

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» червня 2022 р.

**РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ
МОДУЛЬНОГО ВЕРСТАТА**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Максим БЕСЕДІН

Керівники

Віталій ІВАНОВ

Юстина ТРОЯНОВСЬКА

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВЕРСТАТИ МОДУЛЬНОГО КОМПОНУВАННЯ У СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	5
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	8
2.1 Службове призначення комплекта	8
2.2 Багатокоординатний токарний верстат.....	9
2.2.1 Службове призначення.....	9
2.2.2 Технологічні можливості	10
2.2.3 Основні структурні елементи	10
2.3 Багатокоординатний фрезерний верстат	15
2.3.1 Службове призначення.....	15
2.3.2 Технологічні можливості	16
2.3.3 Основні структурні елементи	17
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	22
3.1 Складання багатокоординатного токарного верстата.....	22
3.1.1 Технологічний процес складання модуля базового	22
3.1.2 Технологічний процес складання модуля поздовжнього переміщення	23
3.1.3 Технологічний процес складання модуля поперечного переміщення	23
3.1.4 Технологічний процес складання модуля поворотного	24

					<i>ТМ 18510159-00 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розроблення цифрової моделі та процесу складання модульного верстата</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
<i>Розроб.</i>		<i>Беседін М.Е.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Іванов В.О.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>					<i>СумДУ, ТМ-81/1</i>			

3.1.5	Технологічний процес складання модуля підтискного	25
3.1.6	Технологічний процес складання багатокординатного токарного верстата	25
3.2	Складання багатокординатного фрезерного верстата.....	27
3.2.1	Технологічний процес складання модуля базового	27
3.2.2	Технологічний процес складання модуля поздовжнього переміщення	28
3.2.3	Технологічний процес складання модуля поперечного переміщення	29
3.2.4	Технологічний процес складання модуля вертикального переміщення	29
3.2.5	Технологічний процес складання модуля поворотного	30
3.2.6	Технологічний процес складання багатокординатного фрезерного верстата	31
4	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ОБРОБЛЕННЯ.....	33
4.1	Приклад оброблення деталі типу вали.....	33
4.2	Приклад оброблення деталі типу кронштейни	36
	ВИСНОВКИ	41
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	42
	ДОДАТКИ.....	44

ВСТУП

У наш час світове верстатобудування налічує чимало конструктивних рішень. Виконавши аналіз компонувань металорізальних верстатів, можна стверджувати, що верстати з різними типами конструкцій можуть бути скомпоновані однаково, і, навпаки. Для здійснення поставленої задачі необхідно відокремити компонувальні чинники верстатів від факторів, які мають вплив на конструкційну розробку вузлів.

Під компонуванням розуміється система розташування модулів і напрямних верстата, що мають різну структуру, пропорції та властивості.

Модуль – це конструктивно і функціонально закінчена одиниця, що є складовою частиною загальної конструкції спроектованого верстата. У машинобудуванні розрізняють наступні модулі:

Технологічний модуль – це «технологічна структурна одиниця компонування» або найменша сукупність блоків компонування верстата, що дозволяють виконання певної операції.

Конструкторський модуль – це одиниця уніфікації верстата. Під конструктивним модулем мається на увазі як функціонально, так і конструктивно незалежну одиницю, яку можна використовувати індивідуально і в різних поєднаннях з іншими модулями.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ВЕРСТАТИ МОДУЛЬНОГО КОМПОНУВАННЯ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Машинобудівна промисловість постійно має справу з турбулентними ринковими умовами, які впливають на виробничі потреби. Для отримання конкурентних переваг, компанії мають швидко реагувати на попит у напрямку індивідуальних замовлень [1,2].

Принцип модульних і переналагоджуваних верстатів може бути необхідним кроком на шляху до задоволення вимог сучасних ринків щодо швидкозмінюваних продуктів і виробничих специфікацій. Саме тому це питання було сформульовано як одна з важливих проблем машинобудівного виробництва. Використання верстатів відповідно до вимог виробництва передбачає економічні вигоди. У разі модульного компонування, обладнання також має певні переваги з точки зору екологічності. Таким чином, модульне обладнання сприяє сталому розвитку машинобудування [3].

Модульні виробничі системи стали ефективним засобом підвищення конкурентоздатності та адаптивності виробничих систем. Вони складаються зі збірних компонентів (модулів), які можуть впорядковуватися з метою відповідності до вимог оброблення з мінімальними або неповторюваними витратами вартості.

Здатність до зміни конфігурації (переналагодження) верстатів дозволяє швидко адаптуватися до різних виробничих умов, що часто змінюються. Металорізальне обладнання, як правило, потребує значних капіталовкладень. Ще однією перевагою є потенціал до зниження вартості оброблення, оскільки одна виробнича система може призначатися для різних виробничих завдань [4].

Часті зміни вимог споживачів є предметом сьогоденішнього виробничого середовища [5]. Загальна мета машинобудівних виробників – зробити максимальний прибуток, забезпечуючи замовників продукцією, а, отже, якість продукції і вартість виробництва та остаточна ціна є важливими факторами.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки зараз покупець часто віддає належне високій якості продукції як функції продукту, то вартість виробництва є лише часткою загальної вартості.

Одним із підходів до здійснення змін у виробничих системах – це модульні системи [10]. Концепція модульного підходу вимагає розроблення архітектури системи, оскільки система може легко модифікуватися шляхом складання різних модулів. Модульний підхід передбачає, що топологія системи може змінюватися шляхом видалення або додавання модулів. Таким чином, кількість завдань, які можуть бути виконані, збільшується до невизначеності.

Через стрімкий розвиток технологій в машинобудуванні, перед інженерами-конструкторами та інженерами-технологами виникає задача вирішення ряду виробничих питань, зокрема щодо динамічної складової конструкцій, силового навантаження, температурних режимів тощо.

Необхідно мати на увазі той факт, що структурні елементи замкненої технологічної системи «верстат – верстатний пристрій – інструмент – деталь» мають безпосередній вплив на ефективність виготовлення деталей у машинобудівній промисловості.

Зазвичай, металорізальне обладнання, спроектоване на загальноприйнятому підході, достатньо ефективне, але у випадках із широкою номенклатурою виробів або великою кількістю операцій, які потрібно виконати, набагато доцільніше застосовувати обладнання модульного компонування, особливо з економічної точки зору.

Виходячи з вищеперерахованих факторів, у даній роботі обрано модульний підхід, як один із актуальних та ефективних способів реалізації процесів виготовлення деталей машин.

Виділяють два основні принципи побудови модульного металообробного обладнання:

- 1) Уся комплектація верстата базується на «основному» компоненті компонування («основа», «станина»). Верстатобудівна компанія керується принципом створення однієї основи та широкої номенклатури різних модулів, вибір яких вже залежить від специфіки

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510159-00 ПЗ				

замовлення. Такі верстати зазвичай називають «агрегатними». Виробництвом модульного обладнання за таким принципом займаються компанії LNL Machine Tools, INC., UNITECH Company Group, Josef Fill Company, MIKRON, HURON GRAFFENSTADEN та ін.

- 2) Верстат складається з різних складових частин, серед яких важко визначити одну основну. Ключовим моментом цього підходу є можливість компонування широкої номенклатури готових вузлів у верстат без значних труднощів. Компонування верстата залежить від особливостей замовлення. Виробництво за таким підходом здійснює, наприклад, компанія Shenzhen Zhouyu Intelligent Technology Co., LTD.

Застосування модульного принципу побудови верстатів, особливо за другим принципом дозволяє:

- скоротити час розроблення, проектування та виготовлення верстатів для оброблення встановленої номенклатури деталей з отриманням заданих технічних та технологічних характеристик;
- знизити вартість металорізальних верстатів за рахунок стандартизації та уніфікації елементів;
- збільшити надійність роботи верстата за рахунок відпрацьованості модулів, що входять до нього, і найбільшої відповідності даної конструкції модулів до виконуваної задачі;
- підвищити точність верстата;
- підвищити гнучкість верстатів за рахунок можливості їх більш швидкого перекомпонування для конкретних виробничих умов;
- покращити умови експлуатації та ремонтпридатність за рахунок зменшення різноманітності елементів комплекту.

					<i>ТМ 18510159-00 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Службове призначення комплекта

Службове призначення комплекта напряду залежить від напрямку його використання. Даний комплект підходить як для впровадження у навчальний процес, так і для використання в дослідному та одиничному виробництві.

Комплект складається зі 112 найменувань деталей та стандартних виробів, за допомогою яких можливе складання 17-ти різних компонувань, а саме: зубофрезерний верстат; ділильний верстат; вертикально-свердлильний верстат; горизонтально-фрезерний верстат; верстат з лобзиковою пилою та дугоподібною консоллю; верстат для бісеру, а також 3 компонування токарного верстата для оброблення металу; 3 компонування токарного верстата для оброблення дерева; 3 компонування шліфувального верстата та 2 компонування вертикально-фрезерного верстата. Максимальна кількість компонувань, які можливо скласти одночасно – 3 компонування. Деталі комплекту можна умовно розділити на три групи, а саме: деталі базові, кріпильні та напрямні. Дані розподілу за кількістю найменувань зображено на рисунку 2.1.

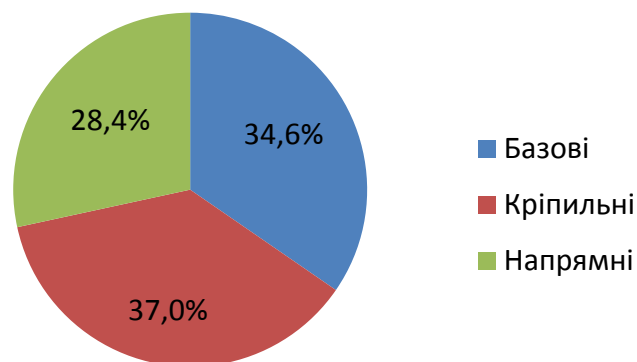


Рисунок 2.1 – Розподіл деталей комплекту

Комплектність даного комплекту приведена у додатку А. У таблиці 2.1 наведено основні технічні параметри комплекта.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Основні технічні параметри комплекта

Робоча напруга, В	Потужність приводу, Вт	Частота обертання токарного/фрезерного шпинделя, об/хв
12	35	20000/12000

Інші характеристики та елементи залежать від конкретного компонування.

Незалежно від компонування комплект орієнтовано на одиничне виробництво. Також слід відмітити, що даний комплект не поступається універсальним верстатам за продуктивністю.

Даний комплект є досить практичним, не дивлячись на те, що основні елементи конструкції виконані з алюмінію. Комплект орієнтований на тривале використання із частими переналагодженнями. Комплект дозволяє реалізувати наступні способи оброблення: токарне оброблення, шліфування, фрезерування, свердління, оброблення отворів тощо.

2.2 Багатокоординатний токарний верстат

2.2.1 Службове призначення

Токарне оброблення – це один із основних видів оброблення, що дозволяє реалізувати комплект. За допомогою токарного компонування можлива реалізація великої кількості технологічних можливостей. До основних переваг токарного компонування зазначити наступне. За допомогою токарного обладнання можливе оброблення чималої кількості різних поверхонь, наприклад, зовнішні та внутрішні циліндричні гладкі та ступінчасті поверхні, зовнішні та внутрішні конічні поверхні, канавки, отвори, різі та інші.

Токарне компонування забезпечує оброблення деталей типу тіла обертання з максимальним діаметром оброблюваної заготовки – 50 мм. Базування заготовок може здійснюватися по зовнішній циліндричній поверхні

					<i>ТМ 18510159-00 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з установленням у трикулачковий патрон для коротких деталей типу втулки, фланці та інші, або по зовнішній циліндричній поверхні та центровому отвору з установленням у трикулачковий патрон та правий центр відповідно для довгих деталей типу вали.

2.2.2 Технологічні можливості

Розглянуте у роботі токарне компонування може бути використане для оброблення таких матеріалів, як кольорові метали (наприклад, алюміній, мідь та ін.), дерево, фанера, пінопласт, пластмаси, композитні матеріали (вуглеволокно, склопластик та ін.). Технічна характеристика верстата наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика верстата

Характеристика	Значення
Відстань між центрами, мм	135
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	50
Потужність приводу, Вт	35
Напруга живлення, В	12
Діапазон повороту модуля поворотного, град	360
Частота обертання шпинделя, об/хв	20000
Габаритні розміри, мм	220x160x200
Маса, кг	6,5

2.2.3 Основні структурні елементи

Компонування верстата складається з функціональних модулів, під якими розуміється сукупність складальних одиниць та(або) деталей, що виконують єдине функціональне призначення (рисунок 2.2).

Запропоноване компонування складається з модуля базового (рисунок 2.3), модуля поздовжнього переміщення (рисунок 2.4), модуля поперечного переміщення (рисунок 2.5), модуля поворотного (рисунок 2.6), основного шпинделя (рисунок 2.7), задньої бабки (рисунок 2.8) та різцетримача (рисунок 2.9).

					<i>ТМ 18510159-00 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для успішного проектування технологічного процесу складання, необхідно проаналізувати кожний компонент комплекта.

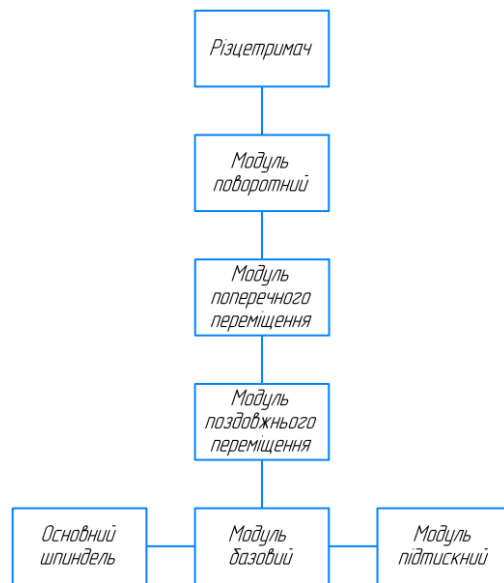


Рисунок 2.2 – Структурна схема багатокординатного токарного верстата модульного компонування

Модуль базовий (рисунок 2.3) складається з основних складових комплекта, що є найжорсткішими елементами даного компонування. Модуль базовий призначений для поєднання інших вузлів та модулів. До складу модуля базового входять колона та два стоякові блоки, поєднані між собою за допомогою з'єднувачів та гвинтів.

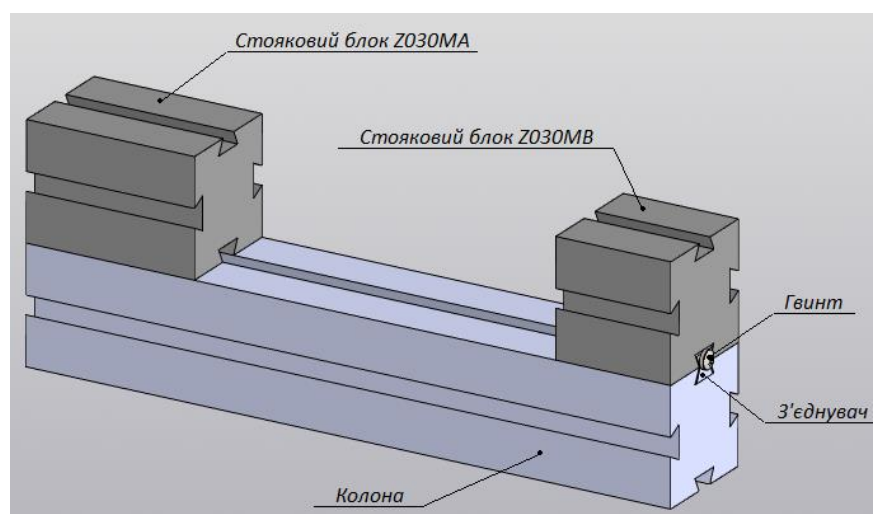


Рисунок 2.3 – Модуль базовий

Основна задача модуля поздовжнього переміщення (рисунок 2.4) – переміщення по осі Z різального інструмента, встановленого у різцетримачі,

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510159-00 ПЗ					

який розміщується у модулі поперечного переміщення. До складу модуля поздовжнього переміщення входять поздовжні напрямні, каретка, ходовий гвинт, планка, яка пригвинчується двома гвинтами, маховичок, який кріпиться гайкою, та ручка.

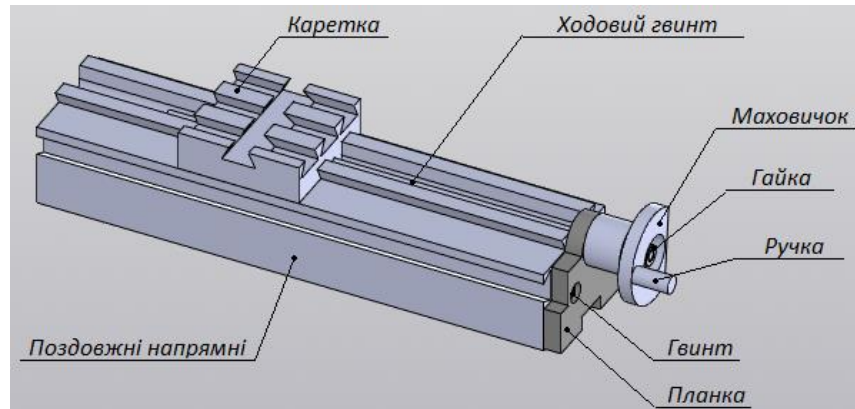


Рисунок 2.4 – Модуль поздовжнього переміщення

Основна задача модуля поперечного переміщення (рисунок 2.5) – переміщення по осі X різального інструмента, встановленого у різцетримачі, який розміщується у модулі поворотному. До складу модуля поперечного переміщення входять поперечні напрямні, ходовий гвинт, планка, яка кріпиться за допомогою двох гвинтів, маховичок, який кріпиться гайкою, та ручка.

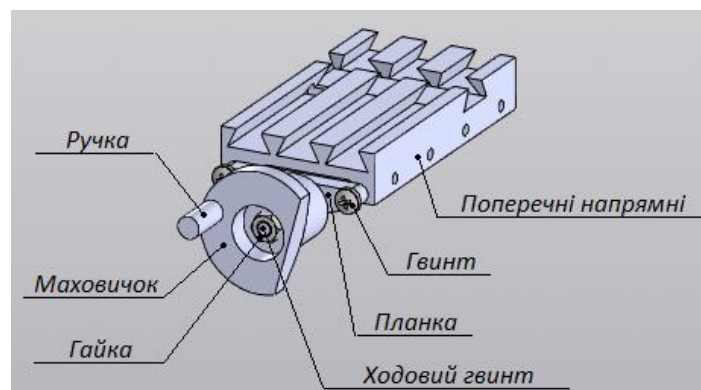


Рисунок 2.5 – Модуль поперечного переміщення

Основна задача модуля поворотного (рисунок 2.6) – це базування різцетримача та його обертання. До складу модуля поворотного входять

поворотний стіл, кріпильна частина, яка загвинчується двома гвинтами, та модуль поперечного переміщення.

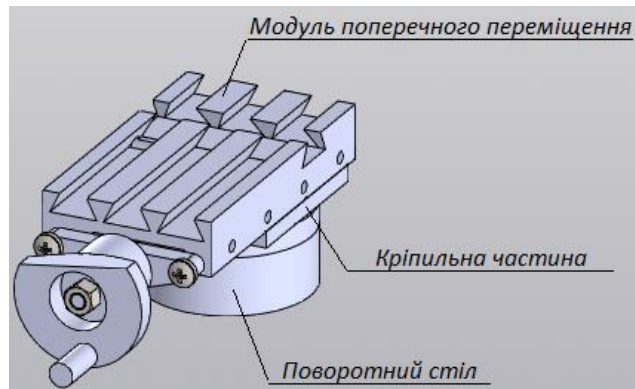


Рисунок 2.6 – Модуль поворотний

Основний шпиндель (рисунок 2.7) являє собою електродвигун, що передає обертання на вал з клиноремінною передачею. Оскільки до складу шпинделя входить електродвигун, модуль не рекомендується розбирати. До основного шпинделя приєднується трикулачковий патрон, який забезпечує базування заготовок у процесі оброблення.

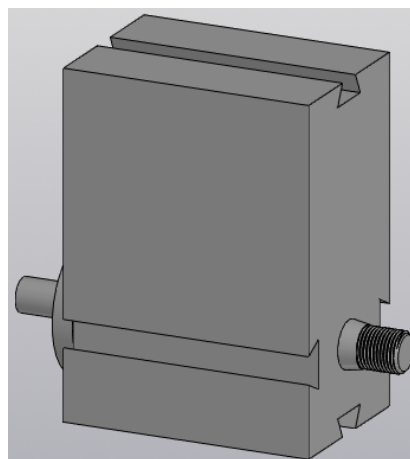


Рисунок 2.7 – Основний шпиндель

Модуль підтискний (рисунок 2.8) слугує для піджиму довгих заготовок за допомогою центру. Модуль підтискний складається з задньої бабки, маховичка

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

та ручки. Важливо забезпечити, щоб модуль підтискний та основний шпindelь були встановлені на одному рівні на модулі базовому.

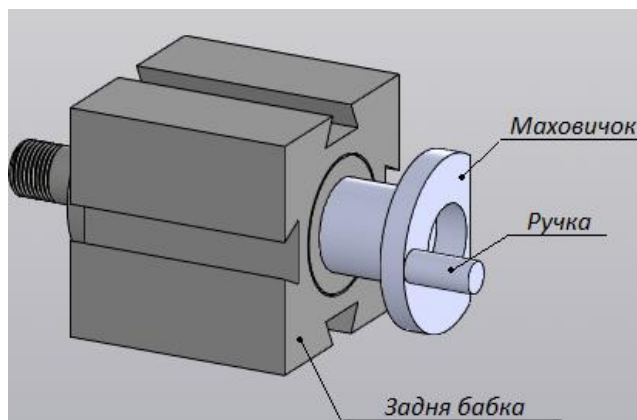


Рисунок 2.8 – Модуль підтискний

Різцетримач (рисунок 2.9) призначений для установлення та фіксації різального інструмента (різця), притискаючи його гвинтами. Завдяки несиметричності конструкції різцетримача, забезпечується 2 позиції, де може бути зафіксований інструмент, причому на різній висоті. Різцетримач встановлюється на модулі поворотному.

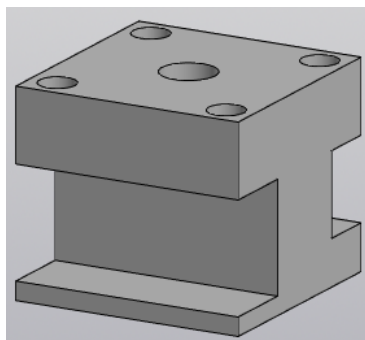


Рисунок 2.9 – Різцетримач

На рисунку 2.10 наведено просторову модель багатокординатного токарного верстата у зборі.

Ретельне закріплення кожного компоненту компонування набуває критичної важливості, оскільки це впливає на жорсткість усього верстата. Складальне креслення верстата і специфікація до нього наведені у додатку Б.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

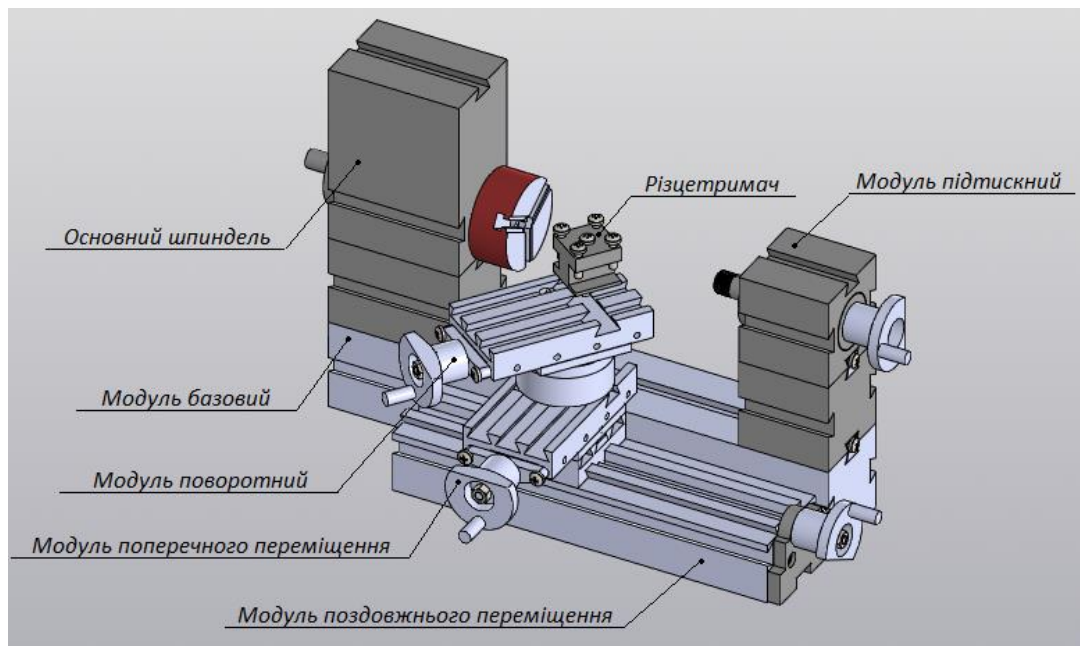


Рисунок 2.10 – Багатокоординатний токарний верстат у зборі

2.3 Багатокоординатний фрезерний верстат

2.3.1 Службове призначення

Фрезерування є одним із основних напрямків використання комплекту. Вертикально-фрезерне компонування дозволяє реалізувати широкий спектр технологічних можливостей. Серед основних переваг цього компонування можна виділити наступне:

- за допомогою фрезерування можливе оброблення чималої кількості різних поверхонь, наприклад площини, уступи, пази, отвори та ін.
- можливе втілення багатокоординатного оброблення;
- головний рух різання може бути як прямолінійний поступальний, так і обертальний.

Фрезерне компонування комплекту може бути представлене на трьох схемах, які наведені на рисунку 2.11.

Схема 1 (рисунок 2.11 а) забезпечує оброблення заготовок призматичної форми шириною не більше 50 мм, закріплених у машинних лещатах із призматичними губками.

											Арк.
											15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510159-00 ПЗ						

Схема 2 (рисунок 2.11 б) забезпечує оброблення деталей типу тіла обертання з базуванням по зовнішній циліндричній поверхні з максимальним діаметром оброблюваної заготовки 50 мм. Багатокоординатне оброблення (можливість обертання трикулачкового патрона та його переміщення) забезпечує інструментальну доступність; дозволяє оброблення поверхонь поза центральної осі деталі (наприклад, оброблення отворів у фланцях).

Схема 3 (рисунок 2.11 в) забезпечує багатокоординатне оброблення деталей типу тіла обертання, розміщених у горизонтальній площині. Це характерно для оброблення лисок, шестигранників, шпонкових пазів та інших елементів.

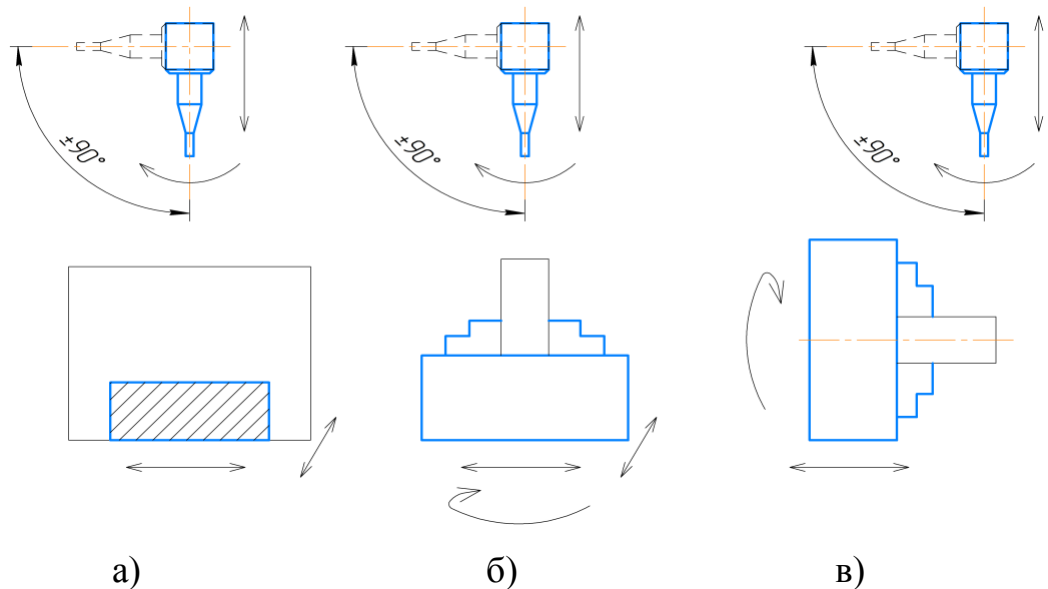


Рисунок 2.11 – Вертикально-фрезерне компонування із закріпленням заготовки у: а - призматичних лещатах; б – трикулачковому патроні з вертикальною віссю обертання; в – трикулачковому патроні з горизонтальною віссю обертання

2.3.2 Технологічні можливості

У роботі розглянуто фрезерне компонування (рисунок 2.11 а) призначене для оброблення таких матеріалів, як кольорові метали (наприклад, алюміній, мідь та ін.), дерево, фанера, пінопласт, пластмаси, композитні матеріали (вуглеволокно, склопластик та ін.). Технічна характеристика верстата наведена у таблиці 2.3.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Модуль базовий (рисунок 2.13) містить основні складові комплекту, що являються найжорсткішими елементами даного компонування. Основна задача модуля базового – поєднання інших вузлів та модулів. До складу модуля базового входять колона та основа, які поєдані між собою за допомогою двопазової гайки та двох гвинтів (на рисунку 2.13 не показані).

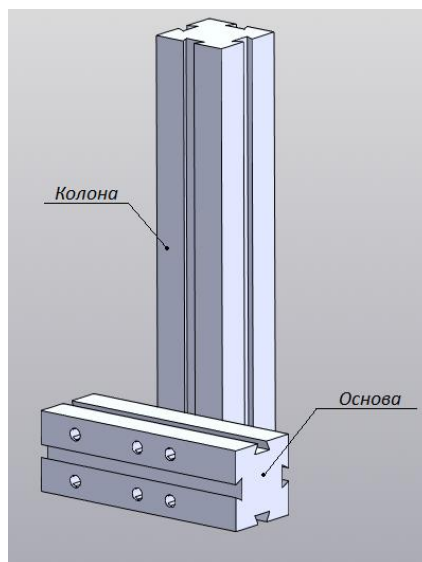


Рисунок 2.13 – Модуль базовий

Модуль поздовжнього переміщення (рисунок 2.14) необхідний у першу чергу для переміщення заготовки по осі X. Окрім цього, модуль поздовжнього переміщення призначений для розміщення модуля поперечного переміщення. Модуль поздовжнього переміщення складається з поздовжніх напрямних, каретки, ходового гвинта, планки, яка пригвинчується двома гвинтами, маховичка, який кріпиться гайкою, та ручки.

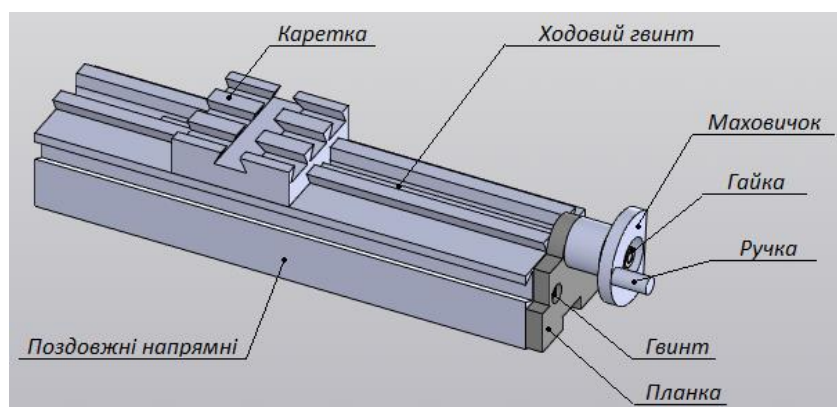


Рисунок 2.14 – Модуль поздовжнього переміщення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510159-00 ПЗ

Арк.

18

Модуль поперечного переміщення (рисунок 2.15) необхідний для переміщення заготовки по осі Y. Окрім цього, модуль поперечного переміщення призначений для базування допоміжного шпинделя. Складовими частинами модуля поперечного переміщення є поперечні напрямні, ходовий гвинт, планка, яка кріпиться за допомогою двох гвинтів, маховичка, який кріпиться гайкою, та ручка.

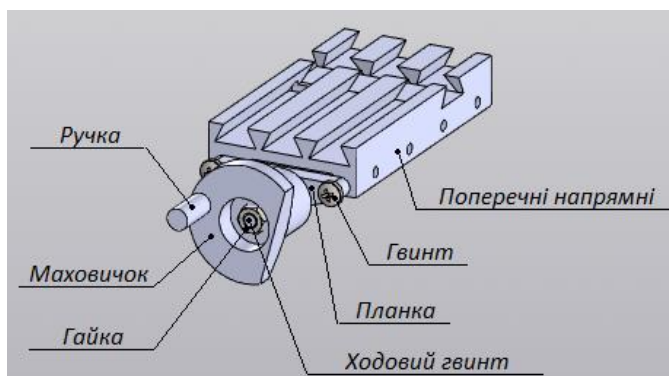


Рисунок 2.15 – Модуль поперечного переміщення

Модуль вертикального переміщення (рисунок 2.16) необхідний для переміщення основного шпинделя по осі Z. Окрім цього, модуль вертикального переміщення призначений для базування поворотного модуля. Модуль вертикального переміщення складається з вертикальних напрямних, каретки, ходового гвинта, планки, яка пригвинчується двома гвинтами, маховичка, який кріпиться гайкою, та ручки.

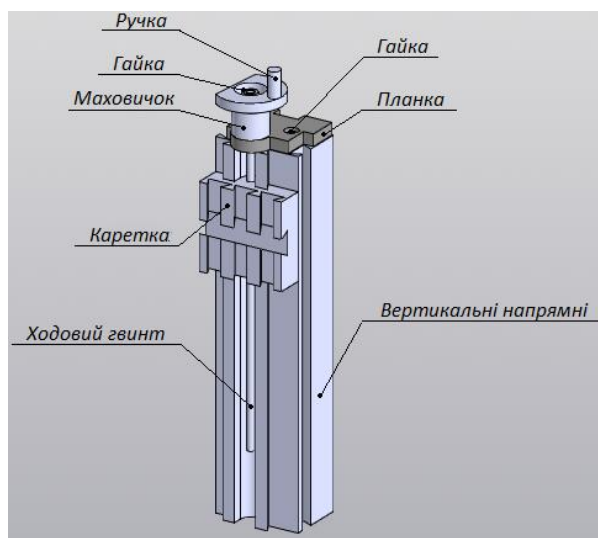


Рисунок 2.16 – Модуль вертикального переміщення

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510159-00 ПЗ				

Модуль поворотний (рисунок 2.17) необхідний для обертання основного шпинделя. Окрім цього, модуль поворотний призначений для базування основного шпинделя. Складовими частинами модуля поворотного є поворотний стіл, кріпильна частина, яка загвинчується двома гвинтами, та модуль поперечного переміщення.

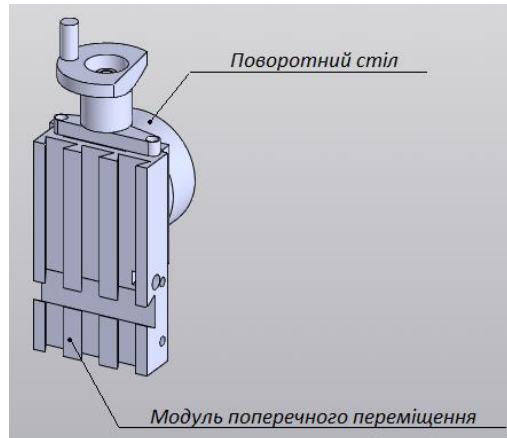


Рисунок 2.17 – Модуль поворотний

Основний шпиндель (рисунок 2.18) являє собою електродвигун, що передає обертання на вал з клиноремінною передачею. Оскільки до складу шпинделя входить електродвигун, модуль не рекомендується розбирати.

Закріплення інструменту виконується за допомогою цанги, що дозволяє використовувати будь-який інструмент із циліндричним хвостовиком діаметром до 8 мм.

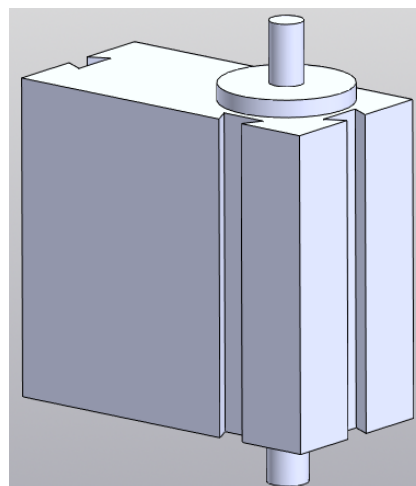


Рисунок 2.18 – Основний шпиндель

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510159-00 ПЗ				

Призматичні лещата (рис. 2.19) необхідні для базування та закріплення заготовок. Призматичні лещата розміщуються на модулі поперечного переміщення. У комплекті призматичні лещата йдуть одразу як складальна одиниця.

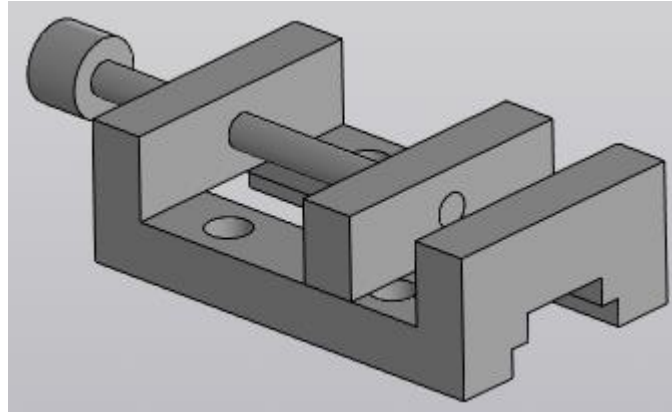


Рисунок 2.19 – Призматичні лещата

На рисунку 2.20 наведено просторову модель багатокординатного фрезерного верстата у зборі.

Ретельне закріплення кожної структурної частини компонування набуває критичної важливості, оскільки це питання жорсткості усього верстата, що впливає на забезпечення точнісних показників при обробленні. Складальне креслення верстата і специфікація до нього наведені у додатку В.

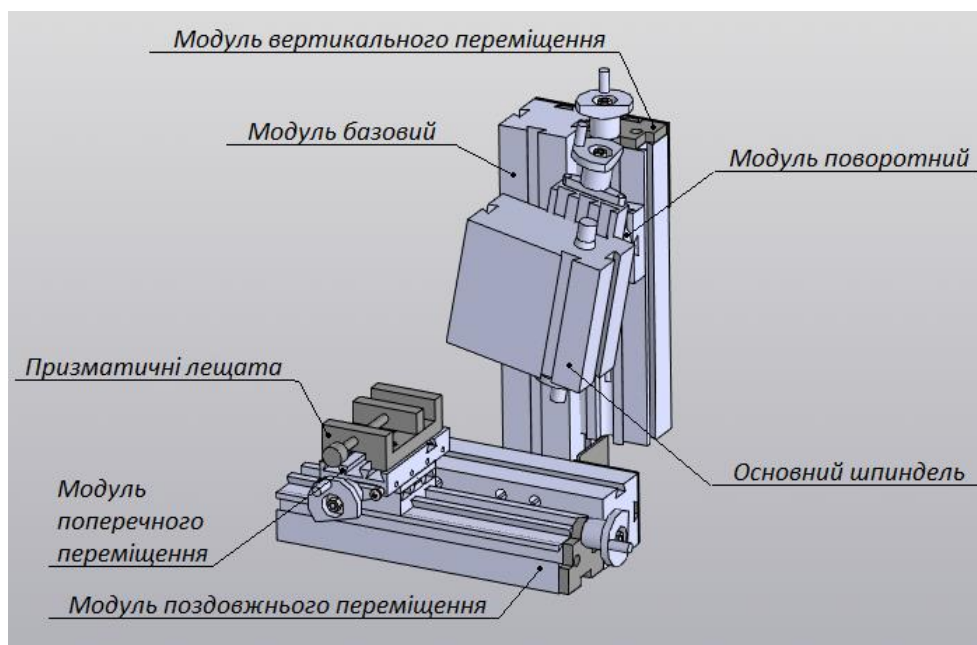


Рисунок 2.20 – Багатокординатний фрезерний верстат у зборі

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510159-00 ПЗ					

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

У роботі розроблено технологію складання багатокординатного токарного та багатокординатного фрезерного верстата. В основу покладено алгоритм, що передбачає попереднє складання окремих вузлів.

3.1 Складання багатокординатного токарного верстата

3.1.1 Технологічний процес складання модуля базового

Розроблена технологічна схема складання модуля базового представлена на рисунку 3.1.

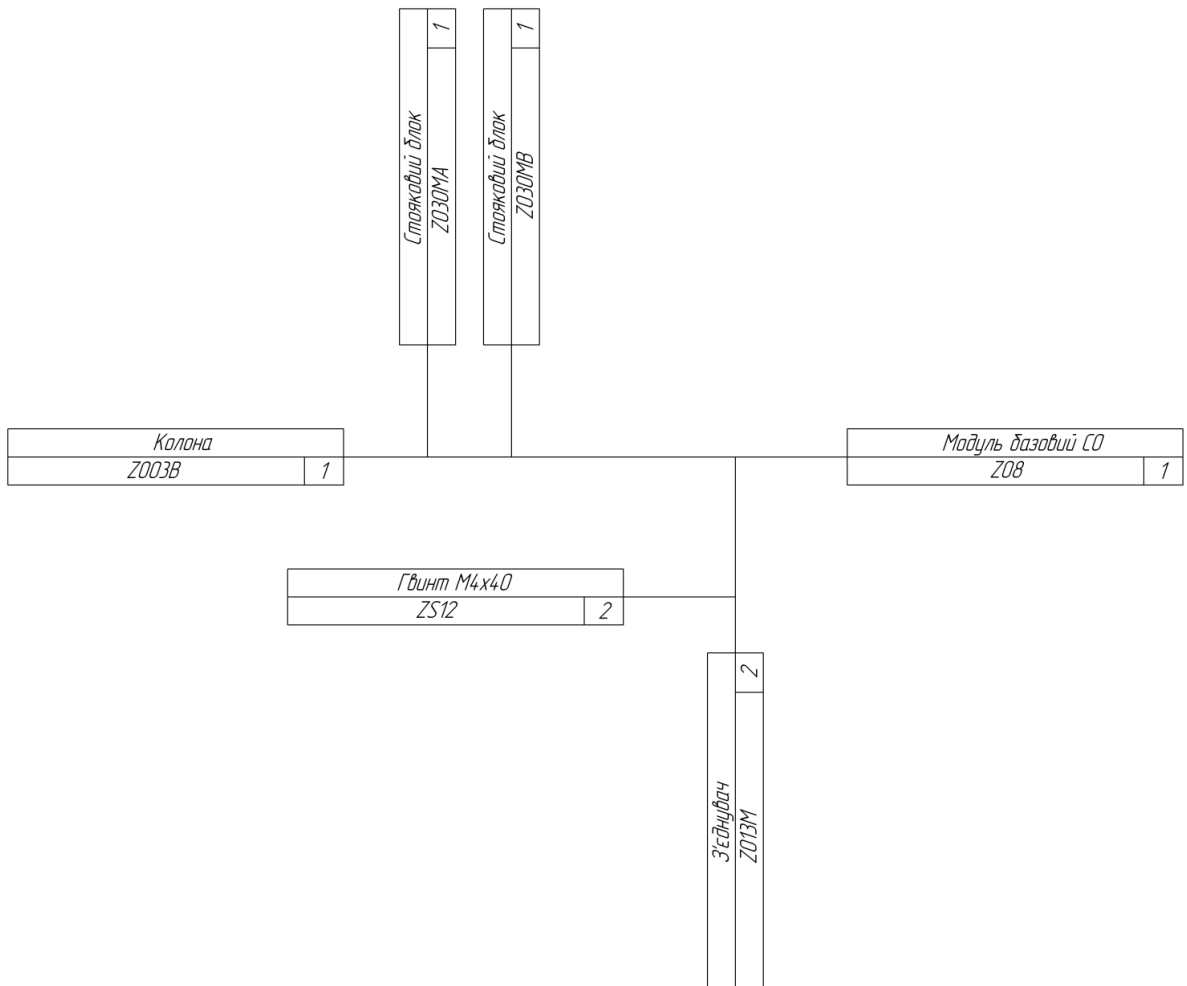


Рисунок 3.1 – Схема складання модуля базового

Процес складання модуля базового починається з приєднання двох стоякових блоків (Z030MA та Z030MB) до колони за допомогою з'єднувачів та

гвинтів. Уніфіковані деталі можуть бути приєднані з будь-якої сторони завдяки їх спеціальній конструкції. Також можливе встановлення пластин для підвищення жорсткості верстата.

3.1.2 Технологічний процес складання модуля поздовжнього переміщення

Розроблена технологічна схема складання модуля поздовжнього переміщення представлена на рисунку 3.2.

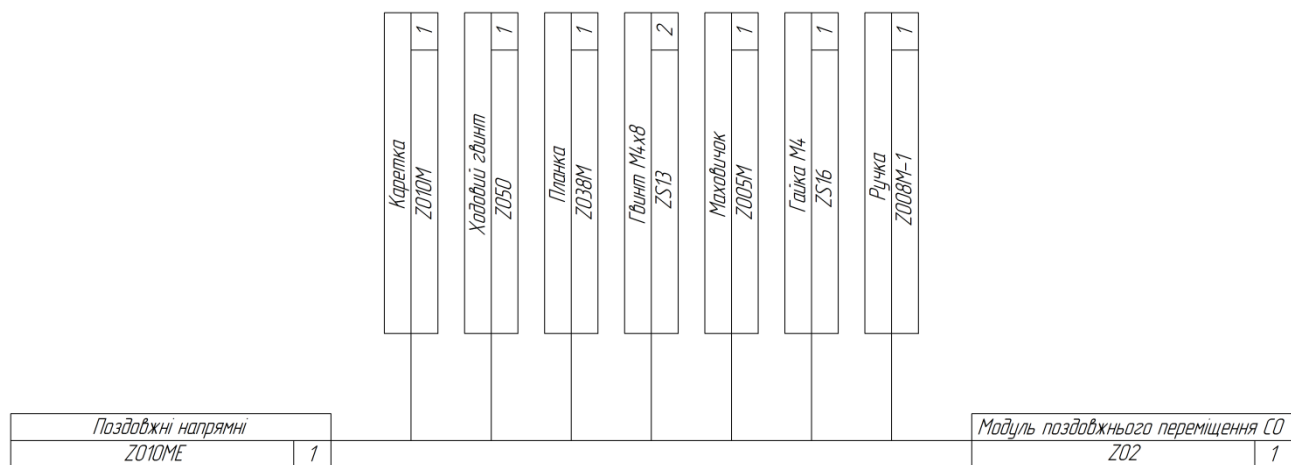


Рисунок 3.2 – Схема складання модуля поздовжнього переміщення

Процес складання розпочинається з розміщення каретки на поздовжніх напрямних. Після цього нагвинчується ходовий гвинт, пригвинчується планка двома гвинтами. Наступним кроком кріпиться маховичок за допомогою гайки. До маховичка пригвинчується ручка.

3.1.3 Технологічний процес складання модуля поперечного переміщення

Розроблена технологічна схема складання модуля поперечного переміщення представлена на рисунку 3.3.

За основу взято поперечні напрямні. Першим кроком розміщується ходовий гвинт, після чого пригвинчується планка двома гвинтами. Наступним

кроком кріпиться маховичок за допомогою гайки. До маховичка пригвинчується ручка.

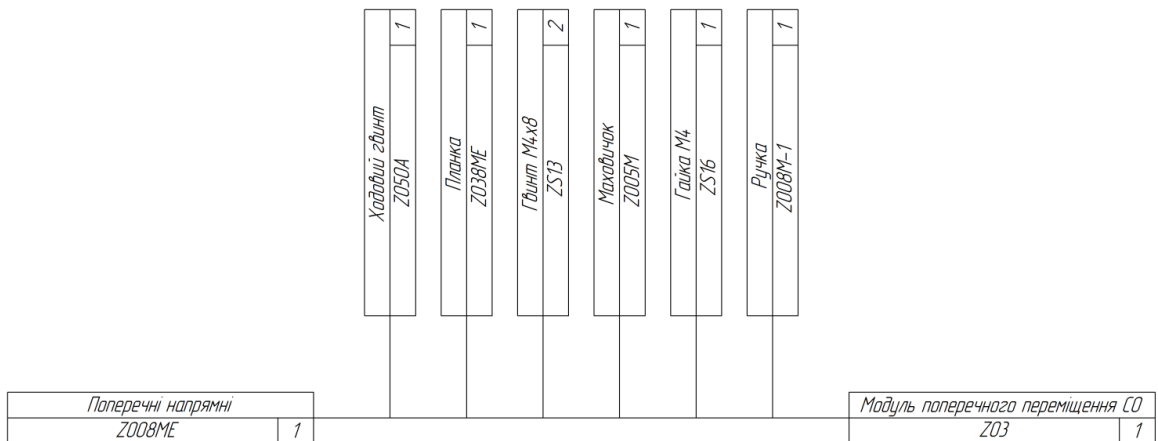


Рисунок 3.3 – Схема складання модуля поперечного переміщення

3.1.4 Технологічний процес складання модуля поворотного

Розроблена технологічна схема складання модуля поворотного представлена на рисунку 3.4.

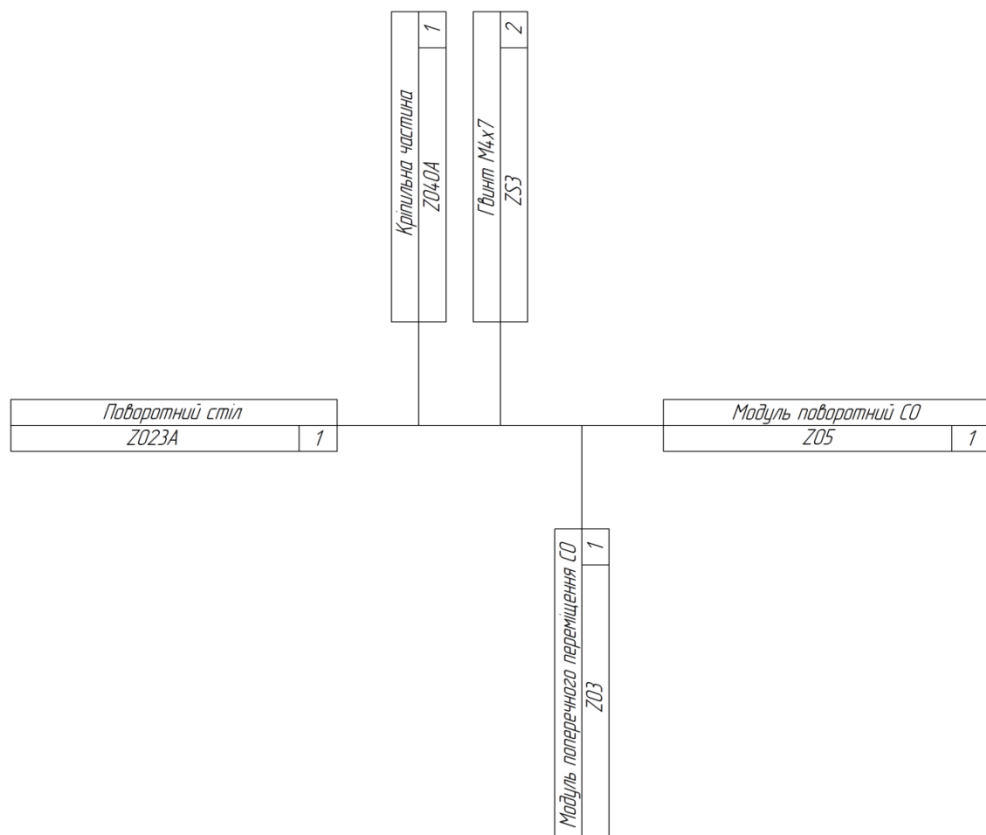


Рисунок 3.4 – Схема складання модуля поворотного

Процес складання розпочинається з пригвинчування кріпильної частини до поворотного стола за допомогою двох гвинтів. Наступним кроком, на кріпильну частину кріпиться модуль поперечного переміщення у зборі.

3.1.5 Технологічний процес складання модуля підтискного

Розроблена технологічна схема складання модуля підтискного представлена на рисунку 3.5.

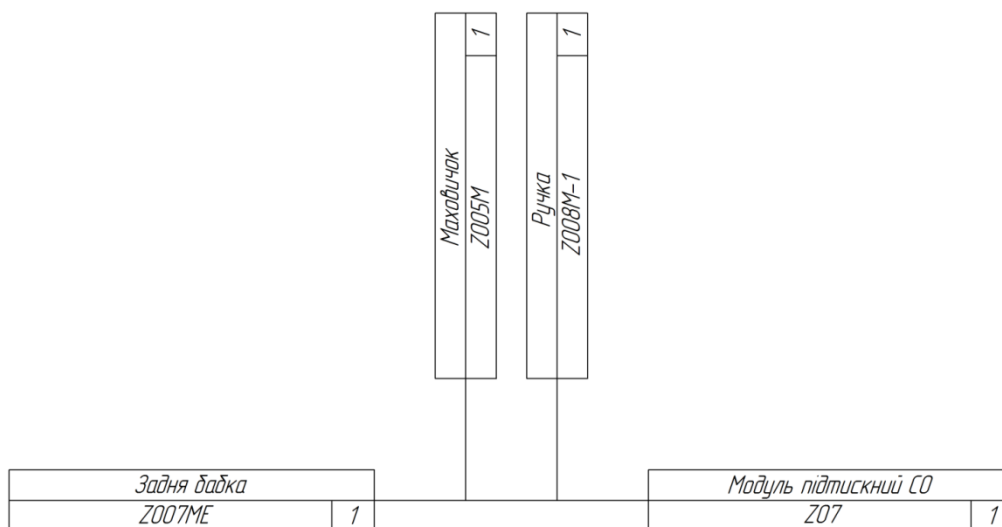


Рисунок 3.5 – Схема складання модуля підтискного

За основу модуля підтискного взято задню бабку, до якої кріпиться маховичок та ручка.

3.1.6 Технологічний процес складання багатокординатного токарного верстата

Розроблена технологічна схема складання токарного верстата у цілому представлена на рисунку 3.6.

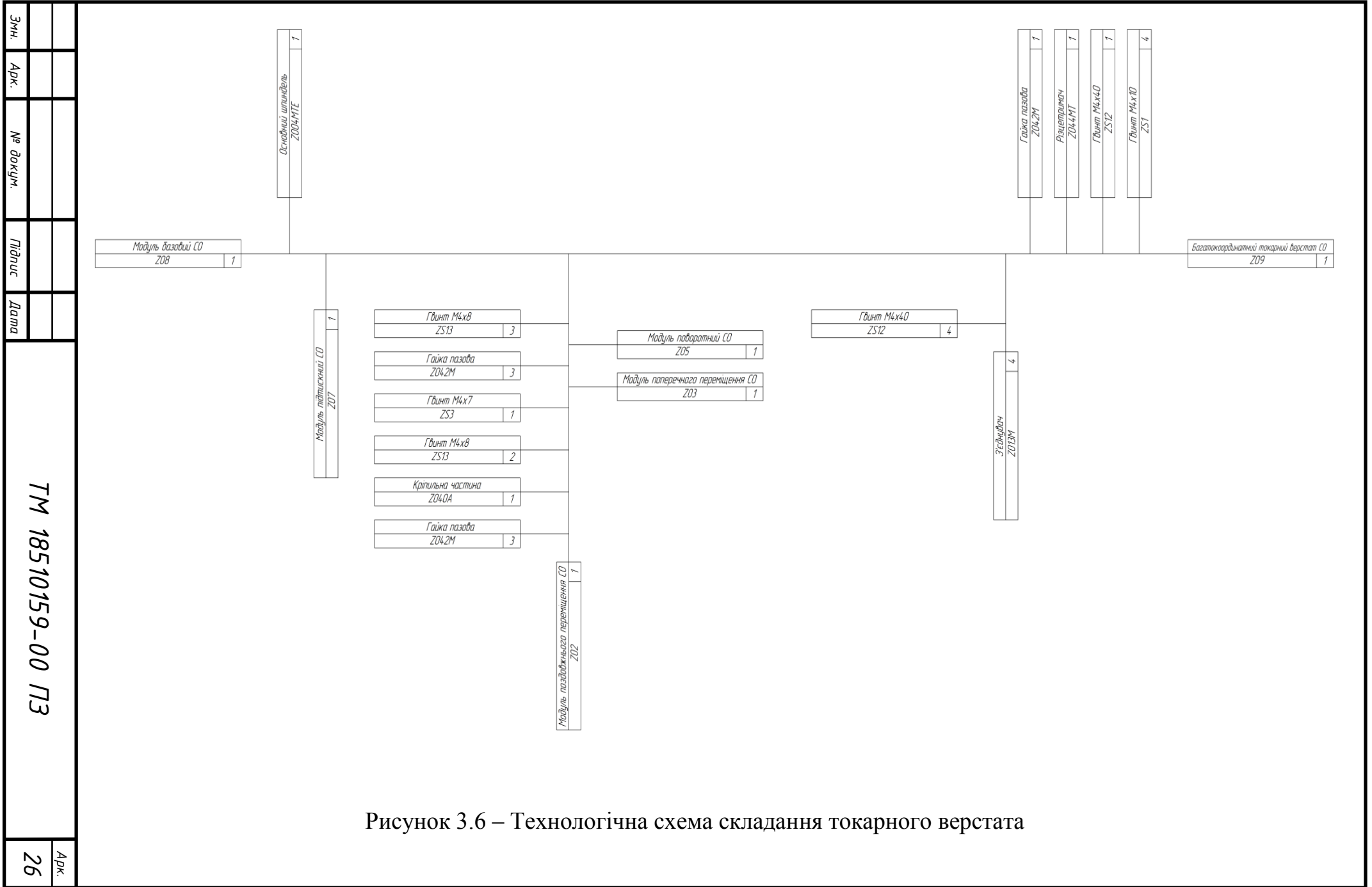


Рисунок 3.6 – Технологічна схема складання токарного верстата

Процес складання токарного верстата розпочинається з приєднання основного шпинделя та модуля підтискного до модуля базового за допомогою з'єднувачів та гвинтів. Наступним кроком, на модулі поздовжнього переміщення встановлюється модуль поперечного переміщення за допомогою кріпильної частини, пазових гайок та гвинтів. Після цього модуль поворотний встановлюється на модуль поперечного переміщення за допомогою пазових гайок та гвинтів. Наступним кроком ці три модулі як складальна одиниця встановлюються до модуля базового за допомогою з'єднувачів та гвинтів. Після цього, різцетримач закріплюється на модулі поворотному за допомогою пазової гайки та гвинта. Комплект документів на технологічний процес складання багатокординатного токарного верстата на бланках МК наведений у Додатку Г.

3.2 Складання багатокординатного фрезерного верстата

3.2.1 Технологічний процес складання модуля базового

Для реалізації процесу складання модуля базового розроблено технологічну схему складання (рисунок 3.7).

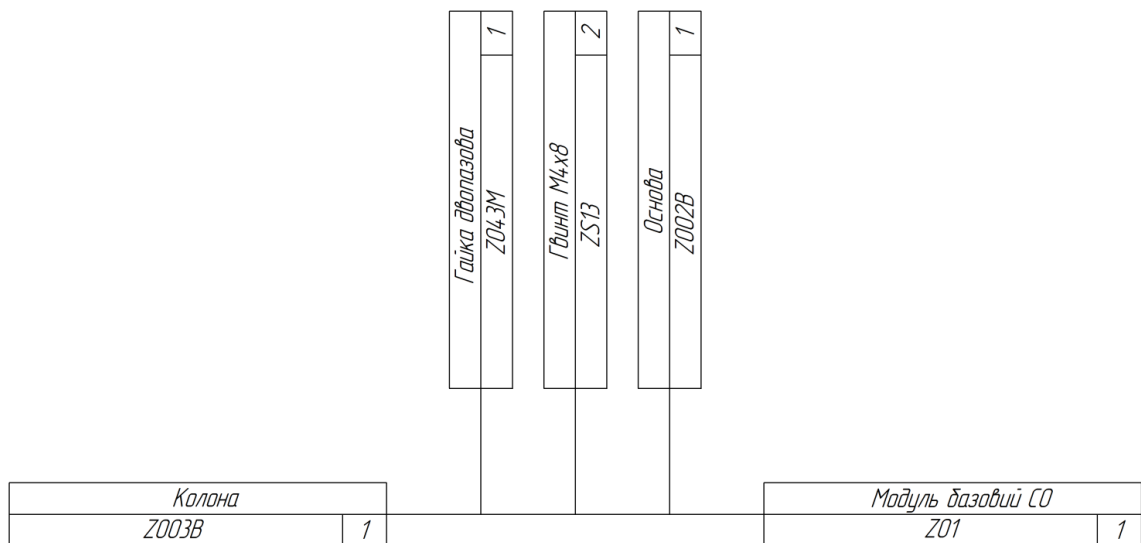


Рисунок 3.7 – Схема складання модуля базового

Процес складання модуля базового починається з приєднання колони до основи за допомогою гайки двопазової. Уніфіковані деталі можуть бути приєднані з будь-якої сторони завдяки їх спеціальній конструкції. Але основа має спеціальні пази, що дозволяє закручувати гвинти за допомогою викрутки. Гайку двопазову вставляють у паз колони та пригвинчують до основи.

Також можливе встановлення пластин для підвищення жорсткості верстата.

3.2.2 Технологічний процес складання модуля поздовжнього переміщення

Для успішного складання модуля поздовжнього переміщення розроблено технологічну схему складання (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Схема складання модуля поздовжнього переміщення

За основу взято поздовжні напрямні, на яких розміщується каретка. Після цього накручується ходовий гвинт, встановлюється планка за допомогою двох гвинтів. Наступним кроком кріпиться маховичок за допомогою гайки. До маховичка пригвинчується ручка.

3.2.3 Технологічний процес складання модуля поперечного переміщення

Для успішної реалізації процесу складання модуля поперечного переміщення розроблено технологічну схему складання (рисунок 3.9).

За основу взято поперечні напрямні. Спочатку накручується ходовий гвинт, далі встановлюється планка за допомогою двох гвинтів. Наступним кроком кріпиться маховичок за допомогою гайки. До маховичка пригвинчується ручка.

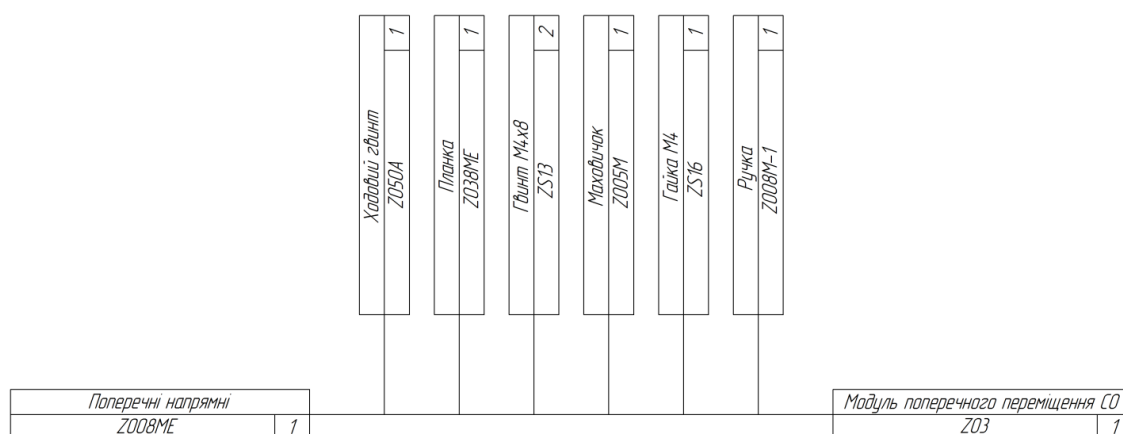


Рисунок 3.9 – Схема складання модуля поперечного переміщення

3.2.4 Технологічний процес складання модуля вертикального переміщення

Як і для інших модулів та вузлів, попередньо розроблено технологічну схему складання (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Схема складання модуля вертикального переміщення

За основу взято вертикальні напрямні, на яких розміщується каретка. Після цього накручується ходовий гвинт, встановлюється планка за допомогою двох гвинтів. Наступним кроком кріпиться маховичок за допомогою гайки. До маховичка пригвинчується ручка.

3.2.5 Технологічний процес складання модуля поворотного

Для реалізації процесу складання модуля поворотного розроблено технологічну схему складання (рисунок 3.11).

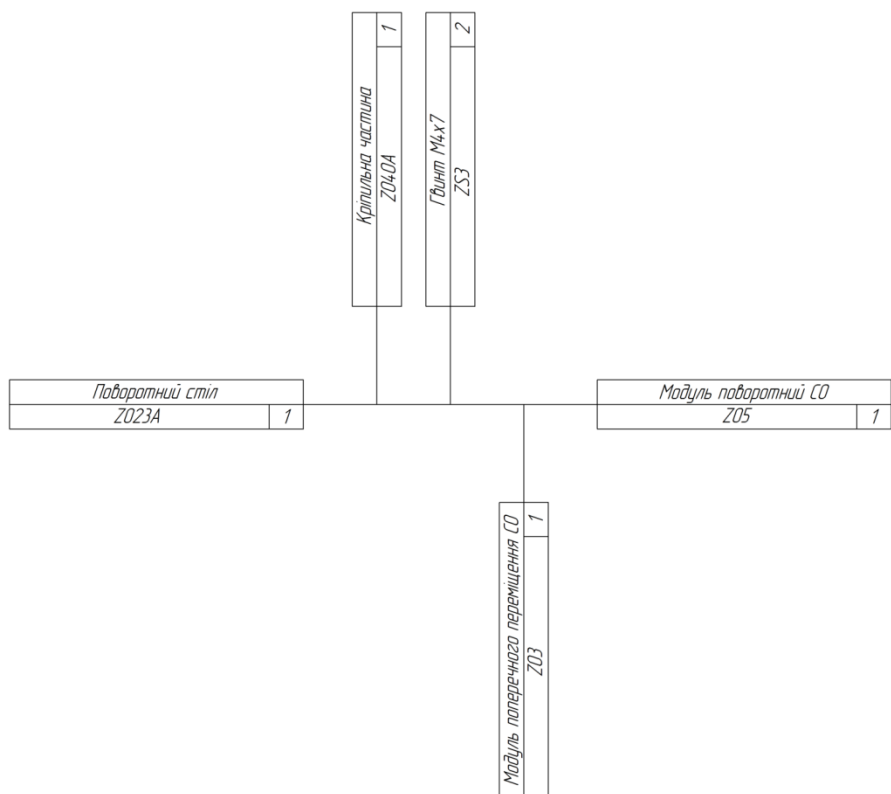


Рисунок 3.11 – Схема складання модуля поворотного

За основу поворотного модуля взято поворотний стіл, за рахунок якого і здійснюється обертання модуля. До поворотного стола за допомогою двох гвинтів пригвинчується кріпильна частина. Після цього, на кріпильну частину кріпиться модуль поперечного переміщення у складанні.

3.2.6 Технологічний процес складання багатокординатного фрезерного верстата

Перед фінальним процесом складання багатокординатного фрезерного верстата, попередньо розроблено технологічну схему складання (рисунок 3.12).

За основу складання багатокординатного фрезерного верстата взято модуль базовий, до якого за допомогою з'єднувачів кріпиться модуль поздовжнього переміщення, на якому встановлений модуль поперечного переміщення за допомогою кріпильної частини, пазових гайок та гвинтів. Після цього модуль поворотний встановлюється на модуль вертикального переміщення за допомогою пазових гайок та гвинтів. Наступним кроком основний шпиндель встановлюється на поворотний модуль за допомогою з'єднувача. Модуль вертикального переміщення, модуль поворотний та основний шпиндель прикріплюються до модуля базового як складальні одиниці. Їх кріплення відбувається за допомогою з'єднувача та фіксується з використанням стабілізуючої та зміцнюючої пластин, двопазових гайок, шайб та гвинтів. Останнім кроком відбувається встановлення призматичних лещат на модуль поперечного переміщення, що відбувається за допомогою пазових гайок та гвинтів. Комплект документів на технологічний процес складання багатокординатного фрезерного верстата на бланках МК наведений у Додатку Д.

					<i>ТМ 18510159-00 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ОБРОБЛЕННЯ

4.1 Приклад оброблення деталі типу вали

Технологічні можливості верстата наглядно розглянемо на прикладі оброблення деталі типу вал (рисунок 4.1).

Обрану деталь (рисунок 4.1) можна повністю обробити за два установи. Деталь закріплюється у трикулачковому патроні та піджимається центром. Проводиться оброблення циліндричних поверхонь, уступів, фасок, конусної поверхні, нарізання різі.

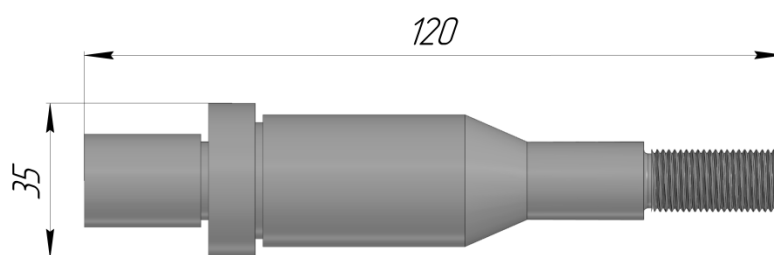


Рисунок 4.1 – Деталь типу тіла обертання для оброблення на токарному верстаті

Виготовлення такого типу деталей можливе завдяки обертанню поворотного модуля, що додає додаткову вісь для повороту різального інструмента, у межах якої можна здійснювати оброблення. Завдяки цьому, верстат дозволяє здійснювати оброблення конічних поверхонь із різними кутами.

На рисунку 4.2 зображено оброблювану деталь з нумерацією поверхонь.

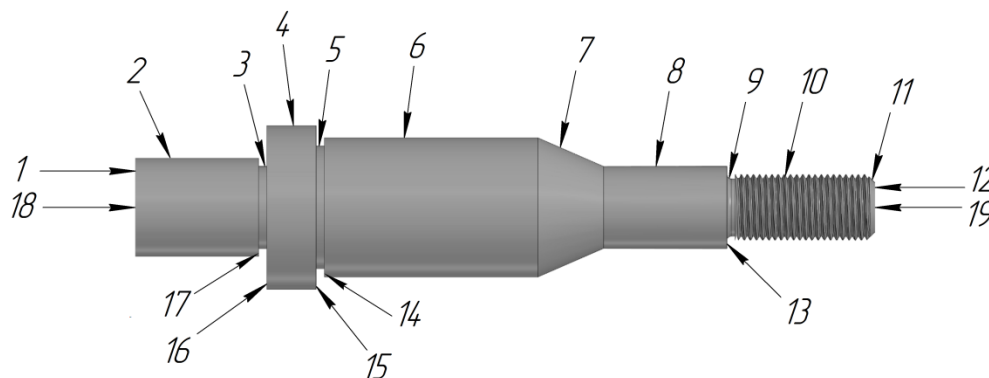


Рисунок 4.2 – Нумерація поверхонь оброблюваної деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510159-00 ПЗ

Арк.

33

Аналіз оброблюваних поверхонь деталі приведенний нижче.

Таблиця 4.1 – Аналіз оброблюваних поверхонь

№ пов.	Опис	Розмір, мм	Точність, квалітет	Шорсткість, мкм
1	Торець	20	12	12,5
2	Довгий циліндр	20x22	9	3,2
3	Короткий циліндр	16x2	12	12,5
4	Короткий циліндр	35x8	9	3,2
5	Короткий циліндр	26x2	12	12,5
6	Довгий циліндр	30x32	9	3,2
7	Зрізаний конус	30x18x10	9	3,2
8	Довгий циліндр	18x20	9	3,2
9	Галтель	10x2	12	12,5
10	Різь	M12x20	6	0,8
11	Фаска	2x45°	12	12,5
12	Торець	8	12	12,5
13	Торець	18	12	12,5
14	Торець	30	12	12,5
15	Торець	35	12	12,5
16	Торець	35	12	12,5
17	Торець	20	12	12,5
18	Центровий отвір	2	9	3,2
19	Центровий отвір	2	9	3,2

Усі поверхні деталі можна розділити на три групи: базові, виконавчі та вільні. Класифікація наведена у таблиці нижче.

Таблиця 4.2 – Класифікація оброблюваних поверхонь

Базові	1, 2, 19 і 10, 12, 18
Виконавчі	4, 6, 8, 10
Вільні	1, 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

На рисунку 4.3 зобразимо усі поверхні деталі для подальшого аналізу з технологічної точки зору.

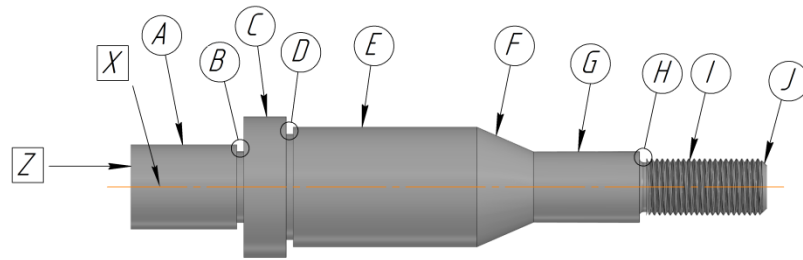


Рисунок 4.3 – Класифікація поверхонь оброблюваної деталі

Схема базування деталі представлена на рисунку 4.4.

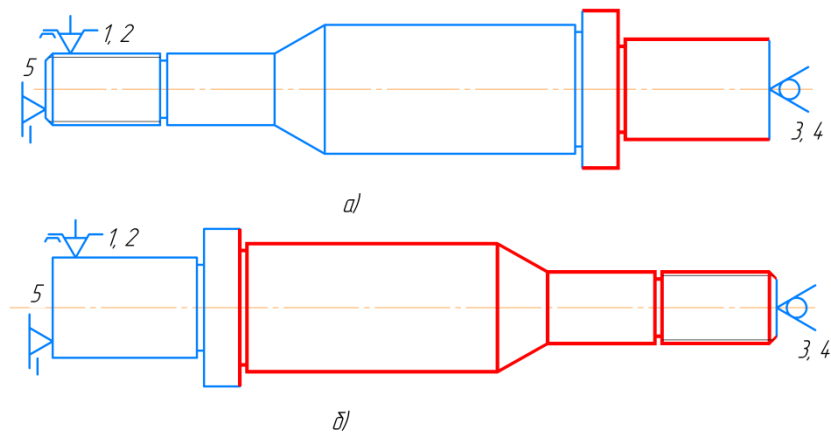


Рисунок 4.4 – Схема базування деталі

Аналіз оброблених поверхонь з технологічної точки зору приведено у таблиці нижче.

Таблиця 4.3 – Аналіз оброблених поверхонь

Поверхня / сукупність поверхонь	Точність, квалітет	Шорсткість, мкм
A	9	3,2
B	12	12,5
C	9	3,2
D	12	12,5
E	9	3,2
F	9	3,2
G	9	3,2
H	12	12,5
I	6	0,8
J	12	12,5
Z	12	12,5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТМ 18510159-00 ПЗ

Арк.

35

Взаєморозташування поверхонь представлено на рисунку 4.5 у вигляді графу.

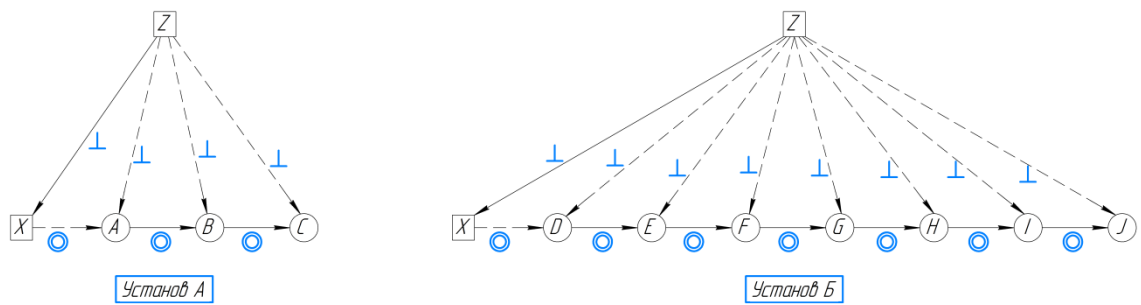


Рисунок 4.5 – Граф оброблюваних поверхонь

4.2 Приклад оброблення деталі типу кронштейни

На основі оброблення деталі типу кронштейни (рисунок 4.6), розглянемо технологічні можливості верстата, що розглядається.

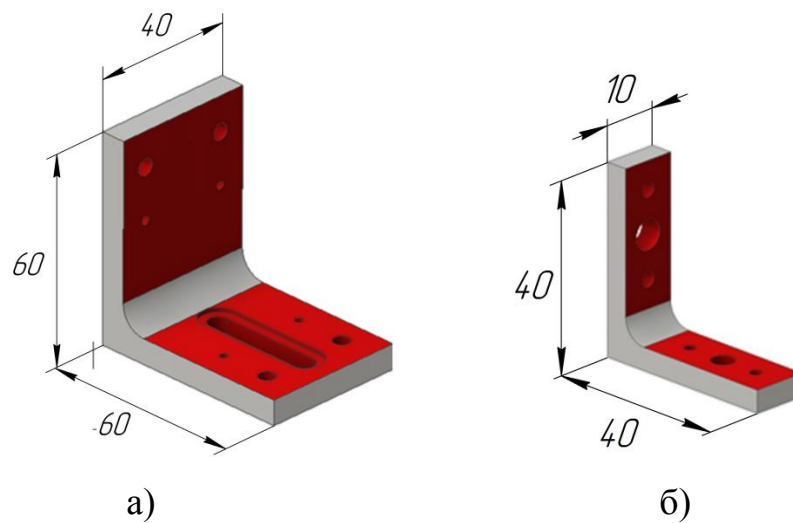


Рисунок 4.6 – Деталь типу кронштейни для оброблення на багатокординатному фрезерному верстаті

Обрану деталь (рисунок 4.6 а) можна повністю обробити за один установ. Деталь закріплюється у призматичних лещатах. У першу чергу обробляються площини, після чого відбувається вертикальне оброблення отворів під штифти. Наступним кроком виконується оброблення отворів під кріплення та фрезерування пазу. Після чого, основний шпиндель повертається на 90 градусів

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

відносно стола верстата, що забезпечує оброблення поверхонь на вертикальній поверхні деталі.

Виготовлення такого типу деталей за один установ можлива завдяки обертанню поворотного модуля, що додає додаткову вісь, у межах якої можна здійснювати оброблення. Завдяки цьому, верстат дозволяє здійснювати оброблення під різними кутами.

На рисунку 4.7 зображено оброблювану деталь з класифікацією поверхонь.

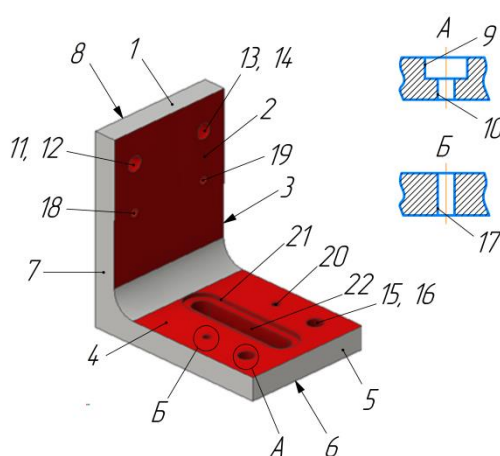


Рисунок 4.7 – Класифікація поверхонь оброблюваної деталі

Аналіз оброблюваних поверхонь деталі приведений нижче.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 – Аналіз оброблюваних поверхонь

№ пов.	Опис	Розмір, мм	Точність, квалітет	Шорсткість, мкм
1	Горизонтальний торець	40x8	12	12,5
2	Вертикальна площина	40x50	12	12,5
3	Боковий торець	60x60/8	12	12,5
4	Горизонтальна площина	40x50	12	12,5
5	Вертикальний торець	40x8	12	12,5
6	Горизонтальна площина	40x60	12	12,5
7	Боковий торець	60x60/8	12	12,5
8	Вертикальна площина	40x60	12	12,5
9	Циліндрична поверхня	4	9	3,2
10	Циліндрична поверхня	2	9	3,2
11	Циліндрична поверхня	4	9	3,2
12	Циліндрична поверхня	2	9	3,2
13	Циліндрична поверхня	4	9	3,2
14	Циліндрична поверхня	2	9	3,2
15	Циліндрична поверхня	4	9	3,2
16	Циліндрична поверхня	2	9	3,2
17	Циліндрична поверхня	2	6	0,8
18	Циліндрична поверхня	2	6	0,8
19	Циліндрична поверхня	2	6	0,8
20	Циліндрична поверхня	2	6	0,8
21	Поверхня шпонкового пазу	46x8/2	9	3,2
22	Поверхня шпонкового пазу	42x6	9	3,2

Усі поверхні деталі можна розділити на три групи: базові, виконавчі та вільні. Класифікація наведена у таблиці нижче.

Таблиця 4.5 – Класифікація оброблюваних поверхонь

Базові	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Виконавчі	6, 8, 21, 22
Вільні	1, 2, 3, 4, 5, 7

На рисунку 4.8 зобразимо усі поверхні деталі для подальшого аналізу з технологічної точки зору.

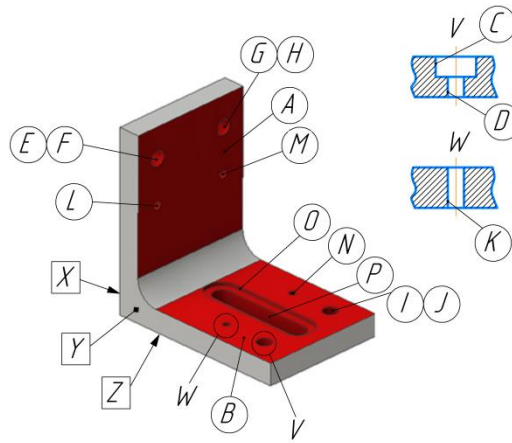


Рисунок 4.8 – Поверхні деталі

Схема базування деталі представлена на рисунку 4.9.

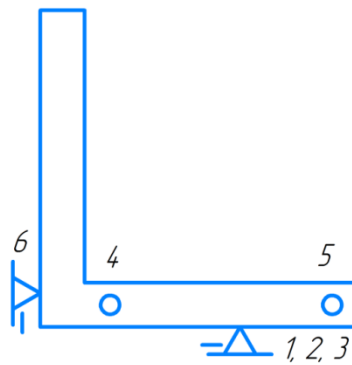


Рисунок 4.9 – Схема базування деталі

Аналіз оброблюваних поверхнь з технологічної точки зору приведено у таблиці нижче.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6 – Аналіз оброблюваних поверхонь

Поверхня	Точність, IT	Шорсткість, Ra
A	12	12,5
B	12	12,5
C	9	3,2
D	9	3,2
E	9	3,2
F	9	3,2
G	9	3,2
H	9	3,2
I	9	3,2
J	9	3,2
K	6	0,8
L	6	0,8
M	6	0,8
N	6	0,8
O	9	3,2
P	9	3,2
X	12	12,5
Y	12	12,5
Z	12	12,5

Взаємне розташування оброблюваних поверхонь представлено на рисунку 4.10 у вигляді графу.

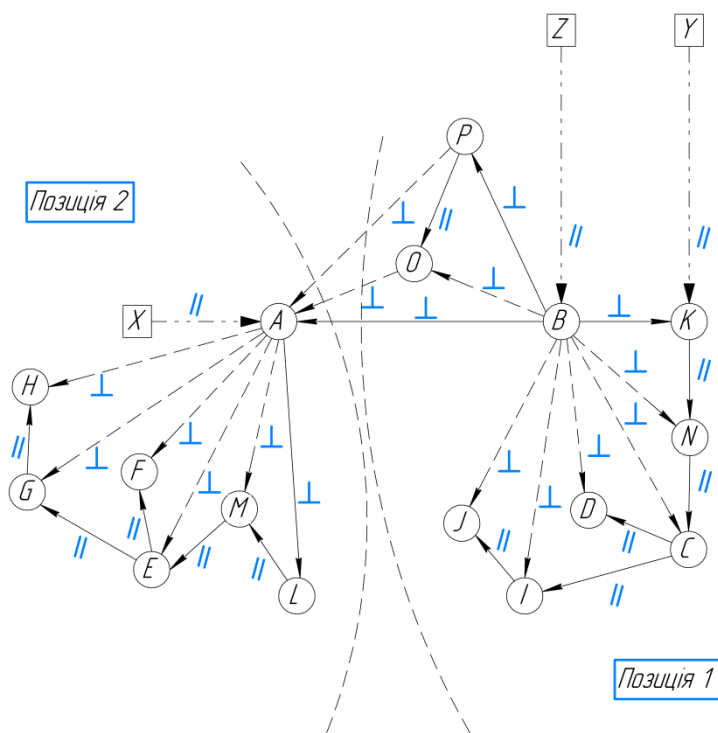


Рисунок 4.10 – Граф оброблюваних поверхонь

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано тенденції розвитку світового верстатобудування. Особливу увагу приділено модульним верстатам, а також їх основним технологічним можливостям. Ключовими тенденціями, що визначають напрямок розвитку верстатного обладнання, є: високошвидкісне механічне оброблення; багатокоординатне комплексне оброблення сполученням різних способів; модульний принцип проектування; застосування комбінованих інструментів для механічного оброблення.

На основі аналізу конструкцій металообробного обладнання, що використовуються для виготовлення деталей в умовах багатомономенклатурного виробництва, обґрунтовано доцільність проектування модульних багатокоординатного токарного та багатокоординатного фрезерного верстатів, що забезпечить більш широкий діапазон оброблюваних деталей та гнучкість виробництва.

На основі службових призначень багатокоординатних верстатів теоретично обґрунтовано вибір конструктивних параметрів конструкції верстата, методами геометричного моделювання розроблено просторові моделі верстатів, які врахували усі структурні елементи та взаємозв'язки між ними, підготовлено конструкторську документацію.

Розроблено технологічні схеми складання багатокоординатного токарного і багатокоординатного фрезерного верстатів та окремих функціональних модулів, що дозволило розробити технологічні процеси складання дослідних зразків верстатів.

На основі загальноприйнятих методик виконано нормування й розрахунок природного та штучного освітлення, результати яких наведені в Додатку Е.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Yair Shneor, Reconfigurable machine tool: CNC machine for milling, grinding and polishing, *Procedia Manufacturing*, Volume 21, 2018, Pages 221-227, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.114>.
2. Vafadar, A., Tolouei-Rad, M. & Hayward, K. An integrated model to use drilling modular machine tools. *Int J Adv Manuf Technol* 102, 2387–2397 (2019), Pages 215. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03387-w>.
3. Eckart Uhlmann, Mihir Saoji, Bernd Peukert, Principles for Interconnection of Modular Machine Tool Frames, *Procedia CIRP*, Volume 40, 2016, Pages 413-418, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.081>.
4. Bi, Z.. (2011). Development and Control of a 5-Axis Reconfigurable Machine Tool. *Journal of Robotics*. 2011. Pages 9. <https://doi.org/10.1155/2011/583072>.
5. Thomas Ditlev Brunoe, Daniel GH Soerensen, Kjeld Nielsen, Modular Design Method for Reconfigurable Manufacturing Systems, *Procedia CIRP*, Volume 104, 2021, Pages 1275-1279, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.214>.
6. Bi, Z., Zhang, W. Modularity Technology in Manufacturing: Taxonomy and Issues. *Int J Adv Manuf Technol* 18, 381–390 (2001). <https://doi.org/10.1007/s001700170062>.
7. Bi, Z.M., Lang, S.Y.T., Verner, M. et al. Development of reconfigurable machines. *Int J Adv Manuf Technol* 39, 1227–1251 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1288-1>.
8. Andrisano, A.O., Leali, F., Pellicciari, M. et al. Hybrid Reconfigurable System design and optimization through virtual prototyping and digital manufacturing tools. *Int J Interact Des Manuf* 6, 17–27 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12008-011-0133-9>.

					ТМ 18510159-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

9. Bernd Peukert, Mihir Saoji, Eckart Uhlmann, An Evaluation of Building Sets Designed for Modular Machine Tool Structures to Support Sustainable Manufacturing, *Procedia CIRP*, Volume 26, 2015, Pages 612-617, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.175>.
10. Bi, Z. & Lang, Sherman & Shen, Weiming & Wang, Lihui. (2008). Reconfigurable manufacturing systems: The state of the art. *International Journal of Production Research*. 46. <https://doi.org/10.1080/00207540600905646>.

					<i>ТМ 18510159-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43