

Міністерство освіти і науки України
Державний університет "Житомирська політехніка"
Кафедра механічної інженерії

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
механічної інженерії

_____ Мельник О.Л.
(підпис) (прізвище, ініціали)

МАГІСТЕРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
на тему: **«Модернізація токарного верстату 16к20ф3»**

МІ 133.00.1/М 342/с 003 00-ПЗ

Студент групи	<u>ЗМБ-21м</u> (шифр групи)	<u>Вахівський Віталій Олександрович</u> (прізвище, ім'я, по батькові)	_____ (підпис)
Науковий керівник	<u>к.т.н., доц. Мельник О.Л.</u> (науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)		
			_____ (підпис)

Житомир 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра механічної інженерії

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

механічної інженерії

_____ Мельник О.Л

(підпис)

(прізвище, ініціали)

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Модернізація токарного верстату 16к20Ф3»

Керівник роботи: Мельник Олександр Леонідович, к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету від «___»_____ 2022 р. № ____

2. Строк подання студентом роботи - згідно графіку захисту.

3. Вихідні дані до роботи: опубліковані в науково-технічній періодиці матеріали досліджень щодо модернізації верстатів токарної групи, паспорт токарного верстату 16K20Ф3; вимоги до модернізованих вузлів верстата.

4. Перелік питань, котрі потрібно розробити в роботі:

- проаналізувати інформаційні джерела на предмет шляхів модернізації токарного верстату 16K20Ф3, визначити напрям модернізації;
- виконати аналіз ринку комплектуючих, зробити підбір необхідних комплектуючих для модернізації верстату;
- розробити моделі та кресленики необхідних для модернізації деталей;
- експериментально перевірити отримані характеристики верстату.

5. Орієнтовний перелік графічного матеріалу: матеріали до аналітичного огляду особливостей модернізації токарних верстатів; модель визначення необхідних

параметрів вузлів токарного верстату; шляхи підвищення продуктивності.
Модернізація верстату та оцінка його характеристик.

6. Дата видачі завдання _____ 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання першого розділу	Січень-березень 2022 р.	
2.	Виконання другого розділу	Березень-травень 2022 р.	
3.	Виконання третього розділу	Травень-вересень 2022 р.	
4.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини магістерської роботи	Жовтень 2022 р.	
5.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	Листопад 2023 р.	
6.	Подання магістерської роботи на кафедру	Грудень 2022 р.	
7.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	Грудень 2022 р.	

Студент

(підпис)

Вахівський В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мельник О.Л.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вахівський Віталій Олександрович. «Модернізація токарного верстату 16K20Ф3» – Рукопис.

Магістерська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «магістр», галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності, 133 «Галузеве машинобудування» (ОПП “Галузеве машинобудування”) – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2023.

Кваліфікаційна робота містить 63 аркушів формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 25 рисунків, 15 таблиць та список літератури з 11 джерел.

Робота присвячена модернізації токарного верстату 16K20Ф3. Вона містить схеми та опис верстату, особливості його роботи та взаємодії його вузлів. Включає опис технічних характеристик верстату.

В даній роботі описано особливості модернізації системи керування, шпиндельного вузла та вузлів подач. В межах даної кваліфікаційної роботи проведено підбір комплектуючих, розроблено тривимірні моделі, технологію виготовлення кронштейнів для кріплення двигунів, корпусу та шарніру для системи керування.

Прораховано максимальні навантаження та вдосконалено конструкцію. Вибрано муфти та розроблено схему встановлення двигунів подач для забезпечення співвісності серводвигуна та осі ШВП встановленого на верстаті.

Ключові слова: токарна обробка, підвищення продуктивності, модернізація, експериментальні дослідження.

SUMMARY

Vaskivsky Vitaly Oleksandrovich. “**Modernization of turning bench 16K20F3**” – Manuscript.

The master's qualification work is submitted for the Master's degree, field of knowledge 13 «Mechanical engineering» of specialty 133 «Industrial machinery engineering» (Educational program "Industrial machinery engineering"). - Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, 2023.

Qualified work contains 85 pages of A4 format explanatory notes, including 82 drawings, 15 tables and a list of references with 14 references.

The paper is devoted to the modernization of the 16K20F3 lathe. It contains schematics and description of the machine, features of its operation and interaction of its components. It also includes a description of the machine's technical characteristics.

This work describes the peculiarities of modernization of the control system, spindle unit and feed units. Within the framework of this qualification work, the selection of components was carried out, three-dimensional models were developed, and the technology for manufacturing brackets for mounting motors, a housing, and a hinge for the control system was developed.

The maximum loads were calculated and the design was improved. Couplings were selected and a scheme for installing the feed motors was developed to ensure the alignment of the servo motor and the ball screw axis installed on the machine.

Key words: turning, productivity improvement, modernization, experimental research.

Зміст

ВСТУП.....	8
Розділ 1. Загальні відомості.....	10
1.1. Опис технічних характеристик верстату 16K20Ф3	10
1.2. Система ЧПК 2P22 верстату 16к20ф3	12
1.3. Привод подач КЕМТОК верстату 16к20ф3	13
1.4. Опис двигунів подач та двигуна головного руху.....	16
1.5. Висновки до розділу.....	18
Розділ 2 . Розрахунок параметрів виготовлення типової деталі на верстаті 16K20Ф3.....	20
2.1. Характеристика та технологічність типової деталі	20
2.2. Вибір заготовки деталі	22
2.3. Розробка технологічного маршруту	23
2.4. Розрахунок припусків	23
2.5. Розробка технологічного маршруту та розрахунок режимів різання	28
2.6. Висновки до розділу.....	41
Розділ 3 Модернізація верстату.	41
3.1. Модернізація приводу головного руху.	41
3.2. Модернізації системи керування.....	48
3.3. Модернізація приводів подач	51
3.4. Модернізація револьверна головка	59
3.5. Модернізація гідравлічних систем	61
3.6. Висновки до розділу	62
Розділ 4. Конструкторський	64
4.1. Створення корпусу блоку керування	64
4.2. Перехідна пластина двигуна поперечної осі подач	65
4.3. Кронштейн для двигуна повздовжньої подачі	66
Загальні висновки:.....	68

ВСТУП

Важко переоцінити вплив науково-технічного прогресу на розвиток машинобудування. Новітні технології є основою техніко-економічного зростання. Вони дозволяють підприємствам залишатися конкурентоздатними, підвищувати якість виробів та вдосконалювати їх. Не завжди використання новітніх технологій на підприємствах пов'язано із покупкою нового обладнання. Часто, враховуючи економічний фактор, обладнання на підприємствах проходить процес модернізації з метою відновлення його працездатності або покращення характеристик.

У сучасному середовищі, де технології швидко розвиваються і виробництво стає все більш автоматизованим, модернізація обладнання є надзвичайно актуальною. Одією із ключових переваг модернізації є збільшення продуктивності виробництва. Завдяки новим технологічним рішенням та автоматизованим системам, верстати можуть виконувати операції швидше і ефективніше, зменшуючи час, необхідний для виготовлення виробів. Це дозволяє підприємствам збільшити обсяги виробництва, задовольняти попит на ринку і збільшувати свою конкурентоспроможність. Окрім того, модернізація верстатів в ряді випадків сприяє поліпшенню якості виробів.

Нові технології контролю та надійність верстатів дозволяють досягати більшої точності при виконанні операцій, уникати дефектів і забезпечувати стабільну якість продукції. Це особливо важливо в галузях, де вимоги до якості дуже високі, наприклад, в авіаційній промисловості.

Не менш важливою є економічна перевага модернізації верстатів. Велика частина старих верстатів може бути неефективною в споживанні енергії та експлуатаційних матеріалів. Завдяки модернізації можна досягти більшої енергоефективності, зменшити витрати на енергію та експлуатаційні матеріали, а також знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Окрім того, модернізовані верстати можуть бути більш надійними і вимагати меншого обслуговування, що дозволяє знизити витрати на ремонт та утримання у майбутньому. Загалом, модернізація верстатів на виробництві має велике значення в сучасному економічному середовищі. Модернізація дозволяє підприємствам

збільшувати продуктивність, покращувати якість продукції, забезпечувати безпеку працівників та знижувати витрати. Тому, інвестування в модернізацію верстатів може бути вигідним рішенням для підприємств, які прагнуть залишатися конкурентоспроможними та інноваційними на ринку виробництва.

Актуальність роботи.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці рішення щодо модернізації токарного верстату 16K20Ф3. Такі верстати є широко розповсюдженими на машинобудівних виробництвах різного профілю. Тому розроблені у роботі рішення можуть розглядатися в якості рекомендацій щодо модернізації таких, або подібних верстатів.

Робота висвітлює багато особливостей модернізації, з якими стикатимуться практики при модернізаціях подібного обладнання; у роботі описано підходи і шляхи вирішення питань модернізації та підходи до підбору комплектуючих, що має науково-практичне значення

Мета та задачі дослідження.

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація токарного верстату 16K20Ф3 з для покращенням його основних характеристик.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

- провести аналіз методів модернізації токарних верстатів;
- визначити основні вузлів, що потребують модернізації;
- здійснити підбір комплектуючих для виконання модернізації;
- розробити деталі, що необхідні для вбудовування сучасних комплектуючих у верстат;
- дослідити показники продуктивності після модернізації

Об'єкт дослідження – токарний верстат 16K20Ф3

Предмет дослідження – системи приводів токарного верстата 16K20Ф3.

Науково-практичне значення роботи – знайшла продовження розробка підходів до модернізації верстату 16K20Ф, які включає усі необхідні данні для переведення верстату на сучасні компоненти, а також може використовуватися в якості рекомендацій при виконанні модернізації подібних верстатів.

Розділ 1. Загальні відомості

1.1. Опис технічних характеристик верстату 16K20ФЗ

Процес модернізації будь-якого верстату варто починати із детального опису його характеристик. Цей крок є важливим для розуміння поточного стану верстату, його можливостей та обмежень. Опис характеристик допомагає визначити, які системи верстату потребують модернізації і які рішення щодо модернізації можуть бути впроваджені.

Перш за все розглянемо загальний вигляд (показано на рис 1.1) та технічні характеристики верстату.



Рис.1.1 Загальний вигляд токарного верстату 16K20ФЗ

Проаналізувавши технічні характеристики верстату, які описано у таблиці 1.1, варто зауважити наступне: точність, функціонал та технологічні можливості верстату дозволяють йому бути конкурентноздатним навіть сьогодні.

Основним недоліком верстату є технічно та морально застаріла система подач та керування верстатом. Створення керуючих програм та час на обслуговування двигунів, значно знижують його продуктивність та збільшують час, який потрібно витратити на здійснення поточного ремонту.

Таблиця 1.1.

Технічні характеристики версту 16K20ф3

Технічні характеристики	Параметри
Діаметр обробки над станиною, мм	500
Діаметр обробки над супортом, мм	200
Найбільша довжина обробки, мм	900
Найбільша довжина обробки в центрах, мм	1000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі, мм	55
Максимальна швидкість повздовжньої робочої подачі, мм	2000
Максимальна швидкість поперечної робочої подачі, мм	1000
Максимальна швидкість повздовжніх переміщень, мм/хв	15000
Максимальна швидкість поперечних переміщень, мм/хв	7500
Потужність двигуна головного руху, кВт	11
Вага верстату, кг	4000

Конструкційною перевагою верстату (серед аналогів на ринку) є високожорстка станина, яка виконана литтям із чавуну марки СЧ20 з термообробленими

Виділивши основні технічні характеристики у вигляді таблиці, виділяємо також кінематичну схему верстату (показано на рис 1.2), як базову, та таку, на яку слід орієнтуватися при визначенні параметрів вузлів для модернізації.

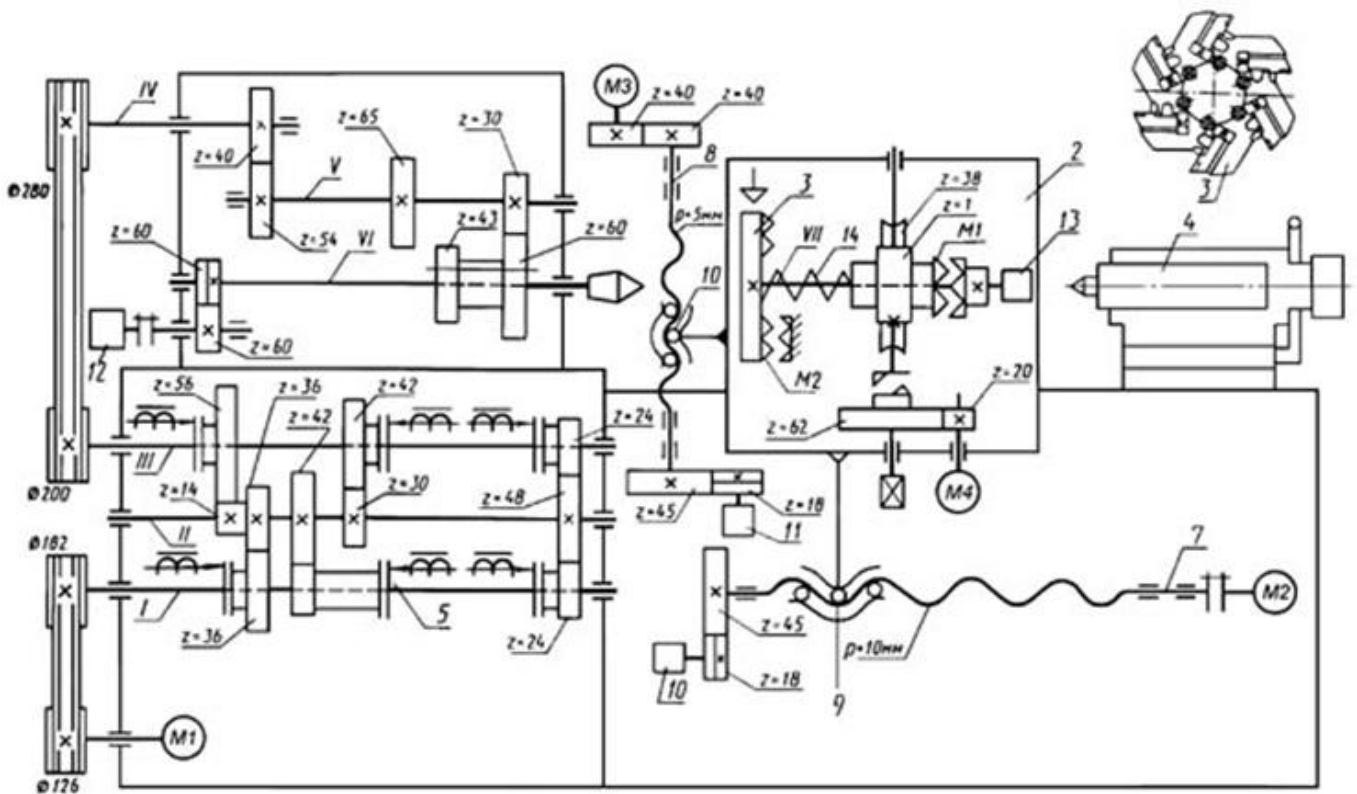


Рис.1.2. Кінематична схема токарного верстату 16K20Ф3

Кінематичну схему верстату 16K20ФЗ не є складною, адже за забезпечення подач на верстаті відповідає система із ЧПК (числовим програмним керуванням) 2P22, та системи приводів подач КЕМТОК по осях X та Z, які технічно та морально застаріли і потребують модернізації. Розглянемо більш детальну кожен із цих систем.

1.2. Система ЧПК 2Р22 верстату 16К20ФЗ

Система числового керування 2P22 призначена для обслуговування зовнішніх пристроїв введення-виведення, редагування керуючих програм з пульта керування,

пошуку потрібних кадрів, набору керуючих програм і їх обробки. Вона передбачає діагностування основних блоків в режимі «Тест». Для введення програми необхідно мати креслення деталі та операційні карти із зазначенням параметрів обробки. Система складається із блоку керування, який побудовано на логічних мікросхемах, блоку введення, що представлений у вигляді панелі керування, яку закріплено на супорті верстату, та блоку виведення інформації в системі передбачено через монітор системи БОСИ. Керування переміщенням основних осей здійснюється за рахунок регулювання керуючого струму через теристорні приводи КЕМТОК. Загальний вигляд системи УЧПУ 2Р22 показано на рис 1.3.



Рис.1.3. Загальний вигляд пристрою керування 2Р22

1.3. Привод подач КЕМТОК верстату 16К20Ф3

Перетворювач КЕМТОК виконаний за двоконтурною схемою підлеглого регулювання з пропорційно-інтегральним регулюванням швидкості та струму. Управління перетворювачем: узгоджене нелінійне на низьких частотах обертання та

роздільне на високій частоті. Передбачено нелінійне обмеження струму у відповідності до комунікаційних кривих двигуна, а також адаптивне регулювання коефіцієнту передачі регулятора швидкості.

Блок-схему приводу показано на рис. 1.4.

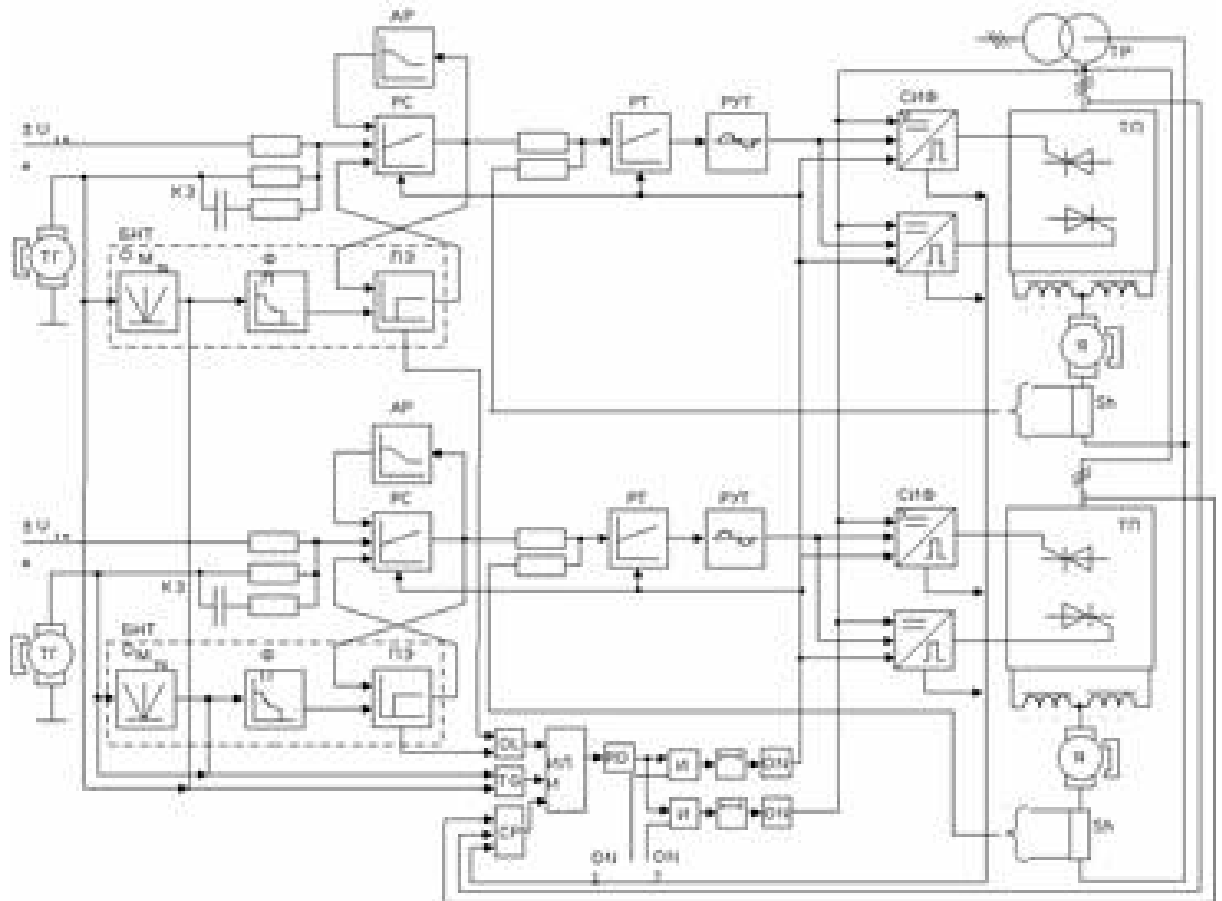


Рис.1.4. Блок-схема приводу КЕМТОК

Налаштування перехідного процесу за частотою обертання здійснюється шляхом зміни коефіцієнта передачі регулятора. Зміна величини постійних часів $T_{ос}$ і T_i робити не рекомендується, оскільки вони підібрані на заводі-виготовлювачі, виходячи з фактичної постійної електромеханічної часу електродвигуна і наведеного навантаження його, а також оптимальності перехідного процесу.

Резистор R261 є налагоджувальним. Його запаювання робить РС пропорційним, що дуже зручно при початковому запуску приводу.

Балансування підсилювача здійснюється потенціометром RP16 ланцюга живлення негативної полярності. Ключем на польових транзисторах VT60 та VT61, керованим від схеми захисту, виконується блокування регулятора.

У ланцюзі зворотного зв'язку за частотою обертання передбачено коригувальний ланцюжок на елементах R258, C151, що здійснює диференціювання сигналу тахогенератора. Цим досягається зменшення величини перерегулювання в кривій перехідного процесу.

Регулювання максимальної частоти обертання електродвигуна здійснюється зміною глибини зворотного зв'язку потенціометр RP15. При недостатності глибини регулювання потрібно змінити величину резистора R254.

Відмінною особливістю регулятора швидкості електроприводу «Кемток» є наявність адаптивного регулювання коефіцієнта передачі функції частоти обертання. Адаптація здійснюється за рахунок нелінійності характеристик діодів VD151, VD195, VD152 і VD204, включених зустрічно-паралельно резистори R264 в ланцюзі регулювання коефіцієнта передачі PC.

На малій частоті обертання вихідна напруга PC мала, діоди замкнені і не впливають на коефіцієнт пропорційного посилення регулятора, величина якого в середньому положенні потенціометра RP17 становить приблизно K19,24. При великій частоті обертання, в залежності від полярності вихідної напруги PC, повністю відкривається одна з пар діодів VD151, VD195 або VD152, VD204, шунтуючи резистор R264. Приймаючи опір пари діодів у напрямі рівним 3 кОм, отримаємо K9. На середніх частотах обертання відбувається плавна зміна величини опору діодних пар і, отже, коефіцієнт передачі. Введення адаптації дозволяє компенсувати нелінійність вихідної характеристики тиристорного перетворювача, забезпечуючи високу якість перехідних процесів у всій зоні регулювання частоти обертання.

Привід здатен виконувати свої функції та забезпечувати стабільність швидкості обертання та точність переміщення приводів осей верстату, але через моральний та технологічний знос подальша експлуатація приводу значно ускладнює процес модернізації верстату та неодмінно призведе до його зупинки через брак запасних частин, які уже не випускають. Тому, розглянувши конструкційні

особливості верстату, а також параметри та функції його основних вузлів, варто зауважити, що найважливішою є заміна систем подач та системи управління. Система управління 2P22 не може виконувати функції на верстаті у зв'язку із повною непридатністю до ремонту, через відсутність запасних частин та низьку продуктивність. Системи приводів осей X та Z також не є надійними через те, що привід побудований на тиристорній системі керування, і також зняті із виробництва, що унеможлиблює заміну чи ремонт.

1.4. Опис двигунів подач та двигуна головного руху.

В якості двигуна, який забезпечує обертання шпиндельного вузла на верстаті, встановлено електродвигун постійного струму MP132M. Загальний вигляд двигуна показано на рис.1.5.



Рис.1.5. Загальний вигляд двигуна MP132M.

Електродвигун постійного струму MP132M потужністю 11 кВт призначений для приводу головного руху в металорізальних верстатах та інших виробничих механізмах. Двигун спроектовано у відповідності до стандарту ISO 2373. Електродвигун виготовлений із вбудованим тахогенератором 4P 20V/1000 хв і вентиляторним агрегатом вимушеного охолодження. Термічний захист реалізовано за допомогою позистора B59155M130A70 виробництва SIMENS, який спрацьовує при температурі 130°C. Основні характеристики двигуна показано у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Характеристики двигуна MP132M

Найменування	Значення
Струм збудження, (A)	5.8
Потужність, (kW)	11
Номінальний момент, (Nm)	105
Номінальні швидкість, (об/хв)	1000
Максимальна швидкість (об/хв)	3500
Напруга якоря, (V)	400

В якості двигуна подач осей X та Z на верстаті встановлено двигуни 21MBH Елпром Троян. Це двигуни постійного струму із постійними магнітами. Двигун в системі приводу оснащений тахогенератором, датчиком кутового положення валу типу пульсометра чи револьвера та електромагнітним гальмом. В роторі постійного струму знаходяться постійні магніти із тангенційно орієнтованими осями. Полюси збудження утворюються полюсно-орієнтованими наконечниками розподіленими між магнітами. Двигуни незалежно від модифікацію мають також незалежне охолодження, яке здійснюється двома вентиляторними та повітряними каналами. Компоновку частин двигуна показано на рис 1.6.

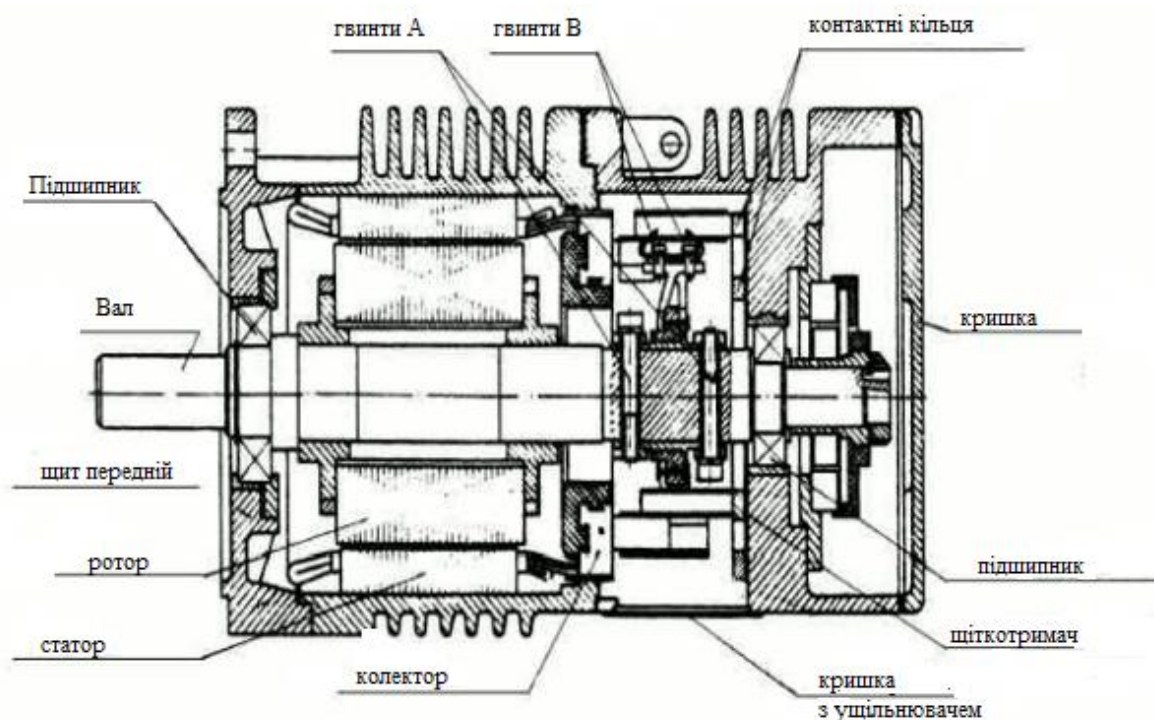


Рис.1.6.компоновка двигуна 21МНВ

1.5. Висновки до розділу.

Виконавши детальний аналіз складових частин верстату 16K20Ф3, встановлено, що доцільним є модернізація системи управління та системи приводів верстату. Система управління 2р22 є застарілим не функціональним рішенням, що потребує постійних ремонтних робіт, які не можуть здійснюватися через відсутність запасних частин, та значно знижують ефективність використання верстату. Її подальша експлуатація також матиме негативний вплив на продуктивність через спосіб програмування верстату, який не має можливості застосування САМ для підготовки керуючих програм.

Система головного приводу та системи приводів подач також потребують заміни через необхідність постійної зміни щіток, які швидко зношуються, та є такими, що зняті із виробництва. Зважаючи на вище описане, а також на сучасні тенденції комп'ютерного інжинірингу, прийнято рішення провести модернізацію верстату. Модернізація включатиме розрахунок та виготовлення найбільш розповсюдженої на

виробництві деталі, підбір комплектуючих з урахуванням виконаних розрахунків та параметрів встановлених на верстаті деталей.

Розділ 2. Розрахунок параметрів виготовлення типової деталі на верстаті 16K20Ф3

2.1. Характеристика та технологічність типової деталі

Модернізація обладнання, у нашому випадку токарного верстату 16K20Ф3, це процес, який не просто потребує заміни встановлених заводом виробником компонентів, на сучасні аналоги, але й такий, що має враховувати особливості виробництва, де знаходиться верстат. А саме: необхідні параметри деталей, котрі на ньому виготовлятимуться, адже основним завданням такого обладнання є якісне забезпечення необхідного такту випуску таких деталей. Тому вважаємо за необхідне включити у роботу розрахунок виготовлення деталі, що має найбільший такт випуску на виробництві, і використовувати отримані розрахунки як допоміжні, при підборі аналогів деталей та вузлів.

Зважаючи на тенденцію виробника верстату закладати надмірний запас потужності двигунів, а також враховуючи науково-технічний прогрес, важливим є при модернізації верстатів старого зразка проводити прорахунок необхідних під час експлуатації обладнання параметрів, які обладнання повинно забезпечувати. Для чого нами спочатку розроблено технологічний процес виготовлення деталі (тієї, яка найчастіше виготовляється), який ми вважатимемо базовим при проведенні подальших розрахунків. Креслення цієї деталі показано на рис. 2.1.

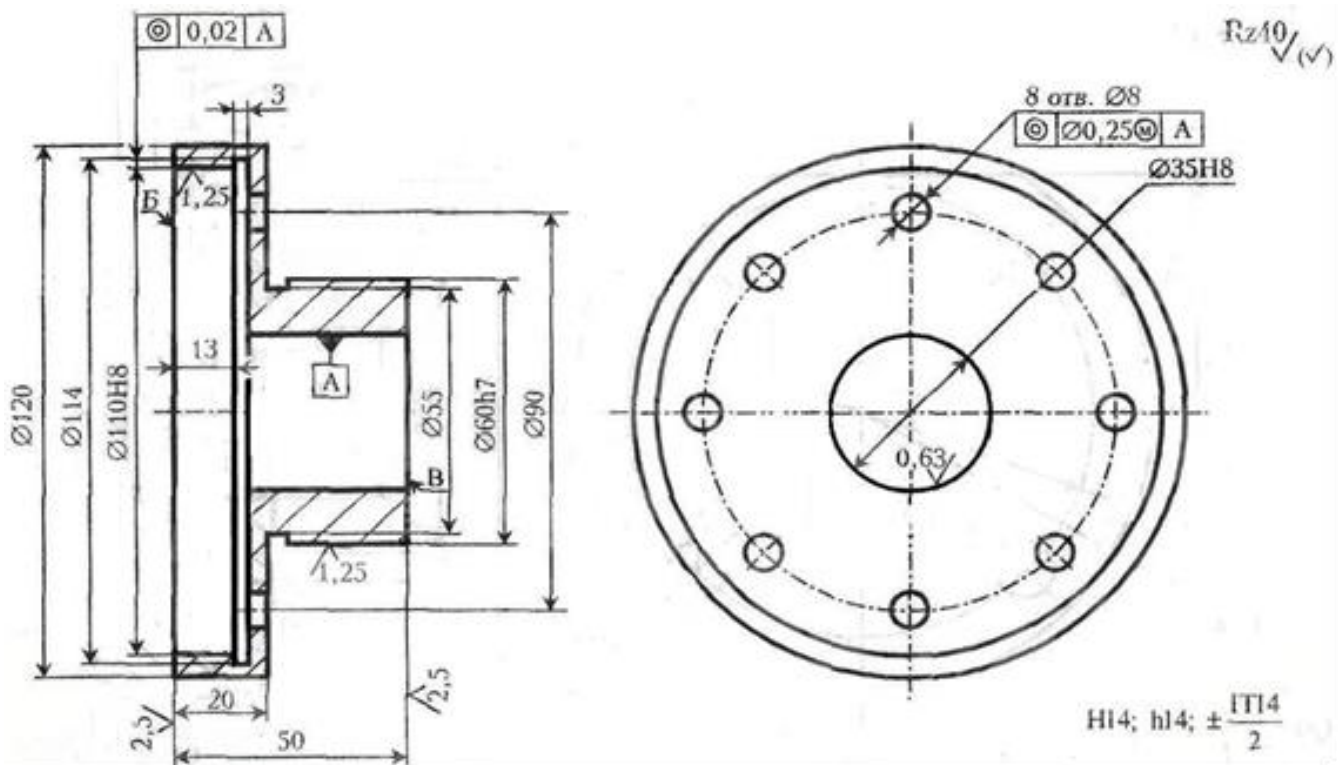


Рис.2.1. Креслення типової деталі

Провівши попередній аналіз креслення деталі, можна зробити висновок, що воно виконано правильно, у відповідності до вимог ЄСКД. Воно містить усі необхідні дані, що дають повне уявлення про геометричну форму деталі. Проекції та розрізи деталі чітко та однозначно пояснюють її конструкцію та дають уявлення про можливі способи отримання заготовки. На кресленні деталі вказані всі розміри з необхідними відхиленнями, вимогами шорсткості обробки поверхонь, допустимі відхилення взаємного розташування та форми поверхонь.

Аналіз креслення деталі «Муфта» дає розуміння, що усі поверхні деталі підлягають механічній обробці. Більшість поверхонь обробляється з точністю по 14-му квалітету та шорсткістю $R_a = 10$, що при виготовленні не викликає складнощів і потребує однопрохідної обробки.

Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 60 \text{ h}7$ з шорсткістю $R_a = 1,25$, внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 35\text{H}8$ з шорсткістю $R_a = 0,63$ та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 110\text{H}8$ з шорсткістю $R_a = 1,25$, вимагають трьох ступенів обробки: чорнової, чистової та тонкої. Крім того до взаємного розміщення поверхонь $\varnothing 35\text{H}8$ та

Ø110H8 встановлюється вимогою відхилення від співвісності 0,02мм. Дотримання таких вимог до взаємного розміщення поверхонь у просторі потребує виконання їх чистової обробки на одній установі. Торці Ø120 та Ø60h7 обробляються з шорсткістю $R_a = 2,5$, що вимагає чорнової та чистової обробки. Крім цього до взаємного розміщення отворів Ø8 висувається вимога позиціонування 0,25 мм на діаметр, відносно отвору Ø35H8.

Матеріал, з якого виготовляється деталь „Муфта” – сталь 35, належить до класу вуглецевих легованих конструкційних сталей. В позначенні сталі двозначна цифра зліва вказує середній зміст вуглецю в сотих долях відсотка, тобто ми маємо С-0,35%

2.2. Вибір заготовки деталі

Наступним в класичному машинобудуванні варто здійснити вибір та розрахунок параметрів заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі. Зважаючи на такт випуску, що відповідає середньосортному виробництву, а також на матеріал заготовки, яким є Сталь 35, рекомендовано отримання заготовок методами штампування, лиття чи прокату. Розглянувши детально геометричні параметри отриманої деталі, зважаючи на необхідність зняття великих припусків при використанні прокату, нами розглядається отримання заготовки методом гарячого штампування, як найбільш економічно доцільний метод у нашому випадку. Таким чином обираємо заготовку отриману гарячим штампуванням зі сталі групи М1, де ступінь складності поковки С1.

Розрахована маса поковки складає 1,2 кг. Креслення отриманої поковки представлено на рис.2.2

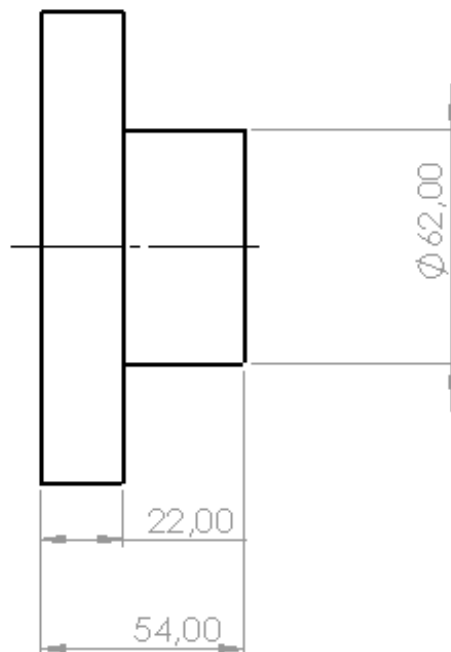


Рис.2.2. Креслення заготовки деталі.

2.3. Розробка технологічного маршруту

Враховуючи параметри деталі та заготовки нами було розроблено технологічний маршрут обробки деталі, який показано у таблиці 2.1.

2.4. Розрахунок припусків

Загальні припуски на обробку деталі та допустимі відхилення (допуски) визначаються за нормативними таблицями для штампованих заготовок згідно відповідного стандарту.

Таблиця 2.1

Технологічний маршрут обробки деталі «Муфта»	Маршрут обробки поверхонь	Квалітет	Шорсткість Ra, мкм	Вид обробки
Поверхні деталі				
№ з/п				
1	Плоска Підрізка торця	14	2,5	Точіння: чорнове

	Ø60			чистове
2	Циліндрична Ø60	7	1,25	Точіння: чорнове чистове тонке
3	Плоска Підрізка торця до Ø120	14	10	Точіння: чорнове
4	Канавка до Ø 55, ширина 5мм	14	10	Точіння: чорнове
5	Плоска Підрізка торця до Ø 120	14	2,5	Точіння: чорнове, чистове
6	Циліндрична Ø 120	14	10	Точіння: чорнове
7	Циліндрична внутрішня Ø 35	8	0,63	Розточування : чорнове чистове тонке
8	Циліндрична внутрішня Ø 110	8	1,25	Розточування : чорнове чистове тонке
9	Плоска Внутрішній торець Ø110	14	10	Розточування : чорнове
10	Внутрішня канавка до Ø114, ширина 3 мм	14	10	Розточування чорнове
11	Вісім отворів Ø8	14	10	Свердління

Таблиця 2.1

Розрахункові значення припусків та допусків на поверхні, що оброблюється

№ з/п	Поверхня	Розмір, мм	Припуск на сторону, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	Торець Ø60h7 Торець Ø120	50	$1,5+0,3=1,8$	+1,3 -0,7	53,6
2	Внутрішній торець Ø110	16	1,5	+0,6 -1,2	14,5
3	Циліндрична Ø120	120	$1,5 \cdot 2=3$	+1,3 -0,7	123
4	Циліндрична Ø60h7	60	$(1,5+0,2+0,3) \cdot 2=4$	+1,3 -0,7	64
5	Внутрішня циліндрична Ø35H8	35	$(1,5+0,2+0,3) \cdot 2=4$	+0,6 -1,2	31
6	Внутрішня циліндрична Ø110H8	110	$(1,5+0,2+0,3) \cdot 2=4$	+0,7 -1,3	106

Розрахунково аналітичним методом встановимо припуски та допуски на внутрішню циліндричну поверхню Ø35H8. Розрахунок мінімальних і максимальних міжопераційних припусків виконуємо за формулами, що наведені в [1].

Мінімальний припуск для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь (двохсторонній) розраховуємо по формулі 1.

$$2_{zvin} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] \text{ та } \Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_{k\Sigma}^2 + \Delta_{кор}} \quad (1)$$

де R_z - висота нерівності профіля на попередньому переході, мкм.

h_{i-1} - глибина дефектного шару поверхні, мкм.

Δ_{i-1} - сумарне відхилення розміщення поверхні, мкм.

ε_i - похибка установки заготовки на переході, мкм.

Δ_k - кривизна поковки (мкм на 1 мм)

$\Delta_{кор}$ - кривизна поковки (мм)

Для обраного нами типу заготовки, а саме штамповки, обираємо значення у відповідності до довідника, та отримуємо : $R_z = 160$ мкм, $h = 200$ мкм ; $\Delta_k = 3$ мкм ;

$\Delta_{кор} = 0,5$ мм ; тоді $\Delta_{кЕ} = 31 \cdot 3 = 93$ мкм;

Отримані у довіднику значення використовуємо для подальших розрахунків, звідки:

$$\Delta_{кЕ} = \sqrt{93^2 + 500^2} = 509 \text{ мкм} \quad (2)$$

Похибка на установку заготовки в трикулачковому патроні, яким оснащений верстат складає $\varepsilon = 70$ мкм

Відповідно проведемо розрахунки (3) чорнового розточування:

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left| (160 + 200) + \sqrt{(590^2 + 70^2)} \right| = 1748 \text{ мкм.} \quad (3)$$

Для поверхні після чорного розточування : $R_z = 40$ мкм, $h_i = 50$ мкм,

Розраховуємо залишкове відхилення розміщення поверхонь заготовки після обробки (4):

$$\Delta_{\text{зал.чор}} = K_y \Delta_E = 0,06 \cdot 509 = 30,5 \text{ мкм} \quad (4)$$

$$K_y = 0.06 ; \varepsilon = 0$$

Враховуючи отримані данні проведемо розрахунок (5), для чистового точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot |(40+50) + 30,5| = 241 \text{ мкм} \quad (5)$$

Для поверхні після чистового розточування: $R_z = 20$ мкм, $h = 20$ мкм,

$$\Delta_{\text{заг.чор}} = K_y \Delta_E = 0,04 \cdot 30,5 = 1,22 \text{ мкм.} \quad (6)$$

$$K_y = 0.04 ; \varepsilon = 0$$

Тоді для тонкого (викінчувального) розточування :

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (20+20+1,22) = 82,4 \text{ мкм.} \quad (7)$$

Для поверхні після тонкого розточування: $R_z = 5$ мкм, $h = 5$ мкм

Таблиця 2.3.

Назва деталі - Муфта. Матеріал деталі - сталь 35

Елементарна поверхня для розрахунку припуску $\phi 35H8$

Елементарна поверхня та маршрут її обробки	Елементи припуску, мкм	Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий мінімальний розмір	Допуск на виготовлення, T_d	Прийняті (округлені) розміри по переходам, мм	Отримані граничні припуски мкм

	R _z	h	Δ	ε	МКМ	ММ	МК М	d mi n	d ma x	2Z max	2Z min
Штампо вка	160	200	509	---	---	32,99 9	20 00	33, 01	32, 93	---	---
Чорн. розточув ання	40	50	30,5	70	1748	34,74 7	17 50	34, 76	34, 68	23 50	12 00
Чист. розточув ання	20	20	1,22 1,22	---	241	34,98 8	24 4	35	34, 92	75 0	24 0
Тонке. розточув ання	5	5	---	---	82,4	35,07	80	35, 08	35	34 0	80

Перевірка розрахунку:

$$Td_3 - Td_d = \sum 2Z_{\max} - \sum 2Z_{\min} \quad (8)$$

$$2000 - 80 = (2350 + 750 + 360) - (1200 + 240 + 80) \quad 1920 = 192$$

2.5. Розробка технологічного маршруту та розрахунок режимів різання

Визначаємо технологічний маршрут обробки деталі. Повна обробка поверхонь деталі буде відбуватись за три установи.

На першій установі за технологічні бази приймаємо поверхні заготовки: циліндричну Ø123 та торцеву того ж діаметру. Підрізаємо торець Ø61 начорно точимо циліндричну поверхню Ø61 начорно, підрізаємо торець до Ø123 начорно, проточуємо канавку шириною 5 мм до Ø55. Після цього підрізаємо торець Ø60,4 начисто, точимо циліндричну поверхню Ø60,4 начисто та цю ж поверхню Ø60h7 тонко.

На другій установі за технологічні бази приймаємо оброблені поверхні: циліндричну Ø60h7 та торцеву того ж діаметру. На цій установі підрізаємо торець начорно до Ø120, проточуємо одноразово циліндричну поверхню Ø120 та підрізаємо торець на Ø120 начисто. Потім розточуємо поверхню Ø34 начорно, підрізаємо внутрішній торець до Ø109 одноразово та розточуємо поверхню Ø109 начорно.

Проточуємо внутрішню канавку до $\varnothing 114$ шириною 3 мм. Далі розточуємо циліндричні поверхні $\varnothing 109,6$ та $\varnothing 34,6$ начисто та ці ж поверхні $\varnothing 110H8$ та $\varnothing 35H8$ тонко.

На третій установі за базу приймається оброблена циліндрична поверхня $\varnothing 35H8$ та оброблений торець $\varnothing 120$. При цьому свердлимо 8 отворів $\varnothing 8$ по $\varnothing 90$. Витримуємо допуск позиціонування не більше 0,25 мм на діаметр.

Технологічний маршрут.

1. Транспортна СТ 150
2. Транспортна СМ 40 Ф2.80.01
3. Токарно-револьверна з ЧПК 16K20Ф3
4. Транспортна СМ 40 Ф2.80.01
5. Проміжкове зберігання СТ 150
6. Транспортна СМ 40 Ф2.80.01
7. Токарно-револьверна з ЧПК16K20Ф3
8. Транспортна СМ 40 Ф2. 80.01
9. Фрезерно-свердлувальна з ЧПК 2204 ВМФ2
10. Транспортна СМ 40 Ф2.80.01
11. Транспортна СТ 150

I Установ:

1. Підрізати торець в розмір $52,1 \pm 0,30$ з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 1).
2. Обточити поверхню $\varnothing 64$ до $\varnothing 61_{-0,74}$ в розмір $30 \pm 0,43$ з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 3).
3. Підрізати торець $\varnothing 123$ в розмір $30 \pm 0,31$ з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 7).
4. Підрізати торець начисто в розмір $51,8^{+1,3}_{-0,7}$ з шорсткістю $Ra = 2,5$ (зона 2)
5. Обточити поверхню $\varnothing 61$ до $\varnothing 60,4_{-0,025}$ в розмір $26 \pm 0,3$ з шорсткістю $Ra = 2,5$ (зона 5)
6. Обточити поверхню $\varnothing 60,4$ до $\varnothing 60h7_{-0,03}$ тонко в розмір $26 \pm 0,3$ з шорсткістю $Ra = 1,25$ (зона 4)
7. Проточити канавку від $\varnothing 61$ до $\varnothing 55_{-0,74}$ шириною $5^{+0,2}$, $Ra = 10$. (зона 6)

II Установ:

1. Підрізати торець в розмір $50,3 \pm 0,2$ з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 9).
2. Обточити поверхню від $\emptyset 123$ до $\emptyset 120_{-0,74}$ на $20,3$ з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 8).
3. Підрізати торець в розмір 50 мм начисто, з шорсткістю $Ra = 2,5$ (зона 10).
4. Розточити поверхню $\emptyset 34^{+0,25}$ начорно, з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 16).
5. Підрізати внутрішній торець, витримуючи розмір $16 \pm 0,2$, $Ra = 10$ (зона 14).
6. Розточити поверхню $\emptyset 109^{+0,35}$ начорно, з шорсткістю $Ra = 10$ (зона 11).
7. Проточити канавку до $\emptyset 114^{+0,3}$, витримуючи розмір $16 \pm 0,2$, $Ra = 10$ (зона 15).
8. Розточити поверхню $\emptyset 109,6^{+0,14}$ начисто, з шорсткістю $Ra = 2,5$ (зона 12).
9. Розточити поверхню $\emptyset 34,6^{+0,1}$ начисто, з шорсткістю $Ra = 2,5$ (зона 17).
10. Розточити поверхню $\emptyset 35H8^{+0,039}$ тонко, з шорсткістю $Ra = 0,63$ (зона 13).
11. Розточити поверхню $\emptyset 110H8^{+0,054}$ тонко, з шорсткістю $Ra = 1,25$ (зона 18).

III Установ:

1. Свердлити вісім центровочних отворів по колу $\emptyset 90$.
2. Свердлити вісім отворів $\emptyset 8^{+0,3}$ по колу $\emptyset 90$

Проведемо розрахунки режими різання дослідно-статичним методом. Для проведення розрахунків скористаємося спеціальними нормативними таблицями за „Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ” (В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський).

Установ I

1. Чорнове підрізання торця $\emptyset 64$:

1. Глибина різання $t = 1,5$ мм

2. Подача $S = S_{OT} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{sn} \cdot K_{s\phi} \cdot K_{sj}$ (9)

$S_{OT} = 0,49$ мм / об.

$K_{si} = 1$; $K_{sp} = 1,1$; $K_{sd} = 1$; $K_{sh} = 1$; $K_{sm} = 1,25$; $K_{sy} = 1$; $K_{sn} = 1$; $K_{s\phi} = 1$; $K_{sj} = 0,7$;

$$S = 0,49 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,47 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp} \quad (10)$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 185 \text{ м/хв, } K_{vi}=1; K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=0,75; K_{vm}=1,7; K_{v\phi}=1,15; K_{vt}=1; K_{vp}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 271 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 271 / 3,14 \cdot 64 = 1349 \text{ хв}^{-1} \quad (11)$$

По паспорту верстата приймаємо $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 64 \cdot 1000 / 1000 = 200,96 \text{ м / хв.} \quad (12)$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (15 + 1 + 0) / 1000 \cdot 0,47 = 0,034 \text{ хв.}$$

(13)

2. Чорнове точіння поверхні Ø61:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 1,5 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{ОТ}} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{sn} \cdot K_{s\phi} \cdot K_{sj} \quad S_{\text{ОТ}}=0,49 \text{ мм / об.}$$

$$K_{si}=1; K_{sp}=1,1; K_{sd}=1; K_{sh}=1; K_{sm}=1,25; K_{sy}=1; K_{sn}=1; K_{s\phi}=1; K_{sj}=0,7;$$

$$S = 0,49 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,47 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 185 \text{ м/хв, } K_{vi}=1; K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=0,75; K_{vm}=1,7; K_{v\phi}=1,15; K_{vt}=1; K_{vp}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 271 \text{ м/хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 271 / 3,14 \cdot 61 = 1415 \text{ хв}^{-1}$$

По паспорту верстата приймаємо $n = 1400 \text{ хв}^{-1}$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 61 \cdot 1400 / 1000 = 268,2 \text{ м/хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (30,3 + 0 + 0) / 1400 \cdot 0,47 = 0,046 \text{ хв.}$$

3. Чорнове підрізання торця Ø123:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 1,5 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{ОТ}} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{sn} \cdot K_{s\phi} \cdot K_{sj}$$

$$S_{\text{ОТ}}=0,49 \text{ мм / об.}$$

$$K_{si}=1; K_{sp}=1,1; K_{sd}=1; K_{sh}=1; K_{sm}=1,25; K_{sy}=1; K_{sn}=1; K_{s\phi}=1; K_{sj}=0,7;$$

$$S = 0,49 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,47 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 185 \text{ м/хв},$$

$$K_{\text{vi}}=1; \quad K_{\text{vc}}=1; \quad K_{\text{vo}}=1; \quad K_{\text{vj}}=0,75; \quad K_{\text{vm}}=1,7; \quad K_{\text{vф}}=1,15; \quad K_{\text{vt}}=1; \quad K_{\text{vp}}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 271 \text{ м / хв}.$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 271 / 3,14 \cdot 123 = 702 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 500 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 123 \cdot 500 / 1000 = 193,1 \text{ м / хв}.$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (31 + 0 + 5) / 500 \cdot 0,47 = 0,153$$

хв.

4. Чистове підрізання торця Ø60:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,3 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{sr}} \cdot K_{\text{sm}} \cdot K_{\text{sy}} \cdot K_{\text{sk}} \cdot K_{\text{sф}}$$

$$S_{\text{от}} = 0,31 \text{ мм / об}.$$

$$K_{\text{sr}}=1,13; \quad K_{\text{sm}}=1,25; \quad K_{\text{sy}}=1; \quad K_{\text{sk}}=1; \quad K_{\text{sф}}=0,8;$$

$$S = 0,31 \cdot 1,13 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,39 \text{ мм / об}.$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{\text{vi}} \cdot K_{\text{vc}} \cdot K_{\text{vo}} \cdot K_{\text{vj}} \cdot K_{\text{vm}} \cdot K_{\text{vф}} \cdot K_{\text{vt}} \cdot K_{\text{vp}}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 320 \text{ м/хв},$$

$$K_{\text{vi}}=0,55; \quad K_{\text{vc}}=1; \quad K_{\text{vo}}=1; \quad K_{\text{vj}}=0,75; \quad K_{\text{vm}}=1,7; \quad K_{\text{vф}}=1,15; \quad K_{\text{vt}}=1; \quad K_{\text{vp}}=1;$$

$$V = 320 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 259 \text{ м / хв}.$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 259 / 3,14 \cdot 61 = 1352 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 1000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 61 \cdot 1000 / 1000 = 191,5 \text{ м / хв}.$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (14,7 + 1 + 0) / 1000 \cdot 0,39 = 0,04$$

хв.

5. Чистове точіння поверхні Ø60,4:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,3 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{sr}} \cdot K_{\text{sm}} \cdot K_{\text{sy}} \cdot K_{\text{sk}} \cdot K_{\text{sф}}$$

$$S_{\text{от}} = 0,31 \text{ мм / об}.$$

$$K_{\text{sr}}=1,13; \quad K_{\text{sm}}=1,25; \quad K_{\text{sy}}=1; \quad K_{\text{sk}}=1; \quad K_{\text{sф}}=0,8;$$

$$S = 0,31 \cdot 1,13 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,39 \text{ мм / об}.$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{\text{vi}} \cdot K_{\text{vc}} \cdot K_{\text{vo}} \cdot K_{\text{vj}} \cdot K_{\text{vm}} \cdot K_{\text{vф}} \cdot K_{\text{vt}} \cdot K_{\text{vp}}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 320 \text{ м/хв},$$

$$K_{\text{vi}}=0,55; \quad K_{\text{vc}}=1; \quad K_{\text{vo}}=1; \quad K_{\text{vj}}=0,75; \quad K_{\text{vm}}=1,7; \quad K_{\text{vф}}=1,15; \quad K_{\text{vt}}=1; \quad K_{\text{vp}}=1;$$

$$V = 320 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 259 \text{ м / хв}.$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 259 / 3.14 \cdot 60,4 = 1366 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 1000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3.14 \cdot 60,4 \cdot 1000 / 1000 = 189,7 \text{ м / хв}.$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (26 + 1 + 0) / 1000 \cdot 0.39 = 0,069 \text{ хв}.$$

6. Тонке точіння поверхні Ø60:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,2 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{sr}} \cdot K_{\text{sm}} \cdot K_{\text{sy}} \cdot K_{\text{sk}} \cdot K_{\text{sф}}$$

$$S_{\text{от}} = 0,08 \text{ мм / об}.$$

$$K_{\text{sr}}=1,13; \quad K_{\text{sm}}=1,25; \quad K_{\text{sy}}=1; \quad K_{\text{sk}}=0,85; \quad K_{\text{sф}}=0,8;$$

$$S = 0,08 \cdot 1,13 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 0,077 \text{ мм / об}.$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{\text{vi}} \cdot K_{\text{vc}} \cdot K_{\text{vo}} \cdot K_{\text{vj}} \cdot K_{\text{vm}} \cdot K_{\text{vф}} \cdot K_{\text{vt}} \cdot K_{\text{vp}}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 487 \text{ м/хв},$$

$$K_{\text{vi}}=0,55; \quad K_{\text{vc}}=1; \quad K_{\text{vo}}=1; \quad K_{\text{vj}}=0,75; \quad K_{\text{vm}}=1,7; \quad K_{\text{vф}}=1,15; \quad K_{\text{vt}}=1; \quad K_{\text{vp}}=1;$$

$$V = 487 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 395 \text{ м / хв}.$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 395 / 3.14 \cdot 60 = 2097 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 2000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3.14 \cdot 60 \cdot 2000 / 1000 = 376,8 \text{ м / хв}.$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (26 + 1 + 0) / 2000 \cdot 0.077 = 0,175 \text{ хв}.$$

7. Проточення канавки шириною 5мм до Ø55:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 3 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{si}} \cdot K_{\text{sp}} \cdot K_{\text{sm}} \cdot K_{\text{sy}} \cdot K_{\text{siII}} \cdot K_{\text{sd}} \cdot K_{\text{so}}$$

$$S_{\text{от}} = 0,14 \text{ мм / об}.$$

$$K_{\text{si}}=0,9; \quad K_{\text{sp}}=1,05; \quad K_{\text{sm}}=1,3; \quad K_{\text{sy}}=1,4; \quad K_{\text{siII}}=1; \quad K_{\text{sd}}=1,1; \quad K_{\text{so}}=1;$$

$$S = 0,14 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,26 \text{ мм / об}.$$

3. Швидкість різання $V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$

$V_{\text{ТАБ}} = 87 \text{ м/хв},$

$K_{vi}=1,1; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1,03; \quad K_{vp}=1; \quad K_{vm}=1,5; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$

$V = 87 \cdot 1,1 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 148 \text{ м / хв}.$

4. Частота обертів шпинделя $n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 148 / 3,14 \cdot 55 = 857 \text{ хв}^{-1}$

По паспорту верстата приймаємо $n = 710 \text{ хв}^{-1}$

Тоді швидкість різання $V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 55 \cdot 710 / 1000 = 122,6 \text{ м / хв}.$

5. Основний машинний час $t_0 = (L_0 + L_1) / n \cdot S = (3 + 2) / 710 \cdot 0,26 = 0,027 \text{ хв}.$

Основний машинний час $t_{\Sigma I} = 0,544 \text{ хв}$

Установка II

8. Чорнове підрізання торця Ø120:

1. Глибина різання $t = 1,5 \text{ мм}$

2. Подача $S = S_{\text{OT}} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{s\pi} \cdot K_{s\phi} \cdot K_{sj}$

$S_{\text{OT}} = 0,49 \text{ мм / об}.$

$K_{si}=1; \quad K_{sp}=1,1; \quad K_{sd}=1; \quad K_{sh}=1; \quad K_{sm}=1,25; \quad K_{sy}=1; \quad K_{s\pi}=1; \quad K_{s\phi}=1; \quad K_{sj}=0,7;$

$S = 0,49 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,47 \text{ мм / об}.$

3. Швидкість різання $V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$

$V_{\text{ТАБ}} = 185 \text{ м/хв},$

$K_{vi}=1; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vj}=0,75; \quad K_{vm}=1,7; \quad K_{v\phi}=1,15; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$

$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 = 271 \text{ м / хв}.$

4. Частота обертів шпинделя $n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 271 / 3,14 \cdot 123 = 702 \text{ хв}^{-1}$

По паспорту верстата приймаємо $n = 500 \text{ хв}^{-1}$

Тоді швидкість різання $V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 123 \cdot 500 / 1000 = 193,1 \text{ м / хв}.$

5. Основний машинний час $t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (7 + 1 + 0) / 500 \cdot 0,47 = 0,034 \text{ хв}.$

9. Чорнове точіння поверхні Ø120:

1. Глибина різання $t = 1,5 \text{ мм}$

2. Подача $S = S_{\text{OT}} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{s\pi} \cdot K_{s\phi} \cdot K_{sj}$

$S_{\text{OT}} = 0,49 \text{ мм / об}.$

$$K_{si}=1; K_{sp}=1,1; K_{sd}=1; K_{sh}=1; K_{sm}=1,25; K_{sy}=1; K_{sr}=1; K_{sq}=1; K_{sj}=0,7;$$

$$S = 0,49 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,47 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 185 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=1; K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=0,75; K_{vm}=1,7; K_{v\phi}=1,15; K_{vt}=1; K_{vp}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 271 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 271 / 3,14 \cdot 120 = 719 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 710 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 120 \cdot 710 / 1000 = 267,5 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (20,3 + 0 + 1) / 710 \cdot 0,47 = 0,064$$

хв.

10. Чистове підрізання торця Ø120:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,3 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{ОТ}} \cdot K_{sr} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{sk} \cdot K_{sq}$$

$$S_{\text{ОТ}} = 0,31 \text{ мм / об.}$$

$$K_{sr}=1,13; K_{sm}=1,25; K_{sy}=1; K_{sk}=1; K_{sq}=0,8;$$

$$S = 0,31 \cdot 1,13 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,39 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{\text{ТАБ}} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{\text{ТАБ}} = 320 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=0,55; K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=0,75; K_{vm}=1,7; K_{v\phi}=1,15; K_{vt}=1; K_{vp}=1;$$

$$V = 320 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 259 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 259 / 3,14 \cdot 120 = 687 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 500 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 120 \cdot 500 / 1000 = 188,4 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (7 + 1 + 2) / 500 \cdot 0,39 = 0,051 \text{ хв.}$$

11. Чорнове розточування поверхні Ø34:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 1,5 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{\text{ОТ}} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sm} \cdot K_{sr} \cdot K_{sq} \cdot K_{sl}$$

$$S_{\text{ОТ}} = 0,32 \text{ мм / об.}$$

$$K_{si}=1; K_{sp}=1; K_{sd}=0,62; K_{sm}=1,25; K_{sn}=1; K_{sq}=1; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 0,29 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 210 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=1; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vj}=0,75; \quad K_{vm}=1,7; \quad K_{v\phi}=1,15; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 308 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 308 / 3,14 \cdot 34 = 2885 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 2000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 55 \cdot 710 / 1000 = 123 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (35,5 + 1 + 1) / 2000 \cdot 0,29 = 0,065$$

хв.

12. Чорнове підрізання внутрішнього торця до Ø109:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 1,5 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sm} \cdot K_{sn} \cdot K_{sq} \cdot K_{sl}$$

$$S_{OT}=0,32 \text{ мм / об.}$$

$$K_{si}=1; K_{sp}=1; K_{sd}=0,62; K_{sm}=1,25; K_{sn}=1; K_{sq}=1; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 0,29 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 210 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=1; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vj}=0,75; \quad K_{vm}=1,7; \quad K_{v\phi}=1,15; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 308 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 308 / 3,14 \cdot 109 = 900 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 710 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 109 \cdot 710 / 1000 = 243 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (37,5 + 2 + 0) / 710 \cdot 0,29 = 0,192$$

хв.

13. Чорнове розточування поверхні Ø109:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 1,5 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sm} \cdot K_{sn} \cdot K_{sq} \cdot K_{sl}$$

$$S_{OT}=0,32 \text{ мм / об.}$$

$$K_{si}=1; K_{sp}=1; K_{sd}=0,62; K_{sm}=1,25; K_{sn}=1; K_{sq}=1; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 0,29 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 210 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=1; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vj}=0,75; \quad K_{vm}=1,7; \quad K_{v\phi}=1,15; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$$

$$V = 185 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 308 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 308 / 3,14 \cdot 109 = 900 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 710 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 109 \cdot 710 / 1000 = 243 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (16 + 0 + 1) / 710 \cdot 0,29 = 0,083 \text{ хв.}$$

14. Проточення канавки шириною 3мм до Ø114:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 2,5 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{sn} \cdot K_{sd} \cdot K_{so}$$

$$S_{OT} = 0,09 \text{ мм / об.}$$

$$K_{si}=0,9; K_{sp}=1,05; K_{sm}=1,3; K_{sy}=1,4; K_{sn}=1; K_{sd}=1,1; K_{so}=0,85;$$

$$S = 0,09 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 0,14 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 121 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=1,1; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vp}=1; \quad K_{vm}=1,5; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$$

$$V = 121 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 200 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 200 / 3,14 \cdot 114 = 559 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 500 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 55 \cdot 710 / 1000 = 123 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1) / n \cdot S = (2,5 + 1) / 500 \cdot 0,14 = 0,05 \text{ хв.}$$

15. Чистове розточування поверхні Ø109,6:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,3 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{sp} \cdot K_{sm} \cdot K_{sr} \cdot K_{sqk} \cdot K_{sl} \cdot K_{sk}$$

$$S_{OT} = 0,17 \text{ мм / об.}$$

$$K_{sp}=1; K_{sk}=1; K_{sm}=1,25; K_{sr}=1,13; K_{s\phi k}=0,8; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1,15 = 0,14 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 430 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=0,55; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vj}=0,75; \quad K_{vm}=1,7; \quad K_{v\phi}=1,15; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$$

$$V = 430 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 348 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 348 / 3,14 \cdot 109,6 = 1011 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 1000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 109,6 \cdot 1000 / 1000 = 344,1 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (13 + 1 + 2) / 1000 \cdot 0,14 = 0,114$$

хв.

16. Чистове розточування поверхні Ø34,6:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,3 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{sp} \cdot K_{sm} \cdot K_{sr} \cdot K_{s\phi k} \cdot K_{sl} \cdot K_{sk}$$

$$S_{OT} = 0,17 \text{ мм / об.}$$

$$K_{sp}=1; K_{sk}=1; K_{sm}=1,25; K_{sr}=1,13; K_{s\phi k}=0,8; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1,15 = 0,14 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 430 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=0,55; \quad K_{vc}=1; \quad K_{vo}=1; \quad K_{vj}=0,75; \quad K_{vm}=1,7; \quad K_{v\phi}=1,15; \quad K_{vt}=1; \quad K_{vp}=1;$$

$$V = 430 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 348 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 348 / 3,14 \cdot 34,6 = 3203 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 2000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 34,6 \cdot 2000 / 1000 = 217,3 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (34 + 1 + 1) / 2000 \cdot 0,14 = 0,129$$

хв.

17. Тонке розточування поверхні Ø110:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,2 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{sp} \cdot K_{sm} \cdot K_{sr} \cdot K_{s\phi k} \cdot K_{sl} \cdot K_{sk}$$

$$S_{OT} = 0,15 \text{ мм / об.}$$

$$K_{sp}=0,62; K_{sk}=1,01; K_{sm}=1,25; K_{sr}=1,13; K_{s\phi k}=0,8; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,15 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,01 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1,15 = 0,12 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 430 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=0,55; K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=0,75; K_{vm}=1,7; K_{v\phi}=1,15; K_{vt}=1; K_{vp}=1;$$

$$V = 430 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 348 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 348 / 3,14 \cdot 110 = 1008 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 1000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 110 \cdot 1000 / 1000 = 345,4 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (13 + 1 + 2) / 1000 \cdot 0,12 = 0,133$$

хв.

18. Тонке розточування поверхні Ø35:

$$1. \text{ Глибина різання } t = 0,2 \text{ мм}$$

$$2. \text{ Подача } S = S_{OT} \cdot K_{sp} \cdot K_{sm} \cdot K_{sr} \cdot K_{s\phi k} \cdot K_{sl} \cdot K_{sk}$$

$$S_{OT}=0,15 \text{ мм / об.}$$

$$K_{sp}=0,62; K_{sk}=1,01; K_{sm}=1,25; K_{sr}=1,13; K_{s\phi k}=0,8; K_{sl}=1,15;$$

$$S = 0,15 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,01 \cdot 1,25 \cdot 1,13 \cdot 1,15 = 0,12 \text{ мм / об.}$$

$$3. \text{ Швидкість різання } V = V_{TAB} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vp}$$

$$V_{TAB} = 430 \text{ м/хв,}$$

$$K_{vi}=0,55; K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=0,75; K_{vm}=1,7; K_{v\phi}=1,15; K_{vt}=1; K_{vp}=1;$$

$$V = 430 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 348 \text{ м / хв.}$$

$$4. \text{ Частота обертів шпинделя } n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 348 / 3,14 \cdot 35 = 3167 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{По паспорту верстата приймаємо } n = 2000 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Тоді швидкість різання } V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 35 \cdot 2000 / 1000 = 219,8 \text{ м / хв.}$$

$$5. \text{ Основний машинний час } t_0 = (L_0 + L_1 + L_2) / n \cdot S = (34 + 1 + 1) / 2000 \cdot 0,12 = 0,15 \text{ хв}$$

$$\text{Основний машинний час } t_{\Sigma II} = 1,065 \text{ хв.}$$

Потужність різання розраховуємо для найбільш навантаженого (енергоємного) переходу. Візьмемо токарну обробку для точіння поверхні $\phi 120$. При цьому $t=1,5$. Для цієї поверхні з таблиці беремо значення потужності: $N_T=11$ кВт. Поправочний

коефіцієнт на потужність різання $K_{NM}=0,6$. Тоді розрахункове значення $N_p=N_T \cdot K_{NM}=11 \cdot 0,6=6,6$ кВт.

Отримана потужність є доступною для даного верстата, котрий має потужність різання $N_B=11$ кВт

Установка III

1. Центрування під свердління отвору Ø8

1. Глибина різання $t=4$ мм

2. Подача $S=0,15$ мм/об.

3. Швидкість різання $V = V_{TAB} \cdot K_{vm} \cdot K_{vp} \cdot K_{vn} \cdot K_{v3} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vw} \cdot K_{vt}$

$V_{TAB}=24$ м/хв,

$K_{vm}=0,6; K_{vp}=1; K_{vn}=1; K_{v3}=1; K_{vi}=0,8; K_{vc}=1; K_{vw}=1; K_{vt}=1;$

$V=24 \cdot 0,6 \cdot 0,8=11,52$ м/хв.

4. Частота обертів шпинделя $n=1000 \cdot V / \pi \cdot D=1000 \cdot 11,52 / 3,14 \cdot 10=366,9$ хв⁻¹

По паспорту верстата приймаємо $n=355$ хв⁻¹

$S_{xb}=S \cdot n_p=336,9 \cdot 0,15=55,1$ мм/хв

5. Основний машинний час $t_0=(L_0+L_1) \cdot 8 / S_{xb}=(2+2) \cdot 8 / 55,1=0,581$ хв

2. Свердління отвору Ø8

1. Глибина різання $t=2+4+4=10$ мм

2. Подача $S=0,114$ мм/об.

3. Швидкість різання $V = V_{TAB} \cdot K_{vm} \cdot K_{vp} \cdot K_{vn} \cdot K_{v3} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vw} \cdot K_{vt}$

$V_{TAB}=25,5$ м/хв,

$K_{vm}=0,6; K_{vp}=1; K_{vn}=1; K_{v3}=1; K_{vi}=0,8; K_{vc}=1; K_{vw}=1; K_{vt}=1;$

$V=25,5 \cdot 0,6 \cdot 0,8=12,24$ м/хв.

4. Частота обертів шпинделя $n=1000 \cdot V / \pi \cdot D=1000 \cdot 12,24 / 3,14 \cdot 8=487$ хв⁻¹

По паспорту верстата приймаємо $n=500$ хв⁻¹

$S_{xb}=S \cdot n_p=487 \cdot 0,114=55,5$ мм/хв

5. Основний машинний час $t_0=(L_0+L_1) \cdot 8 / S_{xb}=(4+2+4) \cdot 8 / 55,5=1,44$ хв.

Основний машинний час $t_{\Sigma III}=2,021$ хв.

2.6. Висновки до розділу

Виконані у цьому розділі розрахунки є орієнтовними. Вони не можуть чітко визначати параметри комплектуючих для модернізації, адже передбачається виготовлення також інших деталей. Також варто враховувати майбутній потенціал підприємства, складність та вартість модернізації. А також сучасні тенденції, підходи, та технології. Але в нашій роботі, отримані значення є базовими, такими які враховувались при підборі компонентів.

Розділ 3 Модернізація верстату.

3.1. Модернізація приводу головного руху.

Головним приводом на верстаті 16K20Ф3 є привід головного руху, а саме головний двигун шпиндельного вузла. Як уже згадувалося раніше на верстаті 16K20Ф3 заводом – виробником в якості приводу головного руху встановлено двигун постійного струму МР132Р. Який має потужність 11 кВт; номінальний крутний момент 105 Н·м; номінальну швидкість обертання 1000 об/хв; максимальну швидкість обертання 3500 об/хв.

Для проведення підбору двигуна головного руху розрахуємо параметри приводу, провівши кінематичний розрахунок для кожного із діапазонів $U_{1;2;3}$

Спершу проведемо розрахунок передаточних чисел коробки швидкостей.

$$U_1 = n_{\text{роз}}/n_{\text{ном}} = 176/1000 = 0,18 \text{ (понижуюча передача);} \quad (14)$$

$$U_2 = n_{\text{max шп}}/n_{\text{max рух.}} = 3000/3500 = 0,9 \text{ (підвищуюча передача);} \quad (15)$$

$$U_2 = 1 - \text{постійна;}$$

Шпиндельну бабку верстата 16K20Ф3 показано на рис 3.1.

Шпиндельний вузол верстата знаходиться у корпусі 1, який безпосередньо закріплений на станині. Безпосередньо шпиндель 5 визначає зусилля, що виникають під час процесу різання. Шпиндельний вузол також має зубчасті колеса, які здійснюють механічний зв'язок та дозволяють здійснювати зміну швидкостей. З однією сторони шпинделя є фланець, до якого приєднується патрон. Шпиндель встановлений у двох підшипниках 4 та 3, обидва вони є конічними роликовими підшипниками, перший з них дворядний, другий однорядний. У підшипникових вузлах є пружини 2, які 11 призначені для регулювання зазорів, що дозволяє забезпечити необхідну точність та жорсткість.

Регулювання підшипників здійснюється на підприємстві-виробнику і не вимагає втручання з боку людей, що займаються експлуатацією верстату.

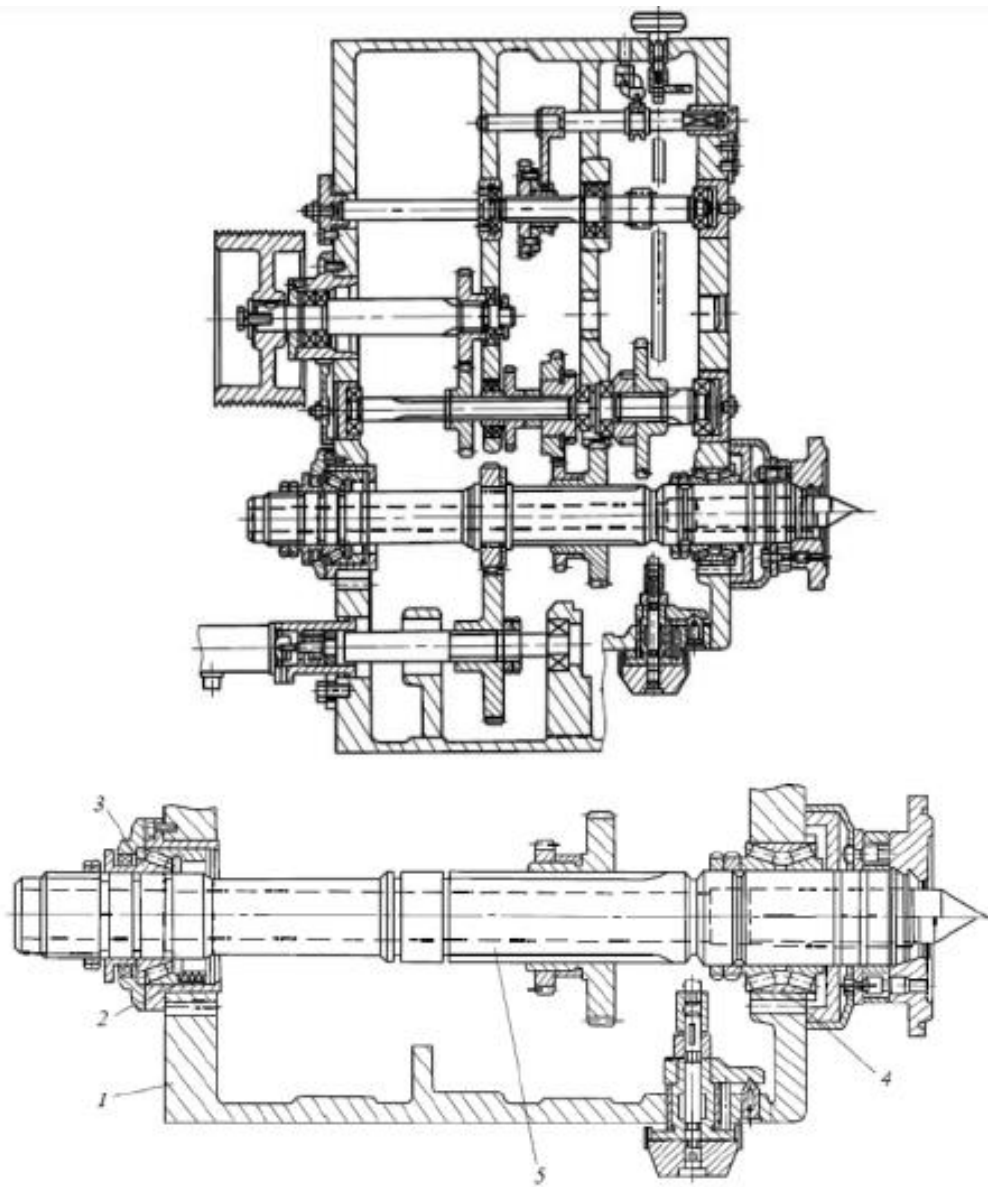


Рис.3.1. Шпиндельна бабка верстату 16K20ФЗ

При розрахунках варто спершу розрахувати потужність на валах коробки.

Ефективна потужність різання із попередніх розрахунків дорівнює наступному значенню: $N_{\text{еф}}=9,226 \text{ кВт}$

Визначаємо значення потужності на валах коробки швидкостей:

$$N_{\text{III}}=N_{\text{еф}}/(z_{\text{пк}} * z_{\text{зп}}); \text{ де } z_{\text{зп}}= 0,95 \text{ (ккд зубчатої передачі);} \quad (16)$$

$z_{\text{пк}}=0,995$ – ккд підшипників кочення;

$$N_{\text{III}}=9226/(0,995*0,95)=9760 \text{ Вт}$$

$$N_{\text{II}}=N_{\text{III}}/(z_{\text{пк}} * z_{\text{зп}})=9760/(0,995*0,95)=10325 \text{ Вт}$$

$$N_{\text{I}}=N_{\text{II}}/(z_{\text{пк}} * z_{\text{зп}})=10325/(0,995*0,95)=10923 \text{ Вт}$$

$$N=N_{\text{I}}/(z_{\text{пк}} * z_{\text{рп}})=10923/(0,995*0,985)=11145 \text{ Вт}$$

де $\eta_{\text{рп}}=0,985$ – кпд ремінної передачі;

Уточнений ккд коробки швидкостей:

$$\eta_{\text{кк}} = \eta_{\text{пк}}^4 \cdot \eta_{\text{зп}}^3 \cdot \eta_{\text{рп}} \quad (17)$$

$$\eta_{\text{кк}} = 0,995^4 \cdot 0,95^3 \cdot 0,985 = 0,828$$

Необхідна потужність електродвигуна:

$$N_{\text{э/дв}} = N_{\text{эф}} / \eta_{\text{кк}} = 9226 / 0,828 = 11142,5 \text{ Вт} \quad (18)$$

Отримане значення потужності двигуна головного руху відповідає встановленому на верстаті. Діаграму частот обертання шпинделя та кінематичну схему верстату показано на рис.3.1.

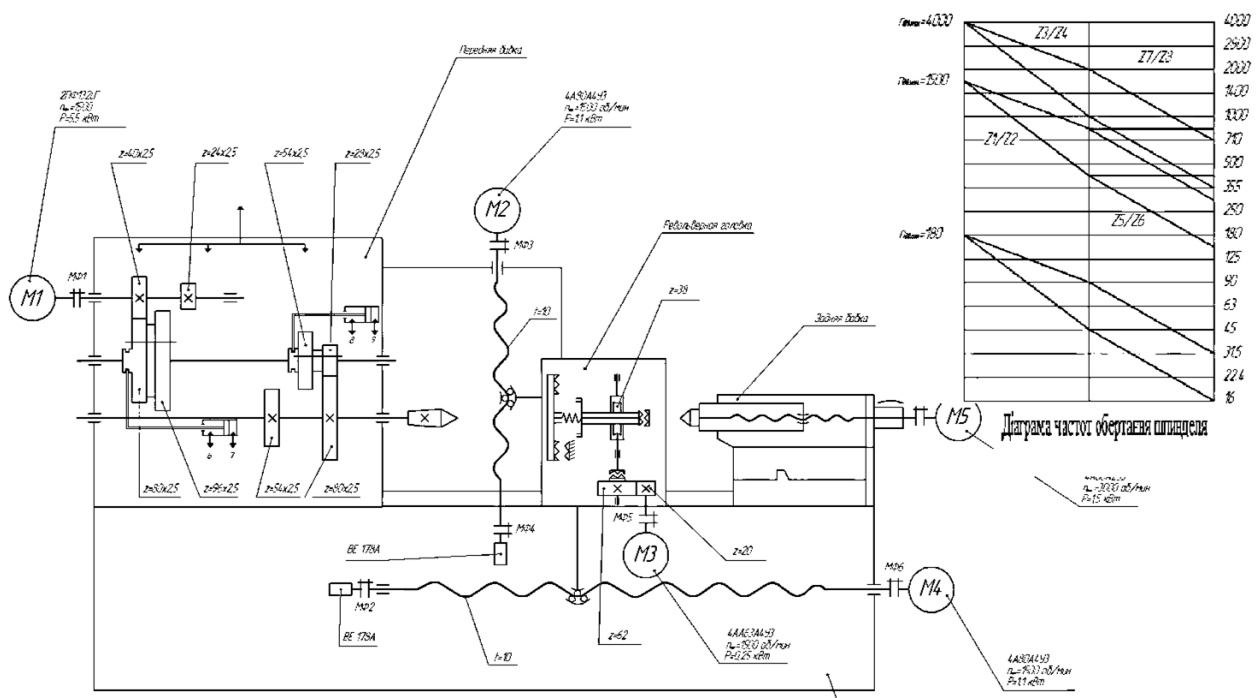


Рис.3.2. Діаграма частот шпинделя та кінематична схема верстату 16K20Ф3

Проведені розрахунки, а також розрахунки виготовлення типової деталі, аналітичний аналіз верстату та аналіз системи головного приводу верстату дозволив підібрати комплектуючі для його модернізації серед сучасних аналогів. В якості двигуна нами було обрано WEGW22160M4PIE2 11 kw загальний вигляд якого показано на рис.3.2.



Рис. 3.3. Загальний вигляд двигуна головного руху

Зважаючи на відповідність обраного нами двигуна параметрам двигуна встановленого заводом виробником прийнято рішення залишити параметри шківів та ременів, для передачі крутного моменту на шпindelний вал, як і місце розташування самого двигуна. Технічні характеристики двигуна показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики двигуна WEG W22 160M 4P IE2 11 kw

Параметр	Значення	
Потужність	P	11
Частота обертання	V	1500 (1470) об/мин
Напруга живлення	U	380/660 В
ККД	η	89,8%
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi$	0,85
Номинальна сила струму	I _n	21,9/12,6 А

Момент інерції	J	0,1048 кг·м ²
Спосіб охолодження двигуна	-	IC411
Вага	m	128 кг

Для керування обертами двигуна передбачається встановлення частотного перетворювача марки Delta Electronics VFD-B, 11 кВт, 24А, який окрім плавного та точного регулювання обертів двигуна, має забезпечувати його запуск із збереженням високого крутного моменту. Загальний вигляд частотного перетворювача показано на рис.3.3.



Рис. 3.4. Загальний вигляд частотного перетворювача

Частотні перетворювачі компанії Delta Electronics є надійним рішенням, що водночас є простим у налаштуванні та програмуванні. Можливість регулювання робочої частоти у діапазоні від 40 до 400 Гц. Наявність модулю гальмування. Панель керування та програмування. Робота із енкодером. Наявність одного релейного та 10

дискретних виходів дозволяють йому здійснювати плавне регулювання, підтримку обертів, гальмування та запуск.

Для забезпечення точності обертання нами передбачено підключення інкрементного енкодера марки SZGH52C08JR1024M5L, який слугуватиме для зворотного зв'язку, у зв'язці двигуна та частотного перетворювача.



Рис.3.5. Загальний вигляд інкрементного енкодера головного приводу

Важливим також є правильне підключення та налаштування обраних компонентів. Схему підключення, яку рекомендує застосовувати виробник частотного перетворювача показано на рис. 3.5.

Таблиця 3.2.

Функції блоку керування верстатом 16K20Ф3

Необхідні функції	Примітка
Керування 2 осі, (X та Z)	Вихід на серводвигуни із енкодерами
Керування обертами шпинделя	Вихід 0-10 для частотного перетворювача
Підтримка енкодеру для контролю обертів шпинделя	Встановлення на шпиндельний вал після коробки швидкостей
Можливість роботи в двох діапазонах обертів шпиндельного вузла, із зворотнім зв'язком.	Перемикання діапазонів здійснюється оператором. Вибір діапазону контролюється замиканням кінцевого вимикача (2 кінцевих вимикача).
Можливість роботи із револьверним різцетримачем на 6 позицій,	Контроль позиції здійснюється геконами, двигун для зміни позиції на 220 v; необхідний реверс двигуна для фіксації позиції
Можливість підключення трикулачкового патрону із електромеханічним затисканням.	Контроль - індукційні датчики (2 шт затиснено/не затиснено) (затискання відбувається за рахунок приводу - асинхронний двигун 380v (3 фази))
Можливість підключення задньої бабки із електромеханічним підтисканням заготовки.	Контроль позиції здійснюється за допомогою механічних кінцевих вимикачів. (затискання відбувається за рахунок приводу - асинхронний двигун 380v (3 фази))
Наявність ручного пульта керування	Із енкодером

Розглянувши функції, які має забезпечувати система керування верстатом, а також проаналізувавши різні варіанти, та враховуючи технічні можливості та економічну складову, нами було обрано стійку SZGHCNC1000TDb-2.

Стійка SZGHCNC1000TDb-2 дозволить здійснювати ефективне керування усіма системами верстату включаючи системи охолодження, змащування, головного приводу, приводів подач, автозаміни інструменту, затискання заготовки та ін. Загальний вигляд системи керування показано на рис.3.5.



Рис.3.7. Загальний вигляд системи керування SZGHCNC1000TDb-2

Особливості системи керування:

- 1) 800*600 8,4-дюймовий реальний кольоровий дисплей.
- 2) Підтримка функції АТС, функції макросу та функції ПЛК.
- 3) Підтримка електричної турелі та турелі з двійковим кодом, Макс.: 99 шт. інструментів.
- 4) Вихідна частота імпульсу 5 МГц, максимальна швидкість 300 м/хв, швидкість подачі 150 м/хв.
- 5) 128 МБ пам'яті, 100 МБ для зберігання даних користувача.
- 6) Аналоговий вихід напруги 0~10 В у двох каналах, підтримує подвійні шпинделі.
- 7) Адаптований сервошпиндель може реалізувати безперервне положення шпинделя, жорстке нарізування, жорстку обробку гвинтів.
- 8) Висока потужність перемикача проти перешкод (220VAC -> DC 24V & 5V).

- 9) Багато вбудованих програм plc, які можна вільно редагувати.
- 10) Завдяки USB-інтерфейсу, підтримується робота з файлами на флеш-диску, конфігурацію системи та оновлення програмного забезпечення.
- 11) Відображення китайською або англійською мовами, які можна вибрати за параметром.
- 12) 32-розрядний високопродуктивний мікропроцесор ARM промислового класу з низьким енергоспоживанням.
- 13) I/Os: 56*32, можна вільно редагувати.
- 14) Зсув різця: C.
- 15) Меню, програма та інтерфейс англійською мовою, повноекранне видання.

3.3. Модернізація приводів подач

Найбільш трудомістким процесом під час модернізації токарного верстату 16K20Ф3 варто вважати заміну приводів осей. Адже це потребує ретельного підбору двигунів, муфт та зміну конструкції через необхідність встановлення кронштейнів для двигунів. Найправильніше починати цей процес із огляду особливостей систем встановлених на верстаті.

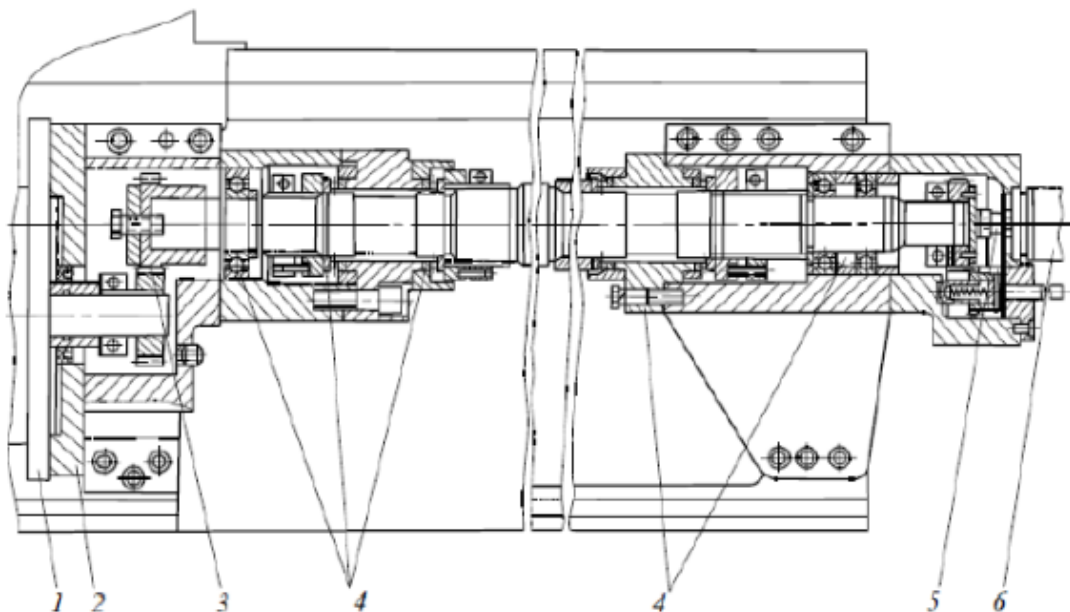


Рис. 3.8. Система приводу повздовжнього подач

Як можна побачити на рисунку 3.8., система приводу повздовжньої подачі верстату реалізовано парою ШВП (гвинт-гайка), також вона включає електродвигун 1, редуктор 3, датчик зворотного зв'язку 6, опори гвинта 4. Гвинтова передача має діаметр гвинта $\varnothing 63$ мм та крок гвинта 10 мм .

Для забезпечення точності переміщення безпосередньо на осі ШВП встановлено абсолютний енкодер, а на самому двигуні таходатчик. Що дозволяє одночасно вимірювати і швидкість обертання і кут. Така компоновка дозволяє програмно мінімізувати похибку переміщення робочих вузлів верстату і досягти високої точності та якості обробки.

Таку ж конструкцію приводу можна спостерігати і для здійснення поперечних подач рис. 3.9.

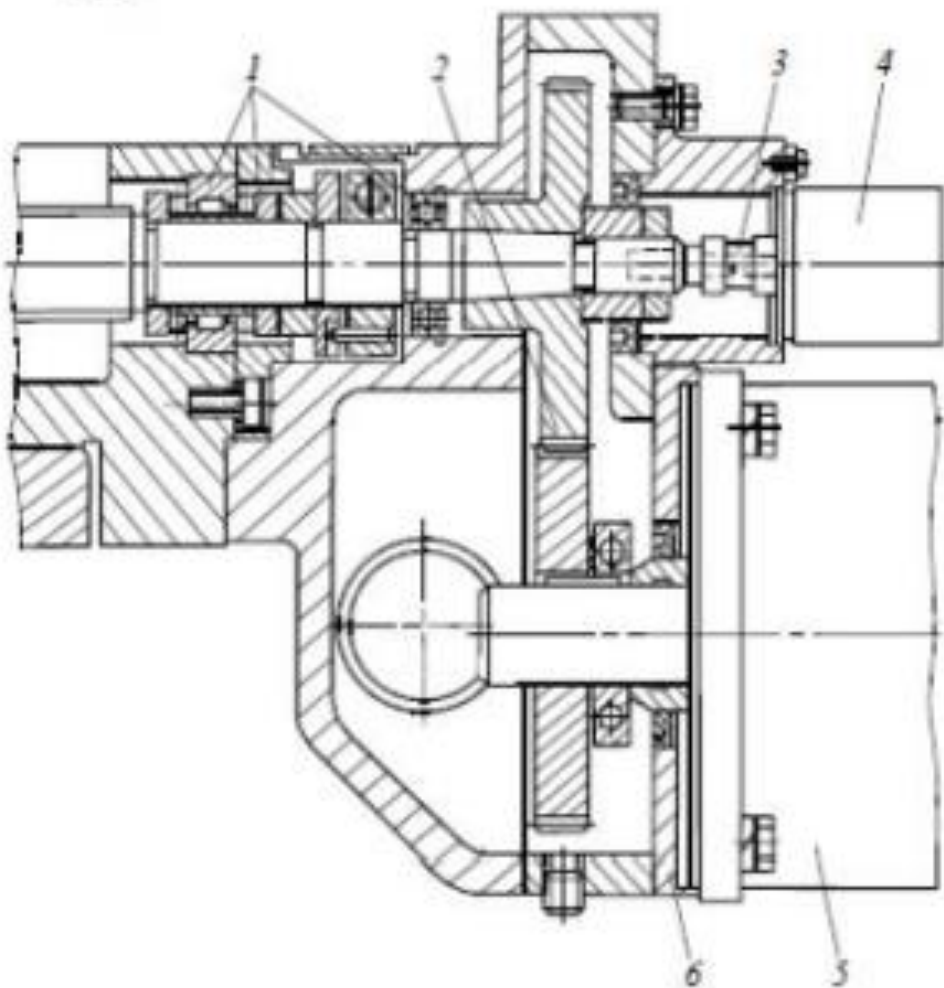


Рис.3.9. Привід поперечного переміщення супорту.

В його основі також лежить гвинтова передача, електродвигун постійного струму 5, редуктор 2, датчик зворотного зв'язку 4, та опори гвинта 1. Датчик через муфту 3 з'єднується із гвинтом. Гвинтова передача має діаметр гвинта $\varnothing 40$ мм та крок рівний 5 мм.

Така конструкція приводів дещо ускладняє їх модернізацію. Адже при заміні старих приводів на нові сучасні сервоприводи, потрібно буде демонтувати зубчаті передачі. Це обумовлено конструкцією сучасного сервоприводу, адже у них датчик зворотного зв'язку знаходиться безпосередньо на двигуні. Це дозволяє отримувати високу точність і уникнути похибок від інших складових. Тому нами було прийнято рішення здійснювати кріплення нових приводів одразу на вали, без передачі. Звідки, виникла потреба провести наступні розрахунки щоб визначити параметри двигунів :

Зважаючи на пряме кріплення : $DP1=DP2$

У такому випадку необхідний момент, що розвивається електродвигуном визначатиметься наступною формулою:

$$M_{min} = M_{тр} + M_{супр.в} + M_{роб} + M_{пуск} \quad (19)$$

де: M_{min} - момент, що розвивається електродвигуном, $M_{тр}$ – момент тертя про напрямні, $M_{супр.в}$ – момент опору ваги, $M_{роб}$ – робітник момент, $M_{пуск}$ - додатковий момент, що розвивається електродвигуном для прискорення осі.

Момент тертя об напрямні:

$$M_{тр}=m \cdot g \cdot \mu \cdot h 2\pi + d 10 \quad (20)$$

де: m - маса рухомого супорта, кг; g – прискорення вільного падіння, m/s^2 ; μ - коефіцієнт тертя про напрямні (для сталі $\mu = 0.1$); h - Крок ШВП, мм; d – діаметр ШВП, мм.

Підставляючи формулу значення $m = 120$ кг, $h = 0,05$ м, $d = 0,04$ м, отримаємо момент тертя для вертикальної осі:

$$M_{\text{тер}Z} = 120 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 0,052 \cdot 3,14 + 0,0410 = 0,94 \text{ Нм}$$

та для горизонтальної осі:

$$M_{\text{тер}X} = 20 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 0,052 \cdot 3,14 + 0,0410 = 0,15 \text{ Нм}$$

Оскільки осі X і Z є горизонтальними, то момент опору вазі дорівнюватиме нулю.

Розрахуємо робочий момент:

$$M_{\text{раб}} = F \cdot g \cdot h 2\pi \quad (21)$$

де: F - зусилля на верстаті (Н), тоді :

$$M_{\text{роб}Z} = 100 \cdot 9,8 \cdot 0,052 \cdot 3,14 = 8 \text{ Нм} ; \quad M_{\text{роб}X} = 100 \cdot 9,8 \cdot 0,052 \cdot 3,14 = 8 \text{ Нм}$$

Момент прискорення:

- $M_{\text{пуск}} = M_{\text{робочий}} \cdot 0,5$
- $M_{\text{пуск}Z} = 4 \text{ Нм}$
- $M_{\text{пуск}X} = 4 \text{ Нм}$

Тоді, підставляючи у формулу отримані значення, визначимо необхідний момент, що розвивається електродвигуном:

- $M_{\text{min}X} = 0,15 + 8 + 4 = 12,15 \text{ Нм}$
- $M_{\text{min}Z} = 0,94 + 8 + 4 = 12,94 \text{ Нм}$

Швидкість обертання електродвигунів

$$R_{об.мин} = Vh \quad (22)$$

де: V – максимальна швидкість подачі осі (мм/хв).

Відповідно до розділу 1 величина швидкості подачі дорівнює 2000мм/хв, що дозволяє розрахувати швидкість обертання електродвигунів:

$$R_{об.хв} Z, X = 2000/5 = 400 \text{ об/хв}$$

Здійснимо вибір двигунів подач у відповідності до проведених розрахунків та інших параметрів.

Враховуючи той факт, що нами було обрано систему управління SZGHCNC1000TDb-2, вибір двигунів приводів подач також здійснюється у цього ж виробника.

Із попередніх розрахунків були визначені технічні характеристики для приводу осей, а саме розрахована частота обертання, що склала 400об/хв, та необхідні моменти, які мають розвивати електродвигуни. Для осі X визначено момент 12,15 Нм, а осі Z, 94 Нм. Зважаючи на це, а також на ККД, та необхідність мати запас потужності, нами було обрано двигуни SZGH-13380CC 3800Вт, загальний вигляд яких показано на рис. 3.10.



Рис.3.10. Загальний вигляд двигуна SZGH-13380CC 3800Вт.

SZGH-13380CC - це 3800 Вт, 15 Нм, 130 фланцевий серводвигун змінного струму з високою інерційністю, його безперервний крутний момент може досягати 15 Нм, а піковий крутний момент - 45 Нм, номінальна напруга - трифазна 380 В. Застосовується для великих навантажень.

Для керування серводвигунами обрано серводрайвери тієї ж компанії моделі SZGH-503 AC.

Загальний вигляд серводрайверу показано на рис. 3.11.



Рис.3.11. Загальний вигляд серводрайверу SZGH-503 AC

Технічні характеристики:

- Режим управління: управління положенням, швидкістю та стрибком підтюпцем
- Режим входу: імпульсний сигнал або аналогова напруга ($0 \sim \pm 10 \text{ V}$)
- Частота імпульсу: $<500 \text{ КГц}$
- Електронна передача: $1/30000 \sim 30000$
- Точність контролю: $\pm 0,01\%$ робочих умов
- Вхідна потужність: однофазна або трифазна: AC220V (+10%, -15%)
- частота: $50 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$
- Робоча температура: $0 \sim 55^\circ \text{ C}$, відносна вологість: 40-80%.
- Температура зберігання або транспортування: $-10 \sim 70^\circ \text{ C}$, відносна вологість: $\leq 90\%$, вібрація: $<0.5\text{G}$, $10 \sim 60\text{Hz}$

- Атмосферний тиск: 86-106кПа
- Відсутність надмірного борошняного пилу, кислоти, лужного їдкого газу та вибухонебезпечного газу, відсутність сильних електромагнітних
- перешкоди Напрямок установки: напрямок установки сервоприводу повинен бути вертикальним
- Навколишнє середовище повинно добре провітрюватися

Принципову схему серводрайверу SZGH-503 AC із позначенням усіх входів-виходів показано на рис. 3.12.

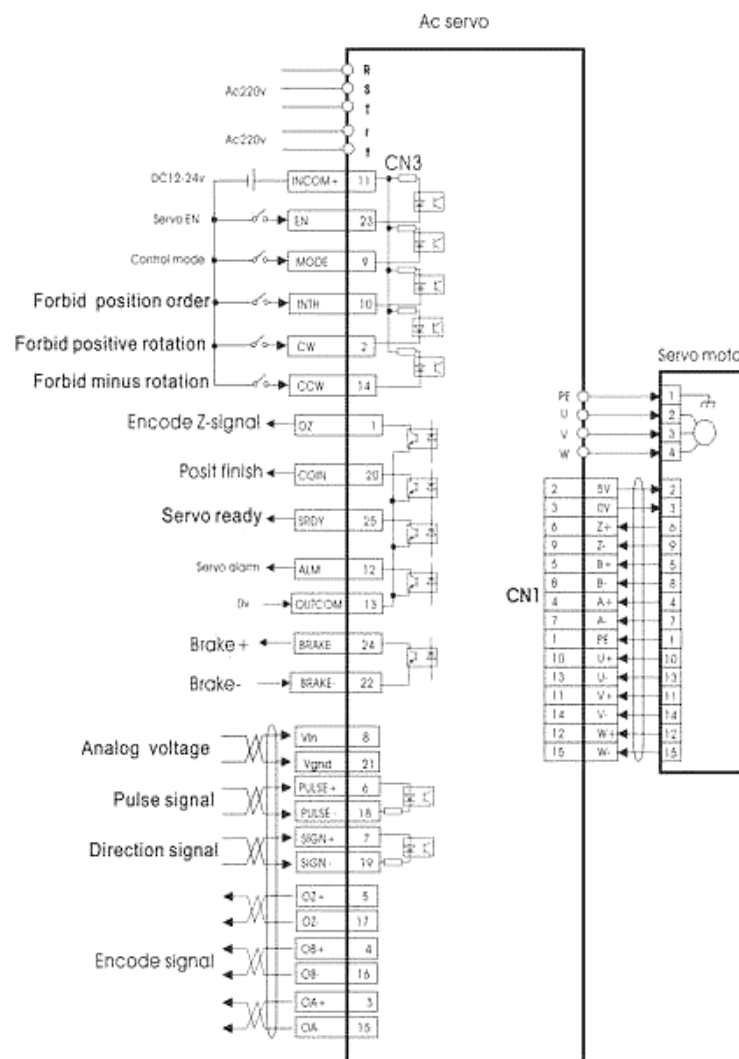
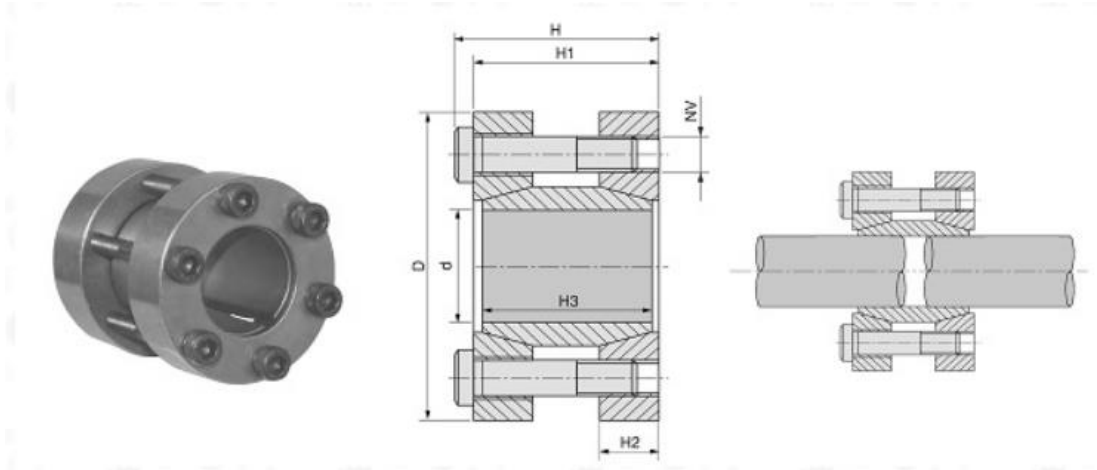


Рис.3.12. Принципова схема серводрайверу SZGH-503 AC

Важливим при модернізації приводів подач також є передавання крутного моменту. Якщо у випадку із поперечною подачею використовується звичайна шпонкова муфта, що не викликало технічних труднощів. Для передачі крутного

моменту повздовжніх переміщень довелося використати спеціалізовану муфту. Це обумовлено відсутністю технічної можливості встановлення серводвигуна на місце старого двигуна постійного струму. Його установка відбувається з іншої сторони, де відсутній шпонковий паз. Загальний вигляд муфти показано на рис 3.13.



3.13. Загальний вигляд безшпоночної муфти

3.4. Модернізація револьверної головки

Револьверна головка призначена для встановлення на неї шести різців та трьох інструментальних блоків, є земною. Її закріплено на поперечному повзунку і вона має вісь обертання та є шестипозиційною. Креслення револьверної головки показано на рис.3.14.

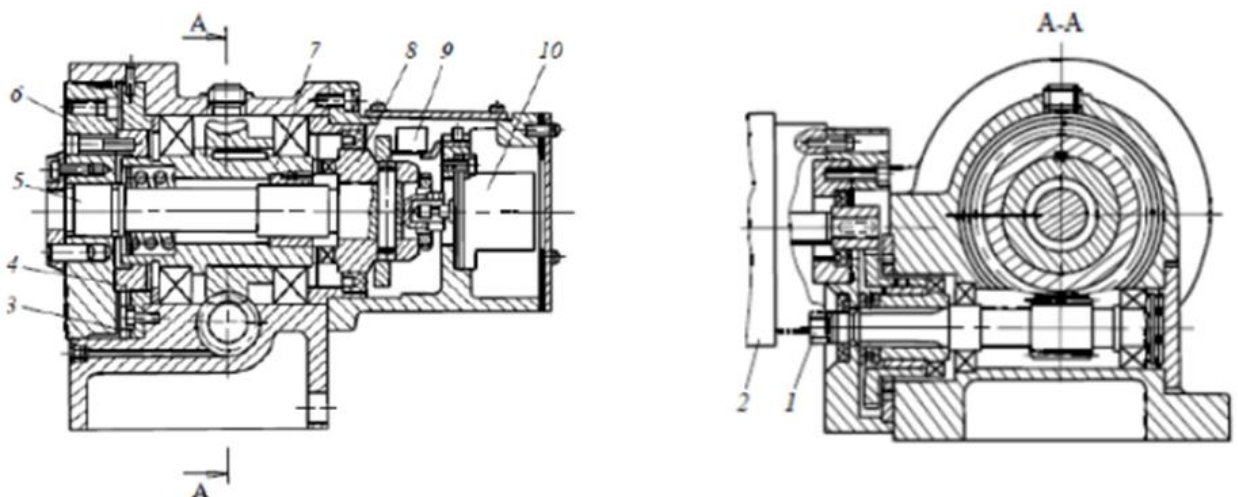


Рис. 3.14. Креслення револьверної головки

Револьверна головка встановлюється на вихідному валу 5 і пов'язана з допомогою рухомого елемента 6 з муфтою. Для того, щоб здійснити поворот і затискач інструментальної головки вручну є шестигранною головка на валу 1. Автоматичний поворот здійснюється через черв'ячну передачу від електродвигуна 2. У цьому випадку через вал напівмуфти 7 8 обертання передається на вал 5. Поворот головки контролюється датчиком 10 при цьому складові напівмуфти розчіплюються та здійснюється поворот. Після цього відбувається реверсування обертання електродвигуна, вал муфти обертається в інший бік і одна із складових напівмуфти фіксується. При цьому кінцевий вимикач 9 спрацьовує та подає сигнал у систему керування. У цьому випадку електродвигун вимикається та починається робочий цикл. При роботі з інструментальною головкою необхідно стежити за розташуванням різців та блоків на ній, нерівномірне розташування або погане закріплення може призвести до дисбалансу обертання, що викликає знос та пошкодження.

Модернізація головки розглядається шляхом заміни позиційних датчиків 9 на нові. А саме на датчики CS1-M.



Рис.3.15 Загальний вигляд датчика CS1-M

Технічні характеристики :

Початкове положення:

Офіційно відкритий

Тип датчика:

Герконовий

Робоча напруга (AC/DC), В:	5 - 240
Максимальний струм, мА:	100
Макс. потужність датчика, Вт:	10
Кабель:	Діаметр 4 мм, з випрямлячем,
Довжина кабелю м:	2
Індикація:	LED
Макс частота використання, Гц:	200
Діапазон температур, оС:	-10 - 70
Ступінь захисту від вологи та пилу:	IP67

3.5. Модернізація гідравлічних систем

У зв'язку із виходом з ладу частини компонентів гідроагрегатів було прийнято рішення провести часткову модернізацію системи замащування направляючих та системи змащування шпиндельного вузла.

Спершу було виявлено несправності, а саме несправність гідророзподільників типу РХО 6341-024/00АМ та РХ06-574А1-024/00АМ і підібрано сучасні аналоги, які безпроблемно встановлюються на розподільчий гідроблок.

В якості аналогів обрано розподільники компанії Stasto типу RPE3-063Y11/02400E1.

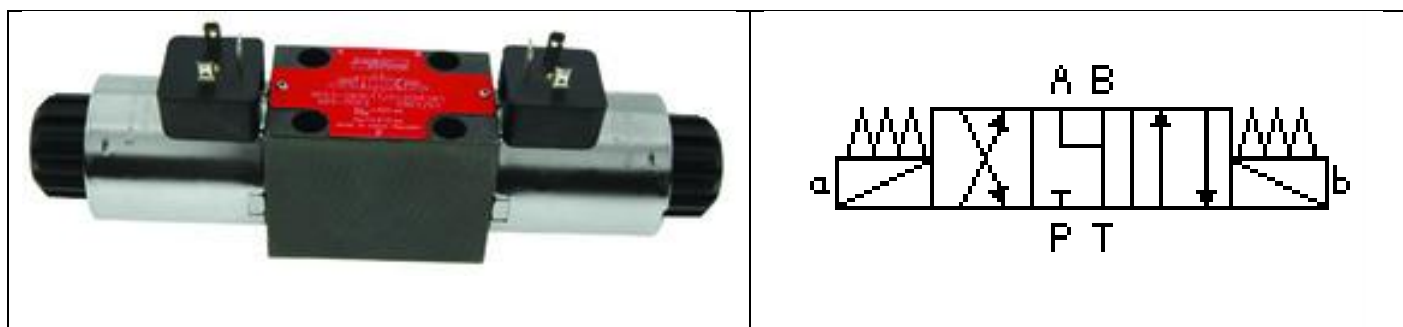


Рис.3.16. Загальний вигляд та схема розподільника RPE3-063Y11/02400E1.

Для спрощення обслуговування верстату застарілий масляний фільтр 0,04С42-54А УХЛ4 замінено на сучасний Рі 2202-58 VERP, який включає в собі датчик тиску мастила для зворотного зв'язку та відстежування роботи маслостанції.



Рис. 3.17 Загальний вигляд Рі 2202-58 VERP

Також для контролю тиску мастила в маслостанції, що відповідає за змащування направляючих було підібрано та вмонтовано Реле давления РД-23.

3.6. Висновки до розділу

Проведені розрахунки та використані у цій роботі підходи дозволили здійснити якісний підбір необхідних комплектуючих для модернізації токарного верстату 16K20Ф3 компонентів. Але встановлення деяких із них потребує також проектування та виготовлення вузлів, кронштейнів, корпусних деталей, адже через застарілість

неможливо підібрати усі компоненти таким чином, щоб не доопрацьовувати конструктивні частини верстату.

Розділ 4. Конструкторський розділ

4.1. Створення корпусу блоку керування

Конструкторський розділ у цій роботі варто розглядати як допоміжний. Такий, у якому розглядається питання проектування необхідних для модернізації кронштейнів та інших частин. Насамперед для встановлення нових компонентів із листової сталі товщиною 2 мм нами було розроблено корпус для системи керування верстатом рис 4.1.

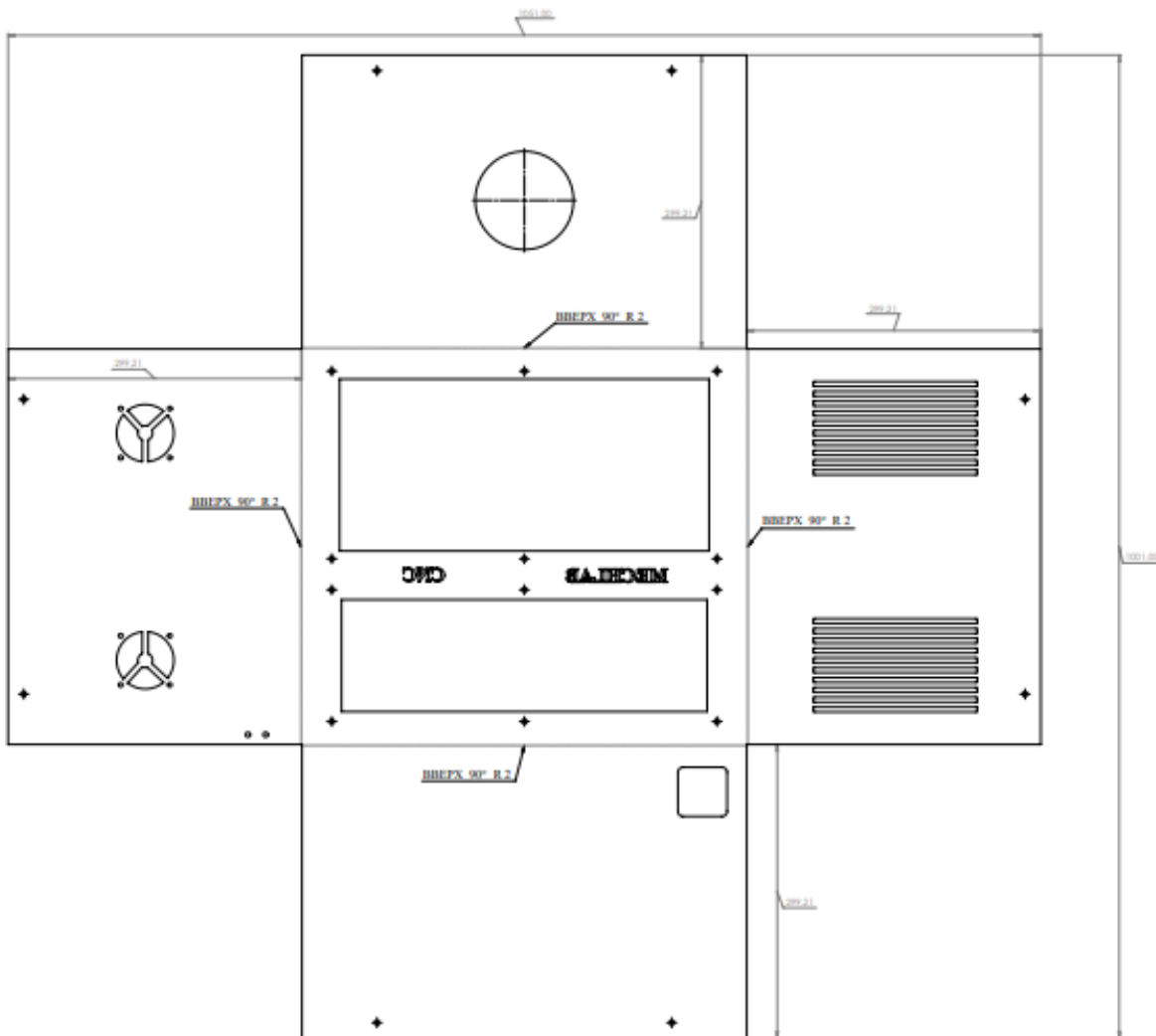


Рис 4.1. Креслення корпусу для системи керування

Корпус із листової сталі дозволить не тільки захистити блок керування, а й за допомогою вмонтованої у ньому системи циркуляції повітря забезпечити необхідну температуру всередині. Також монтаж корпусу передбачається на рухомому шарнірі, який дозволить його переміщення вздовж станини верстату і забезпечить мобільність його використання.

Задня стінка корпусу також виготовлена із листової сталі 2мм із загнутими в середину краями для надійної фіксації гвинтами. Креслення стінки показано на рис.4.2.

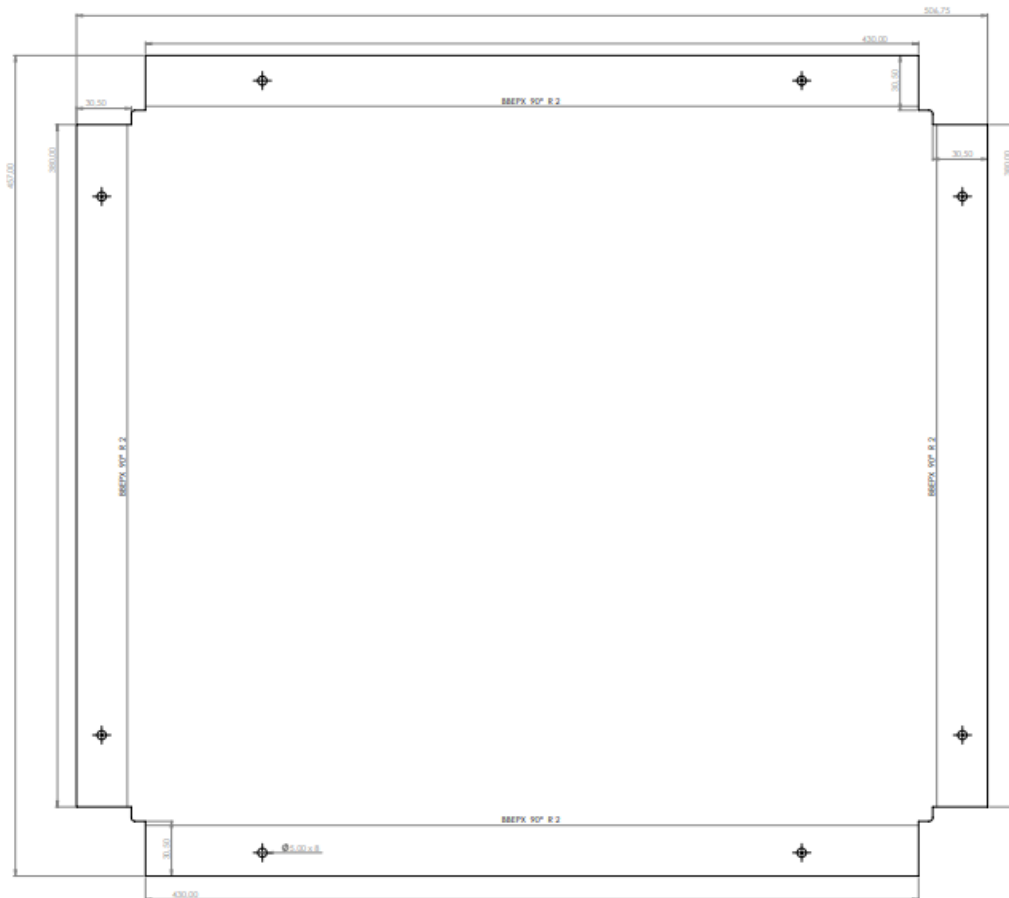


Рис. 4.2. Креслення задньої стінки корпусу системи керування

4.2. Перехідна пластина двигуна поперечної осі подач

Заміна приводу осі поперечної подачі окрім замовлення нової муфти (конструкцію не розглядаємо, тому що вона стандартна), потребує виготовлення перехідної пластини для кріплення двигуна. Зважаючи на той факт, що штатний двигун має інший тип фланця, а також передача обертального моменту здійснювалася

через зубчасте зачеплення, технологічно не можливо провести кріплення двигуна без заміни пластини.

Проектування пластини проводимо у програмному середовищі Solidworks, зважаючи на той факт, що штатний двигун мав таку ж потужність, як підібраний нами аналог, для забезпечення необхідної жорсткості використовуємо такі ж параметри пластини, які були у штатної.

Основним параметром в нашому випадку виступають товщина та марка матеріалу. Товщину обираємо методом аналогів, вона складає 20 мм. Креслення перехідної пластини показано на Рис. 4.3.

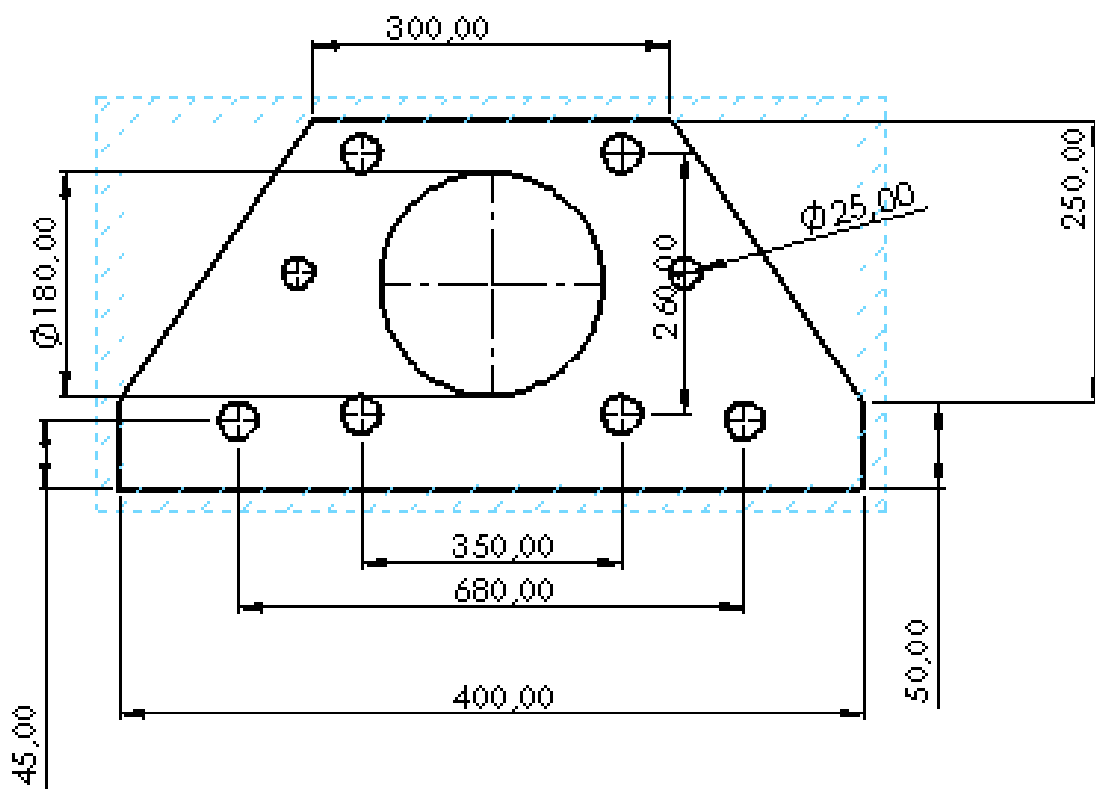


Рис. 4.3. Креслення перехідної пластини

4.3. Кронштейн для двигуна повздовжньої подачі

Найбільш трудомістким і технологічно важким в процесі модернізації є виготовлення кронштейну для кріплення двигуна повздовжніх подач. Найперше це

обумовлено необхідністю забезпечити високу жорсткість, яка має протистояти деформаціям, які виникають в момент передачі крутного моменту від двигуна на гвинт через муфту.

Для проектування кронштейну також користуємося програмним середовищем Solidworks, при проектуванні враховуємо максимальний крутний момент, він дорівнюватиме 40 Н·м. Модель розробленого кронштейну показано на рис.4.4.



Рис. 4.4. Креслення кронштейну двигуна

4.4. Висновки до розділу

У програмному середовищі Solidworks розроблено конструкцію перехідної пластина двигуна поперечної осі подач, також розроблено конструкцію корпусу блоку керування .

Розроблено конструкцію кронштейна для кріплення двигуна повздовжньої подачі.

Загальні висновки.

У проведеній роботі було проаналізовано конструкцію верстата 16K20Ф3 та його основні частини, вузли та системи (електричну, гідравлічну та механічну).

Встановлено, що основним недоліком верстату є технічно та морально застаріла система подач та керування верстатом.

В ході аналізу інформаційних джерел було визначено напрямки модернізації верстату. Для проведення модернізації було проаналізовано параметри основних вузлів.

Було проведено математичні розрахунки параметрів комплектуючих для їхнього підбору.

Обрано комплектуючі, що наявні на ринку, на основі проаналізованих технологічних можливостей та виконання розрахунки, що в комплексі дозволило оцінити якість проведеного підбору.

У програмному середовищі Solidworks розроблено конструкцію перехідної пластина двигуна поперечної осі подач, також розроблено конструкцію корпусу блоку керування .

Розроблено конструкцію кронштейна для кріплення двигуна повздовжньої подачі.

В цілому виконана модернізація, розрахунок та проектування необхідних для монтажу конструкцій та елементів, дозволили значно підвищити ефективність використання верстату, скоротивши допоміжний час на виробництво.

Список літератури

1. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчально-методичний посібник / В.В. Ковальов, Л.Г. Полонський, В.В. Серов та ін.; – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 211 с.
2. Ю. В. Булига, Н. Р. Веселовська, В. П. Міськов. «Теорія різання. Розрахунок режимів різання» / Ю. В. Булига, Н. Р. Веселовська, В. П. Міськов. – Вінниця: ВНТУ, 2019.
3. Горбатюк Є. О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д., Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: «Новий світ- 2000», 2009 – 358 с.
4. Яновський В.А., Сніцар В.Г. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 120 с.
5. Василюк Г.Д., Лоев В.Ю., Мельничук П.П. Конструювання, розрахунок та експлуатація токарних верстатів з ЧПК: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 2001. – 236 с
6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів.: Світ, 1996. – 368 с.
7. Виговський Г.М. Теорія різання: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖДТУ, 2006. – 326 с.
8. Железна А.О., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 2002. – 624 с
9. Полонський Л.Г., Іванов В.П. Технологія ремонту та відновлення: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 2003. – 278 с.
10. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: Підручник. – Житомир.: ЖДТУ, 2005. – 924 с
11. Буц Б.Д., Приходько В.Є., Ткачов Ю.В. Розрахунок режимів різання металів /1986 р