

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри ММР

_____ к.т.н., доц.

Андрій ГРЕЧКА

Кваліфікаційна робота

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Модернізація токарно-револьверного напівавтомата»

«Modernization of a semi-automatic turret lathe»

Виконавець: здобувач вищої освіти

3-мб курсу, групи ПМ-23мб-3,

ОПП «Прикладна механіка»

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Білюга Олександр Анатолійович

Керівник роботи: к.т.н., доц.

_____ Кирил ЩЕРБИНА

Рецензент: к.т.н., доц.

_____ Любов ОЛІЙНІЧЕНКО

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
Андрій ГРЕЧКА

«_____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА
Олександра БІЛЮГИ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація токарно-револьверного напівавтомата

2. Керівник роботи: к.т.н., доц., Кирил ЩЕРБИНА

3. Строк подання роботи до захисту «15» червня 2026 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є: розширення технологічних можливостей патронного токарно-револьверного напівавтомата мод. 1А425, який призначений для обробки штучних заготовок, таким чином, щоб на модернізованому верстаті наряду з штучними заготовками можна було б обробляти також деталі з пруткового матеріалу

Завдання:

- змінити конструкцію шпиндельного вузла верстата;
- змінити конструкцію гідророзподільника;
- змінити конструкцію шток-патрона;
- розробити відповідну конструкторську документацію.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
РОЗДІЛ 1	Кирил ЩЕРБИНА		
РОЗДІЛ 2	Кирил ЩЕРБИНА		
РОЗДІЛ 3	Кирил ЩЕРБИНА		
РОЗДІЛ 4	Кирил ЩЕРБИНА		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1	Призначення та конструкція верстата що модернізується	Квітень 2026	Вик.
2	Мета, задачі та обґрунтування модернізації верстата	Квітень 2026	Вик.
3	Опис модернізованих і спроектованих вузлів	Травень 2026	Вик.
4	Розрахунок та опис модернізованих і спроектованих вузлів верстата	Травень 2026	Вик.
5	Висновки	Червень 2026	Вик.
6	Графічна частина та оформлення	Червень 2026	Вик.

Дата видачі завдання « 13 » квітня 2026 р.

Керівник роботи _____ Кирил ЩЕРБИНА
(підпис)

Завдання прийнято до виконання 13 » квітня 2026 р.

Здобувач _____ Олександр БІЛЮГА
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Олександр БІЛЮГА. Модернізація токарно-револьверного напівавтомата. Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр»: спеціальності 131 Прикладна механіка / наук. кер. Кирил ЩЕРБИНА; ЦНТУ, 2026. 36 с.

Графічна частина – 2 аркуші формату А2, 1 аркуш формату А2х4.

Метою роботи є: розширення технологічних можливостей патронного токарно-револьверного напівавтомата мод. 1А425, який призначений для обробки штучних заготовок, таким чином, щоб на модернізованому верстаті наряду з штучними заготовками можна було б обробляти також деталі з пруткового матеріалу.

Для досягнення вказаної мети необхідно змінити конструкцію шпиндельного вузла верстата, щоб через нього можна було б пропустити пруток. Це може бути досягнуто шляхом створення трубчатого штока гідро циліндра затиску і зміни конструкції гідророзподільника, який мав би центральний отвір для проходу прутка. В зв'язку з цим повинна бути трубчатою і тяга, що зв'язує шток патрона верстата з поршнем затискного гідро циліндра і що проходить через центральний отвір шпинделя. Незначній переробці підлягатиме і шток патрона

Актуальність роботи: для обробки пруткового матеріалу на патронному токарно-револьверному напівавтоматі виникає необхідність в розробці механізму подачі прутка, що розміщений співвісно зі шпинделем верстату, і пристрій для його закріплення на верстаті.

Практичне значення: модернізований напівавтомат відрізняється більшою жорсткістю, потужністю головного приводу і надійністю в роботі. Більше тягове зусилля на револьверному супорті забезпечує можливість обробки порівняно крупних деталей на модернізованому верстаті. Конструкція шпиндельного вузла дозволяє виконати його переробку для можливості обробки прутка без демонтажу шпинделя, що є важливо як з точки зору зменшення трудомісткості модернізації, так і збереження точності обробки деталей на модернізованому верстаті.

Ключові слова: револьверний супорт, шпиндельний вузол, шток патрона, модернізований верстат, гідророзподільник, токарно-револьверний напівавтомат.

ABSTRACT

Oleksandr BILIUHA. Modernization of a semi-automatic turret lathe. Qualification work for the educational degree "bachelor": specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Kyryl SHCHERBYNA; CNTU, 2026. 36 p.

Graphic part – 2 sheets of A2 format, 1 sheet of A2x4 format

The aim of the work is: to expand the technological capabilities of the chuck-type turret lathe semi-automatic machine model 1A425, originally designed for machining single-piece workpieces, by enabling the machining of both single-piece workpieces and bar-stock parts on the modernized machine tool.

To achieve the stated objective, it is necessary to modify the spindle unit design in order to provide through-feed capability for bar stock. This can be accomplished by designing a tubular piston rod for the clamping hydraulic cylinder and by modifying the hydraulic control valve structure to incorporate a central through-hole for bar passage. Consequently, the drawbar connecting the machine chuck rod with the piston of the clamping hydraulic cylinder and passing through the spindle bore must also possess a tubular configuration. Minor modifications to the chuck rod design are likewise required.

The relevance of the work lies in: for machining bar stock on a chuck-type turret lathe semi-automatic machine, it is necessary to develop a bar-feeding mechanism arranged coaxially with the machine spindle, as well as a device for mounting and securing this mechanism on the machine tool..

Practical significance: the modernized semi-automatic machine tool is characterized by increased structural rigidity, higher main-drive power, and improved operational reliability. The increased feed force acting on the turret slide ensures the capability of machining comparatively large-sized parts on the modernized machine. The spindle unit design enables its modification for bar-stock machining without spindle dismantling, which is of considerable importance both for reducing the labor intensity of the modernization process and for maintaining machining accuracy of parts produced on the upgraded machine tool.

Keywords: turret slide, spindle unit, chuck rod, modernized machine tool, hydraulic control valve, turret lathe semi-automatic machine.

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

на тему:

«Модернізація токарно-револьверного напівавтомата»

КРБ.ПМ.26.01.02.00.00

Виконавець: здобувач вищої освіти,
3-го року навчання, групи ПМ-23мб-3,
ОПП «Прикладна механіка»
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Білюга Олександр Анатолійович

Керівник роботи: к.т.н., доц.

Кирил ЩЕРБИНА

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КОНСТРУКЦІЯ ВЕРСТАТА ЩО МОДЕРНІЗУЄТЬСЯ.....	9
1.1. Основні вузли верстата мод. 1А425.....	11
1.2. Електрообладнання і система змащування	13
1.3. Гідропривод верстата	14
1.4. Затиск оброблюваної деталі	17
1.5. Технічна характеристика верстата.....	19
2. МЕТА, ЗАДАЧІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРСТАТА	20
3. ОПИС МОДЕРНІЗОВАНИХ І СПРОЕКТОВАНИХ ВУЗЛІВ.....	22
3.1 Шпиндельний вузол і механізм затиску.....	22
3.2. Механізм подачі прутка	22
3.3.Кронштейн кріплення механізму подачі прутка.....	23
4. РОЗРАХУНОК ТА ОПИС МОДЕРНІЗОВАНИХ І СПРОЕКТОВАНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА	24
4.1. Шпиндельний вузол і механізм затиску	24
4.2 Розробка механізму подачі прутка	27
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	34

ВСТУП

Машинобудування являється основою науково-технічного прогресу в різних сферах народного господарства. Вдосконалення та розвиток машинобудування неможливий без прогресу верстатобудування, оскільки метало ріжучі станки являються основним видом заводського устаткування, призначених для виготовлення машин, приборів, інструментів та інших виробів. Кількість та якість станків, їх технічна оснащеність в значній мірі визначає виробничий потенціал машинобудування.

Головним напрямком розвитку верстатобудування в останні десятиліття, на рівні з підвищенням продуктивності, точності і надійності станків, являються створенням верстатних модулів з мікропроцесорними пристроями керування для гнучкого автоматизованого виробництва, повна автоматизація допоміжних операцій, зв'язаних зі зміною заготовок, інструментів, технічної оснастки, з вимірами та контролем, з подрібненням та вилученням стружки і т. д. Крім створення нових моделей верстатів, верстатних модулів, гнучких виробничих систем, важливу роль грає модернізація металорізального обладнання. Актуальність та необхідність в ній виросла особливо в теперішній час.

Основним напрямком модернізації метало ріжучого обладнання являються: забезпечення більш повного використання можливостей ріжучого інструменту, концентрування операцій та переходів, скорочення витрат допоміжного часу, автоматизація циклу обробки, розширення технологічних можливостей верстата, зміна його основного технічного призначення, спеціалізація верстата, підвищення точності, покращення умов експлуатації, підвищення безпеки роботи на верстаті і т. д.

В даному проекті об'єктом модернізації являється патронний токарно-револьверний напівавтомат мод. 1А425, який призначений для обробки штучних (литих і кованих) заготовок в умовах серійного виробництва. Метою модернізації являється зміна конструкції шпиндельного вузла таким чином, щоб на верстаті окрім штучних заготовок можливо було б обробляти також деталі з прутка.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КОНСТРУКЦІЯ ВЕРСТАТА ЩО МОДЕРНІЗУЄТЬСЯ

Токарно-револьверний напівавтомат мод. 1А425 призначений для обробки в умовах серійного виготовлення виробів з литих та кованих заготовок в патроні, виробництво яких потребує ряду послідовних операцій: обточування, свердління, зенкерування, розточування, розвертування, підрізка торців, прорізання канавок та відрізання [1, 2, 3]

Верстат складається з наступних основних частин (див. рис. 1):

- 1 – станина
- 2 – пульт управління
- 3 – корита
- 4 – револьверний супорт
- 5 – горизонтальний супорт
- 6 – вертикальний супорт
- 7 – кронштейн
- 8 – електрошафа

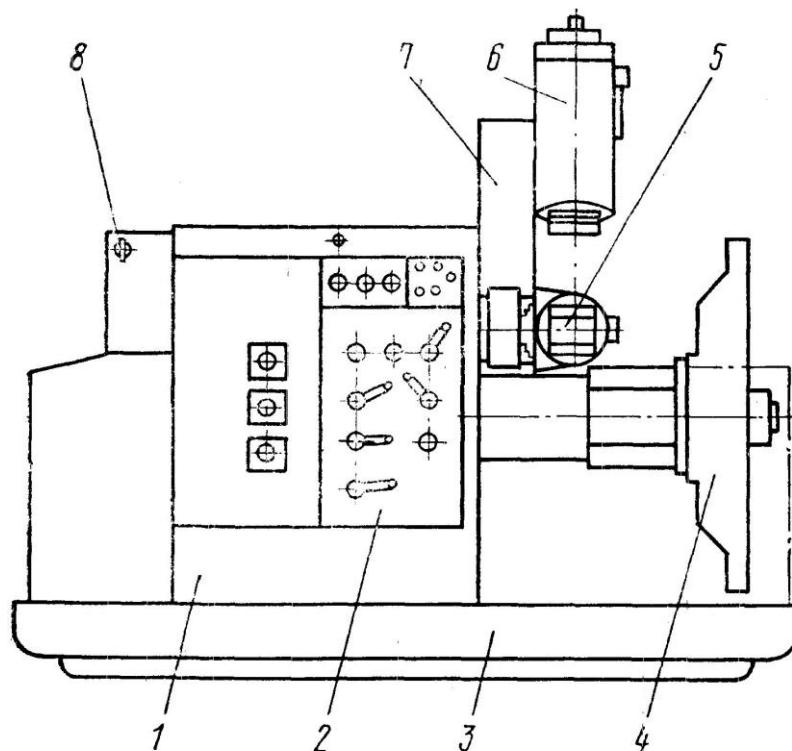


Рис. 1 Складові частини верстата

Станина – основа верстата зі встановленим на ній корпусом – лита, жорстка конструкція коробчатої форми. В корпусі змонтовані всі вузли верстата. В верхній його частині розміщена коробка швидкостей, а в задній частині розташований електродвигун головного привода і гідравліки. Під шпинделем розташовується гідроциліндр револьверного супорту, шток цього циліндра являється віссю револьверного супорту. На правому кінці штока змонтована револьверна головка. На торцевій стороні корпуса знаходиться кронштейн до якого кріпиться вертикальний і горизонтальний супорти. Передня частина основи використовується для розміщення охолоджуючої рідини, а задня слугує гідробаком.

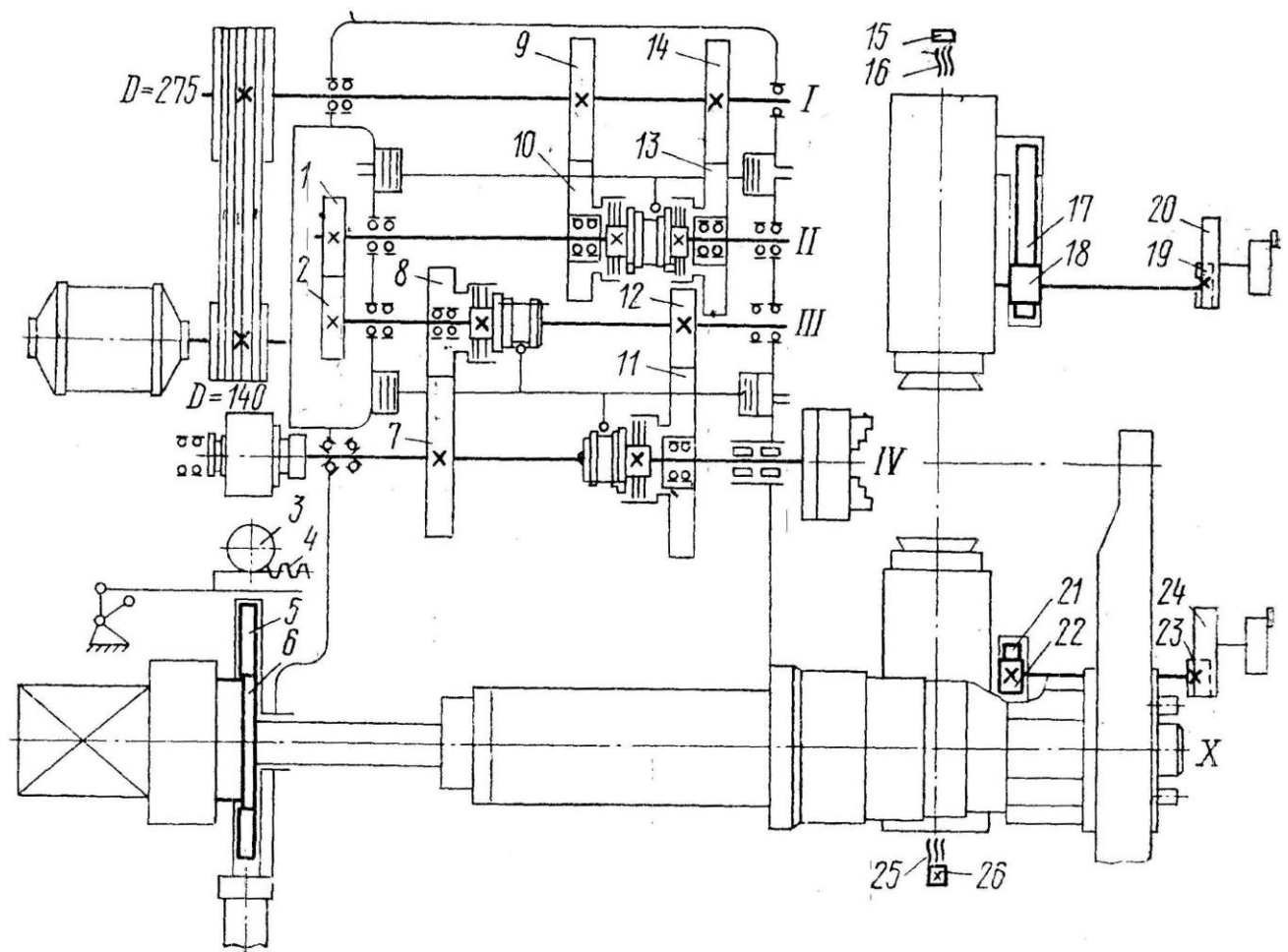


Рис. 2 Кінематична схема верстата

1.1. Основні вузли верстата мод. 1A425

Коробка швидкостей (рис. 3) чотирьох вальна, включаючи шпиндель. Оберти від електродвигуна передаються через клинопасову передачу на шків першого вала. Обери від першого вала передаються шківу через шестерні з фрикційними муфтами і пару змінних шестерень. Всього шпинделю передається 15 чисел обертів, розбитих на 4 групи швидкостей (одна повторюється). Ці групи можуть бути отриманні двома парами змінних шестерень (1 і 2 на рис. 2)

Револьверний супорт (рис. 4) складається з чотирьох променевої (хрестоподібної) револьверної головки з горизонтальною віссю обертання і чотирьохгранного барабана, жорстко зв'язаних між собою [4, 5, 6]

В револьверній головці на кінцях променів є отвори для фіксації, а в середині них розміщені поверхні перпендикулярні вісі шпинделя, і отвори, співвісні зі шпинделем для центрального інструмента або інших пристосувань. Для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь державки з інструментом закріплюють на площинах чотирьохгранного барабана.

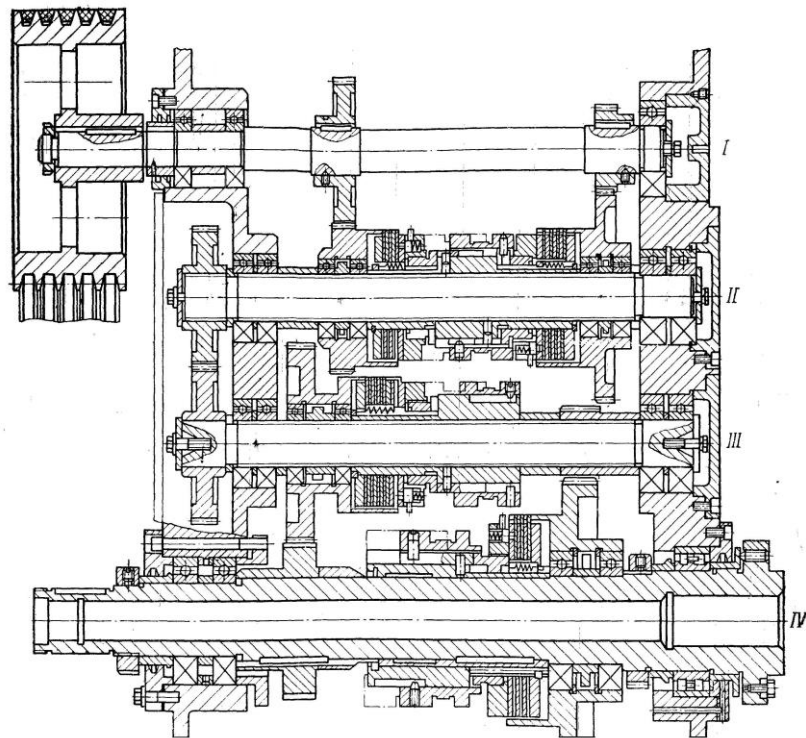


Рис. 3 Розвертка коробки швидкостей

Поперечний, горизонтальний і вертикальний супорти (рис. 5) також як і револьверний супорт, представляють з себе гідравлічний циліндр. Різниця закладається в тому, що в револьверному супорті оснастка з ріжучим інструментом розміщена на револьверній головці, а в поперечних супортах шток нерухомий. Переміщення під дією тиску масла здійснюється циліндрами, на торцях встановлені на «ласточкиних хвостах» державки з різцями.

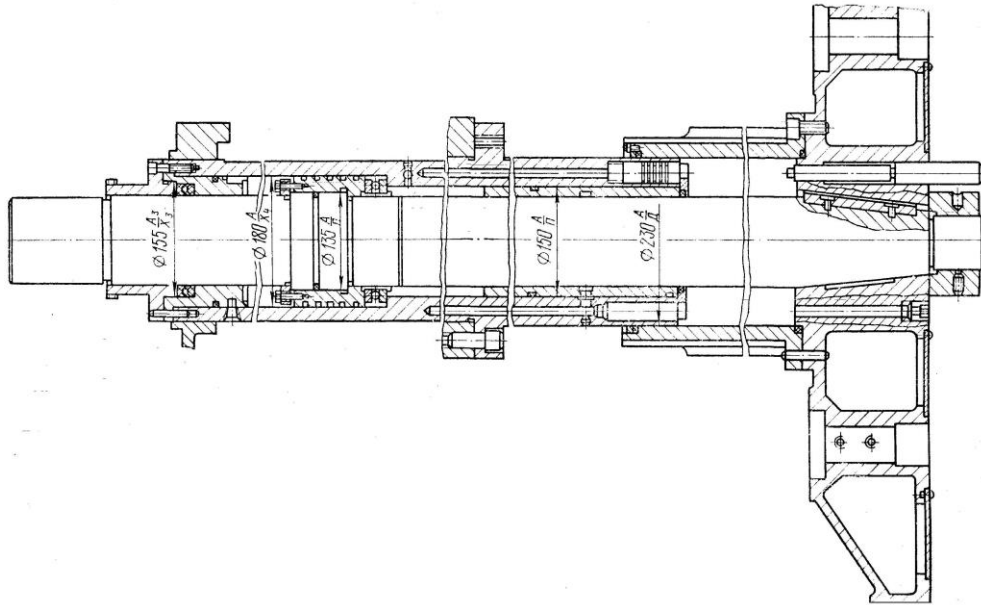


Рис. 4 Розріз револьверного супорта

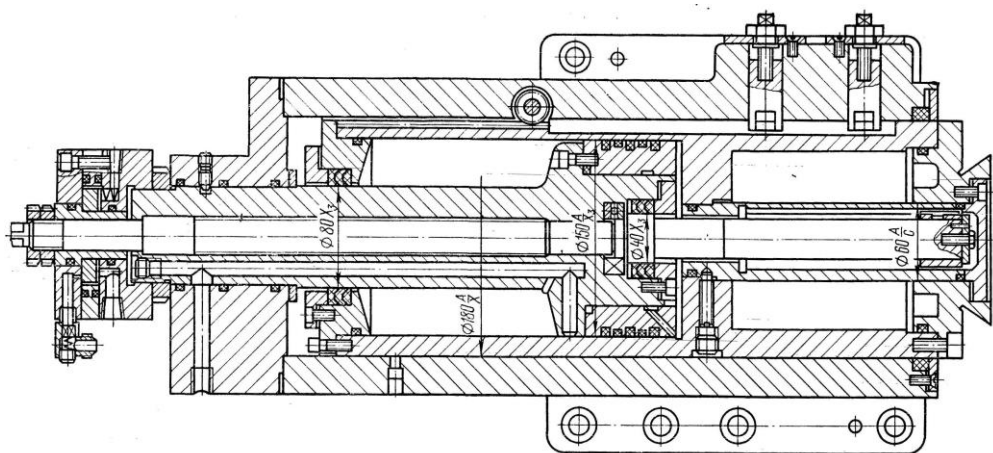


Рис. 5 Розріз поперечного супорта

Барабан управління розміщений на задньому вільному кінці штока – вісь револьверного супорта слугує для здійснення вибраного циклу і режиму роботи. Кулачки які розташовані на гранях барабана, діють на золотники,

керуючими циліндрами включення фрикційних муфт коробки швидкостей. Натиск на кулачок відбувається при підводі револьверної головки до виробу. На тих же гранях є і регулюємі кулачки, діючі через ричажну систему на дросель, через який здійснюється прокольна подача револьверного супорта. Кулачки на циліндричній часині барабана, приводять в дію золотники, які сприяють при повороті барабана керуванню швидкому підводу поперечних супортів і подають в кінці циклу обробки виробу команду «стоп». Поворот барабану управління з револьверною головкою здійснюється кожен раз в кінці відведення її від виробу циліндром обертання, який знаходиться на лівому торці корпуса верстата [7, 8, 9]

1.2.Електрообладнання і система змащування

Електрообладнання верстата виконано з наступними значеннями напруги: силовий ланцюг $\sim 50\text{Гц.}$, 380В; ланцюг управління $\sim 50\text{Гц.}$, 110В; ланцюг місцевого освітлення і сигналізації $\sim 50\text{Гц.}$, 24В. На верстаті встановлені два трьохфазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором:

- двигун головного приводу типа А 02-51-4, М101, 7,5КВт, 1450 об/хв, 220/380В, 50Гц;
 - двигун гідравліки типа А 02-32-4, М301, 3КВт, 1450 об/хв, 220/380В, 50Гц
- а також електронасос охолодження трьохфазний типа ПА-22, 0,12КВт, 2800 об/хв., 220/380В, 50Гц. Електроапаратура встановлена в шафу, управління електрообладнанням здійснюється з пульта.

Система змащування верстата змішана. Коробка швидкостей змащується від централізованої системи, вертикальний і горизонтальний супорти – через прес – маслянки, а рейка вузла обертання – вручну із лійки.

Система централізованого змащення отримує живлення від насосу гідросистеми. Із гідросистеми масло потрапляє в розподільчу ванну, розташовану в коробці швидкостей і, пройшовши через змащувальні частини станка, стікає в резервуар. Для контролю за подачею змазки і її рівнем в

резервуарі служить масловказівник. Резервуар місткістю 90л. заповнюють індустріальним мастилом И-20А ГОСТ 20799-75 або турбінним Т-22 ГОСТ 32-74 з в'язкістю 2,6-3,3° Енглера (відповідно 17-23сСт). З розподільчої ванни мастило при роботі верстата потрапляє до підшипників шпинделя, валам і змінним шестерням. Всі останні шестерні і підшипники коробки швидкостей змащуються розпиленням.

1.3. Гідропривод верстата

Гідравлічна принципова схема верстата показана на мал.6. Гідропривод забезпечує роботу механізму затиску деталі, переключення швидкостей шпинделя, підведення, робочу подачу, відведення повздовжнього і поперечного супортів, поворот револьверного супорта. Мастило в систему подається від зведеного насоса 8Г12-33 продуктивністю 12 і 50 л/хв. Насос низького тиску (50 л/хв.) забезпечує швидкі ходи (інструментів) супортів, а налагодження його тиску здійснюється за допомогою напірного золотника ПГ 54-24. Насос високого тиску (12 л/хв.) забезпечує робочі подачі супортів, а для його налагодження служить золотник ПБГ 54-22. Мастило від насоса високого тиску підводиться до трьох нерегульованих дроселів, які ділять потік на три незалежні частини, приблизно рівні 4 л/хв.. Коливання тиску в кожному потоці не впливає на тиск в інших потоках. Мастило від насоса низького тиску підводиться до цих потоків через три обернених зворотні клапани. При швидких ходах супортів мастило до їх циліндрів підводиться від обох насосів.

При переході супортів на робочі подачі тиск в мережі після дроселів 8(1) ...8(3) (див. мал. 6) зростає і запирає зворотні клапани, відсікаючи цим потік мастила насоса низького тиску від потоку мастила насоса високого тиску. Одночасно цим же тиском перемикаються переливні клапани 6(1)...6(3), що з'єднують насос низького тиску зі зливним отвором [10, 11 ,12]

Перемикання швидкостей шпинделя здійснюється двома циліндрами, якими управляють розподільники Р 102-ФВ-57,4А.. При переключенні

розподільників, коли тиск подається в одну порожнину циліндра, а інша порожнина з'єднується зі зливним отвором, досягається потрібна комбінація положень поршнів циліндрів, тобто необхідна швидкість шпинделя. Під час налагодження розподільники переключають вручну за допомогою тяг, при автоматичному циклі – за допомогою кулачків на барабані.

Пуск і зупинка шпинделя відбуваються за допомогою циліндра 1 і циліндра 13. Циліндр 1 має три положення: два крайніх відповідають увімкненню лівого чи правого фрикціону, тобто різним швидкостям шпинделя, а середнє – вимкнення обох

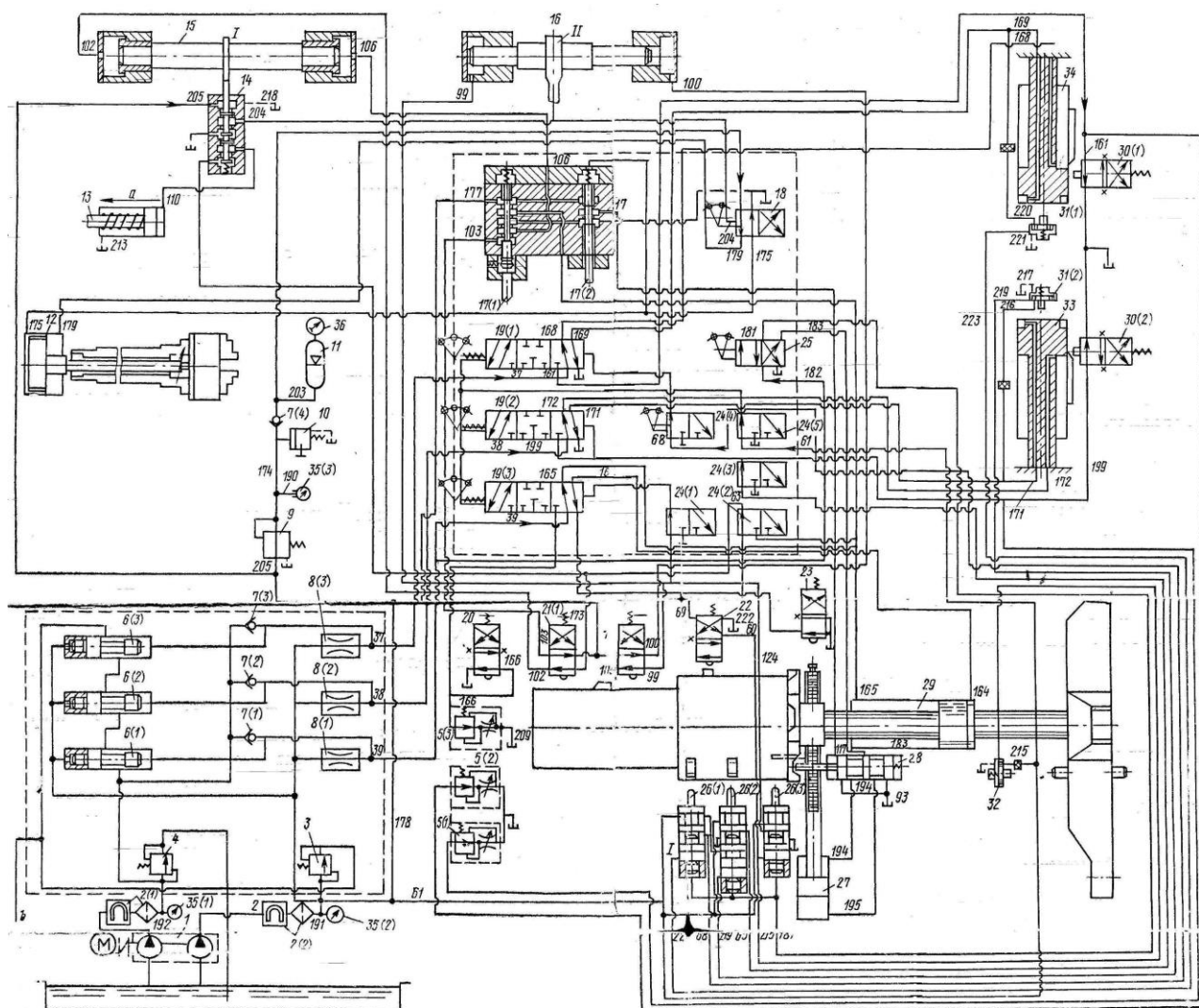


Рис. 6 Гідравлічна схема верстата мод. 1A425

фрикціонів, тобто розриву кінематичного ланцюга. Гальмування шпинделя відбувається при середньому положенні циліндра 1, що управляється

розподільниками 21 (1-2) і золотником управління шпинделя 17 (1). Циліндр гальмування управляється розподільником 14 (вузол 71). Вузол 63 включає в себе два золотника: увімкнення циклу – 17(2) і управління шпинделем при налагодженні -17 (1). При натисненні кнопки „Увімкнення циклу” перший золотник переміщується в крайнє положення вгору, в порожнину золотника 28 (вузол 64) управління циліндром повороту потрапляє тиск, під дією якого цей золотник встановлюється в положення, що відповідає повороту револьверної головки.

При відпусканні кнопки „Увімкнення циклу” пружина встановлює золотник 17(2) в початкове положення, при якому порожнина управління золотника (вузол 64) з’єднана зі зливним отвором.

Золотник 17(1) управління шпинделем має три положення. В залежності крана переводу 24(вузол 66) з циклу на налагодження положення цього золотника мають різні значення. При положенні крана „Автоматичний цикл” і середньому положенні золотника управління шпинделем права порожнина циліндра 1 через проточки золотника з’єднана з розподільником 21(1). Права порожнина циліндра 1 управляється розподільником незалежно від двох фіксованих положень золотника 17(1). В кінці циклу, коли всі супорти прийдуть в початкове положення і блок золотників 26(1)...26(3) з’єднає з тиском трубу 173 вузла 31, раніше з’єднану зі зливним отвором, в обидві порожнини циліндра 1 потрапить тиск, циліндр 1 займе середнє положення, при якому буде натиснутий золотник управління (вузол 71), пропускаючи мастило в циліндр гальма і шпиндель загальмує.

При переключенні золотника управління шпинделем вузла 63 в крайнє верхнє положення права порожнина циліндра 1 з’єднається зі зливним отвором. Поршень циліндра переміститься вправо і увімкне правий фрикціон, забезпечуючи повільне обертання шпинделя. При відпусканні рукоятки золотника пружина знову поставить золотник в середнє положення. При положенні крана 24 (вузол 66) „Наладка” трубі 173, з’єднаній під час роботи

верстата на циклі зі зливним отвором, буде показано тиск через проточки золотника управління шпинделем.

Середнє положення золотника управління шпинделем при налагодженні забезпечує зупинку шпинделя. В крайньому верхньому його положенні права порожнина циліндра 1, як і на циклі, з'єднується зі зливом, що відповідає повільному обертанню шпинделя. Коли золотник знаходиться в крайньому положенні, труба 173 через проточки його з'єднана зі зливним отвором, циліндри перемикання швидкостей отримують можливість безпосереднього управління за допомогою перемикачів 21(1) і 21(2).

1.4. Затиск оброблюваної деталі

Затиск оброблюваної на верстаті деталі здійснюється затискним патроном з гідро циліндром (мал.7), яким управляє кран 18 (вузол 65 на мал. 6). Кран має два положення „Затиск” і „Розтиск”, в які встановлюють рукояткою. В положенні „Затиск” рукоятка стопориться рифленнями на торцях крана. В положенні „Розтиск” кран можна встановити тільки при зупиненому шпинделі. Як видно з рис. 7, затискний патрон з'єднаний шпренгелем $\varnothing 32\text{мм}$, що проходить всередині полого шпинделя, з штоком гідро циліндра, робочий хід якого рівний 35мм. Схема затиску деталі показана на мал. 8.

1- редукційний клапан М-ПКР-10; 2,7 - манометри; 3 - реле тиску Г62-21; 4 - зворотній клапан; 5 - кран; 6 - гідроаккумулятор; 8 - циліндр затиску; а - затиск; б - розтиск.

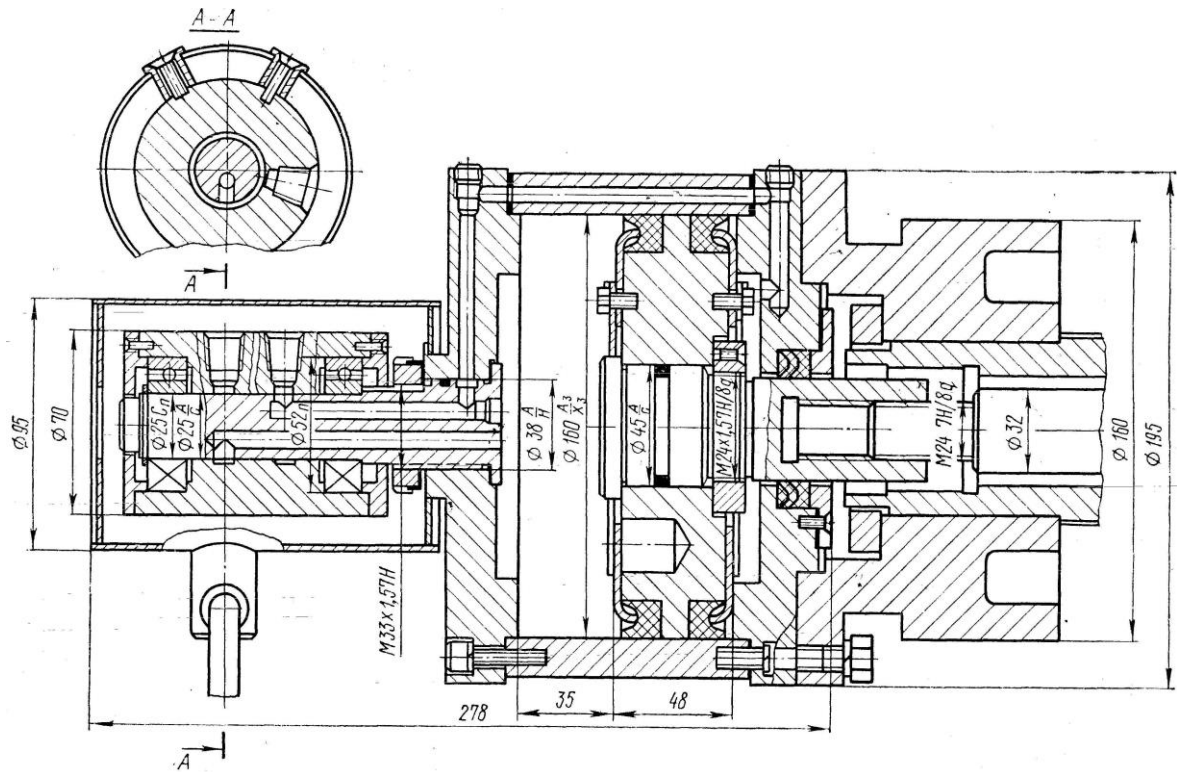


Рис. 7 Затискний гідро циліндр

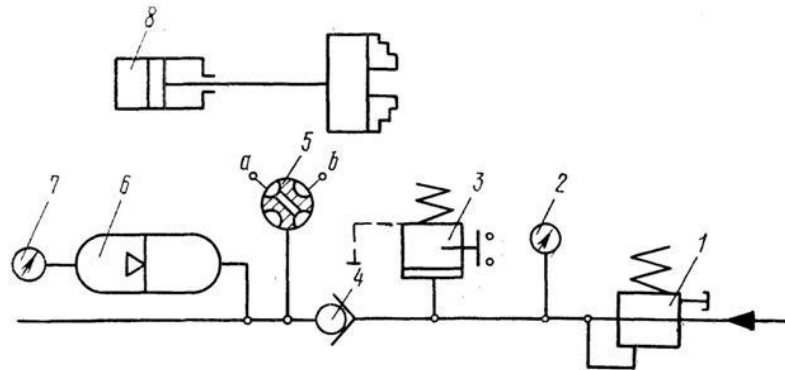


Рис. 8 Схема затиску деталі

Схема передбачає можливість регулювання зусилля редукційним клапаном 1. Для безпеки роботи в лінію затиску включені гідроаккумулятор 6 і реле тиску 3. Реле тиску служить для аварійного відключення верстата при падінні тиску мастила в лінії затиску виробу нижче 1,2...1,4МПа, яке контролюється манометром 1₃, а гідроаккумулятор з зворотнім клапаном 4 підтримує тиск при витоках протягом визначеного періоду часу. Перед пуском верстату необхідно переконатися, що в гідроаккумуляторі є повітря. При падінні тиску в ньому до 0,2МПа необхідно підкачати стиснене повітря від мережі з тиском 0,5...0,6МПа, яке контролюється манометром 7. Зарядку акумулятора

необхідно проводити при вимкненій гідросистемі. Верстат повинен бути налагоджений на тиск затиску 2,1МПа. У випадку падіння тиску в системі нижче 1,2...1,4МПа відбувається автоматичне відключення електродвигунів [13, 14, 15, 16]

Верстат укомплектований трьохкулачковим самоцентруючимся патроном 7102-0072 ГОСТ 16886-71, який допускає максимальне тягове зусилля на штоці 40кН, що відповідає тиску мастила в мережі затиску деталі, рівному 2,4МПа. Сумарна сила затиску кулачком при максимальному тяговому зусиллі не менше 75кН. Якщо по умовам роботи потрібно зменшити зусилля затиску, то редукційний клапан 1 і реле 3 необхідно відрегулювати на потрібний тиск.

1.5. Технічна характеристика верстата

Клас точності Н по ГОСТ 8-71.

Найбільший діаметр і довжина оброблюваного виробу відповідно 250 і 175мм.

Межі частоти обертання шпинделя 50...1250об/хв.

Кількість частот обертання шпинделя 16

Габаритні розміри напівавтомата 2579*1730*2150мм.

Маса 4500кг.

Діаметр отвору в шпинделі 40мм.

Кінець шпинделя 6 ц по ГОСТ 12595-72.

Потужність головного електродвигуна 4,5кВт.

2. МЕТА, ЗАДАЧІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРСТАТА

Метою модернізації є: розширення технологічних можливостей патронного токарно-револьверного напівавтомата мод. 1А425, який призначений для обробки штучних заготовок, таким чином, щоб на модернізованому верстаті наряду з штучними заготовками можна було б обробляти також деталі з пруткового матеріалу.

Для досягнення вказаної мети необхідно дещо змінити конструкцію шпиндельного вузла верстата, щоб через нього можна було б пропустити пруток. Це може бути досягнуто шляхом створення трубчатого штока гідро циліндра затиску і зміни конструкції гідро розподільника, який мав би центральний отвір для проходу прутка. В зв'язку з цим повинна бути трубчатою і тяга, що зв'язує шток патрона верстата з поршнем затискного гідро циліндра і що проходить через центральний отвір шпинделя. Незначній переробці підлягатиме і шток патрона.

Для обробки пруткового матеріалу на патронному токарно-револьверному напівавтоматі виникає необхідність в розробці механізму подачі прутка, що розміщений співвісно зі шпинделем верстату, і пристрій для його закріплення на верстаті.

Необхідно відмітити, що модернізований напівавтомат відрізняється більшою жорсткістю, потужністю головного приводу і надійністю в роботі. Більше тягове зусилля на револьверному супорті забезпечує можливість обробки порівняно крупних деталей на модернізованому верстаті. Конструкція шпиндельного вузла дозволяє виконати його переробку для можливості обробки прутка без демонтажа шпинделя, що є важливо як з точки зору зменшення трудомісткості модернізації, так і збереження точності обробки деталей на модернізованому верстаті.

Використання для затиску прутка трьохкулачкового самоцентруючого патрону з гідравлічним приводом забезпечить утримання прутка в процесі формоутворення, а також можливість затиску прутка широкого діапазону діаметрів(на відміну від цанги). Створення механізму подачі прутка з автономним приводом забезпечить його автоматичну подачу до упора на початку кожного циклу обробки деталі, що дає можливість перетворити верстат в автомат при обробці прутка.

Порівняно низька кутова швидкість обертання шпинделя може бути збільшена зміщенням верхнього діапазону до 2000об/хв. за допомогою пар змінних коліс коробки швидкостей. Наявність двох поперечних супортів дозволяє застосовувати в налагодженні інструмент для обкатки, підрізки торців, обточування канавок і відрізання готових деталей. Установка в револьверній головці інструментів осьової дії для обробки внутрішніх поверхонь, оснастки з інструментами на площинах чотирьохгранного барабана повздовжнього супорта для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь дозволить створювати наладки багатоцільового призначення. Крім того гідрофікованість верстата забезпечує його високу автономність і можливість перетворення в автомат.

3. ОПИС МОДЕРНІЗОВАНИХ І СПРОЕКТОВАНИХ ВУЗЛІВ

Модернізація верстата зводиться до переробки штока патрона, зміни конструкції затискного гідроциліндра, гідророзподільника і тяги, що зв'язує шток патрона з поршнем гідроциліндра, а також до розробки і виготовлення механізму подачі прутка з пневмоприводом і стійки для кріплення останнього на верстаті.

3.1 Шпиндельний вузол і механізм затиску

Модернізація шпиндельного вузла верстата виконується без демонтажу шпинделя. Патрон знімається з верстату. В штоці 8 патрона розточується центральний отвір і в ньому нарізається різьба для згвинчування з трубчатою тягою 7, що є штоком гідроциліндра затиску. Задня кришка гідроциліндра разом з гідро розподільною муфтою знімається. Поршень переустановлюється на новій тязі на 180° по відношенню до початкового положення і закріплюється на ній з задньої сторони за допомогою розрізної гайки M42*1,5. Далі до гідроциліндра кріпиться новий гідророзподільник 1, конструкція якого аналогічна базовій, але має центральний отвір, через який пропущений задній кінець трубчатої тяги – штока 7 затискного гідро циліндра.

При подачі робочої рідини в задню порожнину циліндра тяга разом зі штоком патрона рухається вперед, кулачки затискного патрона розходяться і пруток розтискається. При подачі мастила в передню порожнину виконується затиск прутка.

3.2. Механізм подачі прутка

Механізм подачі прутка - цанговий, з пневматичним приводом, шток 2 пневмоциліндра виконаний повним, обидва його кінці завжди виступають за межі циліндра. Лівий кінець штоку виконаний зі значним потовщенням, всередині якого розточене розрізне гніздо під підшипниковий вузол. Подача прутка до упора при розведених кулачках затискного патрона здійснюється за

допомогою цанги 19, що нагвинчена на передній кінець труби 7, яка проходить всередині штоків пневмоциліндра подачі і гідроциліндра затиску прутка.

Труба з'єднана зі штоком пневмоциліндра за допомогою підшипникового вузла, що розташований в гнізді штока. Внутрішнє кільце підшипника напресоване на шийку труби, а зовнішнє кільце насаджене з зазором в гніздо штока і закріплено від осьового переміщення гайкою. Для зміни падаючої цанги потрібно вигвинтити з гнізда гайку 12, послабити гвинтом 15 затяжку розрізного гнізда і витягнути за вільний кінець 11 трубу разом з підшипником і цангою.

Подача прутка здійснюється до упора при прямому ході штока пневмоциліндра, а при зворотньому – цанга проковзує по прутку.

Зусилля подачі прутка подаючою цангою 1000Н при тиску стисненого повітря 0,4МПа; найбільша довжина подачі за один хід пневмоциліндра 100мм. Найбільша довжина оброблюємого прутка 4000мм, найбільший діаметр 25мм.

Точність центрування патрона 0,03мм. Патрон допускає максимальне тягове зусилля на штоці 40кН, що відповідає тиску мастила в мережі затиску деталі. 2,4Мпа. Сумарна сила затиску кулачками при максимальному тяговому зусиллі не менше 69,8кН. При налагодженні верстата на робочий тиск затиску 2Мпа сила затиску кулачками рівна 58,2кН.

3.3.Кронштейн кріплення механізму подачі прутка

Пневмоциліндр механізму подачі прутка розташований співвісно з шпинделем і за допомогою чотирьох болтів кріпиться до похилої плити зварного кронштейна. Вертикальна плита кронштейна прикріплена до лівої торцевої площини корпусу верстата. На кожному болті між основою циліндра і похилою плитою кронштейна встановлені зустрічно по дві тарільчасті пружини. Регулювання співвісності пневмоциліндра зі шпинделем здійснюється затяжкою цих пружин.

4. РОЗРАХУНОК ТА ОПИС МОДЕРНІЗОВАНИХ І СПРОЕКТОВАНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА

Модернізація верстата мод. 1А425 зводиться до зміни конструкції шпиндельного вузла і механізму затиску таким чином, щоб на верстаті, поруч зі штучними заготовками, можна було б обробляти і прутковий матеріал, розробки механізму подачі прутка та пристрою для його кріплення на верстаті, збільшенню верхньої межі частот обертання шпинделя та розробки конструкції автоматичного поворотного упора з тим, щоб при обробці прутка перетворити верстат у автомат.

4.1. Шпиндельний вузол і механізм затиску

4.1.1 Опис модернізованих вузлів

Модернізація шпиндельного вузла верстата виконується без демонтажу шпинделя, що важливо як з точки зору зменшення трудомісткості модернізації, так і збереження точності обробки деталей на модернізованому верстаті, таким чином. Трикулачковий самоцентруючий патрон знімається з верстата. Комплект його кулачків розточується за найбільшим діаметром оброблюваного на модернізованому верстаті прутка – 30мм, а в клиновому плунжері 8 розточується центральний отвір і в ньому нарізається різьба М42*3 для згвинчування з трубчастою тягою 7, яка є штоком гідро циліндра затиску. Розточуванню до $\varnothing 60/\varnothing 43$ підлягає також центральний ступінчастий отвір переднього фланця гідро циліндра, а задній фланець і гідророзподільна муфта замінюються новими виробами.

Поршень гідроциліндра переустановлюється на новій тязі на 180° по відношенню до вихідного положення і закріплюється на ній з заднього боку за допомогою розрізної гайки М42*1,5. Потім на ступиці заднього фланця монтується нова гідромuftа, конструкція якої аналогічна базовій, але відрізняється більшими розмірами (як діаметральними, так і лінійними). Корпус

гідромуфти встановлюється на двох шарикопідшипниках на ступиці заднього фланця. Останній має центральний отвір, через який проходить задній кінець трубчастої тяги 7, і два канали для підведення робочої рідини у передню або задню порожнини гідроциліндра. Ці канали за допомогою кільцевих проточок з'єднані з отворами для підведення і відведення рідини, розташованими у корпусі муфти. На вході цих отворів є конічна дюймова різьба, в яку вгвинчуються штуцери.

Гідроциліндр (і його задній фланець у тому ж числі) одержують обертання разом зі шпинделем, а гідромуфта при цьому залишається нерухомою. При подачі робочої рідини у передню порожнину гідроциліндра трубчаста тяга 7 разом з клиновим плунжером 8 патрона рухається вліво, кулачки 9 патрона зближуються у радіальному напрямку, і пруток затискається. При подачі масла у задню порожнину циліндра здійснюється розтиск прутка

4.1.2. Розрахунок зусилля та часу затиску

Визначимо сумарну силу затиску кулачками клиноплунжерного патрона при настроюванні верстата на робочий тиск масла у магістралі затиску деталі $p=2\text{МПа}$. Для багатошпиндельних самоцентруючих механізмів за формулою (21) [1, с. 68].

$$W_{\text{сум.}} = Q \frac{1 - \text{tg}(\alpha + \varphi) \text{tg} \alpha_{2\text{пр}}}{\text{tg}(\alpha + \varphi)} * \eta_{\text{кл.}},$$

де Q - тягове зусилля на штоці гідроциліндра затиску;

α - кут скосу клина;

$\text{tg}\varphi$ - коефіцієнт тертя ковзання;

$\text{tg}\varphi_{2\text{пр.}}$ – приведений коефіцієнт тертя ковзання;

$\eta_{\text{кл.}}$ – к.к.д. клиноплунжерного механізму;

Тягове зусилля при подачі масла у штокову порожнину гідроциліндра [11, с.146].

$$Q = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)p\eta_k = \frac{3,14}{4}(160^2 - 40^2) * 2 * 0,9 = 34 \text{ кН}$$

Тут: $D=160\text{мм}$ і $d=40\text{мм}$ – діаметри відповідно циліндра і штока; $\eta_k=0,9$ -к.к.д. гідро циліндра [11, с.147].

За кресленням клинового плунжера 7102-0072/002 кут $\alpha=12^\circ$; для патрона 7102-0072 по ГОСТ 16886-71 згідно рекомендацій, наведених на с. 68[1], $\text{tg}\varphi=\text{tg}\varphi_{2\text{пр.}}=0,1$; $\varphi=\varphi_{2\text{пр.}}=5^\circ50'$; за табл.. 3[1,с. 72] $\eta_{\text{кл.}}=0,625$.

Тоді

$$W_{\text{сум.}} = 34 \frac{1 - \text{tg}(12^\circ + 5^\circ50') \text{tg} 5^\circ50'}{\text{tg}(12^\circ + 5^\circ50')} 0,625 = 64 \text{ кН}$$

Сила затиску кожним кулачком

$$W = W_{\text{сум.}} / n = 64/3 = 21,3 \text{ кН},$$

Де $n=3$ -кількість кулачків у патроні.

При максимальному тиску масла у магістралі затиску деталі $p=2,4$ МПа.

$$Q = \frac{\pi}{4}(160^2 - 40^2) * 2,4 * 0,9 = \frac{3,14}{4}(160^2 - 40^2) * 2,4 * 0,9 = 40,7 \text{ кН}$$

$$W_{\text{сум.}} = 75,3/3 = 25,1 \text{ кН}$$

Час затиску виробу трикулачковим патроном визначимо як відношення довжини ходу поршня гідро циліндра до швидкості його переміщення $t=s/v$.

За кресленням КППП.101112.000 хід поршня $s=35\text{мм}$, а за формулами, наведеними на с.154[7], швидкість

$$g = \frac{Q}{0,785(D^2 - d^2)} = \frac{6,7 * 10^{-4}}{0,785(0,16^2 - 0,04^2)} = 0,035 \text{ м/с}$$

Де D і d – діаметри циліндра і штока, м;

Q - кількість рідини , що надходить у циліндр, $\text{м}^3/\text{с}$. За паспортом верстата $Q=40\text{л/хв.} = 6,7 * 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$,

$$\text{Тоді } t = 0,035/0,035 = 1 \text{ с.} \sim 0,017 \text{ хв},$$

Точність центрування встановленого на верстаті патрона не менша $0,02\text{мм}$ [33,с.53].

4.2 Розробка механізму подачі прутка

4.2.1. Будова і робота механізму подачі

Механізм подачі прутка - цанговий з автономним пневматичним приводом. Він розташовується співвісно зі шпинделем верстата й складається із пневмоциліндра двосторонньої дії 1, поршня 3, кришок 4 і 5 з центральними отворами, через які проходить порожнистий шток 2, обидва кінці штока при будь-якому положенні поршня завжди виступають за межі циліндра. Циліндр приварений до основи, виконаної у вигляді плити. Лівий кінець штока закінчується фланцем, діаметр якого дорівнює діаметру циліндра. Всередині фланця розточене розрізне гніздо під підшипниковий вузол, а сам фланець штока за допомогою пружини 17 і гвинта 16 з'єднаний з плитою, на якій закріплена основа пневмоциліндра. Це робить неможливим обертання штока.

Всередині штока проходить труба 7. Всередині труби проходить оброблюваний пруток. На передній кінець труби нагвинчена цанга 19, призначена для подачі прутка, а на задній її кінець – спеціальна гайка 11 зі знімним кільцем 9, яке служить для центрування прутка.

Труба 7 з'єднана зі штоком пневмоциліндра за допомогою підшипникового вузла, розташованого у гнізді штока. Внутрішнє кільце шарикопідшипника напресоване на шийку труби, а зовнішнє кільце посажене з зазором у гніздо фланця штока і закріплене від осьових переміщень гайкою 12. За допомогою бурта труба жорстко з'єднана зі штоком в осьовому напрямку. Таким чином, труба може обертатися всередині штока, а в осьовому напрямку – переміщується разом з ним.

Центрування труби 7 у штоці 2 здійснюється на задньому кінці підшипником, а на передньому – втулкою 18, запресованою у шток. Центрування оброблюваного прутка всередині труби здійснюється кільцем 9 і подаючою цангою, розташованими один відносно іншого на відстані біля 1,5мм.

Працює механізм подачі трубок так. У вихідному положенні поршень 3 знаходиться у крайньому лівому положенні. Пруток вручну проштовхується через трубу 7 до захвату його подаючою цангою 19. Стиснене повітря подається у ліву порожнину пневмоциліндра. Шток 2 разом з трубою 7, в якій знаходиться пруток, що утримується цангою, рухаються вправо. При розведених кулачках затискного патрона подача прутка здійснюється до упора. Хід поршня, а отже і найбільша величина подачі прутка за один хід пневмоциліндра, складає 100мм. Якщо величина вильоту прутка із кулачків патрона менша 100мм, то після упора прутка цанга проковзує по ньому.

При подачі стисненого повітря у праву порожнину циліндра здійснюється відведення поршня, штока і труби з цангою у вихідне положення; при цьому цанга проковзує по прутку.

Після затиску прутка у патроні і вмикання обертання шпинделя разом з прутком обертається також цанга і подаюча труба, а шток пневмоциліндра залишається нерухомим.

Для зміни падаючої цанги треба вигвинтити з гнізда гайку 12, ослабити гвинтом 15 затяжку розрізного гнізда і витягнути за вільний кінець 11 трубку 7 разом з підшипником і цангою.

4.2.2. Розрахунок пневмоциліндра подачі прутка

Тягове зусилля пневмоциліндра двосторонньої дії з зворотнім штоком [11, с.143].

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta$$

Звідки необхідний діаметр циліндра

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}} + d$$

де $p=0,4\text{МПа}$ – тиск стисненого повітря; $\eta=0,85$ – к.к.д. пневмоциліндра [11,с.143]; d – діаметр штока.

При найбільшому діаметрі оброблюваного прутка $d_3=30\text{мм}$ зовнішній діаметр падаючої труби при товщині її стінок $b=24,5\text{мм}$ і зазорі між її отвором і прутком $s=1\text{мм}$ буде дорівнювати $d_1=d_3+2b_1+s_1=30+2*4,5+=40\text{мм}$.

Діаметр центрального отвору у штоці приймаємо 42 мм. Тоді при товщині стінки штока 6мм його зовнішній діаметр

$$d=42+2*6=54\text{мм}$$

Необхідне тягове зусилля пневмоциліндра Q визначимо, виходячи з величини сили тертя F_T , яку потрібно здолати при переміщенні вантажу G_1 масою m , що містить у собі масу прутка масу рухомих частин механізму (цанги затискної, падаючої цанги, штока та підшипникового вузла).

Маса одного погонного метра круглого сталевго прутка діаметром 30мм дорівнює 5,55кг, латунного – 6,3кг, бронзового – 6,7кг[24,с.79]. При обробці на верстаті прутків довжиною 4м

$$m_1=6,7*4=28\text{кг}$$

Маса підшипникового вузла

$$m_3 = \rho \frac{\pi(D_2^2 - d_2^2)}{4} l_2 = 7.85 \frac{3.14(5.4^2 - 4.2^2)}{4} 35 \approx 3\text{кг}$$

де $\rho=7,85\text{кг/см}^3$ – густина сталі; D_1 і l_1 – діаметральний та лінійний розміри вузла.

Маса штока

$$m_4 = \rho \frac{\pi(D_3^2 - d_3^2)}{4} l_3 = 7.85 \frac{3.14(4^2 - 3.1^2)}{4} 140 \approx 6\text{кг}$$

де D_2 , d_2 і l_2 – розміри полого штока.

Маса падаючої труби з штангою

$$G = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g = (27 + 4 + 3 + 6)9.81 = 392.4 \approx 400\text{Н}$$

Тоді вага прутка і рухомих частин

$$G=(m_1+m_2+m_3+m_4)g=(27+4+3+6)*9.81=392.4\sim 400\text{Н}$$

Сила тертя $F_T=f*G_1=0.15*400=60\text{Н}$,

де $f=0,15$ – коефіцієнт тертя ковзання.

Необхідне зусилля на штоці циліндра

$Q = K * F_T = 3 * 60 = 180 \text{ Н}$; приймаємо $Q = 200 \text{ Н}$. Тут $K = 3$ – коефіцієнт запасу.

Тоді

$$D = \sqrt{\frac{4 * 200}{3.14 * 0.4 * 0.85}} + 54^2 = 61 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр циліндра $D = 75 \text{ мм}$ [2, т.3, с.468]. Дійсне зусилля на штоці прийнятого циліндра

$$Q = \frac{3.14}{4} (75^2 - 54^2) 0.4 * 0.85 = 725 \text{ Н}$$

Згідно з розробленим циклом роботи модернізованого верстата у режимі автомата необхідний час подачі прутка до упора на довжину ходу поршня $s = 100 \text{ мм}$, а, отже, і час спрацьовування пневмоциліндра $t_0 = 0.03 \text{ хв}$. Умовний прохід приєднувальних отворів у кришках 4,5 і штуцерах 30 пневмоциліндра визначаємо за формулою [10, с.253].

$$d_y = D \sqrt{\frac{S * t_0}{g_{\text{сеп}}}} = 75 \sqrt{\frac{0.1 * 1.8}{17}} = 7.7 \text{ мм}$$

приймаємо $d_y = 8 \text{ мм}$.

Тут: $v_{\text{сеп.}} = 17 \text{ м/с}$ – середня швидкість потоку стисненого повітря [10, с. 253] ; $t_0 = 0.03 \text{ хв} = 1.8 \text{ с}$.

4.2.3 Розрахунок падаючої цанги

Подача прутка за допомогою падаючої труби і цанги є способом, що найчастіше використовується в одношпіндельних автоматах. До пристроїв цангової подачі прутка пред'являються такі вимоги:

- швидка подача прутка в необхідний момент часу;
- регулювання довжини подачі прутка;
- мінімальна довжина залишка прутка при його розході ванні незалежно від регулювання механізму на довжину подачі;
- відсутність сильних ударів об упор

автоматичне виключення верстата при розході ванні прутка [4, т2., с.328].

У процесі подачі прутка подаюча цанга з подаючою трубою, в якій вона закріплена, заходить на захват прутка при зведених кулачках затискного патрона. При зворотньому ході падаючої труби кулачки патрона розведені, а подаюча цанга, стискує пруток за рахунок своєї пружності, захоплює його вперед силою тертя. У кінці ходу подачі пруток ударяється об упор, відскакує від нього і дотискується до упора подаючою цангою, проковзує по прутку при його відскоці від упора і дотиску на упор.

Для забезпечення дотиску прутка хід цанги і падаючої труби встановлюється при регулюванні механізму подачі більше довжини прутка, необхідної для виготовлення деталі.

Для надійності роботи механізму цангової подачі цанга не повинна проковзувати по прутку при його подачі, крім моменту дотиску прутка до упора та руху на захват прутка. Для виконання цієї вимоги сила затиску P_n поданої цанги повинна створювати силу тертя, перевищуючу інерцію прутка, що визначається за формулою (VI. 23) [4,с.328];

$$P_n \geq k_3 \frac{m^* a_{\max}}{f}$$

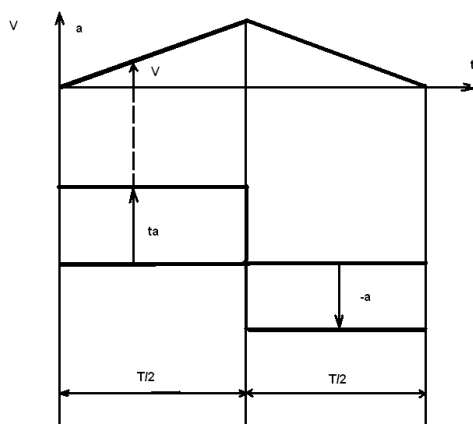


Рис. 9 Закон руху прутка при подачі цангою

де m – маса прутка; $m = m_1 = 27 \text{ кг}$; K_3 – коефіцієнт запасу; $K_3 = 3 \dots 4$; $f = 0,1$; $a_{\max}$ – максимальне прискорення руху прутка при його подачі.

Для зменшення сили P_n затиску падаючої цанги приймаємо закон руху прутка з найменшим прискоренням a , тобто рівномірною прискорений рух на першій

половині ходу і рівномірною сповільненим рух на другій половині ходу (див.

рис.9). Такий закон руху забезпечується керуючою пневмоавтоматикою верстата [34,с. 299]. При довжині s шляху подачі прутка та часі T на подачу:

$$S = 2 \int_0^{T/2} a dt = 2a \int_0^{T/2} dt$$

так як $v=a \cdot t$, і отже

$$S = at^2 \int_0^{T/2} dt = \frac{aT^2}{4}$$

звідки $a=4s/T^2$.

Знаючи, що хід пневмоциліндра подачі прутка дорівнює $s=100\text{мм}$, а час його опрацювання $T=t_0=1,8\text{с}$, визначимо прискорення $a_{\max} = 4 \cdot 0,1 / 1,8^2 = 0,125\text{м/с}^2$.

Тоді

$$p_n \geq 4 \frac{27 \cdot 0,125}{0,1} = 135\text{Н}$$

приймаємо $P_n=150\text{Н}$.

ВИСНОВКИ

Виконана в роботі модернізація шпиндельного вузла є частиною модернізації токарно-револьверного верстата мод. 1A425 для обробки на ньому деталей із прутка, яка передбачає ще й модернізацію коробки швидкостей верстата для отримання більш високих частот обертання шпинделя з метою високошвидкісної обробки деталей із прутка, а також розробку технологічної оснастки і пристосувань повздовжньому і поперечному супортам для забезпечення можливості створення багатоцільових наладок, ці питання будуть вирішуватися в дипломному проекті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Модульно-параметричний принцип розробки проектів шестеренних гідравлічних машин. / Апаракін А.Р. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 7 (38). – С. 51-58.
2. Валявський, І. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою : навч. посіб. / І. А. Валявський, О. В. Лисенко, І. А. Лисенко ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 281 с.
3. Shcherbyna K. Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks / K. Shcherbyna, A. Hrechka, V. Mazhara, T. Diachenko//Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2020. – Вип.50. – С.159-164
4. Щербина К.К. Експериментальне дослідження деформації пружно-гвинтового хона / К.К. Щербина, М.М. Підгаєцький, В.А. Мажара, А.І. Гречка, Т.В. Дяченко // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 2. – С. 31-38.
5. Апаракін А.Р. Синтез схем навантаження силових елементів кулькогвинтового гідропідсилювача з аксіальною структурою приводу / А.Р. Апаракін, П.М. Єрьомін, В.А. Мажара // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – Вип. 9 (40). - Ч. II. – С. 23-31.
6. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення / В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.
7. Кириченко А. М. Аналіз кінематики верстата з двохкоординатним механізмом паралельної структури "біпод" / А. М. Кириченко, Л. В. Ленченко,

- С. М. Заїка // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - Тернопіль : ТДТУ, 2008. - № 2. - С. 74-81
8. Кириченко А. М. Дослідження кінематики трьохкоординатного верстата з комбінованою структурою / А. М. Кириченко, С. М. Заїка, Л. В. Ленченко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кіровоград : КНТУ, 2008. - Вип. 20. - С. 97-103.
9. Кириченко А. М. Визначення силових характеристик приводів обладнання з механізмами паралельної структури / А. М. Кириченко, С. М. Заїка // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. - Кременчук : КДПУ, 2008. - Вип. 5 (52), ч. 2. - С. 50-53.
10. Заїка С. М. Точність верстатів із плоскими механізмами паралельної структури / С. М. Заїка, А. М. Кириченко // Вісник Сумського державного університету. Серія "Технічні науки". - Суми : СумДУ, 2010. - № 4. - С. 19-23.
11. Кириченко А. М. Особливі положення плоских механізмів паралельної структури / А. М. Кириченко, С. М. Заїка, А. М. Федотьев // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. - Кременчук : КДУ, 2010. - Вип. 5 (64), ч. 1. - С. 94-99.
12. Надеин В.С. Повышение точности шевингования облегающими шеверами / В.С. Надеин, М.Г. Сторчак, А.В. Кривошея, С.Н. Заика, Д.В. Грынь // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Проблемы механического привода. - Харьков : НТУ "ХПИ". - 2012. - № 35. - С. 106-112.
13. Щербина К. Динамічний аналіз кульково-клинового хону в зоні малих переміщень / Щербина К., Мажара В., Торчілов Д., Заїка С., Масляніков В. // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. - Хмельницький: ХНУ, 2024. - №3 (337). - С.250-254.
14. Щербина К., Мажара В., Торчілов Д., Заїка А., Масляніков В. Дослідження повздовжньої сталості пружно-гвинтового хону з гвинтовими

канавками // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. - Хмельницький: ХНУ, 2025. - №2 (349). - С.493-499.

15. Щербина К., Заїка А., Заїка С., Мажара В., Скібінський Я. Управління точністю нарізання черв'ячних коліс збірними черв'ячними фрезами з поділенням на дві частини профілем інструментальної рейки // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. - Хмельницький: ХНУ, 2025. - №2 (349). - С.364-370.

16. Заїка, С., Заїка, А., Лисенко, О., & Скібінський, Я. (2025). Підвищення ефективності обробки отворів корпусних деталей із чавуну деформуючим протягуванням. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 357(5.1), 167-174.