – 284 с.
8. Totten G. E. Handbook of Machine Tool Analysis. – New York : CRC Press, 2019. – 620 p.
9. Jawahir I. S. Sustainable Manufacturing Processes. – Oxford : Elsevier, 2020. – 540 p.
10. Sheng P., Badurdeen F. Metrics for sustainable manufacturing // Journal of Manufacturing Systems. – 2019. – Vol. 52. – P. 146–156.
11. Lund R. T. Remanufacturing: The Experience of the United States and Implications for Developing Countries. – Washington : World Bank, 2018. – 176 p.
12. Nasr N., Russell J. Design for Remanufacturing // Journal of Cleaner Production. – 2018. – Vol. 142. – P. 365–376.
13. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. – Cambridge : Cambridge University Press, 2018. – 366 p.
14. Weck M., Brecher C. Werkzeugmaschinen. – Berlin : Springer, 2019. – 1020 p.