

Л. К. Поліщук

**Обладнання та
транспорт
механообробних цехів**

Частина 1

**Металорізальні верстати
Лабораторний практикум**

Л. К. Поліщук

**ОБЛАДНАННЯ ТА
ТРАНСПОРТ
МЕХАНООБРОБНИХ ЦЕХІВ**

Частина 1

Металорізальні верстати

Лабораторний практикум

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як лабораторний практикум для студентів спеціальностей 7.090203 - "Металорізальні верстати та системи" та 7.090202 - "Технологія машинобудування". Протокол № 4 від 27 листопада 2001 р.

Рецензенти:

Р.Д. Іскович-Лотоцький, доктор технічних наук, професор

П.С. Бернік, доктор технічних наук, професор

Ю.І. Муляр, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького державного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Полішук І.К.

П 50 **Обладнання та транспорт механообробних цехів. Частина 1. Металорізальні верстати. Лабораторний практикум.** – Вінниця: ВДТУ, 2002 – 70 с.

Лабораторний практикум складено у відповідності з програмою дисципліни “Обладнання та транспорт механообробних цехів”. В посібнику наведені детальні описання лабораторного обладнання, металорізальних верстатів та устаткування, що розглядаються, а також інструкцій з використання лабораторних робіт, зміст яких охоплює практичні питання основних розділів дисципліни. Кожна лабораторна робота містить теоретичні відомості і запитання для самоконтролю, що дають змогу студентам самостійно перевіряти набуті знання.

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота №1 Перевірка на точність токарно-гвинторізних верстатів.....	5
2 Лабораторна робота №2 Дослідження токарно-гвинторізних верстатів на жорсткість.....	10
3 Лабораторна робота №3 Аналіз кінематики токарно-гвинторізного верстата моделі ТВІІІ-3.....	16
4 Лабораторна робота №4 Аналіз кінематики токарно-гвинторізного верстата моделі ІК62.....	18
5 Лабораторна робота №5 Налагодження універсальної ділильної головки УДГ для здійснення періодичних поворотів заготовки.....	33
6 Лабораторна робота №6 вивчення кінематики консольного універсально-фрезерного верстата моделі 6М82 і налагодження ділильної головки на фрезерування спіральних канавок.....	39
7 Лабораторна робота №7 Аналіз кінематики та налагодження зубодовбального верстата для нарізання зубчастих коліс.....	48
8 Лабораторна робота №8 Налагодження зубофрезерного верстата для нарізання зубчастих коліс і аналіз кінематики підсумовального механізму.....	59

Вступ

Дисципліна "Обладнання та транспорт механообробних цехів" (ОТМЦ) є однією з важливих дисциплін, що формують у студентів машинобудівних спеціальностей необхідну теоретичну та професійно спрямовану базу знань, без якої неможливе освоєння фахових дисциплін, які вивчаються на старших курсах інженерії та магістратури.

Предметом курсу ОТМЦ є металорізальний верстат (МРВ) як основна технологічна машина та інше технологічне обладнання механообробних цехів: промислові роботи, міжверстатні транспортні системи тощо.

У першому розділі цього курсу вивчається кінематика та налагодження МРВ. При освоєнні його важливе місце посідає лабораторний практикум. Виконуючи лабораторну роботу, студенти ґрунтовно знайомляться з конструкціями та кінематичними схемами різних МРВ, основами їх налагодження, аналізуючи при цьому переміщення інструменту і заготовки при виготовленні виробів на верстатах. При виконанні лабораторних робіт, що мають метою визначення різних характеристик МРВ, студенти набувають практичних навичок постановки експериментів, обробки та оформлення результатів дослідження, що є важливим фактором формування у майбутніх фахівців творчого підходу до розв'язання інженерно-технічних та наукових задач.

З метою ефективного засвоєння теоретичного матеріалу з розділу дисципліни ОТМЦ перед виконанням кожної лабораторної роботи студенти зобов'язані вивчити теоретичний матеріал, який наведений в кожній роботі, детально ознайомитись з кінематичними схемами МРВ та основами його налагодження чи допоміжних верстатних пристосувань, що застосовуються при виготовленні деталей на них, а також з вимірювальними пристроями, уявити мету роботи, її задачі і порядок виконання.

До проведення лабораторних робіт студент допускається після співбесіди з викладачем і дозволу останнього. Перед виконанням роботи студенти проходять інструктаж з правил техніки безпеки, яких вони повинні дотримуватись при проведенні робіт, передбачених змістом лабораторної роботи. Після закінчення лабораторної роботи студент повинен вимкнути верстат, прибрати робоче місце, здати вимірювальні пристрої та допоміжне устаткування і приступити до оформлення звіту. Вимоги до оформлення звіту наведені в кінці кожної лабораторної роботи.

Захист лабораторної роботи відбувається в час, установлений викладачем, що проводить лабораторні заняття. Результати захисту оцінюються відповідною сумою балів, приведеною в технологічній карті модульно-рейтингової системи вивчення даної дисципліни. Бальна оцінка кожної лабораторної роботи доводиться до відома студентів на початку вивчення дисципліни.

Перевірка на точність токарно-гвинторізних верстатів

Мета роботи: Набути практичних навичок перевірки на точність металорізальних верстатів та ознайомитись з методикою перевірки.

1 Загальні відомості

Підвищенню якості виготовлених деталей, їх довговічності і надійності значною мірою сприяє точність виконання операцій на металорізальних верстатах.

Держстандартом встановлені допустимі норми точності для всіх типів верстатів. Перевірити згідно з державними стандартами на норми точності повинен підлягати кожний виготовлений верстат. ГОСТ 8-82Е передбачає одинадцять перевірок точності самого верстата і дві перевірки його в роботі.

В даній лабораторній роботі необхідно виконати десять перевірок на точність токарно-гвинторізних верстатів 1К62 та 1А616.

1.1 Перевірка радіального биття центрувальної шийки шпинделя передньої бабки

При перевірці індикатор часового типу встановлюють так, щоб його мірильний штифт дотикався до поверхні шийки шпинделя, що обертається, і був перпендикулярним до твірної, допуск на відхилення 0,01 мм (рисунок 1).

1.2 Перевірка радіального биття осі отвору шпинделя передньої бабки

В отвір шпинделя передньої бабки вставляють циліндричну оправку. Штифт індикатора дотикається до оправки. Шпиндель приводиться в рух. Допустиме биття біля кінця шпинделя 0,01 мм, а на відстані 300 мм від кінця – 0,02 мм (рисунок 2).

1.3 Перевірка паралельності осі шпинделя передньої бабки напрямку повздовжнього переміщення супорта

В отвір шпинделя передньої бабки вставляють оправку таким чином, щоб мірильний штифт індикатора дотикався до поверхні оправки в місці верхньої "а" та бічної "б" твірних. Супорт переміщується вздовж станини. Відхилення вимірюють за двома діаметрально протилежними твірними – повертають шпиндель на 180° (рисунок 3). Похибка визначається середньою арифметичною результатів двох вимірів в даній площині.

Допустимі відхилення:

- в позиції "а" - 0,03 мм на довжині 300 мм;
- в позиції "б" - 0,012 мм на довжині 300 мм;

1.4 Перевірка осевого биття шпинделя передньої бабки

В отвір шпинделя вставляють коротку оправку, торцева поверхня якої перпендикулярна її осі. Індикатор встановлюють так, щоб його мірильний штифт дотикався до торця оправки біля його центра. Шпинделю надають обертального руху. Перевірка проводиться при затягнутих упорних підшипниках. Допуск складає 0,01 мм (рисунок 4).

1.5 Перевірка перпендикулярності торцевої поверхні бурта шпинделя передньої бабки осі обертання шпинделя

Індикатор встановлюють так, щоб його мірильний штифт дотикався до мірильної поверхні бурту шпинделя біля його периферії. Шпиндель обертають і проводять виміри не менше, ніж у двох діаметрально протилежних точках (рисунок 5). Похибка визначається як найбільша величина вимірювань. Допуск складає 0,02 мм.

1.6 Перевірка паралельності переміщення пінолю напрямку повздовжнього переміщення супорта

Піноль переміщується в задню бабку до упора і затискається. Індикатор закріплюють на супорті таким чином, щоб його мірильний штифт дотикався до поверхні пінолю (положення 1) в точках, що розташовані:

- а) на її верхній твірній,
- б) на її бічній твірній.

Піноль звільняється і висувається на половину максимального вильоту і знову затискається. Супорт переміщується в повздовжньому напрямку так, щоб штифт індикатора знову дотикнувся до твірної пінолю в тій самій точці, що й при початковому дотику (положення 2). Допустиме відхилення в позиції "а" - 0,03 мм на довжині 100 мм і в позиції "б" - 0,01 мм на довжині 100 мм (рисунок 6).

1.7 Перевірка паралельності осі конічного отвору задньої бабки (пінолю) напрямку повздовжнього переміщення супорта

Циліндрична оправка щільно встановлюється в отвір пінолю. На супорті встановлюють індикатор так, щоб його мірильний штифт дотикався до поверхні оправки. Супорт переміщується вздовж станини. Похибка визначається середнім арифметичним результатів трьох вимірів і допускається 0,03 мм на довжині 300 мм (рисунок 7).

1.8 Перевірка правильності розташування осей отворів шпинделя передньої бабки та пінолю

Осі повинні бути на однаковій висоті над напрямними станини (рисунок 8). Між центрами передньої і задньої бабок (при повністю висунутій пінолю) затискають циліндричну оправку довжиною не менше 1/4 найбільшої відстані між центрами.

Індикатор закріплюють на супорті так, щоб його мірний стержень дотикався до поверхні оправки на її верхній твірній. Супорт переміщується

вперед і назад для визначення найбільшого показання індикатора. Виміри проводять біля двох кінців оправки приблизно на однаковій відстані від центрів. Похибка визначається як різниця найбільших показань індикатора за двома вимірами. Допустиме відхилення 0.06 мм (вісь отвору пінолю може бути тільки вище осі отвору шпинделя передньої бабки).

1.9 Перевірка паралельності напрямку переміщення полозків супорта осі шпинделя передньої бабки

В отвір шпинделя передньої бабки щільно вставляють циліндричну оправку. Індикатор закріплюють на полозках супорта так, щоб його мірильний штифт дотикався до поверхні оправки по її бічній твірній. Поворотна частина супорта встановлюється в такому положенні, щоб при переміщенні полозків показання індикатора на кінцях оправки були однакові.

Після досягнення цього положення індикатор переставляють таким чином, щоб його штифт дотикався до поверхні оправки по її верхній твірній. Полозки супорта переміщуються вздовж верхніх напрямних на всю довжину ходу. Допуск 0.03 мм на довжині 300 мм. Верстат перевіряється в дії (рисунок 9).

1.10 Перевірка на точність деталі після чистового точення на верстаті

Для визначення точності деталь перевіряють на овальність і конусність. Стальний вал обробляється затисненим в патроні чи конічному отворі шпинделя (без задньої бабки). Діаметр вала повинен бути не менше 0.25 висоти центрів, але не більше 200 мм. Після обточування вал вимірюють мікрометром.

Для визначення овальності похибка обчислюється за різницею $A = D - d$, допустима похибка 0.01 мм. Для визначення конусності похибку обчислюють за різницею діаметрів, розташованих в одній осьовій площині, на довжині L (рисунок 10). Допускається похибка 0.01 мм на довжині $L=100$ мм.

2 Порядок виконання роботи

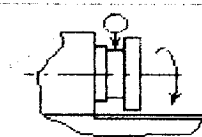
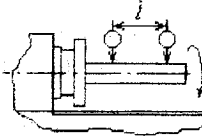
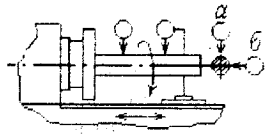
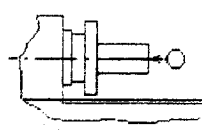
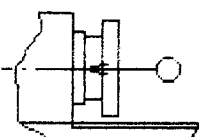
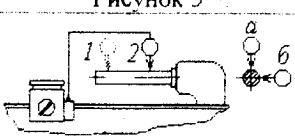
- 2.1 Ознайомитись з призначенням верстатів і його основними вузлами.
- 2.2 Провести перевірку верстатів 1К62 або 1А616 на точність за показниками, що наведені в таблиці 1.
- 2.3 Результати перевірок занести в таблицю.
- 2.4 Скласти звіт.

3 Зміст звіту

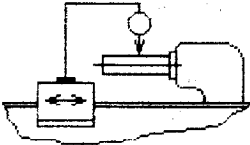
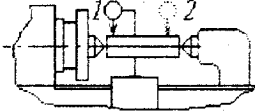
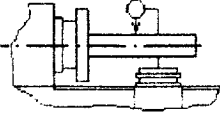
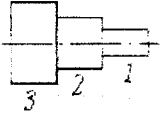
- 3.1 Навести основні положення про перевірку верстатів на точність.
- 3.2 Результати експериментальних даних занести в таблицю.
- 3.3 Провести порівняння допустимих та експериментально отриманих значень.

3.4 Висновки по роботі.

Таблиця 1 – Результати експериментальних даних

Назва етапу	Ескіз установки	Допустиме відхилення	Фактичне відхилення
1	2	3	4
Перевірка радіального биття центральної шийки шпинделя передньої бабки	 Рисунок 1	0,01	
Перевірка радіального биття осі отвору шпинделя передньої бабки	 Рисунок 2	0,01 0,02	
Перевірка паралельності осі шпинделя передньої бабки в напрямку поздовжнього переміщення супорта	 Рисунок 3	0,03 0,012	
Перевірка осьового биття шпинделя передньої бабки	 Рисунок 4	0,01	
Перевірка перпендикулярності торцевої поверхні бурга шпинделя передньої бабки осі обертання шпинделя	 Рисунок 5	0,02	
Перевірка правильності переміщення пінолю в напрямку поздовжнього переміщення супорта	 Рисунок 6	0,01 0,03	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Перевірка правильності осі конічного отвору шпоноло задньої бабки в напрямку повздовжнього переміщення супорта	 <p>Рисунок 7</p>	0,03	
Перевірка правильності розташування осей шпинделя та шпонолі	 <p>Рисунок 8</p>	0,06 0,06	
Перевірка правильності напрямку переміщення полозків супорта осі шпинделя передньої бабки	 <p>Рисунок 9</p>	0,03	
Точність деталі після чистового точення на верстаті	 <p>Рисунок 10</p>		

Контрольні запитання до лабораторної роботи

- 1 Скільки перевірок на точність верстата передбачає Держстандарт?
- 2 Які фактори впливають на точність роботи верстата?
- 3 Що таке кінематична точність?
- 4 Що таке геометрична точність?
- 5 Що таке точність позиціонування?

Література

- 1 Металлорежущие станки: Учеб. для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша, – М.: Машиностроение, 1986.
- 2 Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов / Под редакцией А.С. Пронникова. – М.: Машиностроение, 1981 – 479 с.
- 3 ГОСТ 8 – 82Е Точность. Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям.

Лабораторна робота №2

Дослідження токарно-гвинторізного верстата на жорсткість

Мета роботи: Ознайомитись з методикою визначення жорсткості верстата, провести експериментальні досліди і отримати графічні залежності, що характеризують жорсткість токарно-гвинторізного верстата.

1 Загальні відомості.

Жорсткість є однією з найважливіших характеристик верстата, яка в значній мірі визначає його точність і продуктивність.

Пружна система верстат-деталь-інструмент (ВДІ) в процесі обробки знаходиться в напруженому стані. Сили, що діють на систему, приводять до деформації її ланок, наслідком чого є відмінність форми та розмірів обробленої деталі від форм і розмірів деталі, які можна було отримати при відсутності деформації. Норми жорсткості для верстатів регламентуються Держстандартом (ГОСТ 7895-86).

Жорсткість - це здатність тіла чи механічної системи чинити опір дії сил, що її деформують. За визначенням А. П. Соколовського, жорсткістю пружної системи ВДІ називають відношення складової зусилля, яке направлене по нормалі до поверхні, що обробляється (P_y), до переміщення леза інструмента відносно деталі, яке відраховується в тому ж напрямку (y). Позначимо жорсткість літерою j :

$$j = P_y / y \quad (1)$$

Із зменшенням жорсткості системи знижується точність обробки деталі. Крім того, чим менша жорсткість системи, тим легше виникають та значніші бувають вібрації під час різання, які не тільки знижують якість обробки деталі, продуктивність верстата, стійкість інструмента, але часто роблять неможливою обробку.

Жорсткість верстата в цілому при будь-яких умовах його навантаження (рисунк 11), визначаються за формулою:

$$\frac{1}{J_{\Sigma}} = \frac{1}{J_{\Sigma 1}} + \frac{(A)^2}{L^3} + \frac{1}{J_{\Sigma 2}} + \frac{(B)^2}{L^3} + \frac{1}{J_{\Sigma 3}} \quad (2)$$

J_{Σ} , $J_{\Sigma 1}$, $J_{\Sigma 2}$, $J_{\Sigma 3}$ - жорсткості верстата, супорта, передньої бабки, задньої бабки, відповідно; L - довжина заготовки; A , B - відстані від точки контакту різця із заготовкою до місць закріплення заготовки.

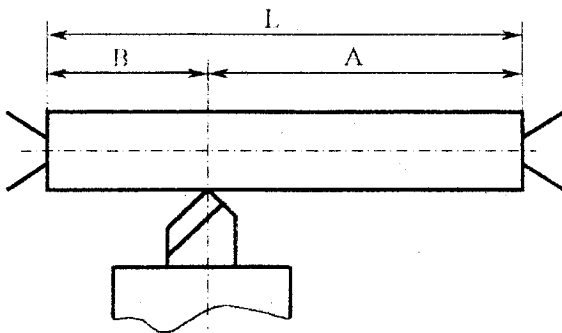


Рисунок 1 – Схема до розрахунку жорсткості токарного верстата

Необхідно відмітити, що при всіх випадках деформації жорсткість розглядають зведеною до вершини різця. Існують поняття додатної та від'ємної жорсткості.

Якщо при дії навантаження вершина різця відходить від поверхні, що її обробляють, то жорсткість вважають додатною, а якщо за тих самих умов вершина різця врізається в метал, то жорсткість вважається від'ємною.

При визначенні сумарної жорсткості технологічної системи за значеннями жорсткості її ланок підсумовуються значення жорсткості, а їх обернені величини називають податливістю W .

Розрахунковий метод визначення жорсткості верстатів за звичайними формулами опору матеріалів і теорії пружності поки що не дає досить надійних результатів. Тому на практиці жорсткість окремих вузлів, а також верстатів в цілому визначають дослідним шляхом. При визначенні жорсткості верстатів необхідно мати на увазі, що деформації самих деталей вузлів верстата відіграють, як правило, незначну роль в загальній величині його відтиснення під дією навантаження.

Пружні відтиснення залежать, головним чином, від якості припасування стикових поверхонь, стану поверхонь деталей, що регулюються: клинів, компенсаційних кілець, планок та ін., а також від якості збирання вузла.

Металорізальні верстати у відношенні жорсткості необхідно розглядати як складні системи із змінними параметрами, тому що в них можуть працювати різні поверхні контакту в залежності від зміни величини і напрямку сил різання та положення вузлів верстата.

Для експериментального визначення жорсткості верстатів широко застосовується метод *статичного навантаження*, суть якого полягає в тому, що до вузла прикладається навантаження і спостерігається його деформація. Цей метод широко використовується при контролі верстатів, що випускаються промисловістю.

До переваг статичного методу необхідно віднести:

- визначення жорсткості можна проводити в процесі виготовлення верстата;

- можна визначити жорсткість окремих вузлів і таким чином отримати дані про те, які з них є слабкіші;

на цьому методі базуються розробка всіх стандартів щодо жорсткості верстатів.

Цей метод має окремі недоліки:

- необхідні спеціальні пристосування для створення навантаження;

- при визначенні жорсткості цим методом відсутні умови, що відповідають реальним умовам експлуатації верстата.

2 Опис установки

Вимірювання зусиль, які прикладаються до верстата, здійснюються динамометром. Один з таких динамометрів, розроблений К. В. Вотіновим, зображено на рисунку 2.

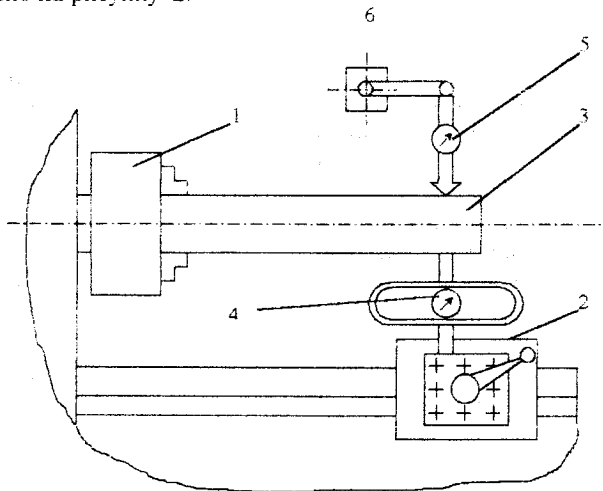


Рисунок 2– Схема вимірювання зусиль на дослідній установці

Динамометр попередньо тарують, тобто визначають величину навантаження і відповідне переміщення стрілки індикатора динамометра. Надалі при дослідженні, маючи тарувальний графік, за показами індикатора визначають зусилля, що прикладається до оправки.

Переміщення a вузла визначається безпосередньо за допомогою другого індикатора, що закріплений на нерухомій частині верстата або на спеціальному магнітному стояку, який встановлено поруч з оправкою. Динамометр конструкції К. В. Вотінова дозволяє визначити жорсткість вузла

в прямому та зворотному напрямках.

3 Проведення експериментів та побудова навантажувальних кривих

Для визначення жорсткості вузла будують навантажувально-розвантажувальні криві в координатах: по вертикалі P - зовнішнє навантаження (в Ньютонах), по горизонталі a - переміщення вузла (в міліметрах).

Якщо навантажувати вузол спочатку в прямому, а потім, не змінюючи положення індикатора, в зворотному напрямку, то після розвантаження стрілка індикатора на нуль не повертається. На рисунку 3 наведена типова навантажувальна крива, побудована за двократним навантаженням в двох напрямках. Як видно з рисунка 3, під час кожного навантаження і розвантаження стрілка індикатора на нуль не повертається, що свідчить про часткове вибирання зазорів у стиках.

Величина Z називається розривом характеристики і характеризує сумарну величину зазорів в стиках вузла і залишкову деформацію. Величина Z визначається як відстань між крайніми точками навантажувально-розвантажувальної кривої при навантажуванні відносно нуля, причому супорт навантажується послідовно в прямому та зворотному напрямках, без зміни положення індикаторів.

Жорсткість вузла в прямому і зворотному напрямках визначається за результатами експериментів:

$$j_n = \frac{P}{a}; \quad (3)$$

$$j_s = \frac{-P}{-a} \quad (4)$$

Величина розриву характеристики Z визначається безпосередньо за графіком (рисунку 3).

Згідно з ГОСТ 7895-85 норми жорсткості токарних верстатів визначаються при заданій величині навантаження величинами допустимих переміщень різцетримача відносно оправки, яка встановлена: a - в шпинделі, b - в пінолі.

За величину відносних переміщень різцетримача і оправки в шпинделі (чи пінолі) приймається середнє арифметичне з результатів двох експериментів. У випадку, якщо різниця двох експериментів виявиться понад 15% від допустимої величини переміщення, необхідно провести третій експеримент. В цьому випадку за величину відносного переміщення різцетримача і оправки в шпинделі (чи пінолі) приймається середнє арифметичне за результатами всіх трьох експериментів.

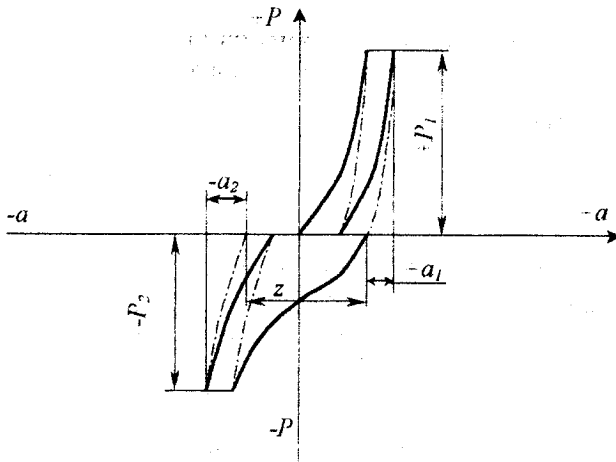


Рисунок 3 – *Навантажувальна крива при двократному навантаженні в прямому і зворотному напрямках:*

- навантаження; -----
- розвантаження; - - - - -

Так, для токарних верстатів загального призначення з найбільшим діаметром оброблювального виробу $D=400\text{мм}$ при прикладеному зусиллі $P=5600\text{Н}$ найбільше допустиме переміщення різьотримача відносно оправки в шпинделі складає $0,21\text{мм}$, оправки в пінолі складає $0,27\text{мм}$.

4 Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з основними поняттями жорсткості системи верстат-деталь-інструмент і окремих вузлів верстата.
2. Вивчити пристрій і принцип роботи динамометра для визначення жорсткості.
3. Ознайомитись з методикою проведення експерименту.
4. Провести досліди з визначення сумарної жорсткості біля передньої і задньої бабок верстата.
5. Побудувати графіки навантаження і розвантаження та визначити жорсткість верстата.
6. Скласти звіт.

5 Зміст звіту

1. Навести основні поняття про жорсткість системи ВДІ верстата.
2. Описати експериментальний пристрій.
3. За отриманими даними побудувати тарувальний графік для визначення зусиль у динамометрі.

4. Результати експериментальних досліджень навести в таблиці, форма якої подана нижче, для передньої і задньої бабок верстата.

5. Зробити висновки.

№	Показання індикатора 4, мм	Діюче зусилля, P_y, H	Переміщення оправки (показання індикатора 5), мм

6. Навести графіки навантаження і розвантаження.

7. Визначити жорсткість верстата біля шпинделя і біля пінолю.

8. Висновки по роботі.

6 Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Що таке жорсткість верстата і як вона визначається?

2. Що таке додатна і від'ємна жорсткість?

3. Які фактори впливають на жорсткість верстата?

4. Наведіть основні переваги і недоліки статичного методу визначення жорсткості.

5. Яка причина виникнення розриву характеристики в графіку навантаження-розвантаження?

Література

1. Металлорежущие станки: Учеб. для машиностроительных вузов /Под ред. В.Э. Пуша. — М.: Машиностроение, 1986.

2. ГОСТ 7895-86. Нормы жесткости металлорежущих станков.

Лабораторна робота № 3

АНАЛІЗ КІНЕМАТИКИ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНИХ ВЕРСТАТІВ МОДЕЛІ ТВШ-3

Мета роботи - вивчити будову і взаємодію механізмів коробки швидкостей товарного верстата, дістати навички в складанні кінематичних схем.

1 Порядок проведення роботи

1.1. Ознайомитися з будовою верстата і визначити призначення кожного його механізму.

1.2. Визначити механізми, за допомогою яких змінюється величина обертів шпинделя; вивчити устрій цих механізмів і способи керування ними.

1.3. Визначити для ланцюга головного руху кількість можливих переключень швидкості переданого обертання.

1.4. Уважно переглянути і визначити вид, будову і розташування опор усіх валів. Указати характер посадок на вали шківів, зубчастих коліс, муфт і інших деталей. Взаємно розташувати вали на схемі так, щоб існуючі на верстаті варіанти зачеплень зубчастих коліс були зображені ясно і чітко.

1.5. Зобразити на схемі опори валів, показавши відповідними умовними позначками який вид підшипників підтримує кожен кінець вала.

1.6. Користаючись штангенциркулем і лінійкою, заміряти діаметри шківів. Послідовно порахувати числа зубців кожного зубчастого колеса.

2 Перевірка й аналіз роботи

У складеній чорнетці схеми необхідно перевірити:

- 1) правильність підрахунку чисел зубців зубчастих коліс;
- 2) зачеплюваність зубчастих вінців, пересувних подвійних і потрійних блоків зубчастих коліс;
- 3) правильність загальної побудови схеми і розміщення на ній зображень окремих механізмів.

Перша і друга перевірки робляться вибірково за вказівкою керівника роботи.

2.1 Перевірка № 1

Визначити модуль зубців зубчастих коліс, мм:

$$m = \frac{d_e}{2 + z}$$

де d_e - зовнішній діаметр;

z - число зубців.

Розрахувати міжцентрову відстань:

$$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

2.2 Перевірка № 2

Підрахувати суми чисел зубців зубчастих коліс подвійного чи потрійного зубчастого блока з парними зубчастими колесами:

$$Z_1 - Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6$$

3 Зміст звіту про лабораторну роботу

- 3.1. Скласти кінематичну схему верстата (формат А4).
- 3.2. Позначити на схемі величини параметрів ланок кінематичного ланцюга верстатів.
- 3.3. Написати рівняння кінематичного балансу ланцюга головного руху і гвинторізного ланцюга.
- 3.4. Вказати мінімальне і максимальне число обертів шпинделя.
- 3.5. Зарисувати схему рукояток керування коробкою швидкостей ТВШ-3.
- 3.6. Зробити висновки.

4 Контрольні запитання

- 4.1. Що таке кінематична група і структура верстата?
- 4.2. Порядок аналізу та складання кінематичних структур верстата.
- 4.3. Що таке рівняння кінематичного балансу? Записати в загальному вигляді для груп руху $\Phi_v(O_1)$ і $\Phi_s(\Pi_1)$.
- 4.4. Порядок налагодження кінематичного ланцюга.

5 Література

1. Металлорежущие станки: Учеб. для машиностроительных вузов / Под ред. Н.С. Колева - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение. 1980. - 500 с.
2. Клименко В.М., Щегоцкий А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по металлорежущим станкам. - Винница: ВПИ - 36 с
3. Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов /Под ред. А.С. Пронникова. - М.: Машиностроение, 1981. - 479с.

Лабораторна робота № 4

АНАЛІЗ КІНЕМАТИКИ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА 1К62

Мета роботи - вивчити будову і кінематичну схему верстата, налагодження і налагодження для різних токарських робіт.

1 Загальні відомості

Токарно-гвинторізний верстат 1К62 (рисунок 1) призначений для виконання будь-яких токарських робіт: обточування циліндричних і конічних поверхонь, розточування і підрізання торців, а також для нарізання метричних, дюймових, модульних, пітчевих і торцевих різьб і є широко розповсюдженим типом сучасного токарно-гвинторізного верстата. На основі базової моделі 1К62 випускається ряд інших моделей токарно-гвинторізних верстатів, що працюють за автоматичним циклом.

Станина 39 має передні призматичні і задні плоскі напрямні для каретки 10 супорта, а також задні призматичні і передні плоскі напрямні для задньої бабки 23.

Станина закріплена на передній тумбі 40, всередині якої міститься електромотор, що приводить у дію верстат, і на задній тумбі 29, внутрішня порожнина якої служить резервуаром для охолоджуваної рідини.

Станини верстата 1К62 виконуються трьох розмірів -- з максимальною відстанню між центрами 710, 1000 і 1400 мм.

У передній бабці 3 розміщується коробка швидкостей верстата зі шпинделем 3.

Задня бабка складається з нижньої плити 23, корпусу 22, пінолю 21 і гвинта з маховичком 28.

Супорт складається з фартуха 35, каретки 10, що переміщається в поздовжньому напрямку; нижніх полозків II супорта, що переміщуються в поперечному напрямку; середньої поворотної частини 12 супорта, що дозволяє встановлювати напрямні верхньої частини супорта під кутом 90° до осі виробу, що обробляється, верхніх полозків 14 супорта, які можуть переміщатися вручну рукояткою 17; швидкоповоротного різцетримача 13 з фіксацією чотирьох його положень.

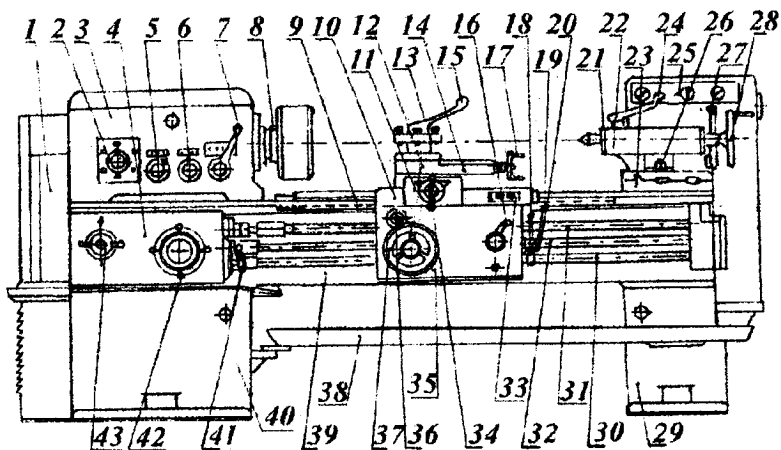


Рисунок 1 – Загальний вид токарно-гвинторізного верстата 1K62

Нижні полозки II супорта можуть за допомогою планки з'єднуватися з задньою бабкою 23 для здійснення повздовжніх переміщень задньої бабки при відведенні назад рукоятки 27 і відпущеному болті 26.

Крім того, верстат має коробку подач 4, ходовий гвинт 31, ходовий валик 32, корито 38 для збирання стружки й охолоджувальної рідини, гітару, закриту кожухом I і призначену для встановлення змінних зубчастих коліс, і систему електроустаткування.

1.1 Рукоятки керування

1. Керування механізмом головного руху верстата здійснюється чотирма рукоятками.

За допомогою рукояток 18 і 41, зблокованих на валу 30, переключасться муфта M_1 (рисунок 2) у три положення:

а) при переміщенні рукоятки 18 угору муфта M_1 пересувається вліво й у такий спосіб вмикається праве обертання шпинделя 6 верстата;

б) при переміщенні рукоятки 18 вниз муфта M_1 пересувається вправо і при цьому вмикається ліве обертання шпинделя 8 верстата;

в) при переміщенні рукоятки 16 у середнє положення муфта M_2 теж встановлюється в середнє положення, при цьому рукоятка 18 вмикає гальмо T , і обертання шпинделя припиняється.

Потрібне число обертів шпинделя встановлюється за допомогою рукояток 7 і 2.

Рукоятка 7 призначається для переключення двовінцевих блоків перебору 88, 45 і 22, 45 (рисунок 2), посаджених рухомо на валу IV, і для переключення зубчастих коліс 43 і 54, що посаджені рухливо на валу VI. Рукоятка 7 може бути встановлена в чотири положення (див. таблицю на передній панелі коробки швидкостей):

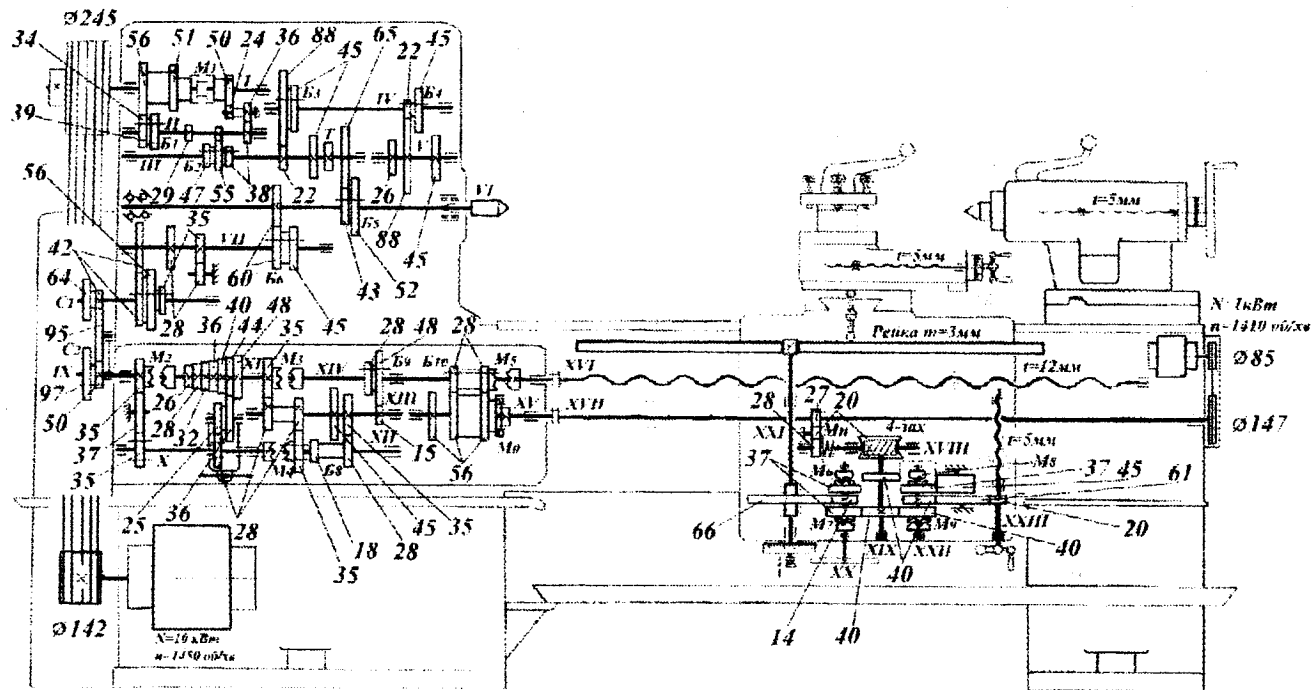


Рисунок 2 – Кінематична схема токарно-гвинторізного верстата ІК62

а) при встановленні рукоятки 7 проти першого ліворуч стовпця таблиці ($n = 630-2000$ об/хв) вмикається передача безпосередньо з вала III на вал VI через зубчасті колеса $\frac{65}{43}$;

б) при встановленні рукоятки 7 проти другого стовпця ($n = 12,5-40$ об/хв) вмикається передаточне відношення перебору (з вала III на вал V) $i_{III-V} = \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} = \frac{1}{16}$;

в) при встановленні рукоятки 7 проти третього стовпця ($n = 50-160$ об/хв) вмикається передаточне відношення перебору $i_{III-V} = \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} = \frac{1}{4}$;

г) при встановленні рукоятки 7 проти крайнього стовпця таблиці ($n = 200-630$ об/хв) вмикається передаточне відношення перебору $i_{III-V} = \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} = 1$. При трьох останніх положеннях рукоятки 7 передача з вала

V на вал VI здійснюється через зубчасті колеса $\frac{27}{54}$. Рукоятка 2 перемикає в два положення двоступінчастий блок 34 і 39 вала II і в три положення триступінчастий блок 47, 55, 38 вала III.

Тому рукоятка 2 може займати шість різних положень і її покажчик потрібно встановлювати проти одного із шести віконечок, розташованих навколо рукоятки, у яких написані певні числа обертів.

При повороті рукоятки 7 так, щоб її покажчик розташувався проти покажчика одного з чотирьох вертикальних стовпців таблиці, в шести віконечках, розташованих біля рукоятки 2, з'являються шість чисел обертів шпинделя, що записані у вертикальному стовпці, розташованому над покажчиком рукоятки 7.

Таким чином, користуючись рукоятками 7 і 2 можна вмикати кожне з зазначених у таблиці чисел обертів шпинделя.

Переключення чисел обертів шпинделя потрібно робити при вимкненому шпинделі.

1.2 Рукоятки, що призначені для вмикання подач супорта

Для перемикання подач у верстаті ІК62 користуються шістьма рукоятками - 5, 6, 43, 42, 16, 20.

Рукоятка 5 призначена для встановлення нормального (положення Б покажчика рукоятки 5) чи збільшеного кроку різьби (положення А покажчика рукоятки 5).

Рукоятка 5 пересуває зубчастий блок (60, 45) вала VII (див. рис. 2) у три положення:

а) при положенні Б передача з вала VI на вал VII здійснюється через зубчасті колеса $i_{III-V} = 60/60 = 1$;

б) при положенні А шестерня 45 вала VII входить у зачеплення із

шестернею 45 вала III (див. рисунок 2), і передача з вала VI на вал VIII здійснюється через наступні кінематичні ланцюги.

При вмиканні рукоятки 7 на числа обертів шпинделя $n = 12.5-40$ об/хв
$$i_{III-V} = \frac{54}{27} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{45}{45} = 32$$
, отже, крок різьби збільшиться в 32 рази; при вмиканні рукоятки 7 на числа обертів шпинделя $n = 50 - 160$ об/хв
$$i_{III-V} = \frac{54}{27} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{45}{45} = 8$$
, отже, крок різьби збільшиться у 8 разів;

в) при встановленні рукоятки 5 у середнє положення шпиндель (вал VI) від'єднується від вала VII, і його можна повертати, керуючись 60 поділками, що є на кільці задньої шийки шпинделя, і в такий спосіб зміщувати вал VI відносно до вала VII на: $\frac{1}{60}; \frac{1}{30}; \frac{1}{20}; \frac{1}{15}; \frac{1}{12}; \frac{1}{10}; \frac{1}{6}; \frac{1}{5}; \frac{1}{4}; \frac{1}{3}$ чи на $\frac{1}{2}$ оберту.

Цим користуються при нарізуванні багатозахідних різьб з числом заходів, що відповідають знаменнику зазначених вище дробів.

Рукоятка 6 має три положення: В, Г та Д. Положеннями В и Д користуються для одержання лівої чи правої різьби; при цьому передача з вала VII на вал VIII здійснюється або через передачу $\frac{42}{42}$, або через передачу $\frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35}$, за рахунок чого змінюється напрямок руху супорта.

При подачах у межах від 0.07 до 1.04 мм/об рукоятку 7 встановлюють у положення Г; при цьому передача з вала VII на вал VIII здійснюється через зубчасті колеса $\frac{28}{56}$.

Рукояткою 43 переключать механізм подач на один з п'яти варіантів роботи, що написані на барабані рукоятки 43:

1. Різьба метрична чи модульна - вмикаються муфти M_2, M_4, M_5 (див. рисунок 2), і блок зубчастих коліс 26-48 вала XII стає ведучим.

2. Різьба дюймова чи пітчева - вмикається муфта M_5 , а муфти M_2 і M_4 вимикаються, і блок зубчастих коліс 26-48 вала XII стає веденим.

3. Подача - вмикаються муфти M_2 і M_4 , а муфта M_5 вимикається і замість неї вмикається передача з вала XVII на ходовий валик XIX через зубчасті колеса $\frac{28}{56}$.

4. Архімедова спіраль - муфти M_2, M_4 і M_5 вимикаються, тому ступінчастий блок зубчастих коліс (26-48) стає веденим і передача руху супорта здійснюється через ходовий валик і механізм поперечних подач.

5. Ходовий гвинт ввімкнено через змінні шестерні гітари - вмикаються муфти M_2, M_3 і M_5 і передача здійснюється прямо від вала XI на ходовий гвинт (вал XVIII). Такою передачею користуються при нарізуванні точних різьб за допомогою змінних зубчастих коліс, що встановлені на гітару.

Для перемикання верстата на один з п'яти зазначених варіантів роботи рукоятку 43 повертають доти, поки відповідний покажчик таблиці рукоятки 43 не встановиться проти нерухомого покажчика на коробці подач.

Рукоюкою 42 користуються для встановлення величини подачі і кроку різьби.

Рукоютка 42 повертає циліндр, розташований усередині барабана. На барабані поміщена таблиця з вказанням всіх кроків різьб і подач, які можна одержати на верстаті ІК62.

Для повороту внутрішній циліндр відтягується "На себе", після чого його можна повернути в сім різних положень; при цьому покажчик на циліндрі показує, які подачі і кроки різьби ввімкнені. Після цього циліндр всувається "Від себе" у внутрішню частину барабана.

При висуванні циліндра "На себе", повороті його і переміщенні "Від себе" накидна шестерня 36 вала XIII може стати в кожне із семи різних положень і входити в зачеплення з зубчастими колесами блока 26-48 (конуса Нортона) вала XII.

Крім того, при всунутому внутрішньому циліндрі зовнішній барабан рукоятки 42 можна повертати в чотири положення.

При повороті барабана в чотири положення по черзі вмикаються чотири різних передаточних відношення передачі з вала XV на вал XVII (помножувального механізму):

$$i_{III-V} = \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} \cdot \frac{1}{8}; \quad i_{III-V} = \frac{28}{35} \cdot \frac{15}{48} \cdot \frac{1}{4};$$

$$i_{III-V} = \frac{18}{45} \cdot \frac{35}{28} = \frac{1}{2}; \quad i_{III-V} = \frac{28}{35} \cdot \frac{35}{28} = 1.$$

Таким чином, за допомогою рукоятки 42 можна ввімкнути 28 різних передаточних відношень кінематичного ланцюга подач.

Рукоютка 16 призначається для ввімкнення гайки ходового гвинта.

При верхньому положенні рукоятки 16 гайка ходового гвинта ввімкнена, при нижньому положенні — гайка ввімкнена. Перед вмиканням гайки ходового гвинта необхідно вимкнути рейкову шестерню кнопкою 36 і встановити рукоятку 20 у середнє положення.

При встановленні рукоятки 16 у нижнє положення рукоятка 20 захищається в середньому положенні.

Рукоютка 20 призначена для ввімкнення руху супорта в чотирьох напрямках.

При повороті рукоятки 20 "На себе" чи "Від себе" вмикаються муфти M_5 чи M_6 (див. рисунок 2) і відбувається рух супорта "На себе" чи "Від себе".

При повороті рукоятки 20 вліво чи вправо вмикаються муфти M_6 чи M_7 і супорт рухається чи вліво, чи вправо. При встановленні рукоятки 20 у середнє положення подачі супорта від ходового валика 32 вимкнені.

Натисканням на кнопку 19 вмикається електродвигун ($N=1$ кВт; $n = 1410$ об/хв) і відбувається швидке переміщення супорта в напрямку

ввімкненої подачі. Швидке обертання вала XIX і іншого кінематичного ланцюга подач можна здійснювати завдяки наявності обгінної муфти M_0 (див. рисунок 2).

1.3 Рукоятки для переміщення супорта вручну

Маховик 37 призначений для переміщення супорта вручну в повздовжньому напрямку.

Величини повздовжніх переміщень супорта вказує лімб із ціною поділки 1 мм.

За допомогою ноніуса можна відраховувати по лімбу десяті долі міліметра.

Рукоятка 34 призначена для переміщення супорта в поперечному напрямку. Поруч з нею розташований лімб із ціною поділки 0,05 мм.

Рукоятка 17 призначена для переміщення верхніх полозків супорта вручну. Поруч з нею є лімб із ціною поділки 0,05 мм.

Рукоятка 15 призначена для швидкого повороту і затискання різцетримача.

1.4 Інші органи керування верстатом

Кнопкова станція 33 має кнопки "Пуск" і "Стоп", призначені для керування електродвигуном верстата.

На панелі 25 розташовуються органи керування верстатом.

При вертикальному положенні рукоятки відбувається ввімкнення, а при горизонтальному - вимикання мереж.

Маховичком 28 переміщується піноль 21. За один оберт маховичка 28 піноль переміщується на 5 мм.

При крайньому правому положенні пінолю 21 гвинт витискає задній центр із конуса пінолю.

Рукояткою 24 виконується затиск і звільнення пінолю.

При повороті рукоятки 27 "На себе" задня бабка закріплюється на напрямних станини, при повороті рукоятки 27 "Від себе" задня бабка звільняється від затискача.

Додаткове більш надійне кріплення задньої бабки може здійснюватися болтом 26.

2 Кінематична схема токарно-гвинторізного верстата моделі ІК62

2.1 Механізм головного руху

Праве обертання шпинделя здійснюється через такий кінематичний ланцюг:

$$n_{np} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot \left(\frac{51}{39} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{27}{54} \right) \cdot \left(\frac{56}{34} \cdot \frac{29}{47} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} \right) \cdot \left(\frac{38}{38} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} \right) \cdot \frac{65}{43}$$

(M₁ – вліво)

$n_1 = 12,5$ об/хв

$n_{BC} = 2000$ об/хв

Ліве обертання шпинделя здійснюється через такий кінематичний ланцюг:

$$n_{лів} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0,985 \cdot \left(\frac{21}{55} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{27}{54} \right) \cdot \left(\frac{29}{47} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} \right) \cdot \left(\frac{38}{38} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} \right) \cdot \frac{65}{43}$$

(M₁ – вправо)

$n_1 = 19$ об/хв

$n_{12} = 2420$ об/хв

2.2 Механізм повздовжніх подач

При здійсненні подач на гітару встановлюються змінні зубчасті колеса $\frac{42}{50}$.

Нормальні подачі. Рукоятка 6 встановлюється в Положення І, а рукоятка 5- у положення Б, і тоді подачі здійснюються через такий кінематичний ланцюг:

$$S_{mp} = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot (M_2) \cdot \frac{Z_{KH}}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot (M_4) \cdot i_{нМН} \cdot \frac{28}{56} \cdot (M_3) \cdot \frac{27}{50} \cdot \frac{20}{28} \times$$

$$\times(M_3) \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{40}{37} (M_6 \text{ чи } M_7) \frac{14}{66} \pi \cdot 10 \cdot 3 =$$

$$\frac{40}{45} \cdot \frac{45}{37} = \frac{Z_{KH} \cdot i_{nMH}}{46}$$

де Z_{KH} - число зубців шестерні блока зубчастих коліс (26-48) вала XII, з'єднаної з накидною шестернею 36 вала XIII (конуса Нортоня);

i_{LMH} - передаточне відношення з вала XV на вал XVII (помножувального механізму).

За допомогою цього ланцюга, перемикаючи тільки рукоятку 42, можна одержати 28 ступенів подач у межах від $S_1 = 0,07$ мм/об до $S_{28} = 1,04$ мм/об.

Значення подач легко одержувати, підставивши у формулу сім значень Z_{KH} (26, 28, 32, 36, 40, 44 і 48) і чотири значення i_{LMH} ($\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$).

Подачі, що збільшені в 2 рази, одержують за рахунок перемикання рукоятки 6 з положення Г в положення Д. При цьому передача з вала VII на вал VIII здійснюється замість зубчастих коліс $\frac{28}{56}$ через зубчасті колеса $\frac{42}{42}$; у зв'язку з чим подача збільшується в 2 рази і

$$S_{np} = \frac{Z_{KH} \cdot i_{nKH}}{23}$$

В іншому кінематичний ланцюг подач збігається з записаним раніше кінематичним ланцюгом.

Подачі, збільшені в 16 разів, утворюються при встановленні рукояткою 7 чисел обертів шпинделя від 50 до 160 при встановленні рукоятки 5 у положення А, а рукоятки 6 у положення В.

У цьому випадку передача йде через такий кінематичний ланцюг:

$$S_{np} \cdot 1 \cdot \frac{54}{27} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} (M_2) \frac{Z_{KH}}{36} \cdot \frac{25}{28} (M_4) i_{nMH} \frac{28}{56} \times$$

$$\times(M_9) \frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \times(M_{10}) \frac{4}{20} \cdot \frac{40}{37} (M_6 \text{ чи } M_7) \frac{14}{66} \pi \cdot 10 \cdot 3 = \frac{Z_{KH} \cdot i_{MH}}{2.88}$$

$$\frac{40}{45} \cdot \frac{45}{37}$$

Кінематичний ланцюг поперечних подач до вала XXI цілком збігається з кінематичним ланцюгом повздовжніх подач. Для ввімкнення поперечних подач рукояткою 20 замість муфт M_7 чи M_8 вмикаються муфти M_9 і M_{10} і передача від вала XXI здійснюється через такий кінематичний ланцюг:

$$\begin{array}{|c|} \hline \frac{40}{37} \\ \hline \frac{40}{45} \quad \frac{45}{37} \\ \hline \end{array} \cdot (M_8 \text{ чи } M_9) \cdot \frac{40}{61} \cdot \frac{60}{21} \cdot 5.$$

Величини поперечних подач у 2,11 разу менші величин повздовжніх подач.

Кінематичний ланцюг нарізування метричних різьб характеризується кроком різьби:

$$t = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \begin{array}{|c|} \hline \frac{42}{42} \\ \hline \frac{35}{28} \quad \frac{28}{35} \\ \hline \end{array} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot (M_2) \cdot \frac{Z_{KH}}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot (M_4) \cdot i_{nMH} \cdot (M_5) \cdot 12 =$$

$$= \frac{Z_{KH} \cdot i_{nMH}}{4}$$

Повертаючи рукоятку 42 у різні положення, можна встановити сім різних значень Z_{KH} та, повертаючи барабан подач, розташований на одній осі з рукояткою 42, чотири різні значення i_{nMH} і таким чином одержувати 28 різних кроків різьби з нормальним кроком. З них 18 значень стандартних кроків різьби, що зазначені в таблиці на барабані.

Кінематичний ланцюг нарізання модульної різьби відрізняється від попереднього кінематичного ланцюга тільки тим, що замість змінних зубчастих коліс $\frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50}$ на гітару встановлюються змінні зубчасті колеса

$\frac{64}{95} \cdot \frac{95}{94}$ при цьому крок різьби змінюється в число раз, рівне

$$\left(\frac{64}{95} \cdot \frac{95}{94} \right) : \left(\frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \right) = \frac{64}{97} \cdot \frac{50}{42} = \frac{3200}{4074} = 0,78552.$$

Тоді

$$t = 0,78552 \cdot \frac{Z_{KH} \cdot i_{nMH}}{4},$$

$$\text{а модуль } m = \frac{t}{\pi} = \frac{0,78552}{\pi} \cdot \frac{Z_{KH} \cdot i_{nMH}}{4} = \frac{1}{4} \cdot \frac{Z_{KH} \cdot i_{nMH}}{4}.$$

Отже, цифри, що стоять у таблиці модульної різьби, будуть у 4 рази менші відповідних цифр, що стоять у таблиці метричної різьби.

2.3 Кінематичний ланцюг нарізування дюймових різьб

$$i = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{35} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot \frac{35}{37} \cdot \frac{28}{25} \cdot \frac{36}{Z_{KH}} \cdot \frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot i_{nMH} \quad (M_5) \cdot 12 =$$

$$= \frac{254016}{625} \cdot \frac{i_{nMH}}{Z_{KH}} = 406,4 \cdot \frac{i_{nMH}}{Z_{KH}} = 16 \cdot 25,4 \cdot \frac{i_{nMH}}{Z_{KH}}$$

Дюймові різьби характеризуються не кроком, а числом ниток на один дюйм $K = \frac{25,4}{t}$. Підставивши значення t , отримаємо

$$K = \frac{25,4}{16 \cdot 25,4} \cdot \frac{Z_{KH}}{i_{nMH}} = \frac{Z_{KH}}{16 \cdot i_{nMH}}$$

Підставивши в останню формулу сім різних значень Z_{KH} і чотири значення i_{nMH} , можна одержати 28 різних чисел ниток на один дюйм довжини різьби. З них 20 стандартних значень, записаних у таблицю на барабані рукоятки 42.

2.4 Кінематичний ланцюг нарізування пітчевих різьб

При нарізуванні пітчевих різьб користуються тим же кінематичним ланцюгом, що і при нарізуванні дюймових; тільки на гітару замість зубчастих коліс $\frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50}$ установлюють змінні зубчасті колеса $\frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97}$, у зв'язку з чим крок різьби змінюється в 0,78552 разу. Тому

$$t = 0,78552 \cdot 16 \cdot 25,4 \cdot \frac{i_{nMH}}{Z_{KH}} \quad ; \quad K = \frac{Z_{KH}}{0,78552 \cdot 16 \cdot i_{nMH}}$$

Як відомо, між пітчем і числом ниток на 1 дюйм існує відношення

$$P = K \cdot \pi = \frac{\pi \cdot Z_{KH}}{0,78552 \cdot 16 \cdot i_{nMH}} = \frac{4 \cdot Z_{KH}}{16 \cdot i_{nMH}} = \frac{Z_{KH}}{4 \cdot i_{nMH}}$$

Цією формулою користуються для складання таблиці пітчевих різьб і одержують 28 їхніх значень.

При складанні таблиць дюймових різьб слід користуватися формулою

$$K = \frac{Z_{KH}}{16 \cdot i_{nMH}}, \text{ а при складанні таблиці пітчевих різьб - формулою}$$

$$P = \frac{Z_{KH}}{4 \cdot i_{MH}}$$

Отже, значення пітців, записаних у таблицю на барабані рукоятки 42, будуть у 4 рази більші відповідних значень числа ниток на один дюйм різьби.

2.5 Різьби зі збільшеним кроком

Усі кінематичні ланцюги, що записані раніше, відносилися до різьб з нормальним кроком різьби; при цьому рукоятка 5 повинна була бути встановлена в положення Б и передаточне відношення з вала VI на вал VII дорівнювало

$$i_{VI-VII} = \frac{60}{60} = 1.$$

У випадку встановлення рукоятки 5 у положення А вмикається збільшений крок різьби і передача з вала VI на вал VIII здійснюється через кінематичні ланцюги з такими передаточними відношеннями:

а) при встановленні рукоятки 7 на число обертів шпинделя $n = 12.5 - 40$ об/хв $i_{VI-VIII} = \frac{54}{27} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{45}{45} = 32$; при цьому крок метричних і модульних різьб збільшується в 32 рази, а число ниток на один дюйм і пітч зменшується в 32 рази;

б) при встановленні рукоятки 7 на число обертів шпинделя $n = 50-160$ об/хв $i_{VI-VIII} = \frac{54}{27} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} = 8$; при цьому крок метричних і модульних різьб збільшується в 8 разів, а число ниток на один дюйм і пітч зменшуються в 8 разів.

Більш високими числами обертів шпинделя при нарізуванні різьб зі збільшеним кроком різьби не користуються.

При нарізанні точних різьб потрібний крок різьби отримують за рахунок встановлення змінних зубчастих коліс на гітару.

Крок різьби, що нарізається, визначається з такого кінематичного ланцюга:

$$t = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{a \cdot c}{b \cdot d} (M_2) (M_3) (M_5) \cdot 12 = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} \cdot 12$$

35	28
28	35

Звідси знаходимо формулу для підбору чисел зубців змінних зубчастих коліс $\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{t}{12}$, де t - крок різьби, що нарізається. При нарізанні модульних, дюймових чи пітчевих різьб замість t потрібно підставити відповідні йому значення m , k чи P .

Для модульної різьби $t = \pi \cdot m$, отримуємо $\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{\pi \cdot m}{12} = \frac{11 \cdot m}{42}$.

Для дюймової різьби $t = \frac{25,4}{K}$, отримуємо $\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{25,4}{12 \cdot K} = \frac{127}{60 \cdot K}$.

Для пітчевої різьби $t = \frac{25,4 \cdot \pi}{P}$, отримуємо $\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{25,4 \cdot \pi}{12 \cdot P} = \frac{127 \cdot 11}{30 \cdot 7 \cdot P}$.

Набір змінних зубчастих коліс, що потрібні для нарізання точних різьб, поставляється до верстата 1К62 за особливим замовленням.

Швидкі переміщення супорта при натисканні кнопки 19 здійснюються через такі кінематичні ланцюги:

$$S_{\text{пр}} = 1410 \cdot \frac{85}{127} \cdot 0,985 \cdot \frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \cdot \frac{4}{20} (M_n) \begin{array}{|c|} \hline \frac{40}{37} \\ \hline \frac{40}{45} \\ \hline \frac{45}{37} \\ \hline \end{array} (M_6 \text{ чи } M_7) \frac{14}{66} \cdot \frac{\pi \cdot 10 \cdot 3}{1000} = 3,35 \text{ м/хв}$$

$$S_{\text{пр}} = 1410 \cdot \frac{85}{127} \cdot 0,985 \cdot \frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \cdot \frac{4}{20} (M_n) \begin{array}{|c|} \hline \frac{40}{37} \\ \hline \frac{40}{45} \\ \hline \frac{45}{37} \\ \hline \end{array} (M_8 \text{ чи } M_9) \frac{40}{40} \cdot \frac{40}{61} \times \frac{61}{21} \cdot \frac{5}{1000} = 1,6 \text{ м/хв}$$

3 Порядок виконання роботи

3.1. Ознайомитися з верстатом, його призначенням і основними вузлами.

3.2. Визначити основні характеристики верстата:

а) висоту центрів над станиною і над супортом;

б) найбільшу відстань між центрами;

в) кількість і значення чисел обертів шпинделя;

г) кількість і значення величин подач;

д) межу значень метричної, модульної, дюймової і пітчевої різьб;

е) переміщення поздовжнього до поперечного супорта на одну поділку лімба;

ж) швидкість поздовжнього переміщення супорта;

з) діаметр отвору шпинделя;

и) номер конуса Морзе шпинделя і пінолю задньої бабки;

к) найбільший розмір державки різця;

3.3. Визначити призначення і скласти специфікацію рукояток керування коробкою швидкостей і коробкою подач верстата.

3.4. Виявити зв'язок між рукоятками і ланками, які вони переміщують на кінематичній схемі верстата.

3.5. Написати в загальному вигляді рівняння кінематичних ланцюгів:

а) головного руху (обчислити передатні відношення переборної групи

коробки швидкостей);

б) поздовжніх і поперечних подач (описати призначення муфт коробки подач і фартуха верстата);

в) різьбонарізних при нарізанні метричної, модульної, дюймової і пітчевої різьб, у тому числі зі збільшеним кроком.

3.6. Визначити передаточні відношення помножувального механізму коробки подач верстата.

3.7. Користуючись кінематичною схемою верстата і формулами для налагодження ланцюгів для свого варіанта завдання, визначити необхідні передаточні відношення перебору коробки швидкостей, трензеля, гітари, помножувального механізму коробки подач, число зубців колеса конуса Нортонна.

3.8. Для кожного варіанта налагодження написати рівняння кінематичного балансу ланцюга, підставляючи знайдені передаточні відношення.

3.9. Налагодити верстат для виконання одного з варіантів завдання і нарізати різьбу.

3.10. Заповнити табл.1.

3.11 Скласти звіт.

4 Зміст звіту з лабораторної роботи

Звіт з лабораторної роботи повинний містити:

4.1. Опис верстата: його призначення, технічну характеристику.

4.2. Аналіз загального виду верстата з вказанням основних вузлів і рукояток керування. Дані занести в таблицю 1.

4.3. Налагодити різьбонарізні ланцюги для нарізання різьб у відповідності із завданнями з таблиці 2 (номер завдання відповідає порядковому номеру прізвища студента в журналі групи).

4.4. Скласти рівняння кінематичного балансу ланцюга головного руху відповідно до заданого значення "n" (з таблиці 2).

Таблиця 1 – Специфікація рукояток керування коробки швидкостей і коробки подач

Номер позиції на рис. 1	Найменування і призначення рукоятки керування	Число і найменування положень рукоятки	Керований ланцюг, за рис.2 та його положення
Приклад заповнення таблиці			
5	Рукоятка для встановлення нормального чи збільшеного кроку різьби та для відключення ланцюга подач від шпінделя	Нормальний крок Відключення ланцюга подач Збільшений крок	Блок Б ₆ $\frac{60}{60}$ Нейтральне положення $\frac{45}{45}$

Таблиця 2 – Завдання для виконання лабораторної роботи

Номер завдання	п. об/хв	Різьба, що нарізається			Пітчева, число пітчей Р
		Метрична t, мм	Модульна m, мм	Дюймова, К ниток на 1"	
1	2	3	4	5	6
1	20	11,0	0,5	2	7
2	16	0,75	0,3	22	96
3	12,5	112	5,0	3	8
4	31,5	1,25	2,75	24	88
5	25	24	1,0	3 1/4	9
6	100	4,5	2,0	20	80
7	65	5,5	6,0	3 1/2	10
8	40	6,0	3,5	18	72
9	80	1,75	1,25	4	11
10	125	2,0	5,5	16	64
11	50	3,5	2,5	5	12
12	160	7,0	1,75	14	56
13	2000	2,5	1,5	6	14
14	315	3,0	8,0	13	48
15	400	7,0	1,25	7	16
16	500	80,0	2,25	12	44
17	1000	9,0	0,25	8	18
18	630	10,0	12,0	11	40
19	1600	0,5	9	9	20
20	1210	12,0	2,25	10	36
21	800	18,0	0,75	4 1/2	22
22	100	1,5	10	10	32
23	200	56,0	2,0	3 1/2	24
24	800	1,0	12	2 3/4	28

4.5 Зробити висновки.

5 Контрольні запитання

5.1 Назвати основні вузли токарного верстата 1К62.

5.2 Особливості налагодження коробки швидкостей верстата 1К62.

5.3 Механізм поздовжніх подач.

5.4 Механізм поперечних подач.

5.5 Кінематичний ланцюг для нарізання різьб:

- метричних;
- дюймових;
- пітчевих;
- модульних.

5.6 Механізм збільшення кроку різьб.

5.7 Призначення конуса Нортон.

5.8 Призначення помножувального механізму.

Література

1. Металлорежущие станки: Учеб. для машиностроительных вузов / Под ред. Н.С. Колева – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980 – 500 с.
2. Клименко В.М., Щегоцкий А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по металлорежущим станкам. – Винница: ВПИ – 36 с
3. Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов /Под ред. А.С. Пронникова. – М.: Машиностроение, 1981 – 479с.

НАЛАГОДЖЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ УДГ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПОВОРОТІВ ЗАГОТІВКИ

Мета роботи: Ознайомитись з конструкцією універсальної ділильної головки УДГ, здійснити вибір методу ділення та налагодити ділильну головку на задане число періодичних поворотів заготовки і їх виконання.

Ділильні головки призначені для здійснення точних періодичних поворотів заготовки на рівні і нерівні частини по колу. Вони застосовуються при обробці різних різальних інструментів (мітчиків, розверток, фрез, зенкерів і ін.), нормалізованих деталей машин (болтів, гайок), зубчастих коліс і інших деталей.

1.1 Універсальні лімбові ділильні головки

Універсальні ділильні головки УДГ (рисунок 1) мають чавунну станину 1, корпус 4, що може повертатися на визначений кут, ділильний лімб 2, приводну рамку з рукояткою 3. В корпусі розташований шпindel з наскрізним отвором. Кінці шпинделя розточені на конус Морзе. На одному кінці шпинделя може бути встановлений центр 6, на іншому - оправка для диференціального поділу. Передній кінець шпинделя має різьблення і центрувальний поясок для установки і кріплення планшайби із самоцентрувальним чи паводковим патроном. На буртику шпинделя встановлено диск 7 для безпосереднього поділу, що має 24 отвори. На шпинделі закріплене черв'ячне колесо Z_0 (рисунок 5), що одержує обертання від черв'яка K_0 , розташованого в ексцентричній втулці.

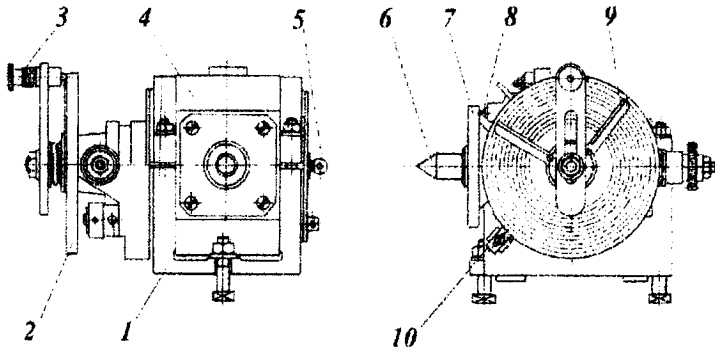


Рисунок 1 – Зовнішній вид універсальної ділильної головки

Черв'як може бути введений у зачеплення з черв'ячним колесом чи виведений з нього поворотом ексцентричної втулки за допомогою рукоятки 5 (рисунок 1). Ділильний лімб має по обидва боки ряд концентричних кіл з

різною кількістю отворів на них. На одній стороні лімба є кола з числами отворів 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30 і 31, а на іншій стороні - 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54.

На валу ділильного лімба встановлена кінчна і циліндрична шестерні а також приводна рамка, що має рукоятку з фіксатором. Приводна рамка може переміщатися в радіальному напрямку для встановлення рукоятки на необхідний ряд отворів на ділильному лімбі. До ділильного лімба за допомогою пружини притиснутий розсувний сектор, що складається з лінійок 9 і затискного гвинта.

1.1.1 Налагодження ділильних голівок для безпосереднього поділу

Черв'як виводиться із зачеплення з черв'ячним колесом, фіксатор звільняється від зачеплення з диском 7 безпосереднього поділу. Відлік частини оберту шпинделя з заготівкою здійснюється за числом отворів "а", на яке повертається диск для поділу заготівки на Z частин.

$$a = \frac{b}{z}, \quad (1)$$

де b - число отворів на диску, $b = 24$.

1.1.2 Налагодження ділильних головок при простому поділі

Черв'як вводиться в зачеплення з черв'ячним колесом (рисунок 2). Простий поділ по колу здійснюється при нерухомому ділильному лімбі за допомогою рукоятки з фіксатором. Ділильний лімб 2 закріплюється за допомогою стопора 10 (рисунок 1), а фіксатор 8 диска 7 безпосереднього поділу вимкнений.

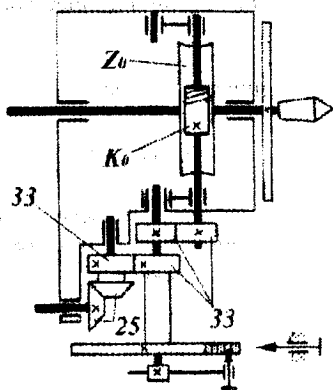


Рисунок 2 – Кінематична схема ділильної головки для простого поділу

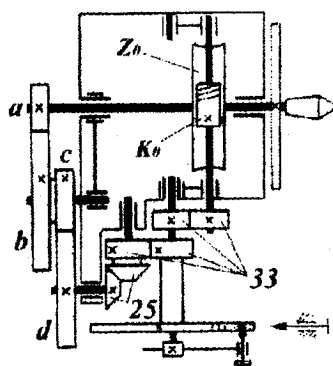


Рисунок 3 – Кінематична схема ділильної головки для диференціального поділу

Величина повороту рукоятки "n" відраховується по отворах на ділильному лімбі і фіксується стержнем фіксатора рукоятки

$$n = \frac{N}{z}, \quad (2)$$

де N - характеристика ділильної головки $N = \frac{z_0}{k_0} = 40$;

z - число, на яке необхідно розділити оброблювану деталь.

Якщо при обчисленні число обертів рукоятки виходить дробовим, то дріб необхідно перетворити таким чином, щоб його знаменник був рівним числу отворів одного з кіл на ділильному лімбі. Чисельник у цьому випадку покаже число отворів, на яке потрібно повернути рукоятку по отриманому колу.

1.1.3 Налаштування ділильних головок при диференціальному поділі

Диференціальний поділ (рисунок 3) застосовується тоді, коли ні безпосереднім, ні простим поділом неможливо зробити необхідний поділ. Для ділильних головок типу УДГ необхідність у диференціальному поділі виникає тоді, коли Z не має спільних множників з числами отворів на ділильному лімбі.

Метод диференціального поділу полягає в тому, що кут повороту шпинделя визначається величиною повороту рукоятки з фіксатором щодо лімба і величиною повороту самого лімба, що одержує обертання від шпинделя через змінні шестерні $\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$ і пари кінцевих шестерень з передатним відношенням 1.

При цьому стопор 10 (рисунок 1) переміщується назад, звільняючи лімб.

Число обертів рукоятки відраховують так само, як і при простому поділі, але не на необхідне число поділок z , а на близьке до нього число Z_x , що дозволяє підібрати потрібне коло для поділу на Z_x отворів серед наявних на лімбі. Похибка такого налаштування компенсується налагодженням диференціальної гітари, передаточне відношення якої дорівнює:

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{N(Z_x - Z)}{Z_x} \quad (3)$$

Передаточне відношення гітари може бути додатним і від'ємним. При додатному напрямку обертання лімба повинен збігатися з напрямком обертання рукоятки, при від'ємному – навпаки. Для зміни напрямку обертання лімба в диференціальну гітару встановлюється паразитна шестерня.

1.2 Універсальні безлімбові ділильні головки

Ці головки не мають ділильних дисків (лімбів). Поворот шпинделя на будь-яку частину кола здійснюється поворотом рукоятки на ціле число обертів, найчастіше на 1 оберт, і налагодженням кінематичного ланцюга головки, що складається з конічного диференціала (рисунок 4) або планетарного механізму (рисунок 5) і змінних коліс ділильної гітари $\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$.

Набір змінних коліс п'яткових, з числами зубців від 20 до 100.

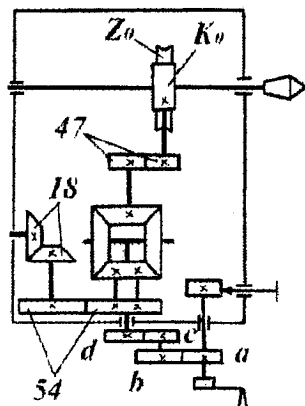


Рисунок 4 – Кінематична схема універсальної безлімбової ділильної головки з конічним диференціалом

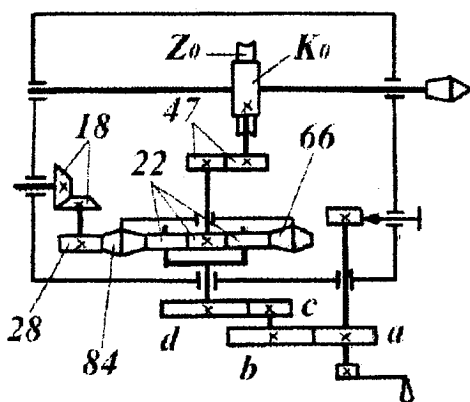


Рисунок 5 – Кінематична схема універсальної безлімбової ділильної головки з планетарним механізмом

1.2.1 Налаштування безлімбових головок на простий поділ

Обертання на шпиндель передається від рукоятки через гітару $\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$, водило диференціала, пару циліндричних коліс з передаточним відношенням 1 і ділильну черв'ячну пару $\frac{z_1}{k_2}$.

Формули налаштування гітари $\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$ для ділення заготовки на z частин приведені в табл.1.

Таблиця 1 – Формули налаштування гітари

Схема	Формула налаштування
Рисунок 4	$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{N}{2z}$
Рисунок 5	$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{N}{4z}$

1.2.2 Налаштування безлімбових ділильних головок на диференціальний поділ (рисунок 6, 7)

Налаштування безлімбових ділильних головок проводиться при неможливості налаштування гітари $\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$ методом простого поділу. У цьому випадку ця гітара налаштується для поділу на Z_x частин, де Z_x - величина, близька до Z , дає можливість налаштувати ділильну гітару методом простого поділу. Похибка, обумовлена тим, що Z_x відрізняється від необхідного числа поділок Z , усувається налаштуванням гітари $\frac{e \cdot k}{f \cdot l}$

$$\frac{e \cdot k}{f \cdot l} = \frac{N(Z_x - Z)}{Z_x}$$

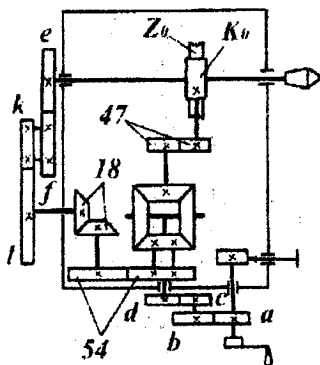


Рисунок 6 – Кінематична схема універсальної безлімбової ділильної головки з конічним диференціалом для диференціального поділу

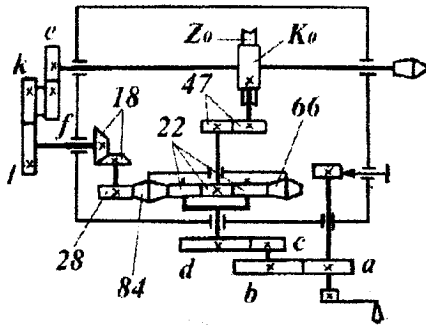


Рисунок 7 – Кінематична схема універсальної безлімбової ділильної головки з планетарним механізмом для диференціального поділу

2 Порядок виконання роботи.

1. Вивчити будову ділильної головки: УДГ-Д-250.
2. Вивчити налагодження ділильної головки на безпосередній, простий і диференціальний поділи.
3. Зробити розрахунок налагодження ділильної головки для поділу на задане викладачем число частин.
4. Скласти звіт.

Таблиця 2 – Завдання для налагодження ділильних головок

Номер завдання	Схема	Характеристика головки N	Число поділок Z	Номер завдання	Схема	Характеристика головки N	Число поділок Z
1	Рис.2	40	75	14	Рис.4	40	25
2	Рис.2	40	82	15	Рис.4	40	72
3	Рис.2	40	135	16	Рис.5	40	32
4	Рис.2	60	81	17	Рис.5	40	33
5	Рис.2	60	93	18	Рис.5	60	63
6	Рис.3	40	127	19	Рис.5	60	48
7	Рис.3	40	131	20	Рис.5	60	42
8	Рис.3	60	83	21	Рис.6	60	37
9	Рис.3	60	97	22	Рис.6	60	53
10	Рис.3	60	67	23	Рис.6	60	71
11	Рис.4	60	32	24	Рис.7	60	43
12	Рис.4	60	48	25	Рис.7	60	49
13	Рис.4	60	28				

3 Зміст звіту про лабораторну роботу

3.1 Призначення й опис ділильних головок типу УДГ.

3.2 Розрахунок налагодження ділильної головки для поділу на задані частини методом: а) безпосереднього; б) простого і в) диференціального поділу. Для кожного виду поділу дати кінематичну схему ділильної головки.

3.3 Висновки з роботи.

4 Контрольні запитання

- 1 Призначення ділильних головок.
- 2 Лімбові і безлімбові ділильні головки. Конструктивні відмінності і їх застосування.
- 3 Метод простого поділу.
- 4 Метод безпосереднього поділу.
- 5 Метод диференціального поділу.
- 6 Що таке характеристика?

5 Література

- 1 Металлорежущие станки: Учебн. для машиностроительных вузов / Под ред. Н.С.Колева – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980 – 500 с.
- 2 Клименко В.М., Щегоцкий А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по металлорежущим станкам. – Винница: ВПИ – 36 с

Лабораторна робота №6
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ УНІВЕРСАЛЬНОГО
ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА 6М82 І
НАЛАГОДЖЕННЯ ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ НА ФРЕЗЕРУВАННЯ
СПІРАЛЬНИХ КАНАВОК

Мета роботи: вивчити кінематику універсального горизонтально-фрезерного верстата 6М82 і набути навичок для налагодження ділильної головки на фрезерування спіральних канавок.

1 Загальні відомості

Фрезерні верстати призначені для виконання широкого кола операцій. Вони дозволять обробляти зовнішні і внутрішні фасонні поверхні, прорізати прямі і гвинтові канавки.

Горизонтально-фрезерні верстати характеризуються горизонтальним розташуванням шпинделя (рисунок 1). На фундаментній плиті 1 встановлена станина 2, всередині якої розміщено механізм головного руху з приводом від електродвигуна 3 і коробки швидкостей 4. У вертикальних напрямних станини змонтована консоль 5, котра може переміщуватись вертикально по відношенню до напрямних станини.

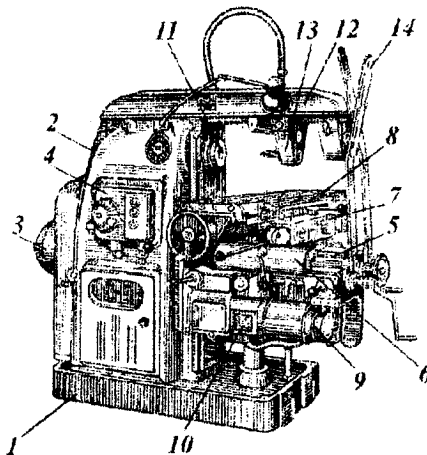


Рисунок 1 – Горизонтально-фрезерний верстат 6М82

На горизонтальних напрямних консолях встановлені поперечні положки 6, поворотна плита 7, а в напрямних останньої – поздовжній (робочий) стіл 8. Таким чином, деталь, що встановлена безпосередньо на столі в пристосуванні, може отримати подачу в трьох напрямках. Наявність поворотної плити дозволяє при необхідності повертати робочий стіл в горизонтальній площині встановлювати його на необхідний кут. Деякі

горизонтально-фрезерні верстати не мають поворотної плити. В такому випадку їх називають простими, на відміну від універсальних. Привод подачі стола розміщено в середині консолі 7, і складається він з електродвигуна 9, коробки подач 10 та інших механізмів.

Фрезерні патрони і короткі оправки вставляють безпосередньо в конусне гніздо шпинделя 11 і закріплюють довгим болтом 1 (шомполом), що проходить через отвір в шпинделі 2 (рисунок 2). Довгі оправки 3 вимагають додаткової опори, тому один кінець її закріплюють в отворі шпинделя, а другий розташовують в підшипнику підвіски 4 хобота. Хобот 12 (рисунок 1) розташований у верхній частині станини 2. В його напрямних встановлена підвіска 13 з центром (зліва) чи з підшипником (справа). На хоботі можуть бути закріплені також два тримачі 14, нижні кінці яких зв'язані з консоллю. Тримачі призначені для збільшення жорсткості консолі.

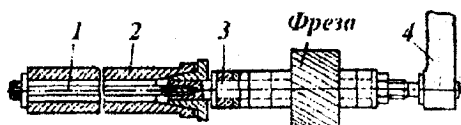


Рисунок 2 – Закріплення патронів і оправок

2 Кінематична схема верстата

2.1 Привод головного руху

Рух передається від двигуна М1 (рисунок 3) на шпиндель через коробку швидкостей. Обертання шпинделя здійснюється через такий кінематичний ланцюг

$$n_{M1} \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{19}{69} = n_{шп}$$

$$\frac{27}{53} \cdot \frac{19}{22} \cdot \frac{27}{46} \cdot \frac{19}{38} = n_{шп}$$

$$\frac{27}{38} \cdot \frac{19}{26} = n_{шп}$$

Коробка швидкостей забезпечує 18 ступенів чисел обертів шпинделя.

2.2 Привод подач

Верстат має поздовжню, поперечну і вертикальну подачі. Ходові гвинти, що забезпечують вказані переміщення, отримують рух від двигуна М2 через коробку подач.

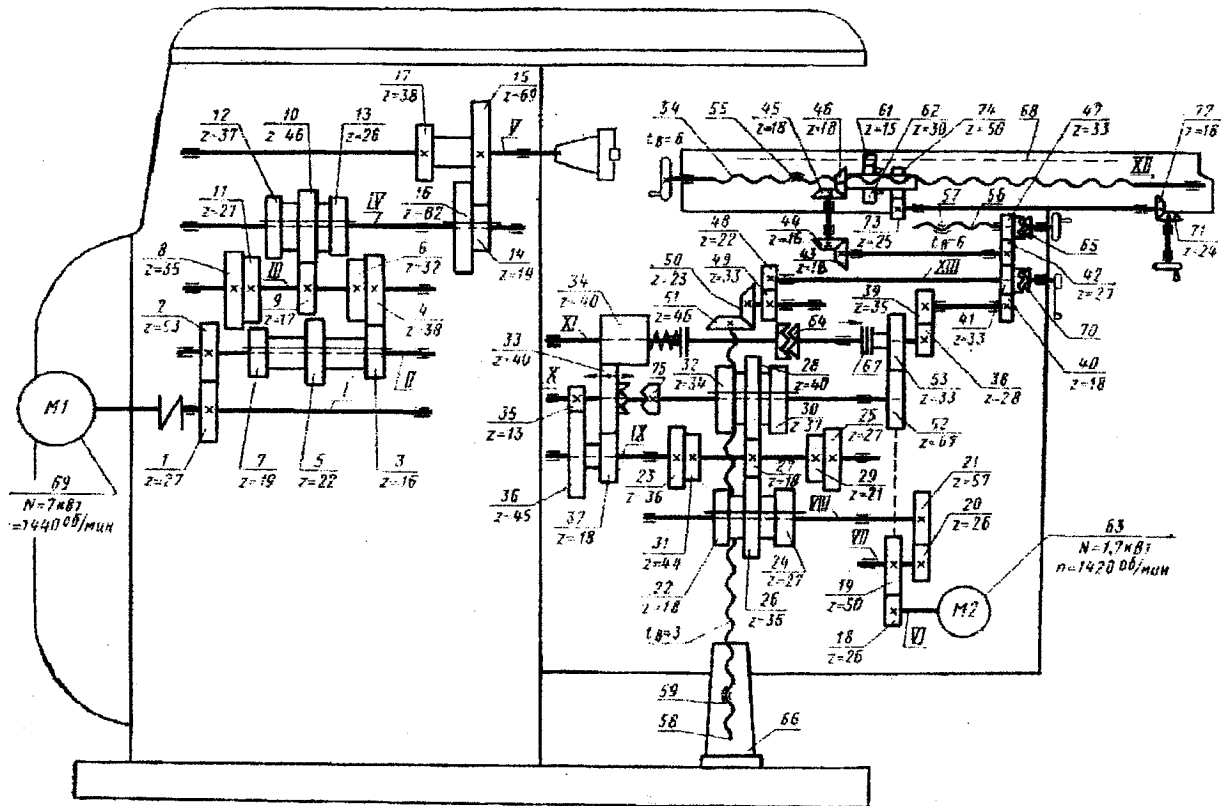


Рисунок 3 Кінематична схема універсального горизонтально-фрезерного верстата 6М82

Обертання вала XI здійснюється через такий кінематичний ланцюг (колесо 33 зміщено вправо до зчеплення з муфтою 75):

$$i_{M_2} = \frac{26}{50} \cdot \frac{26}{57} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{21}{37} \cdot \frac{40}{40} = i_{XI}$$

$$\frac{36}{18} \cdot \frac{27}{40}$$

$$\frac{18}{18} \cdot \frac{44}{34}$$

$$\frac{36}{36} \cdot \frac{34}{34}$$

або через переборний механізм, що складається з передач:

$$i_{пер} = \frac{13}{45} \cdot \frac{18}{40}$$

і при цьому колесо 33 займає положення, яке показано на схемі.

При ввімкненій муфті 64 ланцюг поздовжньої подачі з'єднує вал XI з ходовим гвинтом 54

$$S_{пов} = i_{XI} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{33} \cdot \frac{33}{27} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{18}{18} \cdot 6$$

Ланцюг поперечної подачі з'єднує вал XI з ходовим гвинтом 56

$$S_{п} = i_{XI} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{33} \cdot \frac{33}{27} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{27}{33} \cdot 6$$

Ланцюг вертикальної подачі з'єднує вал XI з ходовим гвинтом 58

$$S_{пов} = i_{XI} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{33} \cdot \frac{22}{33} \cdot \frac{23}{46} \cdot 3$$

Для здійснення швидкого переміщення в поздовжньому, поперечному або у вертикальному напрямках вмикається муфта 67 (муфта 64 вимкнена) і вал XI отримує рух від двигуна M_2 через ланцюг

$$i_{M_2} = \frac{26}{50} \cdot \frac{50}{67} \cdot \frac{67}{33} = i_{XI}$$

Якщо верстат оснащено валом 68, що може мати кінематичне зчеплення з гітарою ділильної головки, то на такому верстаті можна здійснити фрезерування спіральних канавок.

3 Налаштування ділильних головок при фрезеруванні спіральних канавок

Фрезерування спіральних (рисунок 4) канавок здійснюється при поздовжньому переміщенні стола фрезерного верстата й одночасному обертанні деталі, закріпленої в шпинделі ділильної головки, що встановлена на столі верстата. Для узгодження обертання деталі з поздовжнім переміщенням стола встановлюється гітара з набором змінних шестерень, що передають обертання від ходового гвинта верстата шпинделю ділильної головки.

Правильний профіль спіральних канавок можна одержати в тому випадку, якщо площина обертання фрези збігається з напрямком спіральної

канавки. Для цього стіл фрезерного верстата повинен бути повернутий на кут, що відповідає куту нахилу спіральної канавки

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\pi \cdot D}{T},$$

де D - діаметр деталі, що обробляють;

T - крок спіральної канавки.

Підбір змінних шестерень гітари здійснюють за формулою:

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{N \cdot t_{x.zv}}{T \cdot i},$$

де $t_{x.zv}$ - крок ходового гвинта верстата;

N - характеристика ділильної головки;

i - передаточні відношення коліс між ходовим гвинтом і гітарою.

4 Налагодження ділильних головок для фрезерування кулачків, обмежених на робочій ділянці відрізками спіралі Архімеда

Заготовка кулачка кріпиться на шпинделі ділильної головки (рисунок 5). Утворення архімедової спіралі відбувається при рівномірному обертанні заготовки і рівномірному поступальному переміщенні стола на фрезу (або фрези на заготовку).

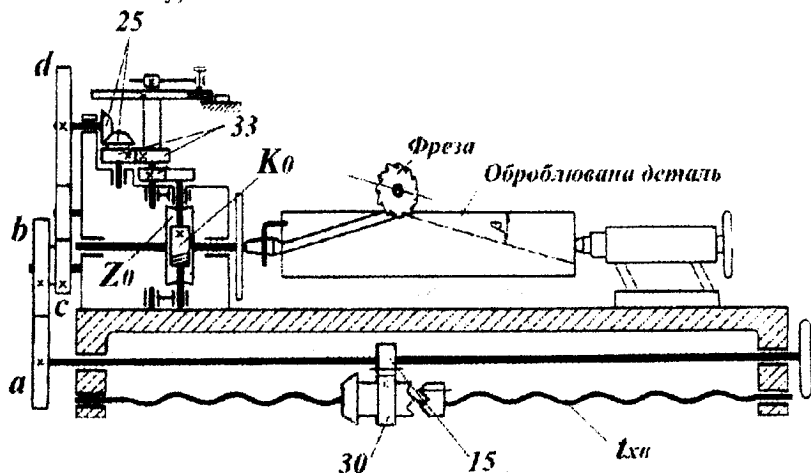


Рисунок 4 – Кінематична схема для нарізання спіральних канавок

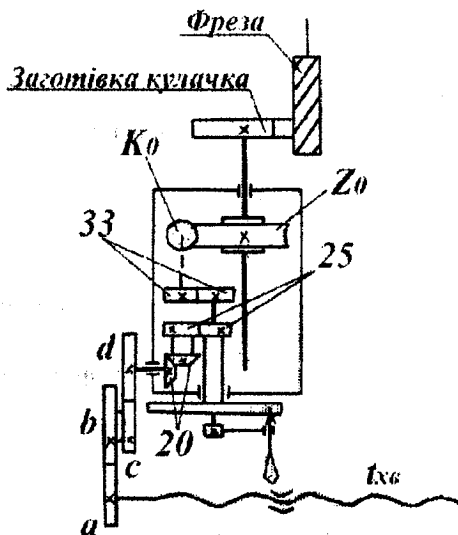


Рисунок 5 – Кінематична схема для фрезерування поверхні кулачка по спіралі Архімеда

Вісь кулачка і вісь фрези розташовані вертикально і паралельно.

Передаточні відношення гідари, що зв'язує ходовий гвинт верстата з обертанням заготівки, визначаються за формулою

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{N \cdot t_{x.zg}}{T \cdot i}$$

де $t_{x.zg}$ - крок ходового гвинта;

T - крок спіралі Архімеда;

i - передаточне відношення коліс, що знаходяться в постійному зачепленні в ланцюзі між ходовим гвинтом верстата і гідарою.

4 Порядок виконання роботи

- 4.1 Вивчити будову фрезерного верстата.
- 4.2 Визначити основні характеристики верстата.
- 4.3 Користуючись кінематичною схемою верстата і формулами для налагодження ланцюгів для свого варіанта завдання, визначити необхідні передаточні відношення коробок швидкостей, подач.
- 4.4 Вивчити налагодження ділильної головки для фрезерування спіральних канавок.
- 4.5 Вивчити налагодження ділильної головки для фрезерування кулачків.

обмежених спіраллю Архімеда.

4.6 Зробити налагодження ділильної головки на фрезерування кулачка заданих параметрів.

4.7 Скласти звіт.

5 Зміст звіту

5.1 Опис верстата, його призначення.

5.2 Навести результати налагодження кінематичних ланцюгів головного руху і приводу подач згідно з отриманим завданням.

5.3 Розрахунок налагодження ділильної головки для фрезерування спіральних канавок із заданим кутом. Дати кінематичну схему.

5.4 Розрахунок налагодження ділильної головки для фрезерування кулачків із заданим кроком спіralи Архімеда.

5.5 Дати кінематичну схему.

5.6 Зробити висновки

6 Контрольні запитання

6.1 Характерні особливості конструкції верстата.

6.2 Кінематика головного руху.

6.3 Кінематика приводу подач.

6.4 Кінематика прискорених переміщень приводу подач.

6.5 Кінематика налагодження ділильної головки на фрезерування спіральних канавок.

Таблиця 1 – Завдання для виконання лабораторної роботи

Номер завдання	Частота обертів шпинделя, хв. ⁻¹	Поздовжня подача, мм/об	Попереч на подача, мм/хв	Вертикальна подача, мм/хв	Крок ходового гвинта верстата, мм	Крок спіральної канавки, T	Діаметр заготовки, мм
1	31	22,4	16	8	6	120	50
2	40	32	18	12	8	180	60
3	51	63	22	16	10	240	70
4	62	80	32	18	8	360	80
5	79	100	63	20	6	480	90
6	100	125	80	25	8	720	100
7	123	160	100	32	10	480	110
8	125	200	125	40	8	360	100
9	160	250	160	50	6	240	90
10	200	320	200	63	8	960	80
11	245	400	250	80	6	240	70
12	400	500	320	100	6	360	70
13	404	525	380	125	8	700	80

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	625	600	400	160	6	960	90
15	800	630	450	200	8	1000	100
16	970	700	500	250	10	240	110
17	1250	750	520	280	8	360	120
18	1590	800	580	300	6	480	110
19	45	840	600	320	8	720	120
20	58	870	630	340	8	360	110
21	65	900	670	355	10	240	100
22	80	910	700	45	8	960	90
23	110	970	710	55	6	120	80
24	140	1000	40	70	8	180	70
25	180	25	50	90	8	240	60
26	220	340	70	110	6	360	70
27	300	50	90	180	6	720	80
28	450	150	110	240	10	960	90
29	500	180	140	290	10	720	100
30	580	300	180	350	8	480	110

7 Література

- 1 Малахов Я.А. Зубообрабатывающие и резбонарезные станки. -- М.: Машиностроение, 1977.
- 2 Металлорежущие станки и автоматы / под ред. А.С.Пронникова, -- М.:Машиностроение, 1981 -- 479с.
- 3 Металлорежущие станки. Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.С.Колева -- 2-е изд. перераб. и доп. -- М.: Машиностроение, 1980 -- 500 с.

Лабораторна робота №7

АНАЛІЗ КІНЕМАТИКИ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ЗУБОДОВБАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ НАРІЗАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Мета роботи - Вивчити кінематичну схему, основні вузли і органи управління зубодовбального верстата моделі 5M14 та освоїти методику його налагодження для нарізання зубчастих коліс.

1 Теоретичні відомості

1.1 Призначення та технічна характеристика

Верстат моделі 5M14 призначений для обробки циліндричних зубчастих коліс зовнішнього і внутрішнього зачеплення з прямими та гвинтовими зубцями. На даному верстаті можна нарізати блоки зубчастих коліс з малими відстанями між зубчастими вінцями, зірочок, зубчастих секторів і т.п.

Технічна характеристика

1. Найбільший модуль нарізаних зубчастих коліс, мм..... 6
2. Найбільший зовнішній діаметр нарізаних зубчастих коліс, мм..... 500
3. Найбільша ширина обробки зубчастих коліс зовнішнього зачеплення, мм..... 105
4. Найбільший кут нахилу гвинтового зубця, град..... 45
5. Найбільший хід штосселя (довбача), мм..... 125
6. Число подвійних ходів штосселя (довбача), за хвилину..... 125;179;265;400
7. Потужність головного електродвигуна, кВт..... 3

1.2 Принцип роботи

Процес нарізання зубців ведеться за методом обкатки (рисунок 1). В якості ріжучого інструмента застосовують довбач 1.

Довбач підводять до дотику із заготівкою 2. Довбачу та заготівку надають повільні узгоджені обертальні рухи. Одночасно з цим довбач здійснює зворотно-поступальний рух (рух різання) і переміщується у радіальному напрямку на заготівку (рух врізання). Процес різання відбувається лише під час робочого ходу довбача (вниз). При зворотному (холостому) ході довбача заготівка відводиться від нього з метою запобігання тертя зубців довбача по виробу.

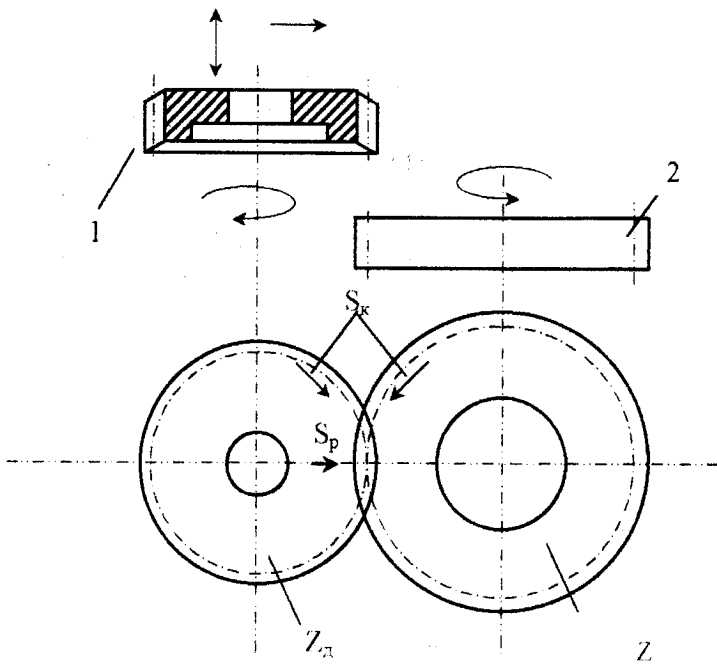


Рисунок 1- Схема нарізання зубців

1.3 Опис кінематичної схеми

Кінематична схема верстата 5М14 наведена на рисунку 2. Всі робочі рухи органи верстата отримують від електродвигуна потужністю 3кВт.

1.3.1 Ланцюг головного руху

Рухами кінцевих ланок ланцюга будуть обертання вала двигуна та зворотно-поступальний рух довбача.

Розрахункові переміщення:

$$n_d \equiv n_{дв.х.},$$

де n_d – частота обертання вала електродвигуна, об/хв;

$n_{дв.х.}$ – число подвійних ходів довбача за хвилину.

Рівняння кінематичного балансу:

$$n_d \frac{100}{280} i_{к.ш.} = n_{дв.х./хв.}, \quad (1)$$

де $i_{к.ш.}$ - передаточне відношення коробки швидкостей.

Коробка швидкостей забезпечує чотири значення подвійних ходів за хвилину штовселя при нарізанні зубців: 125, 179, 265, 400. Зворотно-поступальний рух довбача здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу, коробку швидкостей, кривошипно-шатунний механізм

і дві рейкові пари з модулем $m=3.25$.

1.3.2 Ланцюг обкатки (ділення).

Рух кінцевих ланок - це узгоджене обертання довбача та заготівки.

Розрахункові переміщення:

$$\frac{1}{Z_D} \equiv \frac{1}{Z_{заг}}$$

де $Z_D, Z_{заг}$ - відповідно, числа зубців довбача і заготівки.

Рівняння кінематичного балансу:

$$\frac{1}{Z_D} \frac{100}{1} \frac{30}{30} \frac{30}{30} \frac{a}{b} \frac{c}{d} \frac{1}{240} = \frac{1}{z_{заг}}$$

Формула налагодження гітари обкатки:

$$\frac{a}{b} \frac{c}{d} = 2.4 \frac{Z_D}{z_{заг}} \quad (2)$$

1.3.3 Ланцюг колової подачі

Рух колової подачі - поворот довбача за його подвійний хід.
Розрахункові переміщення:

$$l_{дв.х.} \equiv \frac{S_{кол.}}{D_D} \equiv \frac{S_{кол.}}{\pi m Z_D}$$

де $S_{кол.}$ - колова подача, мм/дв.х.; D_D - діаметр довбача, мм.

Рівняння кінематичного балансу:

$$l_{дв.х.} \frac{28}{28} \frac{3}{23} \frac{28}{42} \frac{A}{B} \frac{1}{100} = \frac{S_{кол.}}{D_D} \equiv \frac{S_{кол.}}{\pi m Z_D}$$

Формула налагодження гітари колової подачі

$$\frac{A}{B} \frac{366 S_{кол.}}{D_D} = \frac{366 S_{кол.}}{m Z_D} \quad (3)$$

1.3.4 Ланцюг радіальної подачі

Рух радіальної подачі - переміщення довбача в радіальному напрямку до заготівки до повної глибини врізання.

Радіальну подачу шпіндельна бабка отримує від кулачка К через ролик Р та гвинт XVIII. Поворот кулачка при врізанні здійснюється через гітару

радіальної подачі $\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1}$, конічні колеса $\frac{24}{48}$, черв'ячну пару $\frac{1}{40}$, муфту М2 і черв'ячну пару $\frac{2}{40}$. Зубчасті колеса можна нарізати за один, два чи три проходи. Для цього встановлюють відповідний кулачок (рисунок 3). При користуванні однопрохідним кулачком (рисунок 3, а) за його один оберт можна обробити дві заготовки. Дво- та трипрохідні кулачки (рисунок 3, б, в) дозволяють обробити одну заготовку. Довбач врізається в заготовку на ділянці кулачка, що має кут 90° , профіль якої побудований за архімедовою спіраллю (ділянка а-б). Від точки "б" профілі кулачків окреслені колом. За час врізання заготовка робить частину повороту, що визначається величинами колової і радіальної подачі. Після закінчення врізання довбача в заготовку стіл із заготовкою здійснює один повний оберт з кожним проходом, а кулачок повертається на 90° . Таким чином, після врізання заготовка здійснить один повний оберт при однопрохідному кулачку, два оберти – при двопрохідному і три оберти - при трипрохідному кулачку. При цьому кулачки повертаються відповідно, на 90° , 180° і 270° . Після врізання довбача в заготовку ролик Р дотикається циліндричної поверхні кулачка, внаслідок чого радіальна подача припиняється і продовжується тільки рух обкату. Після врізання муфта М2 (рисунок 2) вимикається і подальше обертання кулачка, що пов'язане з обертанням стола, здійснюється через черв'ячну пару $\frac{1}{240}$, вал Х, ексцентрик К₂, тягу, сектор з собачкою, храповик 48 і черв'ячну пару $\frac{2}{40}$. Після закінчення циклу обробки ролик Р потрапляє в западину кулачка К, гвинт ХVІІІ з шпindelною бабкою під дією пружини переміщується вліво, і верстат автоматично вимикається.

Величина радіальної подачі S_p визначається за виразом:

$$S_p = 1 \frac{28 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 2}{28 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 48 \cdot 40 \cdot 20} H \text{ мм/подв.х.},$$

де H – крок підйому архімедової спіралі кулачка К₁ в мм.

Підбір змінних коліс гітари радіальної подачі здійснюється за формулою:

$$\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{1600 S_p}{H}.$$

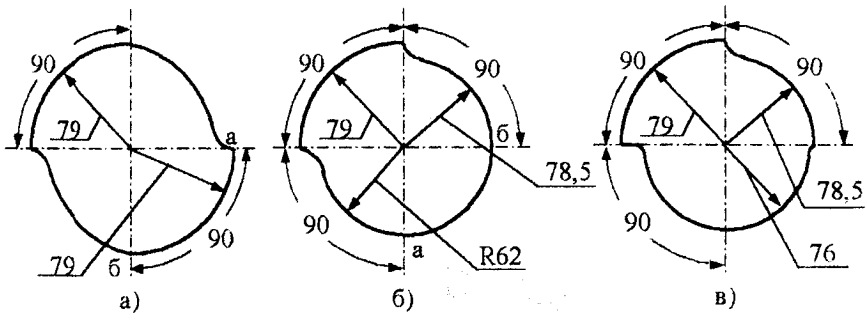


Рисунок 3 – Кулачки врізання верстата 5M14.

1.3.5 Зворотно-поступальний рух стола

Зворотно-поступальний рух стола необхідний для відведення заготовки від довбача під час його зворотного ходу. Цей рух стіл отримує від ексцентрика E через важільну систему.

1.4 Основні вузли і органи управління верстата

На рисунку 4 зображено зовнішній вид зубодовбального верстата. Найменування і призначення основних вузлів і органів керування верстата подані у таблиці 1

Таблиця 1 – Основні вузли і органи керування.

Номер позиції	Найменування і призначення
1	2
1	Станина
2	Гітара обкатки (ділення)
3	Штоссель з довбачем
4	Стіл з заготовкою
5	Кривошипно-шатунний механізм головного руху
6	Напрявні
7	Гітара колових подач
8	Лімб встановлення шпindelьної бабки на глибину врізання
9	Гайка фіксації супорта (шпindelьної бабки)
10	Гітара радіальних подач
11	Важіль вмикання муфти радіальної подачі
12	Квадрат для ручного обертання кулачка радіальної подачі
13	Кулачок радіальної подачі

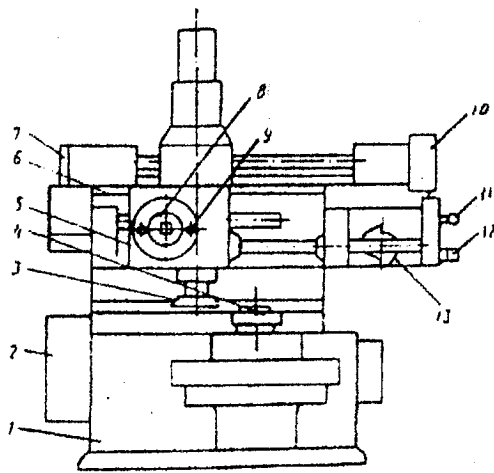


Рисунок 4 – Зовнішній вид зубодовбального верстата

1.5. Вибір числа подвійних ходів довбача

Число подвійних ходів довбача за хвилину розраховують за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2L}$$

де V - швидкість різання, м/хв;

L - довжина ходу довбача, мм;

n - число подвійних ходів довбача за хвилину.

Швидкість різання для обробки середньовуглецевої сталі з твердістю 190 НВ вибирається з таблиці 2.

Таблиця 2 – Швидкість різання довбача

S _{кол} , мм/подв.	Модуль, мм		
	2	4	6
Хід	Швидкість різання, м/хв		
0,10	41	33	28
0,13	36	29	24
0,16	32	26	22
0,20	29	23	20
0,26	25	21	17
0,32	23	18	15
0,42	20	16	14
0,52	18	14	12

При обробці сталей з іншою твердістю, а також легуваних сталей вибираючи швидкість різання, необхідно користуватися поправочним коефіцієнтом.

Таблиця 3 – Значення поправочного коефіцієнта в залежності від твердості матеріалу

HВ	160	190	220	250
K_1	1,25	1	0,8	0,7

Таблиця 4 – Значення поправкового коефіцієнта в залежності від хімічного складу матеріалу

Матеріал	чавун сірий	Сталь малолегована (40Х, 30ХГТ і інші)	сталь легувана (18ХНВА, 6ХНМ і інші)
K_2	0,9	0,75	0,8

Швидкість різання визначається за формулою

$$V = V_T K_1 K_2,$$

де V_T - значення швидкості різання за таблицею 2.

K_1, K_2 - поправкові коефіцієнти за таблицями 3 і 4.

Довжина ходу довбача вибирається в залежності від ширини заготовки В і перебігу довбача по обидві сторони заготовки, мм:

$$L = B - 2y$$

Величина перебігу довбача $2y$ вибирається в залежності від ширини заготовки В, мм:

Таблиця 5 – Значення перебігу довбача

В	25	50	75	100	125
$2y$	4,8	8,8	12	15,5	19

За вибраними значеннями V і L розраховують число подвійних ходів і вибирають найближче з існуючих на верстаті.

1.6. Налаштування гітари обкатки

Вибір змінних коліс гітари обкатки здійснюється за формулою налаштування при допомозі зубчастих коліс, якими комплектується верстат: 20, 23, 25, 26, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 40, 43, 45, 47, 48, 50, 55, 58, 60, 62, 65, 70, 74, 80, 80, 85, 90, 92, 95, 96, 100, 120. Для полегшення підбору змінних коліс число зубців колеса С вибирається рівним числу зубців довбача Z_d або $2Z_d$. Гітара обкатки налаштується точним методом. При підборі зубчастих коліс користуються номограмою, що наведена на рисунку 5, при цьому

керуються тим, що точка перетину ліній, яка відповідає сумі зубців $a+b$ і $c-d$ повинна знаходитись всередині розграфленого сектора. При підборі зубчастих коліс необхідно, щоб задовольнялася умова зачеплення коліс $a-b < c-15$ і $c-d > b-15$, оскільки її невиконання не дозволяє встановити зубчасті колеса в гітару.

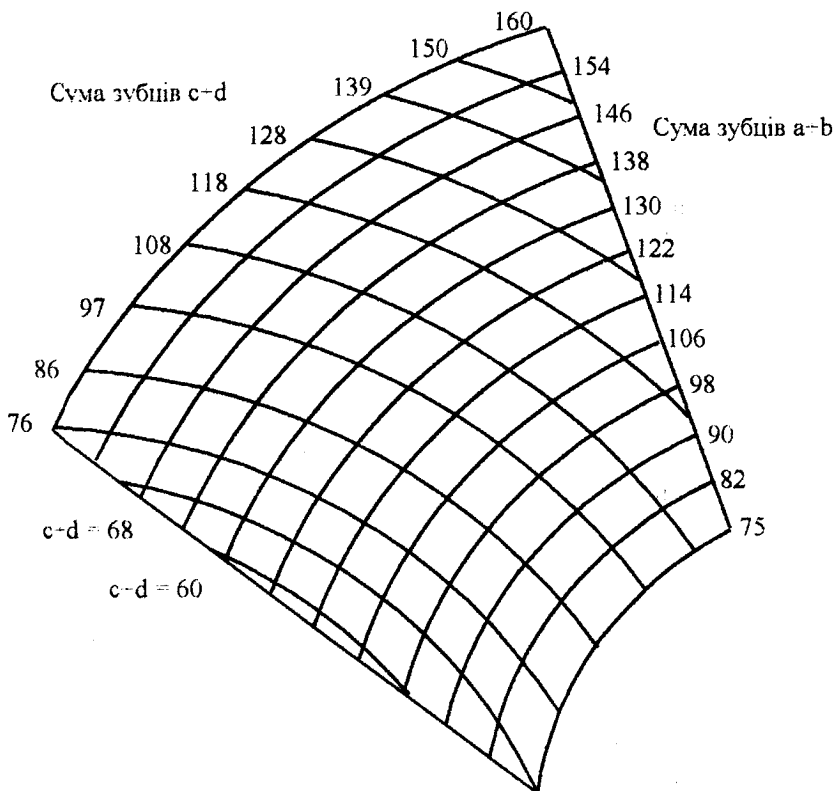


Рисунок 5 – Номограма для вибору числа зубців гітари обкатки

1.7 Налаштування гітари колової подачі

Вибирають зубчасті колеса гітари колової подачі, користуючись формулою налаштування за умови, що сума зубців $A+B=89$. Величину колової подачі при чорновій обробці сталей 20X, 40X, 45X можна приймати в межах 0,2...0,35мм на подвійний хід довбача, а при обробці чавуну - 0,1...0,2мм на подвійний хід. Для налаштування гітари колової подачі користуються змінними колесами з числом зубців 34, 39, 50, 55, після вибору яких визначають дійсну величину колової подачі $S_{кол}$.

Крім того величину колових подач $S_{кол}$ в мм/подв.х. можна визначити з виразу

$$S_{\text{кол}} = 1 \frac{28}{28} \frac{3}{23} \frac{28}{42} \frac{A}{B} 3,14 m_{z_d} \text{ мм/подв.х.},$$

де m і z_d – відповідно, модуль та число зубців довбача.

1.8 Налагодження гітари радіальної подачі

Величину радіальної подачі необхідно приймати рівною $(0,1 \dots 0,3) S_{\text{кол}}$. Підбір змінних коліс гітари радіальної подачі можна виконати, користуючись таблицею 6.

Таблиця 6 – Значення чисел зубців гітари радіальної подачі

Радіальна подача в мм/подв.хід	0,024	0,048	0,095
Числа зубців a_1	25	40	50
Числа зубців d_1	50	40	25

Колесо c_1 постійне для всіх пар коліс a_1 і d_1 .

2 Порядок виконання роботи

2.1 За описом до лабораторної роботи ознайомитись з призначенням, будовою, принципом роботи та технічною характеристикою верстата.

2.2 Ознайомитись з кінематичною схемою верстата та вивчити основи налагодження його кінематичних ланцюгів.

2.3 Отримати у викладача індивідуальне завдання (дані в таблиці 6) для виконання кінематичного налагодження верстата для нарізання зубчастого колеса.

2.4 Здійснити розрахунок і вибір числа подвійних ходів довбача. Для цього використати залежність (5) та дані таблиць 2,3,4,5.

2.5. Виконати розрахунок налагодження гітар обкатки (ділення), колової та радіальної подачі і вибрати необхідний кулачок врізання, користуючись залежностями (2), (3), (4) і рекомендаціями відповідних підрозділів вказівок.

2.6 Встановити підібрані змінні зубчасті колеса, кулачок, довбач і заготівку на верстат та вивірити їх а також встановити необхідну довжину ходу довбача і величину врізання.

2.7 Виконати нарізання зубчастого колеса.

2.8 Підготувати звіт до лабораторної роботи.

3 Зміст звіту лабораторної роботи

3.1 Звіт лабораторної роботи оформляється згідно з вимогами до текстової конструкторської документації ГОСТ 2.105-95.

3.2 У звіті відображається мета лабораторної роботи, основні теоретичні відомості, які супроводжуються необхідними ілюстраціями.

3.3 Нанести основні вузли верстата і органів управління.

3.4 Дати ескіз встановлення довбача і заготівки.

3.5 Привести дані індивідуального завдання і розрахунки налагодження

ланцюгів головного руху, обкатки (ділення), колової і радіальної подачі.

3.6 Проаналізувати правильність виконання розрахунків налагодження кінематичних ланцюгів верстата, керуючись оцінкою якості виготовлення нарізаного зубчастого колеса.

3.7 Привести висновки до лабораторної роботи.

3.8 Зробити висновки

4 Контрольні питання

1. Проаналізувати переміщення інструмента і заготовки при нарізанні зубчастих коліс на зубодовбальних верстатах.

2. Який метод нарізання зубчастих коліс використано у даному верстаті?

3. Скласти рівняння кінематичного балансу:

- а) ланцюга головного руху;
- б) ланцюга обкатки (ділення);
- в) ланцюга колової подачі;
- г) ланцюга радіальної подачі.

4. Які параметри матеріалу зубчастих коліс впливають на визначення подвійних ходів довбача?

5. Як здійснюється вибір зубчастих коліс гітар обкатки (ділення), колової і радіальної подачі?

6. Яким чином регулюється хід довбача?

7. Яке призначення муфт M_1 і M_2 ?

8. Для чого використовують двигун з потужністю $P=0,25$ кВт?

Таблиця 7 – Вихідні дані для розрахунку кінематичного налагодження верстата.

Номер варіанта	Число зубців довбача	Число зубців колеса	Модуль, мм	Ширина колеса, мм	Матеріал колеса	Колова подача, мм/гид.хід	Кут зачеплення
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20	25	2	25	сталь 20	0,1	20°
2	22	30	2,5	30	сталь 45	0,15	
3	25	35	4	35	сталь 40X	0,2	
4	28	40	6	50	30 ХГТ	0,25	
5	30	45	5	60	18 ХНЗА	0,3	
6	32	50	4	50	12 ХНЗА	0,2	
7	35	60	3	45	18 ХГТ	0,35	
8	20	50	2	60	чавун	0,2	
9	22	45	4	45	сталь 20	0,3	
10	25	40	5	80	сталь 45	0,25	
11	28	35	2,5	30	40 X	0,2	
12	30	25	2,5	25	30 ХГТ	0,15	

Продовження таблиці 7

1	2	3	4	5	6	7	8
13	32	30	2	35	18 ХНЗА	0,1	20°
14	35	35	3	60	12 ХНЗА	0,35	
15	20	40	4	80	40 ХН	0,3	
16	22	45	2	45	сталь 45	0,2	
17	25	50	3	75	20 Х	0,25	
18	28	55	3,5	70	40 ХН	0,15	
19	30	60	3	60	12 ХНЗА	0,1	
20	32	55	4	100	18 ХГТ	0,2	
21	35	50	2,5	40	30 ХГТ	0,25	
22	20	45	6	90	сталь 20	0,35	
23	22	35	2	30	сталь 45	0,3	
24	25	30	2,5	25	18 ХГТ	0,25	
25	28	25	3,5	35	сталь 20	0,2	

5 Література

- 1 Малахов Я.А. Зубообрабатывающие и резбонарезные станки. - М.: Машиностроение, 1977.
- 2 Металлорежущие станки и автоматы / под ред. А.С.Пронникова. М.:Машиностроение, 1981 – 479с.

Лабораторна робота №8
НАЛАГОДЖЕННЯ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 532 ДЛЯ
НАРІЗАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС І АНАЛІЗ КІНЕМАТИКИ
ПІДСУМОВУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Мета роботи: вивчити особливості кінематики верстата моделі 532, набути навиків налагодження ланцюгів верстата на виготовлення зубчастих коліс і черв'ячних коліс із заданим числом зубців.

Загальні відомості

Зубофрезерний верстат моделі 532 призначений для нарізання зубців циліндричних зубчастих коліс зовнішнього зачеплення, а також для нарізання черв'ячних зубчастих коліс.

Верстат працює за методом обкатки. Інструментом для обробки заготовок є, в основному, циліндричні черв'ячні фрези.

При обертанні фрези в контакт з заготовкою будуть послідовно входити зубці фрези. Якщо при цьому заготівці надати такий обертальний рух, щоб за кожний оберт фрези заготівка оберталась на величину, рівну числу заходів фрези, віднесено до числа зубців колеса, що нарізають, і при цьому повільно перемішувати фрезу вздовж осі заготівки, то на заготівці будуть нарізані зубці необхідного профілю. Фрезу при цьому встановлюють таким чином, щоб напрямок витків спіралі збігся з напрямком зубців колеса, що нарізають.

Основним вузлом верстата моделі 532 (рисунок 1) є станина, на якій встановлено стіл 1. В траверсі 2 закріплюється оправка. Верхня балка 5 опирається на колону 3. Основні механізми верстата розміщені в стійці 6, в верхній частині якої встановлено двигун головного руху, що через коробку швидкостей з гітарою 11 приводить в рух фрезу 4. В стійці 6 розташовані механізми ділення з гітарою 8, диференціального руху з гітарою 9, подачі з гітарою 10. Для вирівнювання руху використовують маховик 7.

Розглянемо налагодження верстата для нарізання різних видів зубчастих коліс.

1.1 Нарізання циліндричних зубчастих коліс з прямими зубцями

Для нарізання зубчатого колеса заготівку закріплюють на оправці, яка попередньо перевіряється на биття за допомогою індикатора. Відхилення допускається біля 0,01–0,06 мм. Після встановлення заготівки останню необхідно перевірити на биття індикатором.

Фрезу закріплюють на оправці, яка попередньо перевіряється на биття індикатором. Величина биття залежить від класу точності колеса, що нарізається, і допускається в межах 0,01–0,06 мм. Правильність встановлення фрези з по відношенню до заготівки контролюється установочним пальцем.

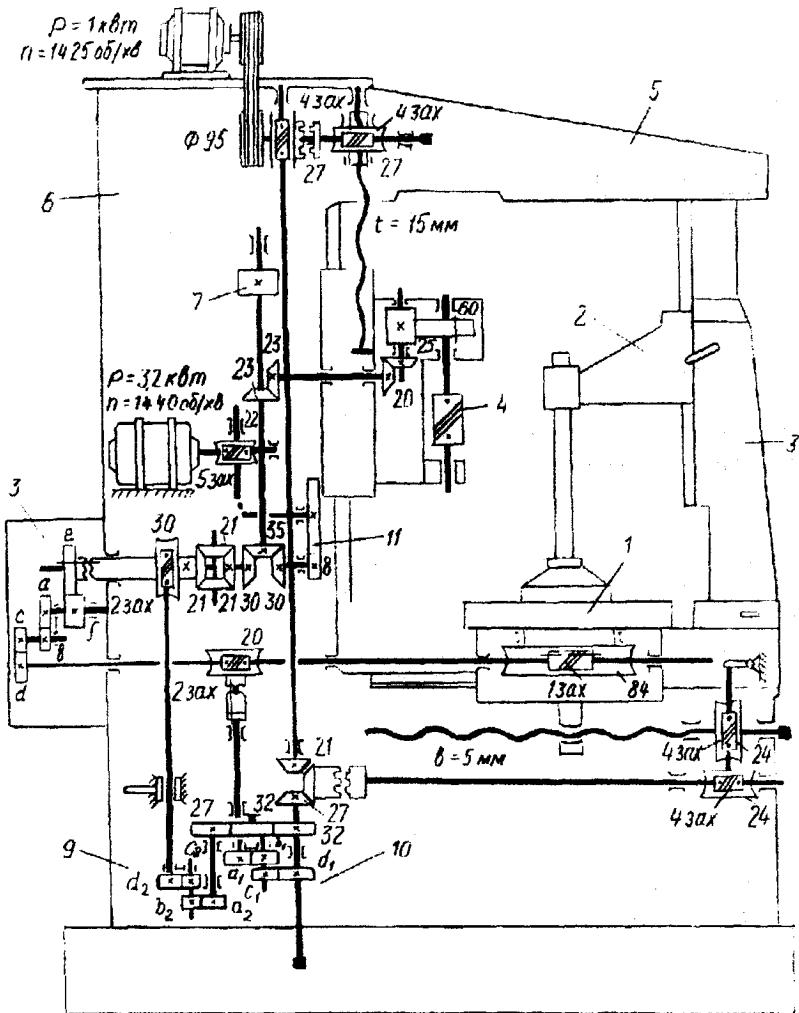


Рисунок 1 – Кінематична схема верстата моделі 532

При нарізанні циліндричних прямозубих коліс фрезу встановлюють таким чином, щоб її торцева вісь збіглася з торцевою площиною заготовки, кут φ був рівний куту β підйому витків фрези на ділянці діаметру її зубців (рисунок 2, а). Для цього супорт фрези обладнаний поворотною частиною.

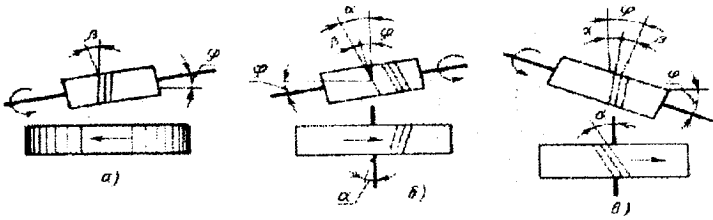


Рисунок 2 – Схема встановлення черв'ячної фрези

З опису роботи черв'ячної фрези випливає, що для нарізання прямозубих коліс на даному верстаті необхідні три рухи: головний рух (обертання фрези), рух ділення (обкатки) і вертикальна подача. Розглянемо ці рухи та їх налагодження.

1.1.1 Головний рух

Фреза отримує обертання від електродвигуна потужністю $N = 3.2$ кВт з числом обертів $n = 1440$ об/хв. Через черв'ячну передачу 5-22, зубчасті колеса А-В, 30-35, 23-23, 20-20, 20-60.

Позначимо число обертів фрези в хвилину через n_{ϕ} , тоді рівняння кінематичного ланцюга головного руху буде:

$$n_{\phi} = 1440 \cdot \frac{5}{22} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{30}{35} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{60} \text{ об/хв.}$$

Звідки

$$\frac{A}{B} = n_{\phi} \cdot \frac{n_{\phi}}{93,5} \quad (1)$$

Гітара швидкостей має постійну відстань між осями зубчастих коліс А і В, тому сума їх зубців постійна і рівна 60.

Набір змінних зубчастих коліс гітари швидкостей див. в таблиці 1.

Таблиця 1– Набір змінних зубчастих коліс гітари швидкостей

Число зубців	20, 23, 26, 29, 31, 34, 37, 40
Модуль	$m = 3,5$ мм

Число обертів фрези за хвилину n визначається з формули швидкості різання:

$$n_{\phi} = \frac{100 \cdot v}{\pi d_{\phi}} \text{ об/хв.} \quad (2)$$

де d_{ϕ} – діаметр фрези, мм; v – швидкість різання, м/хв.

1.1.2 Рух ділення (обкатки)

Рух ділення (обкатки) повинен забезпечувати узгоджене обертання фрези з обертанням заготовки: за один оберт фрези заготовка повинна повернутися на k зубців, тобто k/z свого кола, де k – число заходів фрези; z – число зубців колеса, що нарізається.

Фреза і заготовка зв'язані між собою передачами 60–20, 20–20, 23–23, 35–30, диференціалом, $e-f$, $a-b$, $c-d$, 1–84.

Рівняння кінематичного ланцюга ділення буде:

$$i_{\text{об.фр}} \frac{60}{20} \frac{20}{20} \frac{23}{23} \frac{35}{30} \cdot i_{\text{диф}} \frac{e}{f} \frac{a}{b} \frac{c}{d} \frac{1}{84} = \frac{k}{z}$$

Колеса e та f вибирають таким чином:

при $z \leq 161$

$$\frac{e}{f} = \frac{36}{36} = 1,$$

при $z > 161$

$$\frac{e}{f} = \frac{24}{48} = \frac{1}{2}$$

При фрезеруванні прямих зубців диференціал звичайно відключається. Коли диференціал відключений, тоді $i_{\text{диф}} = 1$, а коли включений, тоді

$$i_{\text{диф}} = \frac{1}{2}$$

Відповідно, коли $\frac{e}{f} = 1$, то при $i_{\text{диф}} = 1$:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 24 \frac{k}{z}, \quad (3)$$

при $i_{\text{диф}} = \frac{1}{2}$:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 48 \frac{k}{z}, \quad (4)$$

коли $\frac{e}{f} = 1$ і $i_{\text{диф}} = \frac{1}{2}$, тоді

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 96 \frac{k}{z}. \quad (5)$$

Набір змінних зубчастих коліс гітар ділення і подач див. в таблиці 2.

Таблиця 2. Набір змінних зубчастих коліс гітар ділення і подач

Число зубців	20, 23, 24, 25, 30, 34, 40, 41, 43, 45, 47, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 74, 79, 80, 83, 80, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100
Модуль	$m = 2,25$ мм

1.1.3 Вертикальна подача

Під вертикальною подачею розуміють величину переміщення супорта фрези по вертикалі (в мм) за один оберт заготовки. Стіл з заготовкою і супорт фрези пов'язані передачами $84 - 1, 2 - 20, a_1 - b_1, c_1 - d_1, 27 - 21, 4 - 27, 4 - 27$, далі рух передається на ходовий гвинт вертикальної подачі з кроком $t = 15$ мм.

Рівняння кінематичного ланцюга вертикальної подачі буде:

$$1_{\text{об.столу}} \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{27} \cdot \frac{4}{27} \cdot 15 \approx s_B,$$

звідки

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{9}{32} s_B. \quad (6)$$

Комплект змінних зубчастих коліс гітари подач використовується той же, що і для гітари ділення (див. таблицю 2).

1.2 Нарізання циліндричних зубчастих коліс з гвинтовими (спіральними) зубцями

При нарізанні циліндричних зубчастих коліс з гвинтовими зубцями вісь фрези встановлюється під кутом φ , що дорівнює $\alpha - \beta$, до торцевої площини заготовки (рисунок 2), де α - кут нахилу зубців, що нарізаються, а β - кут підйому витків фрези на дільному діаметрі. *Знак плюс* береться при різних напрямках гвинтових ліній у колеса, що нарізається, і фрези. *Знак мінус* - при однакових напрямках гвинтових ліній.

Для нарізання зубчастих коліс з гвинтовими зубцями необхідні ті ж самі рухи, що й для нарізання прямозубих коліс, крім того, заготовці передається ще й додаткове повільне обертання в одному чи іншому напрямленні.

На рисунку 2,б показана розгортка колеса з косим зубом. Лінія AC являє собою напрямок осі западини колеса і с гвинтовою лінією. Продовжимо довжину колеса і гвинтової лінії до утворення повного витка і, виконавши розгортку гвинтової лінії на площину, отримаємо трикутник EDF , де DF - розгортка кола початкового циліндра, що дорівнює πd , а EF - крок гвинтової лінії, що дорівнює $T_{г.л.}$. Припустимо, що фреза під час фрезерування опустилася на величину s_n , тоді контакт фрези повинен бути в точці B_1 , тобто витки черв'ячної фрези повинні знаходитися на западині колеса, що нарізається, яка розташована по гвинтовій лінії. Але для цього необхідно повернути додатково заготовку на дугу A_1B_1 . При подальшому переміщенні фрези заготовка повинна повернутися додатково на дугу A_2B_2, A_3C і т.д. За період вертикального переміщення фрези на величину кроку гвинтової лінії, яка дорівнює $T_{г.л.}$, заготовка повернеться додатково на один повний оберт, тобто, $T_{г.л.} \rightarrow 1$ додатковий повний оберт заготовки.

Це додаткове обертання заготовки здійснюється по окремому

кінематичному ланцюгові (ланцюг диференціала).

Напрямок додаткового обертання заготовки може збігатися з напрямком її основного обертання або бути йому протилежним в залежності від напрямку гвинтових ліній фрези і зубчатого колеса, що нарізається. Зміна напрямку додаткового обертання заготовки здійснюється встановленням паразитного зубчатого колеса в гітарі диференціала.

Кінцевими елементами кінематичного ланцюга додаткового обертання заготовки є ходовий гвинт вертикальної подачі і заготовка. Вони зв'язані передачами 27 - 4, 27 - 4, 21 - 27, 32 - 32 - 27, $a_2 - b_2$, $c_2 - d_2$, 2 - 30, диференціалом $e - f$, $a - b$, $c - d$, 1 - 84.

Рівняння кінематичного ланцюга диференціала буде:

$$\frac{T}{15} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{21}{27} \cdot \frac{32}{27} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{2}{30} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{1}{84} = 1 \text{ об. заг.}$$

Крок спіралі:

$$T = \frac{\pi D_{\text{ноч}}}{\text{tg} \alpha} = \frac{\pi m_T z}{\text{tg} \alpha} = \frac{\pi m_H z}{\sin \alpha}, \quad (7)$$

$$m_T = \frac{m_H}{\cos \alpha}, \quad (8)$$

де m_T - торцевий модуль зубчастого колеса, що нарізається; m_H - нормальний модуль зубчастого колеса, що нарізається; z - число зубців колеса, що нарізається; α - кут нахилу спіралі зубця.

Оскільки при нарізанні гвинтових зубців диференціал ввімкнений, тоді $i_{\text{диф}} = 1/2$.

При $\frac{e}{f} = 1$ і $i_{\text{диф}} = \frac{1}{2}$, отримаємо формулу (4). Підставивши всі ці значення і виконавши необхідні перетворення, отримаємо:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = 5,9683 \cdot \frac{\sin \alpha}{m_H k} \quad (9)$$

Набір змінних зубчастих коліс гітари приведений в таблиці 3.

Таблиця 3 – Набір змінних зубчастих коліс гітари

Число зубців	20, 23, 25, 30, 33, 34, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 79, 80, 83, 85, 89, 92, 95, 97, 98, 100.
Модуль	$m = 175$ мм

1.3 Пристрій і принцип роботи диференціала

Диференціал на верстаті моделі 532 служить для алгебраїчного складання двох рухів і являє собою механізм, який складається з чотирьох конічних зубчастих коліс з числом зубців $z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = 21$ і черв'ячної пари 2 - 30 (рисунок 3)

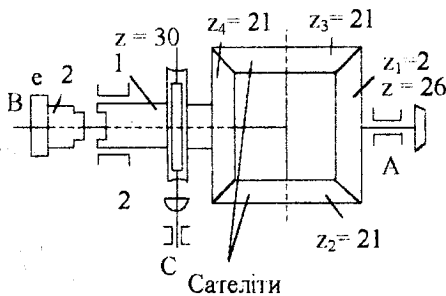


Рисунок 3 – Схема диференціала

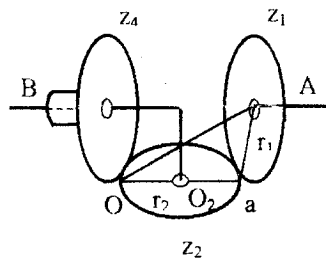


Рисунок 4 – Схема роботи диференціала

Праве конічне колесо z_1 закріплене на валу. В зачепленні з ним знаходяться два конічних колеса z_2 і z_3 (сателіти), які вільно сидять на T -образному валу.

Ліве колесо z_4 являє одне ціле з втулкою 1, які вільно сидить на горизонтальній частині T -подібного валу. На втулці 1 закріплене черв'ячне колесо $z = 30$. На лівому кінці втулки є кулачки, з якими може з'єднуватися рухома кулачкова муфта 2 колеса e , яка сидить на T -подібному валу на ковзній шпонці.

Диференціал вважається *вимкнутим*, коли двозахідний черв'як виведений із зачеплення з черв'ячним колесом $z = 30$ і ввімкнена кулачкова муфта 2. При цьому T -подібний вал жорстко зв'язаний з втулкою 1 і сателіти z_2 і z_3 не мають можливості обкочуватись навколо колеса z_4 , а будуть обертатись разом з ним. В цьому випадку передаточне відношення від колеса z_1 до T -подібного вала рівне одиниці.

Диференціал вважається *ввімкнутим*, коли двозахідний черв'як введений у зачеплення з черв'ячним колесом $z = 30$ і вимкнена кулачкова муфта 2. При цьому передаточне відношення від колеса z_1 до T -подібного вала (якщо z_4 нерухоме) дорівнює $\frac{1}{2}$. В цьому можна легко переконатись при розгляданні рисунку 4. Дійсно, якщо зубчасте колесо z_4 нерухоме, а колесо z_1 за дуже маленький проміжок часу повернеться на деякий кут, тоді зачеплене з ним колесо z_2 також повернеться відносно миттєвого центра обертання O на деякий кут.

Нехай ω_1 – кутова швидкість колеса z_1 за цей проміжок часу, ω_2 – кутова швидкість колеса z_2 , яке обертається відносно точки O ; a – точка зачеплення зубчастих коліс z_1 і z_2 (в цій точці лінійна швидкість кіл коліс z_1 і z_2 однакова).

По відношенню до колеса z_1 :

$$v_a = r_1 \cdot \omega_1. \quad (10)$$

По відношенню до колеса z_2 відносно точки O :

$$v_a = 2r_2 \cdot \omega_2. \quad (11)$$

Відповідно колова швидкість центра O_2 колеса z_2 буде:

$$v_{O_2} = r_2 \cdot \omega_2. \quad (12)$$

З порівняння двох останніх рівностей випливає, що

$$\frac{v_{O_2}}{v_a} = \frac{r_2 \omega_2}{2r_2 \omega_2} = \frac{1}{2}. \quad (13)$$

Оскільки точка O_2 належить також плечу Т-подібного вала, тоді можна написати:

$$\frac{v_B}{v_a} = \frac{r_1 \omega_B}{2r_1 \omega_1} = \frac{1}{2}. \quad (14)$$

Звідси випливає, що $\frac{\omega_B}{\omega_1} = \frac{1}{2}$, тобто, передаточне відношення від вала

A (від колеса z_1) до вала B буде рівним $\frac{1}{2}$.

Міркуючи аналогічно попередньому, впевнюємось в тому, що передаточне відношення від колеса z_4 до Т-подібного вала за умови, що z_1 нерухоме, також буде рівним $\frac{1}{2}$. Якщо ж одночасно передавати обертання від вала A , який має n_A обертів, і вала C (див. рисунок 4), який має n_C обертів, тоді вал B отримас:

$$n_B = \left(\frac{n_A}{2} \pm \frac{2}{30} \cdot \frac{n_C}{2} \right) \text{об.} \quad (15)$$

Ввімкнення і вимкнення черв'яка диференціала здійснюється спеціальною рукояткою, яка розташована на ексцентричній втулці, всередині якої проходить вал черв'яка.

2 Нарізання черв'ячних зубчастих коліс

На верстаті моделі 532 черв'ячні зубчасті колеса можна нарізати методом радіальної подачі або методом тангенціальної (осьової) подачі.

На практиці в основному застосовують метод радіальної подачі. В якості ріжучого інструменту при цьому застосовують циліндричні черв'ячні фрези. Діаметр початкового кола фрези повинен бути рівним діаметру початкового кола черв'яка, який працює на пару з черв'ячним колесом, що нарізається.

Цей метод характеризується тим, що відстань A між центрами фрези і заготовки повільно зменшується внаслідок здійснення радіальної подачі s_p заготовки. При цьому фреза і заготовка здійснюють обертальні рухи навколо своїх осей. Відповідно, для нарізання черв'ячного колеса методом радіальної подачі необхідні три рухи: головний рух, рух ділення і радіальна подача заготовки. Перші два рухи здійснюються за тими ж формулами, що і при нарізанні циліндричних зубчастих коліс.

Під *радіальною подачею* розуміють переміщення заготовки в радіальному напрямку (в мм) за її один оберт. Кінцевими елементами цього ланцюга є заготовка і ходовий гвинт стола з кроком $t = 5$ мм. Їх зв'язують передачі 84 - 1, 2 - 20, $a_1 - b_1$, $c_1 - d_1$, 27 - 21, 4 - 24, 4 - 24.

Рівняння кінематичного ланцюга радіальної подачі буде:

$$I_{\text{об.стола}} \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{24} \cdot \frac{4}{24} \cdot 5 = s_p$$

звідки

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{2}{3} s_p \quad (16)$$

При нарізання зубчастих коліс вісь фрези встановлюють горизонтально. Після врізання фрези в заготовку на потрібну глибину радіальна подача автоматично вимикається (за допомогою відключення чотиризахідного черв'яка), колесо, що обробляється, здійснює ще декілька обертів, протягом яких закінчується профілювання всіх зубців.

Верстат, розрахований на роботу з тангенціальною подачею, постачається спеціальним супортом фрези, який встановлюється замість звичайного і дозволяє передати фрези обертання і осьове переміщення. Ріжучим інструментом при тангенціальній подачі є конічна черв'ячна фреза.

3 Порядок виконання роботи

3.1 Ознайомитись з будовою верстата, його призначенням і принципом роботи.

3.2 Вивчити кінематичні ланцюги верстата, що задіяні при нарізанні прямозубих, косозубих і черв'ячних зубчастих коліс.

3.3 Вивчити роботу диференціала і його кінематику.

3.4 Отримати у викладача індивідуальне завдання (таблиця 4) для налагодження верстата на нарізання зубчастих коліс.

3.5 Виконати налагодження ланцюга головного руху, користуючись формулою (1) і таблицею 1.

3.6 За формулами (3), (4), (5) і таблицею 2 здійснити налагодження ланцюга обкатки (ділення).

3.7 Вибрати гітару ланцюга вертикальної подачі, користуючись формулою (6) і таблицею 2.

3.8 Для завдань по нарізанню черв'ячних коліс, крім ланцюгів головного руху, обкатки (ділення), виконати налагодження ланцюга радіальної подачі, користуючись формулою (16).

3.9 Для косозубих коліс виконати налагодження ланцюга диференціала за формулою (9).

3.10 Виконати практичне завдання, що визначено викладачем.

3.11 Скласти звіт.

4 Зміст звіту

4.1 Навести кінематичну схему верстата.

4.2 Описати основні вузли верстата.

4.3 Виконати налагодження кінематичних ланцюгів верстата, що відповідають виду зубчастих коліс, які нарізають, згідно з виданим індивідуальним завданням.

- 4.4 Описати роботу диференціала.
 4.5 Висновки.

5 Контрольні запитання

- 5.1 Призначення та принцип роботи верстата моделі 532.
 5.2 Пояснити роботу і кінематику диференціала при нарізанні косозубих коліс.
 5.3 Особливості налагодження ланцюгів верстата:
 а) головного руху,
 б) обкатки (ділення),
 в) вертикальної подачі,
 г) диференціального руху,
 д) радіальної подачі.
 5.4 Встановлення інструмента при нарізанні різних видів зубчастих коліс

Таблиця 4 -- Завдання для виконання лабораторної роботи

Номер завдання	Число зубців колеса Z	Діаметр фрези, мм d_f	Число заходів фрези, K	Кут нахилу зубців, α	Вертикальна або радіальна подачі, $S_B(S_P)$	Швидкість різання, м/хв V	Модуль нормальний, мм m_n	Вид колеса циліндричне (Ц) або черв'ячне (Ч)
----------------	----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	---	--------------------------------	--------------------------------	--

1	30	25	2	9	2	30	2	Ц
2	35	25	2	10	2,2	25	3	Ч
3	40	25	2	11	2,4	27	4	Ч
4	45	28	2	12	2,6	28	2	Ч
5	50	28	2	13	2,8	32	3	Ц
6	55	30	2	14	3	34	4	Ч
7	60	30	1	15	3,2	36	5	Ц
8	65	40	1	16	3,4	40	6	Ц
9	70	50	1	18	3,6	42	3	Ч
10	75	60	1	16,5	3,8	44	4	Ц
11	80	70	1	15,5	2	46	5	Ч
12	85	80	1	14,5	2,2	48	6	Ч
13	90	85	1	13,5	2,4	50	3	Ц
14	95	90	1	12,5	2,6	60	3	Ц
15	100	85	1	11,5	2,8	70	3	Ч
16	105	80	1	10,5	3	80	2,5	Ч
17	110	75	1	9,5	1,8	75	2,5	Ц
18	115	90	1	8	2	65	2,5	Ц
19	120	95	1	20	2,2	55	2,5	Ц
20	125	90	1	22	2,4	80	2,5	Ц
21	130	100	1	18	2	90	2	Ч
22	140	105	1	16	1,8	95	2	Ц
23	160	110	1	14	1,6	100	2	Ч
24	175	120	1	12	1,4	60	2	Ц
25	180	125	1	16	1,6	80	2	Ц

6 Література

1. Металлорежущие станки. / Под ред. В.К.Тепункишева – М «Машиностроение», 1973 – 472 с.

2. Металлорежущие станки: Учебн. для машиностроительных вузов / Под ред. Н.С.Колева – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1980 – 500 с.

Навчальне видання

Л.К. Поліщук

**ОБЛАДНАННЯ ТА ТРАНСПОРТ
МЕХАНООБРОБНИХ ЦЕХІВ**

Частина 1

Металорізальні верстати
Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено автором

Редактор В.О. Дружиніна

Підписано до друку 26.04.2002 р.

Формат 29.7x421/4

Гарнітура Times New Roman

Друк різнографічний

Ум. друк. арк. 2.91

Тираж 75 прим.

Зам. № 2002-143

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВДТУ, ГНК, 9-й поверх
Тел. (0432) 44-01-59