

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)

Металорізальних верстатів та інструменту
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр
(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Розробка та дослідження компоновки і
основних вузлів електромеханічного верстата

Виконав: студент VI курсу, групи М-213м
спеціальності (напряму підготовки)

133 Тапозеве машинобудування
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Янушкевич Д.О. Януш
(прізвище та ініціали)

Керівник Янушко А.В. Ан
(прізвище та ініціали)

Рецензент Петриків В.В. В
(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Металорізнальних верстатів та інструментів
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 133 Талувове машинобудування
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Металорізнальні верстати та системи
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Гронов М.В.

“ 11 ” 20 18 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Гнушкевичу Дмитру Олександровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження контоновки і основних вузлів балансоперативного верстата

керівник проекту (роботи) Гушко Андрій Володимирович, ст. викл.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “07” 11 2018 року № 340

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.12.18

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Видір та обґрунтування контоновки фронтального верстата для обробки ковчастих металів зі сталі та ковчорових сплавів в умовах серійного виробництва можливістю використання в умовах абразивного виробництва. Розміри столу 1000x500 мм

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Обґрунтування контоновки верстата. Розробка конструкції приводу головного руху. Аналіз конструкції ковчастих металів. Розробка конструкції ковчорової сталі. Аналіз конструкції ковчорових сплавів. Розробка конструкції приводу ковчорового руху верстата. Розробка конструкції приводу ковчорового руху верстата. Вибір матеріалу та визначення швидкості у найбільшій ситуації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Загальний вид верстата; стилі поточний; абрисоватор; швидкість ковчорової

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Гушико А.В. ст. викл.	<i>Гушико</i>	<i>Гушико</i>
4	Шмирко В.І., к.т.н., доц.	28.10.18	28.10.18
Корпусострої	Гушико А.В., ст. викл.	17.12.18	<i>Гушико</i>

7. Дата видачі завдання 01.10.18р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Видір та обґрунтування компоновки верстата	15.10.18	
2.	Розробка конструкції приводу головного руху	29.10.18	
3.	Аналіз конструкції корпусних деталей		
4.	Розробка конструкції ланцюга привода	12.11.18	
5.	Охорона праці та безпека експлуатації	26.11.18	
6.	Підготовка робочих документів	10.12.18	

Студент

Гушико
(підпис)В.О. Янушкевич
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Гушико
(підпис)А.В. Гушико
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ.: 114 с., 20 рис., 11 табл., 15 джерел.

Об'єкт дослідження – компоновка та елементи конструкції фрезерного верстата з ЧПК.

Мета роботи – розробка конструкції фрезерного верстата з ЧПК для застосування в умовах автоматизованого виробництва.

В роботі проведено аналіз компоновок багатоопераційних та фрезерних верстатів з ЧПК. За його результатами обрана компоновка верстата для можливості владнання у гнучкі виробничі системи. Обрана система автоматичної зміни заготовок. Розраховані технічні характеристики верстата. На основі розрахунку обрана конструкція приводу головного руху. На основі наукового аналізу розроблена конструкція базової деталі приводу головного руху.

Результатами роботи є розробка компоновки, засобів автоматизації зміни заготовок, конструкції приводу головного руху та конструкції базової деталі фрезерного верстата з ЧПК

КОМПОНОВКА, ГНУЧКІ ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ, ГНУЧКИЙ ВИРОБНИЧІЙ МОДУЛЬ, СТІЛ-СУПУТНИК, ПРИВОД ГОЛОВНОГО РУХУ, МОТОР-ШПИНДЕЛЬ, ТОРЦЕВА ФРЕЗА, СВЕРДЛО, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, БАЗОВА ДЕТАЛЬ, ПРУЖНІ ДЕФОРМАЦІЇ, ЖОРСТКІСТЬ

ABSTRACT

PP consists of: 114 p., 20 fig., 11 tab., 15 adj., East

The object of the study is the layout and design elements of the CNC milling machine.

The purpose of the work is to develop the design of a CNC milling machine for use in automated production.

The analysis of layouts of multi-operation and milling machines with CNC is carried out. According to its results, the layout of the machine is selected for the possibility of fitting into flexible production systems. Selected system of automatic change of blanks. Calculated technical characteristics of the machine. On the basis of calculation the chosen design of the drive of the main movement. On the basis of scientific analysis, the design of the basic part of the drive of the main movement has been developed.

The results of the work are the development of the layout, tools for the automation of the workpiece change, the construction of the main drive and the design of the base part of the CNC milling machine.

COMPONENT WARE, FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS, FLEXIBLE MANUFACTURING MODULE, TABLE SAT, DRIVER, MAINTENANCE, MOTOR SPINDLE, TORQUE, SUSPENSION, CUTTING MODES, BASIC DETAIL, SPRING DEFORMATION, RISK

Вступ.....	
Актуальність проблеми.....	
1 Вибір та обґрунтування компоновки фрезерного верстата	
з ЧПК для роботи в умовах автоматизованого виробництва.....	
1.1 Аналіз компоновок фрезерних верстатів з ЧПК.....	
1.2 Вибір та обґрунтування компоновки проектного верстата....	
1.3 Вибір системи автоматичної зміни заготовок на верстаті.....	
2 Розробка конструкції приводу головного руху.....	
2.1 Розрахунок технічної характеристики верстата.....	
2.2 Обзор приводів головного руху фрезерних верстатів з ЧПК.....	
2.2.1 Привод з пасовою передачею.....	
2.2.2 Інтегрований мотор-шпиндель.....	
2.3 Аналіз конструкцій корпусних деталей для установки	
мотор-шпинделів в сучасних фрезерних верстатах з ЧПУ і	
обробних центрах.....	
2.3.1 Матеріали корпусних деталей.....	
2.3.2 Жорсткість несучих систем.....	
2.3.3 Рекомендації з оформлення конструктивних елементів	
базової деталі мотор-шпинделя.....	
2.3.4 Аналіз існуючих компоновок корпусних деталей мотор-	
шпинделів.....	
2.3.5 Конструктивні елементи корпусної деталі мотор-шпинделя...	
2.3.6 Аналіз діючих навантажень.....	
3 Розробка конструкції засобів автоматизації проектного верстата....	
3.1 Призначення проектного верстата.....	
3.2 Принцип роботи проектного верстата.....	
3.3 Розрахунок черв'ячної передачі приводу поворотного столу	
верстата.....	
3.4 Механізми автоматичної заміни інструментів.....	

3.5	Принцип роботи системи зміни інструмента.....	
3.5.1	Принцип роботи автооператора механізму зміни інструмента.....	
3.5.2	Розрахунок діаметра поршня пневмоциліндра автооператора.....	
4.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	
4.1	Аналіз потенційних небезпек.....	
4.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	
4.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	
4.4	Розрахунок освітлення приміщення	
4.5	Заходи пожежної безпеки	
4.6	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	
	Перелік джерел.....	

ВСТУП

Прогресивний розвиток техніки, технологій та підвищення конкуренції обумовлюють необхідність інтенсифікації виробництва, яка передбачає підвищення продуктивності обробки, ефективності використання матеріальних, енергетичних і фінансових ресурсів, якості продукції, а також скорочення строків технологічної підготовки виробництва.

Сучасне виробництво в залежності від обсягів і частоти змінюваності випуску виробів вимагає застосування сучасного високопродуктивного технологічного обладнання, що дозволяє отримувати якісну продукцію з мінімальними витратами.

Характерною ознакою сучасного виробництва є часта змінюваність виробів при високій продуктивності. Виконати ці умови можливо шляхом автоматизації технологічного устаткування, застосуванням систем числового програмного керування, сучасних інформаційних технологій.

5

В даний час визначилися дві в якійсь мірі суперечливі вимоги до сучасного промислового виробництва: з одного боку, скорочення термінів підготовки виробництва і випуску, а також серійності промислової продукції, а з іншого - зменшення трудомісткості виготовлення і вартості при високій якості продукції.

Задовільнення першої вимоги передбачає збільшення універсальності обладнання і систем управління, що дозволяють відпрацьовувати будь-які заздалегідь не заплановані ситуації, швидко переходити на виготовлення нової продукції.

Друга вимога пов'язана з необхідністю комплексної автоматизації виробництва, яка в даний час асоціюється із застосуванням технологічного обладнання з програмним управлінням і ЕОМ на різних рівнях управління - від безпосереднього управління обладнанням до управління фінансовою діяльністю підприємства.

У відносному протиріччі цих вимог значною мірою і полягають труднощі створення сучасного ефективно функціонуючого виробництва.

В умовах планової економіки, для продукції багатосерійного і масового виробництва основним шляхом автоматизації процесів механічної обробки було створення автоматичних ліній (АЛ) або систем, що складаються з них [1].

В сучасних умовах також існує чимало галузей, для яких характерний випуск продукції великими партіями. Але умови сучасного ринку диктують необхідність постійного вдосконалення і змінюваності продукції. Тому в таких галузях як автомобіле-, судно-, авіабудування та ін., для серійної продукції найбільш доцільним є застосування гнучких виробничих систем. Вони найбільшою мірою дозволяють задовольнити суперечливим вимогам сучасного виробництва.

Необхідним елементом переходу до гнучких виробничих систем (ГВС) є роботизовані технологічні комплекси (РТК), головною складовою яких є автоматизовані металорізальні верстати.

Метою даної роботи є розробка і аналіз конструкції свердлильно-фрезерно-розточувального верстата для обробки малих і середніх деталей в складі ГВС.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити завдання:

- Виконати аналіз і вибір оптимальної компоновки верстата, яка передбачає можливість його використання в складі ГВС;
- Розрахувати технічні характеристики верстата;
- Розробити конструкцію приводу головного руху;
- Розробити конструкцію базової деталі приводу головного руху і виконати перевіірочні розрахунки отриманої конструкції;
- Розробити конструкції систем зміни ріжучого інструменту і заготовок, виконати їх аналіз та необхідні конструкторські розрахунки;

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

За де-якими статистичними даними біля 40% деталей, що обробляються у машинобудуванні не є тілами обертання і потребують застосування верстатів свердлильно-фрезерної групи. Для таких деталей 70% часу витрачається на свердлення та нарізування різі, біля 20% - на фрезерування, біля 10% - на розточування [2].

Крім того, 70% деталей типу тіл обертання окрім точіння потребують застосування свердлильних, фрезерних та інших операцій. Із появою токарно-фрезерних верстатів та поширенням застосування токарних багатоопераційних верстатів стало можливим виконувати всі вказані роботи на одній операції. Але продуктивність токарно-фрезерних верстатів при виконанні фрезерних та свердлильних операцій нижча ніж у верстатів відповідних груп. Тому при великій програмі випуску деталей та (або) значних об'ємах фрезерної і свердлильної обробки, найбільш доцільним залишається її здійснення на відповідному обладнанні.

Таким чином питання проектування багатоопераційних та фрезерних верстатів з ЧПК залишається актуальним, а можливість їх застосування у складі ГВС, що забезпечується конструктивними заходами, робить це питання перспективним.

1 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ КОМПОНОВКИ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Аналіз компоновок фрезерних верстатів з ЧПК

Традиційні компоновки верстатів вдосконалювали по мірі загального розвитку верстатів у зв'язку з необхідністю використання нових інструментів, розширення універсальності, підвищення ступеня автоматизації і т.п. Перехід до ЧПК докорінно вплинув на конструкції самих верстатів. Змінився принцип побудови кінематичних схем і компоновок верстатів. Довгі розгалужені кінематичні ланцюги поступилися місцем елементарно простим, з автоматизованими приводами за кожним з переміщень. Більш повно і ефективно стали використовувати агрегатизацію і уніфікацію, з'явилися передумови для створення багатоцільових верстатів для комплексної обробки деталей.

8

Перспективним напрямком розвитку виробництва обладнання з ЧПК є побудова його з уніфікованих вузлів за принципом агрегаткування.

У компоновках сучасних верстатів з ЧПК чітко проявляється прагнення забезпечити максимально можливу жорсткість системи, що обумовлено високою інтенсивністю робочого процесу, високими швидкостями холостих і допоміжних переміщень, що визначають високий рівень динамічних навантажень в верстатах, а також значними масами вузлів, розташованих на станині, що зумовлюють, в свою чергу, високу чутливість верстата до зовнішніх збурень [3].

Найбільш розповсюджені типові компоновки фрезерних та багатоопераційних верстатів з ЧПК наведені на рисунку 1.1.

На рис. 1.1, а-г показані горизонтальні МС для обробки заготовок корпусних деталей. Стійка 1 (див. рис. 2, а) з переміщуваною по ній у вертикальному напрямку шпиндельної бабкою 2 встановлюється нерухомо або переміщається по станині 3. При нерухомій стійці 1 стіл 5 з поворотним

столом 6 переміщається по двом взаємно-перпендикулярним осям координат за допомогою полозок 4, хрестоподібно розташованими верхніми і нижніми направляючими.

Для обробки заготовок з різних сторін поворотні столи індексуються через 90° або можуть повертатися на кути, задані програмою. При рухомий в одному напрямку стійці 1 (див. рис. 1.1, б) стіл 5 переміщається по одній лінійної осі координат.

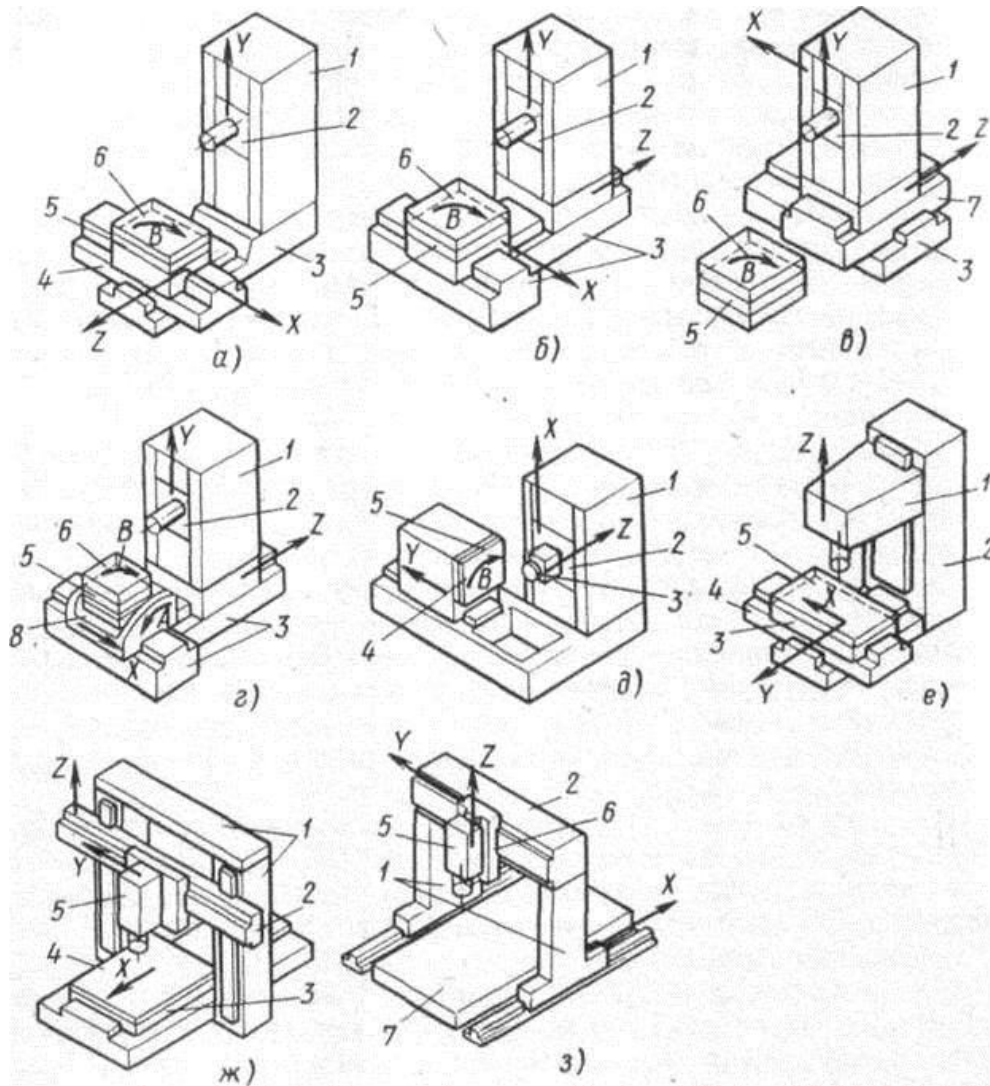


Рисунок 1.1 – Компоновки багатоопераційних та фрезерних верстатів з ЧПК

Якщо ж стійка 1 (див. рис. 1.1, в) за допомогою проміжних полозок 7 переміщується по двом взаємно-перпендикулярним осям, то стіл 5 виконують нерухомим. Компонування з нерухомим або переміщуванням тільки по одній осі координат столом 8 (див. рис. 1.1, г) використовуються в верстатах з поворотно-нахиленим столом 5.

На рис. 1.1, д показаний горизонтальний МС для обробки заготовок корпусних деталей або деталей типу тіл обертання. На нерухомій стійці 1 в вертикальному напрямку переміщується шпиндельна бабка 2 з висувним шпинделем 9. У перпендикулярному напрямку до осі обертання інструментального шпинделя 9 може переміщатися бабка виробу 10 вздовж горизонтальної осі. МС такого комплектування призначені для свердлильно-фрезерно-розточної обробки обертаним інструментом і для токарної обробки необертаним інструментом, закріпленим в нерухомому шпинделі 9, заготовок в патроні, встановленому на поворотному столі 6.

На рис. 1.1, е показаний вертикальний МС з нерухомою стійкою 1, по вертикальних напрямках якої переміщується шпиндельна бабка 2. Полозки 4 зі столом 5 можуть здійснювати рух поперечної подачі по напрямках станини 3, стіл 5 (як правило, подовженої форми) - рух поздовжньої подачі по напрямкам полозок.

На рис. 1.1, ж, з показані двостоякові вертикальні МС. Портал 11 може бути нерухомим або рухомим - він пересувається вздовж нерухомої плити 13. При нерухомому порталі (див. рис. 1.1, ж) стіл 5 переміщується по одній осі координат, на ньому встановлюється стіл-супутник або заготовка. Шпиндельна бабка 2 розташована на поперечині 12 і переміщується по ній в горизонтальному напрямку, перпендикулярному до напрямку переміщення столу. Поперечина 12 може бути нерухомою, будучи частиною порталу. При нерухомій поперечині (див. рис. 1.1, з) по осі координат Z переміщується шпиндельна бабка 2, розташована на полозках 4, які переміщуються по напрямкам поперечини 12. У цих випадках обробка на МС не вимагає, як

правило, складного спеціального оснащення, заготовки кріпляться за допомогою упорів і прихватів [4].

За технічними можливостями багатоопераційні та фрезерні верстати з ЧПК умовно можна розділити на 2 групи [2].

I група – багатоопераційні верстати з ЧПК, конструкція та компоновка яких визначається переважним значенням однієї з технологічних операцій обробки (найбільш розповсюдженим є фрезерування).

Основними конструктивно-технологічними особливостями верстатів даної групи є:

- відносно висока потужність приводу головного руху та великі зусилля переміщень за координатами, що дозволяє вести продуктивну фрезерну обробку заготовок з легких та важкооброблюваних матеріалів;

- відносно невелика ємність магазину інструментів (зазвичай не більше 30 шт.);

- вертикальне розташування осі шпинделя;

- прямокутний рухомий неповоротний стіл;

- три (рідше чотири) керованих координати.

II група – багатоопераційні верстати з ЧПК, що мають однакові технологічні можливості щодо виконання широкого кола операцій обробки. Характерна особливість цих верстатів у тому, що обробка в основному проводиться осьовим інструментом (свердла, зенкери, розгортки). Фрезерні операції на цих верстатах ведуться на більш низьких, ніж для верстатів першої групи режимах.

Основними конструктивно-технологічними особливостями цих верстатів є:

- більш низькі, ніж у верстатів I групи, потужність приводу та сили переміщень по координатам, що дозволяє вести продуктивну обробку осьовим інструментом заготовок з різних матеріалів та виконувати відносно неважкі фрезерні роботи;

- точність таких верстатів може бути вищою за точність верстатів I групи;
- відносно великі об'єми інструментальних магазинів (до 80 – 100 інструментів);
- вісь шпинделя найчастіше горизонтальна;
- наявність поворотного стола;
- число керованих координат чотири – шість;
- можливість обробляти заготовки без перевстановлення з чотирьох – п'яти позицій.

Таким чином технологічні можливості багатоопераційних верстатів II групи є більш широкими, ніж верстатів I групи. Зважаючи на зазначені вище конструктивно-технологічні особливості ці верстати є більш розповсюдженими. Частина верстатів з горизонтальним шпинделем, які умовно можна віднести до II групи, складає 70 – 80% загальної кількості багатоопераційних верстатів.

12

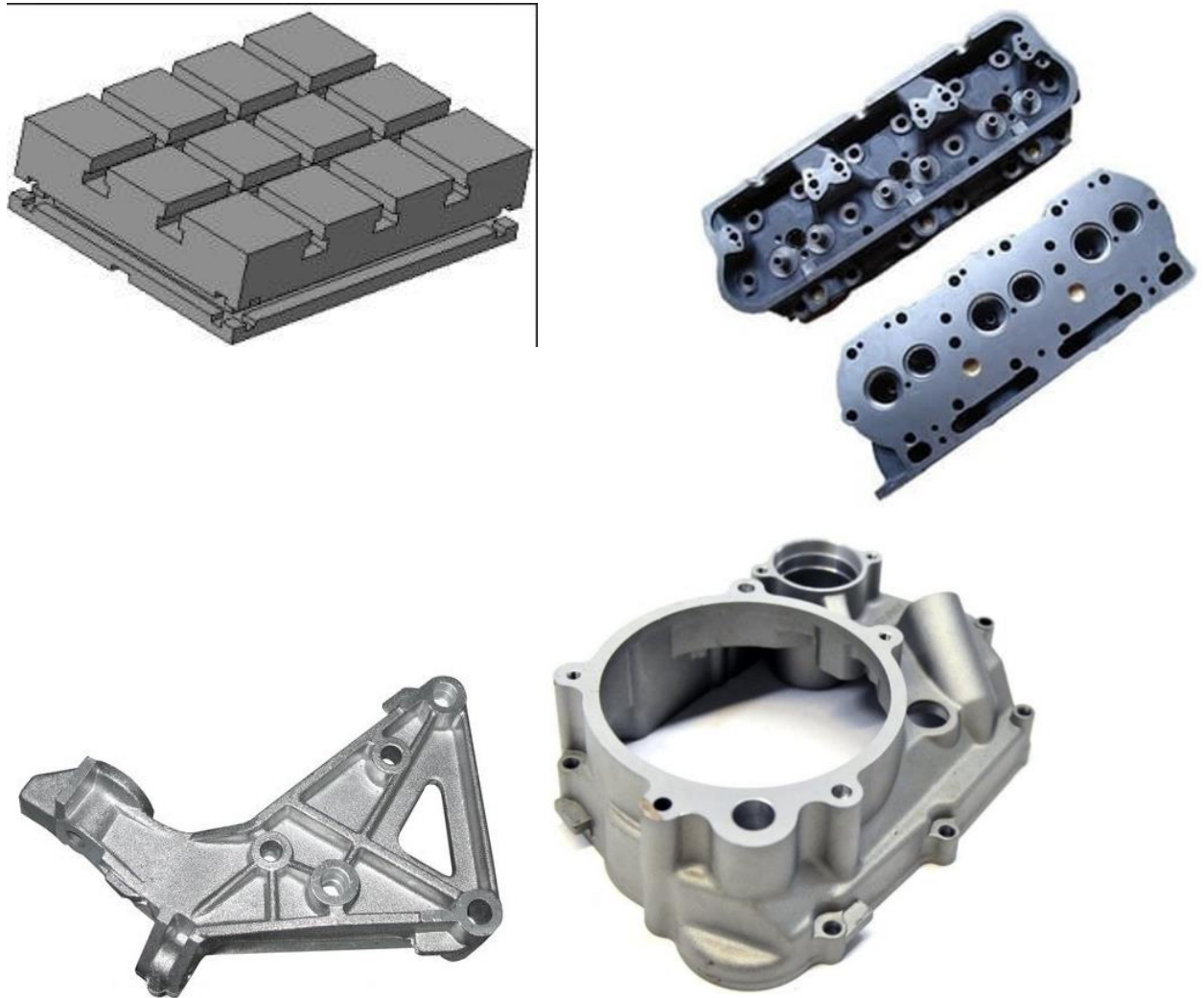
Але верстати I групи є більш продуктивними. Вони, як зазначалось вище, мають вертикальну компоновку, яка визначається розташуванням осі шпинделя. Такі компоновки забезпечують більшу жорсткість, а самі верстати мають більш просту конструкцію. Найбільш ефективним їх використання є при обробці відносно нескладних деталей для яких переважає фрезерна обробка та видаляються великі об'єми матеріалу.

Відповідно, використання саме таких конструкцій може бути економічно виправданим в умовах автоматизованого виробництва при виготовленні відносно великих партій типових деталей відносно простих конструкцій у автомобіле-, авіа-, суднобудуванні та інш.

Крім того верстати вертикальних компоновок найкраще підходять для обробки площинних деталей, розміри яких в плані значно переважають вертикальний розмір. До таких деталей відносяться плити, різноманітні кронштейни та важелі, головки блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання та інш [2].

Тому ці верстати можна використовувати при створенні ГВС для серійного випуску уніфікованих деталей технологічного оснащення (наприклад базових деталей комплектів універсально-збірних пристроїв), ходової частини та кузовів автомобілів (кронштейни, важелі), двигунів внутрішнього згорання (головки блоків циліндрів, кришки картерів, піддони та інші).

Деякі приклади таких деталей наведені на рисунку 1.2.



13

Рисунок 1.2 – Приклади деталей для обробки на фрезерному верстаті з ЧПК

Зазначені типи деталей у більшості мають відносно невеликі розміри і вимагають обробки на середніх верстатах. Аналіз розмірів робочих столів середній верстатів показує, що їх максимальний розмір рідко перевищує 500 мм, що і приймається як вихідний розмір столу проектного верстата.

Зважаючи на це, слід визначити компоновку, яка у найбільшій мірі відповідатиме зазначеним вище умовам.

1.2 Вибір та обґрунтування компоновки проектного верстата

Зазначимо основні чинники, що визначають вибір компоновки верстата і відповідно конструктивних форм несучої системи [4]:

1. Технологія оброблюваної деталі, що визначає види обробки, виконавчі формоутворюючі та установчі переміщення, число керованих координат;

2. Габаритні розміри, маса і конфігурація оброблюваних деталей, що визначають розміри робочого простору, навантаження на напрямні і змінність характеристик несучої системи при координатних переміщеннях деталі;

3. Особливості технологічного процесу (кількість стружки, мастильно - охолоджуючої рідини, інтенсивність тепловиділення, тощо), які в ряді випадків визначають розташування вузлів в просторі;

4. Необхідну кількість і інструментів, ємність магазину, його вигляд і розташування;

5. Вимоги до точності і продуктивності, що визначають вимоги до жорсткості, чутливості до переміщень важких вузлів, температурних деформацій і т.п .

Компонування фрезерного верстата з ЧПК повинна бути обрана найбільш оптимально і забезпечувати висунуті вимоги:

1. Маса рухомих вузлів повинна бути мінімально можливою за умови забезпечення необхідної жорсткості з використанням нових матеріалів і зварних конструкцій;

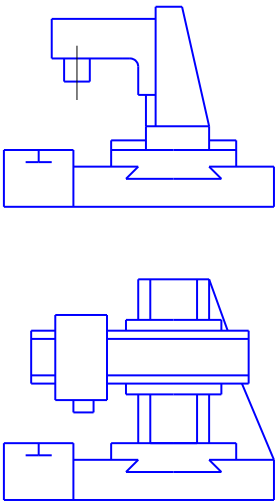
2. Рухомі вузли повинні мати мінімально змінювану масу, у зв'язку з чим перевага повинна віддаватися компоновання, в яких всі координатні переміщення має ріжучий інструмент.

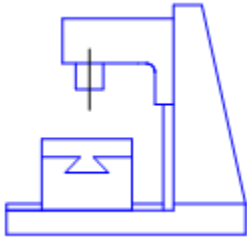
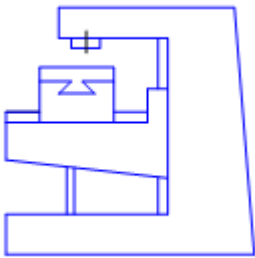
3. Верстати повинні мати герметизовану кабінетну огорожу;

4. Всі верстати повинні задовольняти вимогам екології та безпеки за діючими вітчизняними та міжнародними стандартами (серії СЕС, EN].

У таблиці 1.1 наведені найбільш поширені компоновання середніх фрезерних верстатів з ЧПК, а також їх характерні переваги та недоліки.

Таблиця 1.1 – Компоновки середніх фрезерних верстатів з ЧПК

Число керованих координат		Схема	Переваги	Недоліки
інструмент	заготовка			
1	2	3	4	5
3	0	 1)	Стационарний вузол виробу; малий вплив ваги виробу на деформацію системи; можливість приєднання до автоматизованої транспортно-складської системи	Низька статична і динамічна жорсткість системи інструменту, що визначається великими відстанями від напрямних до зони обробки; ускладнена автоматична зміна інструменту.

1	2	3	4	5
1	2	 2)	Відносно невеликий вплив ємності і ваги магазина; висока статична і динамічна жорсткість системи інструменту; відносно проста система зміни інструменту	Відносно невисока статична і динамічна жорсткість системи виробу; суттєва зміна характеристик жорсткості в межах робочого простору при переміщенні виробів; ускладнена автоматична зміна заготовок
0	2	 3)	Стационарний шпиндель і магазин; необмежені ємність і вага магазину; можливість приєднання до автоматизованої транспортної системи інструментального забезпечення	Обмежені вага виробу і величина його переміщення; низька жорсткість системи виробу, що визначається габаритними розмірами консольної групи; утруднена автоматична зміна заготовок

З розглянутих компоновок для заданих умов у найбільшій мірі підходять компоновки 1 або 2, оскільки верстати консольних компоновок не забезпечують високої жорсткості та мають слабку ланку – привод вертикальної подачі консолі, що може створити складнощі при використанні такого верстата в умовах автоматизованого виробництва.

При визначенні компоновки верстата слід врахувати можливість автоматичної зміни заготовок.

1.3 Вибір системи автоматичної зміни заготовок на верстаті

Автоматизація транспортно-завантажувальних операцій стала впроваджуватися насамперед в масовому виробництві. Але у зв'язку з інтенсивним розвитком універсального високоавтоматизованого верстатного устаткування (верстати з ЧПУ, гнучкі виробничі модулі) питома вага масового виробництва різко скорочується. В умовах серійного й одиничного виробництва одним з головних вимог до систем автоматизації стає гнучкість,

тобто здатність засобів автоматизації бути використовуваними для різних, часто змінюваних заготовок [3].

Транспортні системи в автоматизованому виробництві поділяються на два типи: супутникові та безсупутникові. У супутникових системах заготовки закріплюються на пристроях-супутниках. Після обробки деталі знімають з супутників і останні повертаються конвеєром повернення в позицію завантаження. У безсупутникових системах заготовки обробляють і переміщують без пристроїв конвеєром.

Безсупутникові системи характерні для автоматичних ліній з жорстким зв'язком і синхронними транспортними системами. Такі системи мають низьку гнучкість. Їх доцільно використовувати в тільки масовому виробництві.

Крім того, завантажувально-розвантажувальні пристрої поділяють за місцем розташування - безпосередньо вбудовані в обладнання і розташовані біля обладнання, з окремим приводом.

Завантажувально-розвантажувальні пристрої ГВС повинні мати принципово нову якість - гнучкість, тобто здатність швидкого переналагодження на роботу з іншим видом заготовок.

Оснащення гнучких виробничих модулів (ГВМ) системами автоматичної зміни заготовок є одним з факторів, що підвищують продуктивність модулів, оскільки установка і вивірка заготовок (особливо корпусних деталей довільної форми) безпосередньо на верстаті викликають досить тривалі простої дорогого обладнання. У зв'язку з різноманіттям форм корпусних та плоских заготовок найбільш раціонально застосовувати столи-супутники, на яких вони попередньо закріплюються. У той час як один зі столів-супутників знаходиться на верстаті і встановлена на ньому заготовка обробляється, на інших супутниках можуть проводитися такі операції:

- зміна обробленої деталі на заготовку; установка і затиск частково обробленої заготовки в інше положення;
- доставка деталі після обробки в позиції контролю або промивання;

- доставка деталі на міжопераційні транспортні пристрої.

Столи-супутники для кріплення оброблюваних корпусних (плоских і призматичних) заготовок для вітчизняних ГВМ стандартизовані. Столи-супутники мають ширину: 200 ... 800 мм з одним напрямним пазом (рис. 1.3, а) і 1000 ... 2000 мм з двома Т-подібними напрямними поверхнями (рис. 1.3, б). Робоча поверхня столів-супутників 6 забезпечена кріпильними отворами 8 або Т-подібними кріпильними пазами 9 для закріплення заготовки і технологічного оснащення. Базові площини 2 служать для установки, а базові отвори 1 - для орієнтації столу-супутника за допомогою фіксуючих штирів на столі верстата. Під час переміщення на накопичувачах столи-супутники орієнтуються по напрямних поверхнях 3 і 7.

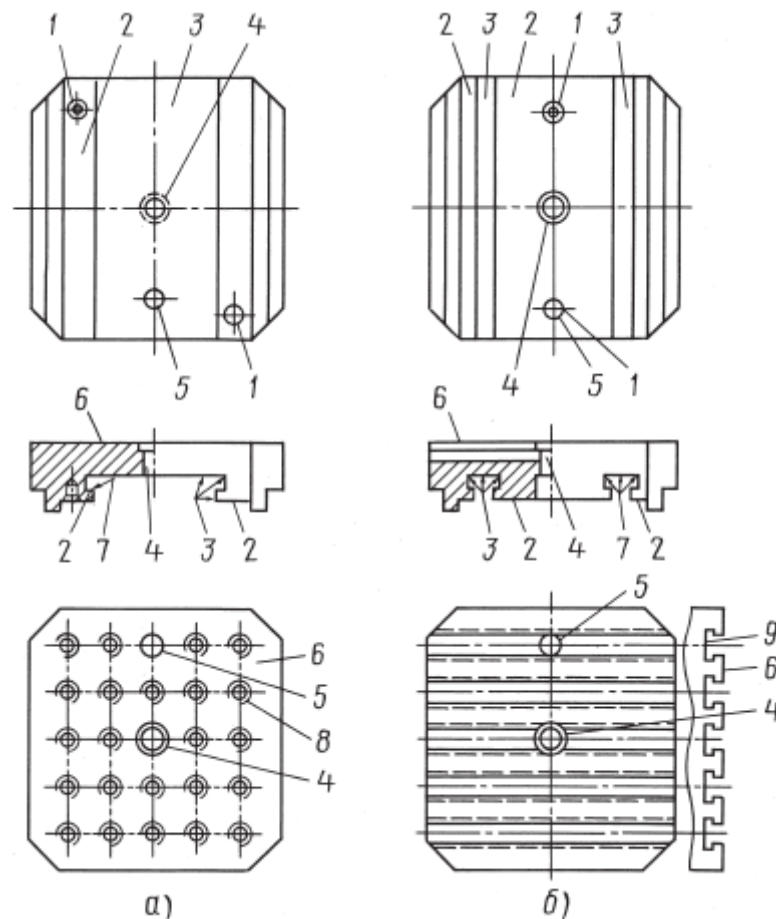


Рисунок 1.3 – Столи-супутники та їх конструктивні елементи

Для орієнтації або вивірки заготовок або технологічної оснастки на столах-супутниках виконуються центруючі отвори 4 і перевірочний отвір 5, а

також настроєчні планки або направляючі пази прямокутного перетину. Для затиску столу-супутника на верстаті служать поверхні 7.

Система автоматичної зміни столів-супутників ГВМ складається з двох основних частин: завантажувального пристрою і накопичувача столів-супутників.

На рис. 1.4 показані найбільш розповсюджені схеми завантажувальних пристроїв [3]. У поворотному завантажувальному пристрої (рис. 1.4,а) для зміни столів-супутників 3 стіл 2 верстата 1 переміщується по одній або двом координатам в позицію зміни заготовок, в якій він стикується з завантажувачем 4, після чого на вільну платформу завантажувача з верстата переміщується супутник з обробленою деталлю. Потім завантажувач 4 повертається на 180° , і з іншої його платформи на верстат переміщається супутник з новою заготовкою.

Завантажувальні пристрої з роздільними платформами 4, розташованими з двох протилежних сторін від столу верстата (рис. 1.4,б), зазвичай застосовуються в досить великих ГВМ із шириною столів-супутників не менше 1000 мм.

Широко поширений завантажувальний пристрій з платформами 4, розташованими з одного боку столу і встановленими на рухомій або нерухомій підставці (рис. 6.40, в). Завантажувальні пристрої оснащуються механізмами переміщення (гідроциліндрами, гвинтовими або ланцюговими передачами) столів-супутників.

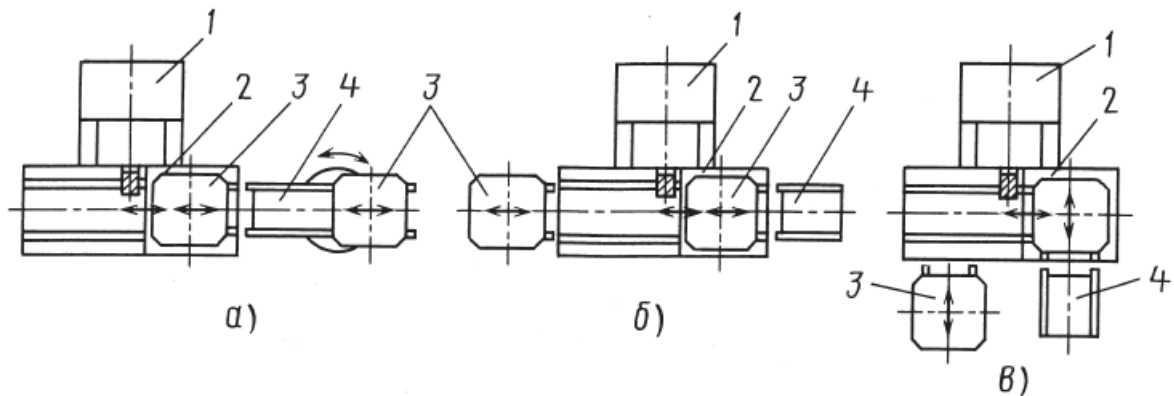


Рисунок 1.4 – Схеми завантажувальних пристроїв для столів-супутників

Враховуючи конфігурацію деталей, що плануються для обробки на проектованому верстаті, та тип виробництва найбільш доцільною системою завантаження заготовок є супутникова система.

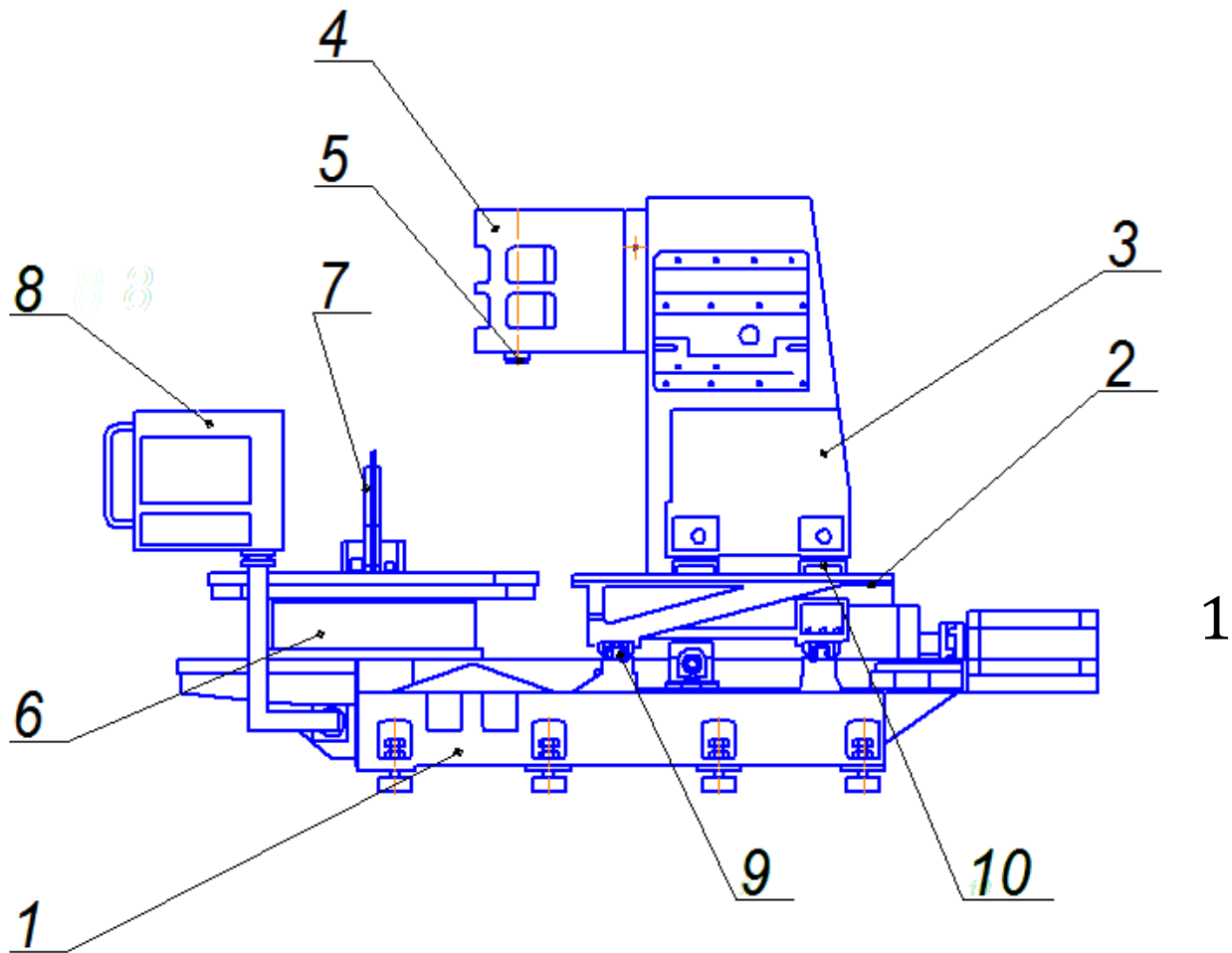
При виборі схеми завантаження столів-супутників у верстат слід враховувати, що час зміни столів-супутників у робочому просторі верстата за [5] може складати до 45 с., і може становити значну долю штучного часу обробки заготовки.

Виходячи з цього є доцільним сумістити обробку заготовки на верстаті та зміну столів-супутників. Це зробить час на зміну супутників таким що перекривається основним (машинним) часом і дозволить помітно зменшити штучний час на операцію обробки.

Для реалізації такого рішення найбільш оптимальною схемою завантажувального пристрою може стати схема, зображена на рисунку 1.4, а при умові її вбудови в обладнання (верстат). Це можливо, якщо прийняти компоновку верстата за схемою 1 таблиці 1.1, де стіл залишається нерухомим, а всі робочі рухи здійснює інструмент. При цьому стіл повинен мати можливість індексації при повороті на 180° , а його робочий простір має бути поділений на дві рівні частини – робочу зону, в якій здійснюється

обробка та завантажувальну зону, де буде відбуватись автоматична зміна столів-супутників під час обробки.

Загальна компоновка проектованого верстата наведена на рисунку 1.5



1 – станина; 2 – поперечні полозки; 3 – стійка; 4 – шпиндельна головка;
5 – мотор-шпиндель; 6 – індексований стіл; 7 – перегородка; 8 – пульт
програмного керування; 9 – поздовжні напрямні; 10 – поперечні напрямні

Рисунок 1.5 – Загальна компоновка верстата

2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ

2.1 Розрахунок технічної характеристики верстата

Металорізальні верстати повинні забезпечити найбільш вигідні режими різання при виконанні на них передбачених технологічних процесів. В зв'язку з тим, що верстати з ЧПК використовуються для різних операцій на заготовках із матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, вони повинні забезпечити регулювання режимів різання в широкому діапазоні.

Для визначення граничних режимів різання, які здійснюються на верстаті, розраховують режими при виконанні різних робіт і на основі аналізу одержаних результатів визначають граничні значення частот обертання шпинделя і значень подач.

До робіт, що можуть визначати граничні значення режимів різання можна віднести чорнове і чистове фрезерування та свердлення отворів. Інші операції, такі як розгортання, нарізання різи мітчиками, фрезерування різи та розточування за даними [6] потрапляють у межі граничних значень перелічених вище робіт.

Глибина різання.

Глибина різання при обробці на багатоопераційних та фрезерних верстатах з ЧПК визначається припуском під фрезерування, максимальним діаметром свердлення, точністю обробки, жорсткістю технологічної системи і вибирається за нормативами [6].

При фрезеруванні найбільша глибина різання $t_{\max}$ приймається рівною найбільшому припуску на чорнову обробку, найменша глибина різання $t_{\min}$ приймається при чистовій обробці, коли припуск зрізається за декілька проходів.

Подача.

При фрезеруванні найбільша подача $S_{\max}$ вибирається за нормативами для чорнової обробки сталі та чавуну, а найменша подача $S_{\min}$ - для чистової обробки легких сплавів[6]. При свердленні найбільша подача вибирається

при обробці легких сплавів свердлами найменшого діаметра, а найменша – при обробці сталей та чавунів свердлами найбільшого діаметра.

Розрахунок швидкості різання

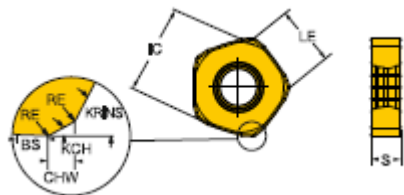
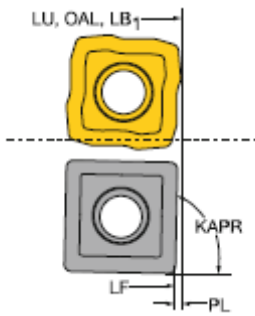
При проектуванні даного верстата як вихідний оброблюваний матеріал при визначенні $V_{\max}$ при фрезеруванні та свердленні беремо алюмінієві сплави (група «N»). При визначенні $V_{\min}$ беремо найменші значення для вуглецевих сталей (група «P») та чавунів (група «K»).

Розрахунок сил різання

Розрахунок сил різання потрібен для визначення ефективної потужності різання та вибору електродвигуна з відповідними характеристиками.

Перелік технологічних операцій, за якими визначаються технічні характеристики верстата та коротка характеристика ріжучих інструментів наведена у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Коротка характеристика ріжучого інструмента

Чорнове фрезерування	 CoroMill 357 RM357-100Q32N- 22M050	 R357-24T310M-PH R357-24T310M-KH	D=100 Z=5
Чистове фрезерування	 CoroMill Plura 2S340-500-100- NA1640		D=5 Z=2
Свердлення отворів великих діаметрів	 CoroDrill 880 880-5000-20L-50-5	 880-5000-20-PM 880-5000-20-KM	D=50
Свердлення отворів малих діаметрів	 CoroDrill 460 460-500-L50-10		D=5

Визначені швидкості різання дають можливість підрахувати граничні значення частот обертання шпинделя.

$$n_{\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi D_{\min}}, \quad n_{\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi D_{\max}},$$

де $n_{\max}$ і $n_{\min}$ – найбільша і найменша частоти обертання шпинделя, об/хв.

$V_{\max}$ і $V_{\min}$ – найбільша і найменша швидкості різання, прийняті для розрахунків, м/хв.

$D_{\max}$ і $D_{\min}$ – найбільший і найменший діаметри оброблюваних заготовок або різального інструменту, мм.

Сила різання визначається за формулою:

25

$$P_z = \frac{k_c}{h_m^{m_c}}$$

де P_z - складова сили різання, Н;

k_c - питома сила різання по відношенню до поперечного перетину стружки в 1 мм^2 ;

h_m - середня товщина стружки, мм;

m_c - показник ступеня

В залежності від подачі на зуб визначається хвилинна подача:

$$S_{xв} = S_z \cdot Z \cdot n$$

де $S_{xв}$ - хвилинна подача, мм/хв;

Z – кількість зубців фрези.

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_{рез} = \frac{D_{\phi} \cdot t \cdot S_{мин} \cdot P_z}{6 \cdot 10^7 \cdot 0,8} \cdot h_m^{-m_c}$$

Результати розрахунку режимів різання представлені у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Режими різання

Технологічна операція	Ріжучий інструмент	Оброблюваний матеріал	Глибина різання	Подача	Швидкість різання V, м/хв	Частота обертання шпинделя п, хв. ⁻¹	Потужність N, кВт
Чорнове фрезерування	Фреза CoroMill 357 D=100 Z=5	сталь	10	$S_z=0.15$ $S_{xв}=202$	85	270	26,7
		чавун	10	$S_z=0.15$ $S_{xв}=262$	110	350	21,6
Чистове фрезерування	Фреза CoroMill Plura D=5 Z=2	алюмінієві сплави	5	$S_z=0.011$ $S_{xв}=1410/560$	1000/ 450	64000/ 25500	-
Свердлення отворів великих діаметрів	Свердло CoroDrill 880 D=50	сталь	25	$S_o=0.16$ $S_{xв}=108$	105	670	18
		чавун	25	$S_o=0.21$ $S_{xв}=120$	90	573	12
Свердлення отворів малих діаметрів	Свердло CoroDrill 460 D=5	алюмінієві сплави	2.5	$S_o=0.24$ $S_{xв}=4584$	300	19100	-

Значення сили різання P_z та складових для її розрахунку наведені у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Значення сили різання P_z та складових для її розрахунку

операція	Оброблюваний матеріал	k_c	h_m	m_c	P_z
Чорнове фрезерування	сталь	2850	0.15	0.21	4253
	чавун	1350	0.15	0.28	2288
Свердлення отворів великих діаметрів	Сталь	2850	0.08	0.25	5377
	Чавун	1350	0.1	0.25	2410

За результатами розрахунків визначаються вихідні дані для вибору привода головного руху.

Приймається:

Максимальна частота обертання шпинделя: $n=20000 \text{ хв}^{-1}$

Потужність приводу $N=27 \text{ кВт}$

27

2.2 Обзор приводів головного руху фрезерних верстатів з ЧПК

До приводу головного руху проектного верстата пред'являються наступні вимоги: частота обертання $n = 20000 \text{ об / хв}$, потужність $N = 27 \text{ кВт}$.

У приводах головного руху високошвидкісних верстатів з $n_{\max} > 10000 \text{ об / хв}$ практично неможливо використовувати електродвигуни з механічною редукцією, оскільки для отримання високих швидкостей обертання коробка передач була б надзвичайно великих габаритів і містила б велику кількість шестерень і зубчастих коліс. У зв'язку з цим верстати, призначені для обробки з високими частотами обертання шпинделя оснащують мотор-шпинделями або приводами з пасовою передачею, яка передає обертання від електродвигуна безпосередньо на шпиндель верстата.

2.2.1 Привод з пасовою передачею

Привід головного руху з пасовою передачею складається з електродвигуна, пасової передачі і шпиндельного блоку. Потужність, момент і швидкість шпинделя в цьому випадку залежать від характеристик приводного двигуна і передавального відношення пасової передачі між мотором і шпинделем [7].

Переваги шпинделя з пасовим приводом: відносно невисока вартість, можливість отримання високої потужності і моменту при використанні великого двигуна (такі величини набагато важче отримати на інтегрованому мотор-шпинделі при обмежених габаритах).

У той самий час можуть бути встановлені обмеження на застосування шпинделів з пасовим приводом. Максимальна швидкість шпинделя з пасовим приводом може бути обмежена кількома факторами.

1. При використанні поліклинового пасу високі швидкості обертання призводять до витягування і прослизання пасу, зменшуючи контакт зі шківами і здатність передавати крутний момент.

2. При використанні зубчастого пасу виникають неприпустимі вібрації, хоча прослизання менше, ніж у поліклинового.

3. Паси знижують здатність навантаження шпиндельних підшипників.

Такі приводи застосовуються на максимальних швидкостях обертання до 12000-15000 об/хв.

Тому така конструкція приводу головного руху не розглядається для застосування у модернізованому верстаті.

2.2.2 Інтегрований мотор-шпиндель

Інтегровані мотор-шпинделі не мають потреби в зовнішньому двигуні для забезпечення моменту і потужності. Двигун є складовою частиною шпиндельного вала і корпусу шпинделя. Це дозволяє шпинделю обертатись

на більш високих швидкостях як комплексного вузла, без додаткових обмежень з боку пасів.

Мотор-шпиндель відносять до приводів прямої дії (Direct Drive). В даному вузлі шпиндель є ротором електродвигуна і складається з наступних основних елементів: шпиндельного вала з вузлом кріплення інструменту, приводний частини (статора і ротора електродвигуна), шпиндельних опор, системи охолодження, датчиків (частоти обертання, положення ротора, температури), роз'ємів і каналів зв'язку (електричних сигналів, системи охолодження, системи змащування) [7].

Умовно мотор-шпинделі поділяють на дві групи:

1. Мотор-шпинделі для силової обробки важкооброблюваних матеріалів на відносно невисоких швидкостях різання і високих потужностях та крутних моментах;

2. Мотор-шпинделі для обробки легких сплавів (пластмас і т.д.) на високих швидкостях різання при малих потужностях і моментах.

В даний час на промисловому ринку представлено досить велику кількість компаній, що займаються виробництвом мотор-шпинделів. Це компанії Японії, Німеччини, США, Швейцарії. Основні технічні характеристики мотор-шпинделів деяких фірм виробників представлені в таблицях 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики мотор-шпинделів фірми
IBAG Switzerland AG

Модель шпинделя	HF170.xA	HF170.5 AI	HF210.xAI	HF230.xAI
1	2	3	4	5
Максимальна швидкість обертання шпинделя				
Шарикопідшипники змішаного типу с системою змащення масляним туманом [1 / min]	24.000	30.000	24.000	24.000
Шарикопідшипники сталеві з систем змащення підшипників масляним туманом [1 / min]	20.000			
Шарикопідшипники змішаного типу с масляним мастилом [1 / min]	16.000	17.000	15.000	15.000
Потужність протягом тривалого часу [KW]	30/40	30	30	30/40
Потужність при короткочасному використанні [kW]	95	107	150	185
Момент протягом тривалого часу S1 [Nm]	29/53	16,1	63/73	71/95
Система кріплення інструменту	SK 40	HSK E50	SK 40	SK 40/Y
Діаметр / Довжина [mm]	170/470	170/342	210/457	230/511
Вага [kg]	63	44	110	130
Схема підключення електродвигуна	трикутник або зірка-трикутник			

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики мотор-шпинделів фірми Siemens
«Standard»

Модель шпинделя	F200A.18.30	F200S.20.38	F230S.18.35	F200S.18.38
Швидкість обертання шпинделя, [1 / min]				
Максимальна	18000	20000	18000	18000
Номинальна	3600	3400	4500	3400
Тип мотора	Асинхронний	Синхронний	Синхронний	Синхронний
Потужність [kW] зірка / трикутник S1	30	30	35	30
Момент [Nm] зірка / трикутник	80	84	75	84
Система кріплення інструменту	HSKA63	HSKA63	HSKA63	HSKA63
Діаметр хвостовика інструменту [mm]	2-20	2-20	2-20	2-20
Діаметр / Довжина [mm]	200/736	200/735	230/786	200/735
Вага [kg]	н.д.	н.д.	150	н.д.
Тип мащення підшипників	Консистентна	Масляний туман	Консистентна	Консистентна

Виходячи з аналізу технічних характеристик представлених мотор-шпинделів, для проектного верстата в якості приводу головного руху приймається найбільш підходяща модель мотор-шпинделя фірми Siemens, розроблена і виготовлена спільно з компанією Weiss Spindeltechnologie GmbH - F200S.20.38 [8].

Обраний мотор-шпиндель використовується при фрезеруванні і свердлінні на фрезерних верстатах з ЧПК і обробних центрах. Підходить як для чорнової, так і для точної чистової обробки.

Основні характеристики мотор-шпинделя F200S.20.38:

1. Максимальна частота обертання: $n = 20000 \text{ min}^{-1}$.
2. Потужність двигуна.

Потужність двигуна залежить від температури охолоджуючої рідини на вході.

Таблиця 2.3 - Зменшення потужності при безперервному режимі (S1) в залежності від температури охолоджуючої рідини.

Температура на вході, [°C]	Коефіцієнт зменшення
25	1
35	0.95
45	0.9

При коефіцієнті зменшення рівному 1 безперервна потужність становить 30 кВт.

4.Максимальний крутний момент на шпинделі:

Максимальний крутний момент обчислюється за формулою:

$$M_{\max} = 2 \cdot M_n,$$

де M_n - номінальний момент обертання, $M_n = 84 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

32

$$M_{\max} = 2 \cdot 84 = 168 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В діапазоні постійної потужності максимальний момент при постійному числі обертів n приблизно обчислюється за формулою:

$$M_{\max} = 9.6 \cdot \frac{P_{\max}}{n},$$

де $P_{\max}$ - максимальне навантаження, Вт

$$M_{\max} = 9.6 \cdot \frac{30000}{20000} = 14.4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5.Тип електродвигуна, владнанного в мотор-шпиндель.

Дана модель мотор-шпинделя укомплектована синхронним двигуном.

За потужністю і моментом обертання синхронний двигун значно перевершує асинхронний двигун. Він значно потужніше і виробляє значно менше втрат тепла (завдяки постійному намагнічуванню ротора), ніж

асинхронний. У синхронного двигуна вал менш схильний до теплового впливу. Недоліком синхронного двигуна є несумісність шпинделя з приводними системами інших фірм-виробників. Мотор-шпиндель призначений для використання з системою SIMODRIVE з перетворювачем 611 digital і 611 universal. Кутова інформація датчика Sin-Cos множитьс в інтерфейсі датчика перетворювача. Ще одним недоліком цих двигунів є необхідність наявності захисних заходів від перенапруги двигуна. В системі SIMODRIVE цю задачу виконує модуль VP.

6. Параметри підключення електродвигуна.

Існує можливість вибору між двома режимами перемикання зірка / трикутник.

7. Напрямок обертання.

Мотор-шпиндель є реверсивним (допускає обертання валу як вправо так і вліво).

8. Геометричні параметри, мм: довжина $L1 = 735$, діаметр фланця $D2 = 250$, посадочний діаметр $D1 = 200h5$, інші розміри: $L2 = 115$, $L3 = 88$, $D3 = 150$.

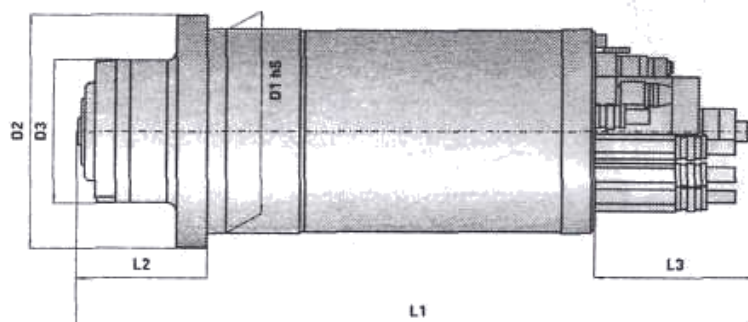


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд мотор-шпинделя.

9. Кріплення та установка мотор-шпинделя.

Кріплення мотор-шпинделя здійснюється за допомогою фланця.

Циліндрична форма мотор-шпинделя дозволяє легко встановити його на будь-який тип верстата, а також можна встановити на нових, розроблених, та таких, що знаходяться в експлуатації верстатах.

10. Система кріплення інструмента- HSK (A63).

11. Діаметр інструменту, мм:

- максимальний: 100;
- мінімальний: 4.

12. Максимальна вага ріжучого інструменту: 14кг.

15. Охолодження ріжучого інструменту.

В якості опції мотор-шпиндель може бути обладнаний функцією внутрішнього охолодження інструменту. При цьому через обертове прохідне з'єднання MOP з заднього кінця вала подається через вал шпинделя на інструмент.

Мотор-шпиндель поставляється з вбудованим підведенням MOP.

Вбудоване підведення MOP підходить для сухої обробки (без стисненого повітря). Основні параметри MOP:

- максимальное давление $50 \cdot 10^5$ Па;
- максимальный размер частиц 50μм;
- максимальная температура СОЖ 40°C;

17. Система затиску і зміни інструменту

Мотор-шпиндель обладнаний системою затиску для автоматичної зміни інструменту. Система затиску інтегрована в вал шпинделя і обертається разом зі шпинделем. Система затиску розрахована на макс. 5 циклів зміни інструменту за хвилину. Зусилля захоплення надходить від обертової пружинної системи. Система затиску приводиться в дію за допомогою пневматичного циліндра. Для звільнення інструменту на пневматичний циліндр подається стиснене повітря.

Виконавчий пристрій звільняє інструмент з затиску, він легко може бути вилучений захопленням пристрою зміни інструменту. Установка

інструменту здійснюється через видалення повітря з пневматичного циліндра:

витрата повітря 7.2м / год при 5 змінах інструменту в хвилину;

-мінімальне / максимальний тиск, Па: 5·10 / 10·10;

-Максимальний розмір часток 50μм.

18.Очищення приєднувальних поверхонь шпинделя після зняття інструменту (продування конусного отвору шпинделя стисненим повітрям).

Для захисту від забруднення затиску інструменту між видаленням старого інструменту і установкою нового, здійснюється продування конуса шпинделя стисненим повітрям.

витрата повітря 2.1м / год при 5 змінах інструменту в хвилину;

-мінімальне / максимальний тиск, Па: 5·10 / 6·10;

-Максимальний розмір часток 50μм.

2.3 Аналіз конструкцій корпусних деталей для установки мотор-шпинделів в сучасних фрезерних верстатах з ЧПУ і обробних центрах

35

Вибір конструкції корпусної деталі мотор-шпинделя залежить від компоновки самого верстата, розташування осі шпинделя, навантажень, що виникають при різанні металів, характеру і виду робіт, виконуваних на верстаті. Проектуючи конструкцію корпусної деталі мотор-шпинделя, необхідно врахувати наступні вимоги [9]:

1. Надійність і простоту виготовлення вузла;

2. Жорсткість конструкції;

3. Вібростійкість вузла;

2. Зручність монтажу двигуна;

3. Компактність вузла;

4. Можливість охолодження шпинделя припливом повітря;

5. Безпечність конструкції;

6. Забезпечення точності взаємного переміщення вузлів конструкції;

7. Технологічність конструкції;

8. Забезпечення мінімальних температурних деформацій.

Вихідними даними для конструювання шпиндельного вузла є габаритні і приєднувальні розміри мотор-шпинделя, робочого простору по осі Z.

2.3.1 Матеріали корпусних деталей

Основним матеріалом для виливків станини деталей, що працюють на розтяг і вигин, є сталеве лиття марок 25Л, 35Л і сірий чавун СЧ 21. Чавун є основним матеріалом для виготовлення деталей несучої системи. Найбільш поширені чавунні литі корпусні деталі внаслідок широких можливостей отримання з чавуну необхідних (іноді дуже складних) геометричних форм і відносно невисокої вартості литих корпусних деталей при серійному виготовленні, в якому вартість модельного комплексу розкладається на значну кількість виливків. [9]

36

Як матеріали для литих станин і корпусних деталей основне застосування мають:

а) в більшості випадків застосовують сірий чавун марки СЧ 15;

б) для станин верстатів середніх розмірів з направляючими, виконаними як одне ціле, для станин і інших відповідальних корпусних деталей прецизійних верстатів, щоб уникнути надмірних деформацій від залишкових напруг - чавун I класу марки СЧ21 перлитної структури або модифіковані чавуни марок СЧ 32 або СЧ 35;

в) для станин складної конфігурації і станин важких верстатів щоб уникнути технологічних труднощів при виготовленні виливків, а також для станин з привертними напрямними - чавун II класу марки СЧ 15 перліто-феритної структури;

г) для корпусів коробок швидкостей, подач у зв'язку з відсутністю поверхонь, систематично працюючих на знос, переважно чавун марки СЧ 15;

д) для полозків, столів, планшайб вибір марки чавуну визначається умовами роботи направляючих. Найбільш поширений матеріал - чавун марки СЧ 15.

г) при підвищених вимогах до зносостійкості напрямних, виконаних як одне ціле з базовою деталлю, застосовують чавун марки СЧ 21 і значно рідше модифіковані чавуни марок СЧ 32 і СЧ 35.

При конструюванні литих корпусних деталей слід мати на увазі, що заходи щодо підвищення загальної і місцевої жорсткості одночасно сприяють і отримання якісної виливки, зокрема, за рахунок зменшення викривлення.

Для отримання гарної виливки важливо правильно її спроектувати з точки зору технології ливарного виробництва. Невдалі конструкції створюють труднощі: при виготовленні в них можуть утворитись різні дефекти, як, наприклад, усадочні раковини, пухкості, тріщини і т. п.

Всі перетини виливка по можливості повинні бути однаковими по товщині; слід уникати гострих кутів, утворених стінками між собою. Це збереже міцність стрижнів і попередить небажану різку зміну напрямку течії металу при заливці.

Поверхням виливків ливарники надають незначні ухили в напрямку, перпендикулярному роз'єму форми, для більш легкого вилучення моделі і виливків з землі. Це робиться в тих випадках, коли ухили не передбачені робочим кресленням деталі. Величина кута ухилу в залежності від висоти виливка регламентується ГОСТом 3212-57 і становить від 0,5 до 0,25 °. При цьому зі збільшенням висоти деталі зменшується кут ухилу виливки.

На підставі проведеного аналізу для проектованої деталі в якості матеріалу доцільно використовувати сірий чавун СЧ-15.

2.3.2 Жорсткість несучих систем

Потрібна жорсткість станин і корпусних деталей визначається наступними факторами:

- 1) працездатністю верстатів, як технологічних машин з точки зору точності обробки і стійкості процесу різання;
- 2) працездатністю механізмів верстата;
- 3) умовами продуктивної обробки розглянутих деталей і легкістю вивірки верстатів при установці.

У балансі точності обробки пружні переміщення в технологічній системі відіграють вирішальну роль.

Пружні переміщення і відтискання, як відомо, позначаються на точності виробів наступним чином:

- а) на поверхні виробу копіюється форма заготовки;
- б) відбувається спотворення форми виробів в місцях входу і виходу інструменту внаслідок змінних сил різання;
- в) на формі виробу позначаються деформації від відцентрових сил, викликаних невірноваженістю та іншими динамічними навантаженнями;
- г) форма виробів спотворюється внаслідок змінної жорсткості системи;
- д) пружні деформації знижують точність установки інструменту на розмір.

При обробці корпусних деталей з тонкими стінками, недостатньо підкріпленими перегородками або ребрами, доводиться знижувати режими різання.

Жорсткість несучих систем верстатів визначається:

- а) власної жорсткістю деталей, що розглядаються як балки, пластинки або оболонки;
- б) жорсткістю поверхневих шарів сполучень (контактної жорсткістю).

Разом з контактними деформаціями умовно розглядаються місцеві деформації згину напрямних, фланців і т. д.

Жорсткість несучих систем верстатів з точки зору точності обробки характеризується пружним переміщенням інструменту по нормалі до оброблюваної поверхні під дією заданих сил.

Великий вплив на жорсткість станини роблять ребра, що з'єднують її стінки або підлиті до них. Від розташування ребер, їх числа, форми і розмірів перетину залежить їх ефективність щодо підвищення жорсткості конструкції. Досліди, проведені в ЕНІМС Х. М. Єнікеєвим на моделях станин різних форм, показали, наприклад, що розташування ребер, що з'єднують стінки станини (перегородок), щодо вертикальної жорсткості останньої практично байдуже.

Щоб збільшити вертикальну жорсткість, доцільно підливати до стінок ребра у вигляді поздовжніх горизонтальних полиць або діагональної сітки. Пізніші експериментальні дослідження, виконані у нас і за кордоном, взагалі підтвердили висновки, що випливають з дослідів Х. М. Єнікеєва, і дозволили отримати додаткові дані для обґрунтованого вибору ребрення при проектуванні станин і інших корпусних деталей верстатів [10].

Деформації спотворення контуру і місцеві істотно знижують жорсткість базових деталей, тому зазвичай їх прагнуть звести до мінімуму. Зменшення деформацій спотворення контуру забезпечується, наприклад, введенням поперечних перегородок, суцільних або з невеликими вікнами, діагональних перемичок, що зв'язують протилежні кути перетину, а також збільшенням жорсткості стінок в площині меншою жорсткості. При цьому введення поперечних ребер раціональніше, ніж збільшення товщини стінки (при тій самій площі перетину).

Як приклад можна вказати, що в результаті спотворення контуру перетину переміщення напрямних стійки без перегородок виявляються в 4-5 (до 10) разів більше, ніж переміщення стійки із суцільними перегородками.

Зменшення місцевих деформацій забезпечується зменшенням довжини перехідних стінок і збільшенням власної жорсткості перехідних і основних стінок шляхом введення поперечних ребер. Так, переміщення в результаті місцевих деформацій напрямних без перехідних стінок в 2-3 рази менше, ніж переміщення напрямних з двома перехідними стінками.

Деформації деталей, що переміщуються по напрямним (супорти, столи, повзуни), або опертих на значній частині довжини (суцільні станини), визначаються не тільки власною їх жорсткістю, але і жорсткістю пружної основи, зокрема жорсткістю напрямних. [11]

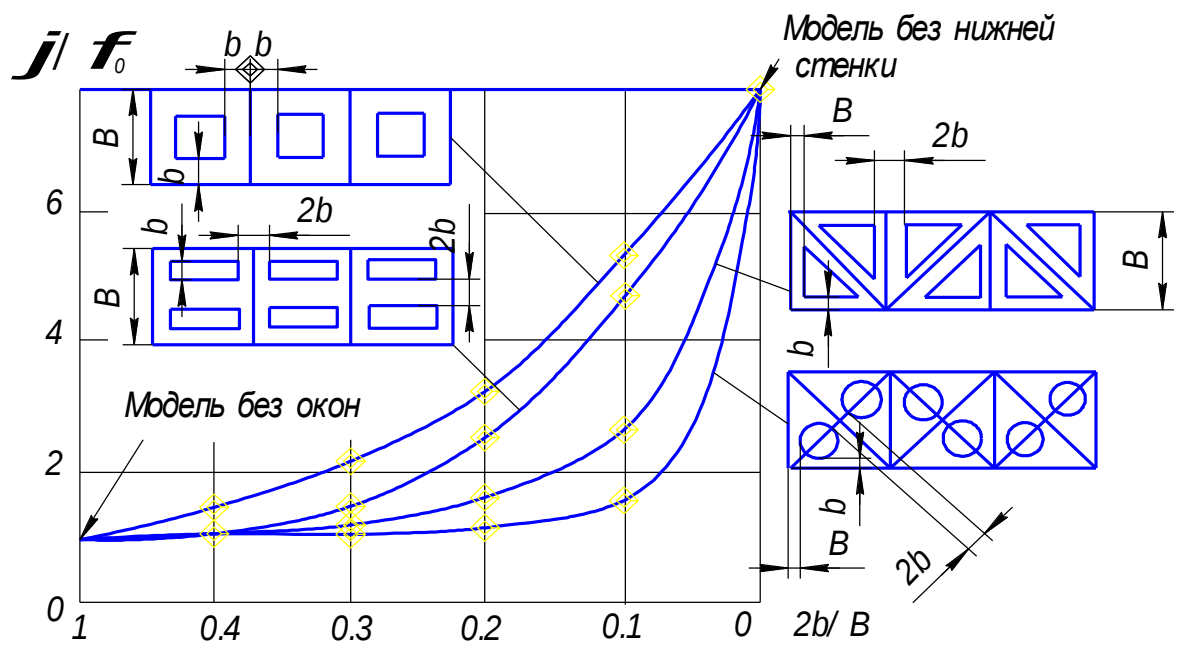
Прорізи і вікна в стінках сильно знижують жорсткість базових деталей, особливо їх крутильну жорсткість. Вікно, виконане в одній стінці, знижує жорсткість на кручення в декілька разів, а декілька вирізів в різних верстатах знижують жорсткість в ще більшій мірі. [12]

Жорсткість замкнутого профілю можна порівняти з жорсткістю точно такого ж, але розімкнутого профілю (з прорізом по всій довжині).

Для часткової компенсації втрати жорсткості через вирізи і вікна використовують додаткові ребра і перегородки.

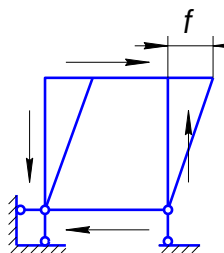
У табл. 2.4 наведені розрахункові дані, отримані за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ), що ілюструють жорсткість при зсуві перегородок з різними вікнами, визначальну жорсткість контуру перетину станини. Як видно, і в цьому випадку при трикутній формі вікна забезпечується більш висока жорсткість перегородки, ніж при прямокутній формі вікна. Вікна, площа яких менше 0,2-0,3 площі перегородки, у незначній мірі впливають на жорсткість.

З умов жорсткості число перегородок слід вибирати так, щоб відстань між ними була приблизно рівною ширині станини, причому на довжині вузла, що передає навантаження на станину, при будь-якому його положенні має бути не менше двох перегородок.



φ_0 - кут закручування моделі без вікон (замкнутого контуру поперечного перерізу); φ - кут закручування моделі з вікнами

Рисунок 2.2 - Порівняльна жорсткість при крученні моделей станин з вікнами різної форми в нижній стінці

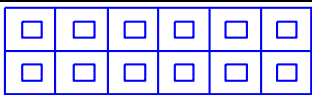
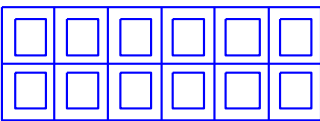
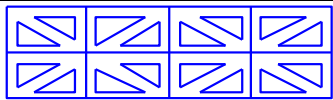


Параметр						
$F_{отв} / F$	0	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5
f / f_0	5.7	10	0.13	0.94	0.48	0.35

Примітка: За одиницю прийнято переміщення f_0 пластини $F_{отв} / F = 0.25$, де $F_{отв}$ -площа вікна. F -площа пластини

Рисунок 2.3 - Відносна жорсткість при зсуві пластин, що імітують перегородки, з вікнами різної форми і розмірів при однаковій товщині пластин

Таблиця 2.4 - Порівняльна жорсткість і маса станин П-подібного перетину (1700x 800 X600 мм) з вікнами різної форми і розмірів в нижній стінці

Форма та розташування вікон	$\frac{F_{отв}}{F}$	m, кг	Жорсткість $q \cdot 10^{-10}$, кг·см ²	
			згин	кручення
	0,16	1670	20,6	25,7
	0,62	1340	19,8	4,5
	0,51	1340	17,7	24,8

Примітка: $F_{отв}$ - площа вікон; F - площа стінки, $q = EJ$ -жорсткість при згині, $q = GJ_p$ -жорсткість при крученні. 43

У станинах, що навантажені просторовим навантаженням і зазнають деформації кручення, ширина станини в значній мірі визначає жорсткість (жорсткість приблизно пропорційна квадрату ширини). Тому ширину таких станин (токарних, револьверних, розточувальних і т. п. верстатів) слід приймати максимально допустимою з конструктивних співвідношень. [13]

2.3.3 Рекомендації з оформлення конструктивних елементів базової деталі мотор-шпинделя

Стінки. Зі збільшенням товщини стінок жорсткість і вага станини збільшуються приблизно пропорційно зі збільшенням товщини. Вплив на жорсткість габаритних розмірів перетину значно більше. Тому оптимальною слід вважати товщину стінок (і перегородок) мінімально допустиму з

технологічних міркувань, а необхідну жорсткість забезпечувати відповідним вибором розмірів перетину і іншими конструктивними факторами.

Напрявні. Найбільш поширені форми напрямних - трикутні, прямокутні і комбіновані. Конструктивні форми приєднання напрямних до стінок істотно впливають на жорсткість станини, а також і на власні напруги у виливках в зв'язку з нерівномірним охолодженням стінок станини і напрямних. [14]

Перехід від основної частини станини до напрямних може бути оформлений у вигляді однієї або двох перехідних стінок - прямих або похилих. Зустрічається безпосереднє з'єднання напрямних з основними стінками.

Безпосереднє з'єднання напрямних з основними стінками (рис. 1.6, е) найбільш жорстке.

Жорсткість приєднання напрямних до стінок, що визначає місцеву жорсткість напрямних, залежить від жорсткості основних стінок станини і перехідних стінок. Для збільшення жорсткості стінок більш доцільно не збільшувати їх товщину, а вводити ребра відповідної висоти. При достатній висоті ребер на перехідній і основній стінках жорсткість з'єднання за допомогою однієї перехідної стінки виявляється близькою до жорсткості з'єднання з двома перехідними стінками. Однак застосування ребер висотою h_p , що перевищує товщину стінок більше ніж в 3-4 рази, нераціонально, оскільки при цьому вага збільшується в значно більшому ступені, ніж жорсткість.

Оптимальною відстанню між ребрами слід вважати таку, при якій на довжині вузла, що передає навантаження на напрямні, розміщується одне-два ребра. З точки зору жорсткості оптимальним є відношення ширини напрямної (полки) до товщини приблизно рівне трьом.

Перегородки. Станини зазвичай виконують із суцільними перегородками (діагональними або перпендикулярними), що забезпечують досить високу жорсткість контуру поперечного перерізу.

У станинах з горизонтальною (верхньої або нижньої) стінкою та замкненим поперечним перерізом вид і кількість перегородок порівняно несуттєво впливають на жорсткість. У станинах з двома вертикальними стінками перегородки забезпечують спільну роботу стінок і тому досить значно впливають на жорсткість.

У станинах з перпендикулярними перегородками відстань між ними приблизно дорівнює або трохи більше ширини станини. Збільшення кількості перегородок понад оптимальний мінімум нераціонально, оскільки число перегородок в значно більшій мірі впливає на вагу, ніж на жорсткість. З параметрів перегородок у станинах з П-подібними перпендикулярними перегородками найбільший вплив на жорсткість надає ширина перегородок.

Ці параметри слід приймати максимально можливими з конструктивних міркувань.

Висновки:

Максимальна жорсткість конструкції шпіндельної бабки забезпечується:

- мінімальною відстанню від осі Z до стійки (безконсольне виконання вузла);
- ребрами жорсткості;
- мінімальною кількістю приєднувальних елементів;
- максимальною відстанню між напрямними (портальна конструкція верстата);
- широкими напрямними;
- ячеїстою конструкцією корпусної деталі мотор-шпинделя.

Вібростійкість конструкції забезпечується:

- мінімальною кількістю приєднувальних елементів;
- правильним вибором вібростійкого матеріалу для виготовлення корпусної деталі;
- ячеїстою конструкцією корпусної деталі мотор-шпинделя.

2.3.4 Аналіз існуючих компонок корпусних деталей мотор-шпинделів

У таблиці 2.5 представлені найбільш часто зустрічаються конструкції корпусних деталей мотор-шпинделів і коротка характеристика обладнання різних фірм виробників металорізального обладнання. Розглянуті конструкції металорізальних верстатів підібрані з урахуванням початкових технічних характеристик, що пред'являються до проектного верстата.

Розглянуті конструкції корпусних деталей мотор-шпинделів можна розділити по групах:

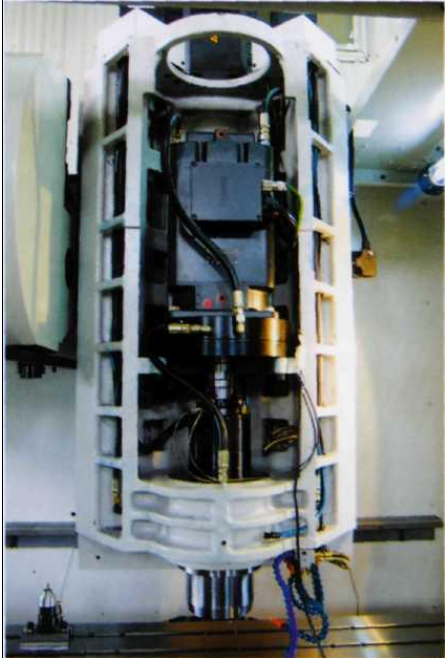
1. Закрита коробчаста форма з перехідною плитою або без неї;
2. Відкрита конструкція у вигляді вікон з перехідною плитою або без неї;
3. Спрощена конструкція з кронштейнами і перехідною плитою або без неї.

Наявність перехідної плити у всіх конструкціях корпусних деталей мотор-шпинделів дозволяє створити більш технологічну і менш дорогу конструкцію шпиндельного вузла, але одночасно знижує його жорсткість.

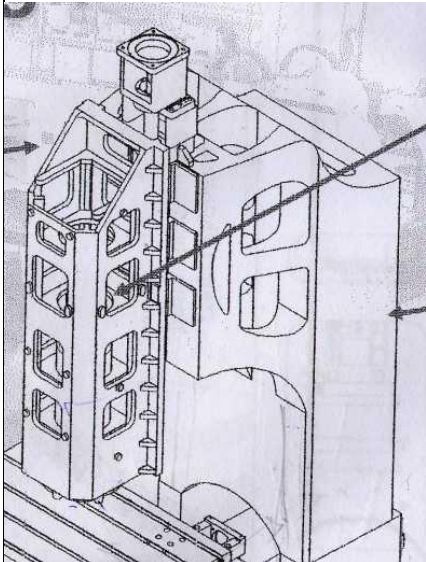
Таблиця 2.5 - Типові конструкції корпусних деталей мотор-шпинделів.

Вид	Описання
1	2
	Чеський завод «KOVOSVIT, A.S.» пропонує конструкцію вертикального обробного центру MCV 750 SPRINT. Технічні характеристики верстата: Потужність двигуна шпинделя S1 / S6, кВт: 11/18; Максимальний крутний момент, Н·м: 70/115; Максимальні оберти шпинделя, хв: 18000; Максимальний діаметр інструмента, мм: 80; Розміри стола: 1000×640; Робоча подача: 1-15000мм / хв. Верстат має низку переваг: -Верстат має високу жорсткість конструкції при мінімальному конструктивному виконанні (основні несучі частини верстата складаються з жорстких ребристих виливків сірого чавуну); -лінійні напрямні гарантують тривалу точність обробки (рухомі вузли верстата (полозки, стіл, шпиндельна бабка) встановлені на попередньо навантажених лінійних напрямних кочення.); - водяне охолодження шпиндельної бабки; З'єднання шпиндельної бабки зі стійкою проводиться за допомогою перехідного елемента - плити. Шпиндельна бабка жорстко закріплена на плиті кріпильними деталями. Конструкція шпиндельної бабки представляє компакту цілісну і жорстку відливку. Жорсткість і технологічність конструкції забезпечується її цілісністю (відсутність зварних елементів), тому вплив вібрацій, що виникають при механічній обробці на точність виготовлення деталей мінімізовані. На зменшення негативного впливу вібрацій у даній конструкції позитивно впливає матеріал шпиндельної бабки - сірий чавун, який в порівнянні зі сталевую конструкцією є більш вібростійким. Наявність додаткового елемента (плита) негативно позначається на жорсткості конструкцію. Аналогічну конструкцію шпиндельної бабки також мають верстати: MCV750A, MCV1000 SPEED, MCV1000 POWER, MCV1270 POWER, MCV 750 SPEED.

Продовження таблиці 2.5

1	2
	Торгова марка EXEN пропонує конструкцію вертикального обробного центру VMC 1200 с корпусною деталлю мотор-шпинделя, виготовленого у вигляді вікон. Технічна характеристика верстата: Потужність двигуна шпинделя: 15/25; Максимальні оберти шпинделя: 15000 / 20000мін; Робоча подача, мм / хв: 20000/32000 (вісь X, Y); 20000 (вісь Z); Максимальний діаметр інструмента: 100мм; Розміри стола: 1400×660. Конструкція шпиндельної бабки дозволяє забезпечити високу точність перемещень по осі Z при різних режимах обробки. Оригінальність конструкції полягає в тому, що при збереженні максимальної зони обробки відстань між віссю шпинделя і приводом по осі Z мінімально (250 мм) при максимальному (700 мм) відстані між напрямними. Це дозволяє отримати мінімальний згинаючий момент і як наслідок високу точність обробки. ШВП по осі Z розташоване всередині колони і виконує роль протіво-веса для шпиндельної бабки. Чарункова структура корпусної деталі гарантує високу жорсткість і поглинає вібрації. Така конструкція забезпечує можливість охолодження шпинделя припливом повітря через вікна. Недолік конструкції: нетехнологічність, що полягає в складності виготовлення виливка у вигляді вікон. Аналогічну конструкцію шпиндельної бабки також мають верстати: MMC1500, VMCP1600.

Продовження таблиці 2.5

1	2
	Німецька фірма SPINNER пропонує конструкцію верстата VC860 з литою станиною і нерухомою колоною. Технічна характеристика верстата: Розміри стола, мм: 1100×760; Потужність двигуна шпинделя S6 / 40% Siemens, кВт: 27/18/5; Максимальний крутний момент, Н·м: S6 / 40% Siemens: 180/105; Максимальний крутний момент, Н·м: S6 / 40% Fanuc: 150; Максимальні обороти шпинделя, хв: 12000/15000: HSK40- 20000HSK63; Подача: 40м / хв; Конструкція шпиндельної бабки дозволяє забезпечити високу точність переміщень при різних режимах обробки. ШВП по осі Z розташоване всередині колони і виконує роль противаги для шпиндельної бабки. Ячеїста структура корпусної деталі гарантує високу жорсткість і поглинає вібрації. Додаткові ребра жорсткості, передбачені в конструкції виливка, підвищують загальну жорсткість конструкції шпиндельного вузла. Конструкція є компактною і в той самий час забезпечує можливість охолодження шпинделя припливом повітря через вікна. Недолік конструкції: нетехнологічність виготовлення виливка у вигляді вікон. Аналогічну конструкцію шпиндельної бабки також мають верстати: VC560, VC1160, VC1460

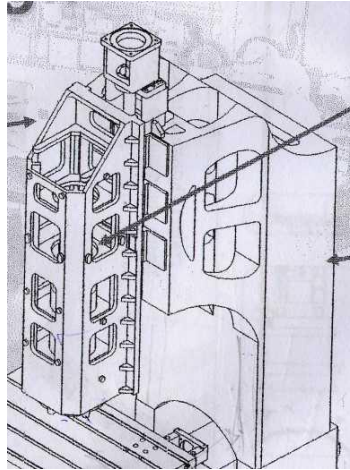
49

Корпусна деталь закритої коробчастої форми має компакту цілісну і жорстку конструкцію. Але таке виконання коробки ускладнює процес температурної стабілізації мотор-шпинделя.

У конструкції не передбачені технологічні вікна, тому вона має досить велику вагу.

Ячеїста структура конструкції корпусної деталі другої групи забезпечує високу жорсткість і поглинає вібрації. Конструкція дає можливість охолодження шпинделя припливом повітря через вікна. Головним недоліком такої конструкції є складність виготовлення виливка у вигляді вікон.

Проаналізувавши всі представлені конструкції, за основу для проектування приймається конструкція шпindelної бабки фірми SPINNER (рисунок 2.4). Така конструкція забезпечує збереження базового відстані між віссю шпинделя і стійкою верстата.



50

Рисунок 2.4 - Конструкція корпусної деталі мотор-шпинделя.

При конструюванні корпусної деталі мотор-шпинделя необхідно передбачити можливість усунення проміжної плити, що забезпечить збільшення жорсткості.

2.3.5 Конструктивні елементи корпусної деталі мотор-шпинделя

Більшість литих і зварних корпусних деталей мають коробчасті тонкостінні конструкції з внутрішніми перегородками і ребрами. Конструктивні форми базових деталей засновані на принципах найкращого використання матеріалу. У найбільш поширеному випадку спільного навантаження згинальними та крутними моментами найбільш доцільні пустотілі конструкції замкнутого профілю.

За сукупністю технологічних і експлуатаційних переваг перевагу зазвичай віддають вихідному, прямокутному профілю, що забезпечує високу згинальну і крутильну жорсткість при мінімальних витратах металу. Повністю замкнуте профіль можна здійснити тільки в тому випадку, якщо після лиття стрижень залишається всередині, що останнім часом і роблять в відповідальних базових деталях для забезпечення високої жорсткості і підвищення демпфірування.

У більшості конструкцій базових деталей в стінках передбачають вікна і вирізи з технологічних міркувань, а іноді і для розміщення всередині цих деталей деяких допоміжних пристроїв (транспортер для стружки, елементи систем змащення і охолодження, противаги).

Товщину стінки литих базових деталей вибирають виходячи з технологічних вимог і з міркувань необхідної жорсткості. Рекомендовані товщини стінок за ливарних умов залежать від габаритних розмірів. Для орієнтовного вибору товщини стінки можна використовувати формулу:

51

$$\delta = 10 \sqrt{\frac{2L + B + H}{3}} \text{ мм,}$$

де L, B, H — габаритні розміри деталей, м, причому L - найбільший з них: L = 0,75м, B = 0,74м, H = 0,61м.

$$\delta = 10 \sqrt{\frac{2 \cdot 0.75 + 0.74 + 0.61}{3}} = 9.75 \text{ мм}$$

Товщину стінок чавунних виливків призначають виходячи з технологічних вимог до їх якості, зокрема з урахуванням небезпеки утворення тріщин, а також в ряді випадків за умовами жорсткості. Однак при цьому слід мати на увазі, що збільшення розмірів перетину при раціональній його формі або введення ребер жорсткості на стінках в значно більшому

ступені підвищує жорсткість, ніж відповідне збільшення по масі товщини стінок. Тому в більшості випадків доцільно призначати товщину стінок мінімально допустимої з міркувань ливарної технології, а необхідну жорсткість забезпечувати за рахунок раціонального конструктивного оформлення.

Конструкція корпусу шпіндельної головки представлена на рисунку 2.5

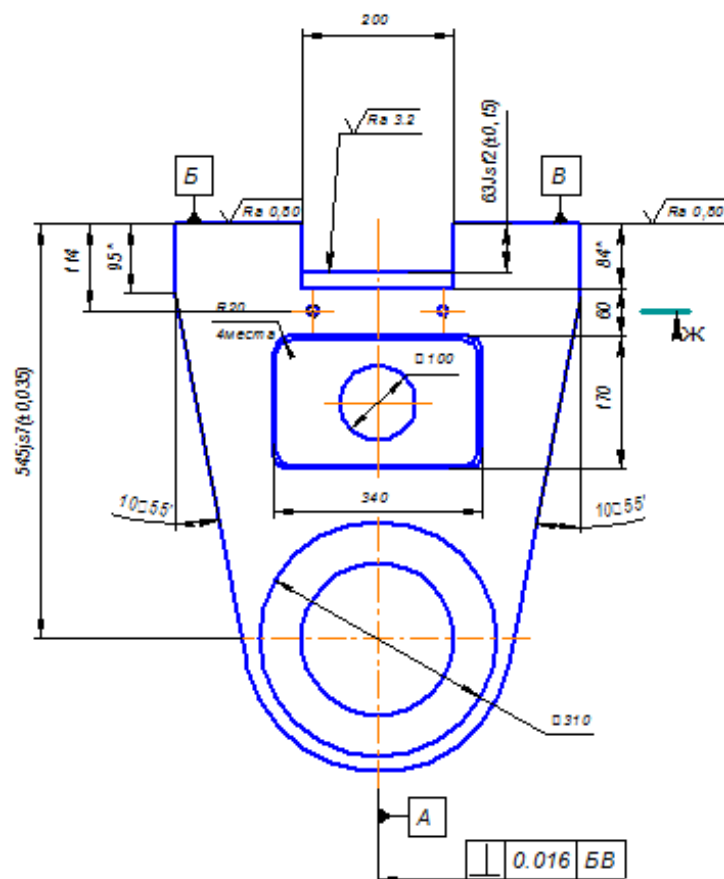
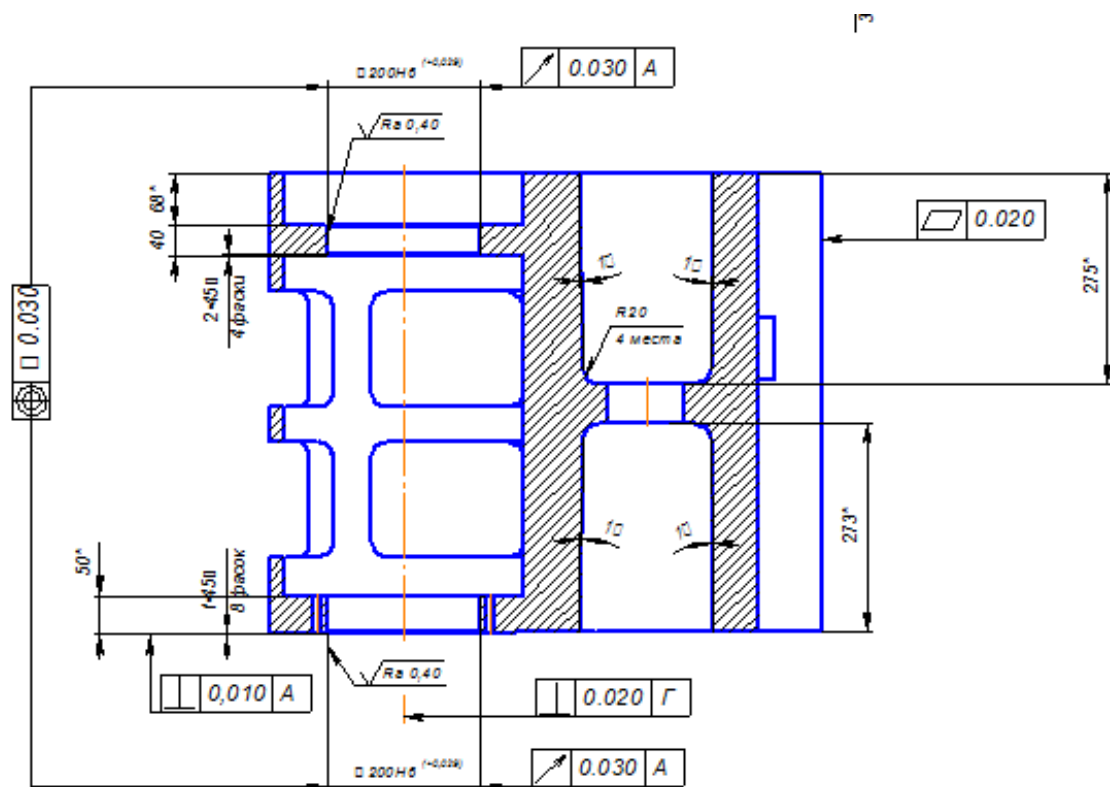
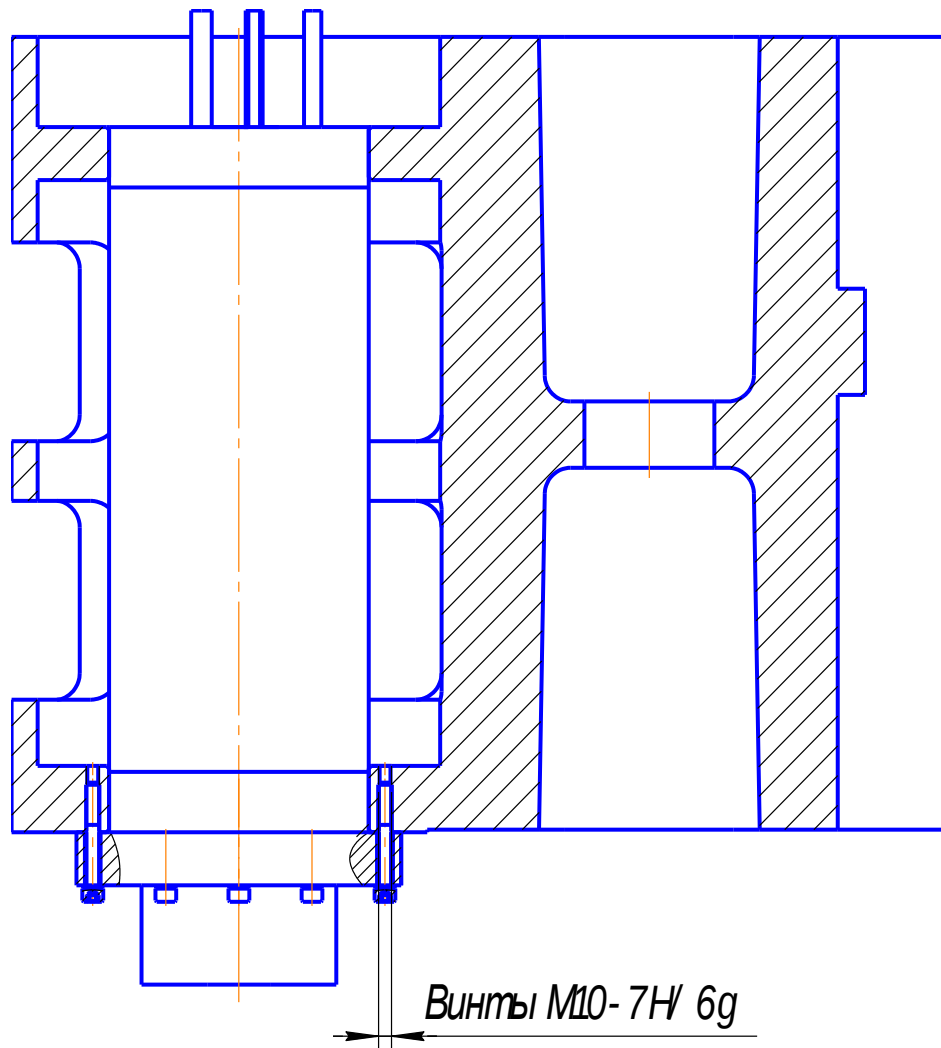


Рисунок 2.5 – Конструкція корпусу шпиндельної головки

Елементи кріплення мотор-шпинделя показані на рисунку 2.6. Дане кріплення представляє собою фланець. Мотор-шпиндель з фланцем встановлюється в корпус і кріпиться до нього гвинтами.



54

Рисунок 2.6 - Елементи кріплення мотор-шпинделя

2.3.6 Аналіз діючих навантажень

Несуча система верстата утворюється сукупністю елементів, через які замикаються сили, що виникають між інструментом і заготовкою в процесі

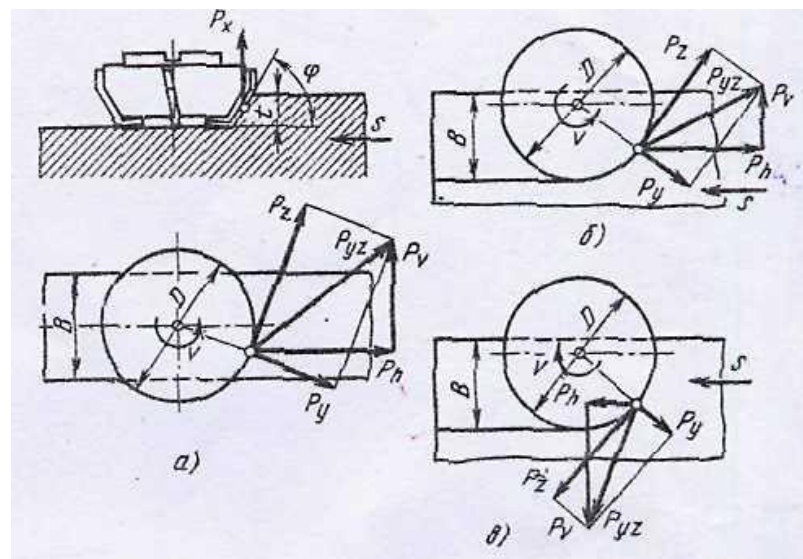
різання.

Несучі системи верстатів повинні забезпечувати і зберігати протягом необхідного терміну служби правильне розташування і можливість точних і плавних взаємних переміщень інструменту і виробів вхолосту і при різанні.

Виходячи з цього основними критеріями працездатності несучої системи є жорсткість. Як правило, умови міцності для цих деталей при виборі їх розмірів і матеріалу по зазначеним критеріям задовольняються автоматично. Розрахунки і конструювання несучих систем за критерієм вібростійкості до теперішнього часу не розроблені.

В даному розділі в якості елемента несучої системи розглядається корпусна деталь мотор-шпинделя. При аналізі та розрахунку конструкції в першу чергу необхідно оцінити сили, що діють на корпусну деталь в процесі різання.

Для цього складається розрахункова схема (рисунок 2.7) з діючими навантаженнями [15].



а- симетричному; б-несиметричному зустрічному; в- несиметричному попутному.

Рисунок 2.7 - Складові сили різання при фрезеруванні

На рисунку P_z - головна сила різання, $P_z = 4253\text{H}$;

P_x , P_y , P_v , P_h - складові сили різання.

Всі складові сили різання задаються в коефіцієнтах від головної сили різання. Величина коефіцієнтів залежить від способу фрезерування (торцеве, циліндричне), напрямку подачі (попутна, зустрічна) (див. таблицю 2.7)

Таблиця 2.7 - Відносні значення складових сил різання при фрезеруванні

Фрезерування	$P_h : P_z$	$P_v : P_z$	$P_y : P_z$	$P_x : P_z$
Фрези торцеві та кінцеві				
Несиметричне зустрічне	0.6-0.8	0.6-0.7	0.3-0.4	0.5-0.55
Несиметричне попутне	0.2-0.3	0.9-1		

Для розгляду впливу складових сил різання на величину деформації корпусу шпиндельної бабки приймаються найгірші умови різання (максимальні значення коефіцієнтів).

56

$$P_{h_{\text{нв}}} = 0.8 \cdot P_z = 0.8 \cdot 4253 = 3712\text{H}$$

$$P_{h_{\text{нп}}} = 0.3 \cdot P_z = 0.3 \cdot 4253 = 1392\text{H}$$

$$P_{v_{\text{нв}}} = 0.7 \cdot P_z = 0.7 \cdot 4253 = 3248\text{H}$$

$$P_{v_{\text{нп}}} = 1 \cdot P_z = 1 \cdot 4253 = 4253\text{H}$$

$$P_{y_{\text{нв}}} = 0.4 \cdot P_z = 0.4 \cdot 4253 = 1856\text{H} = P_{y_{\text{нп}}}$$

$$P_{x_{\text{нв}}} = 0.55 \cdot P_z = 0.55 \cdot 4253 = 2552\text{H} = P_{x_{\text{нп}}}$$

Для того щоб визначити деформації корпусної деталі, що виникають в процесі обробки, пропонується виконати розрахунок напружено-

деформованого стану за допомогою COSMOSXpress Anflysis Wizard SolidWorks.

Кінцевоелементна модель шпindelьної головки представлена на рисунку 2.8.

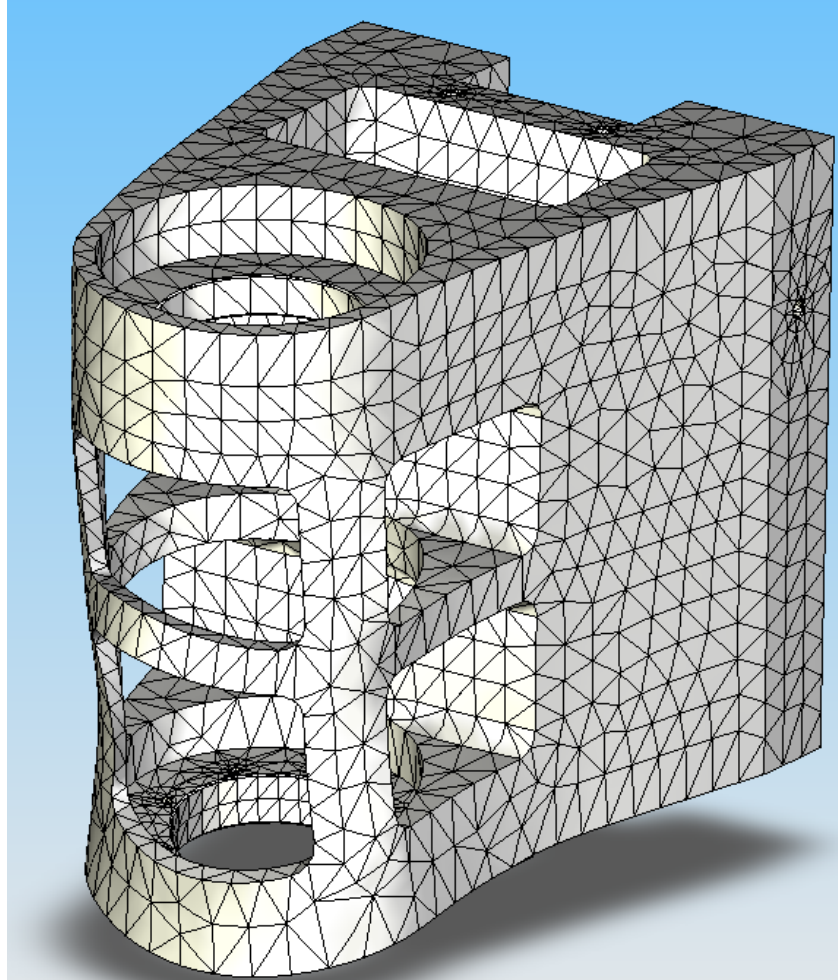


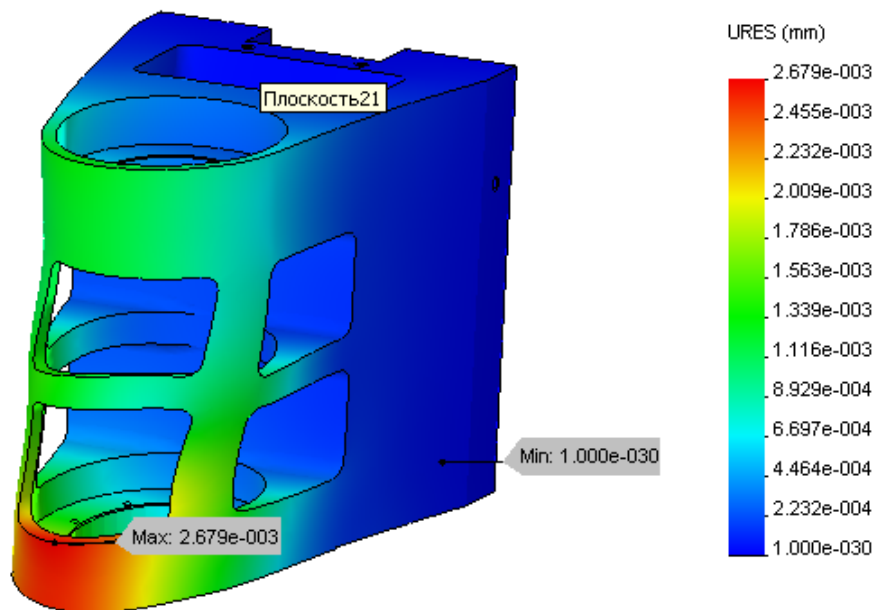
Рисунок 2.8 – Кінцевоелементна модель шпindelьної головки

Аналіз міцності конструкцій є найбільш поширеним додатком методу скінченних елементів. Основними невідомими, обумовленими у всіх типах аналізу конструкцій на міцність, є переміщення. Решта величин - деформації, напруження, зусилля - обчислюються за цими вузловими переміщеннями. При прикладанні розрахованих вище сил різання до корпусу шпindelьної бабки отримані наступні величини зсуву, представлені в таблиці 2.8 та на рисунку 2.9.

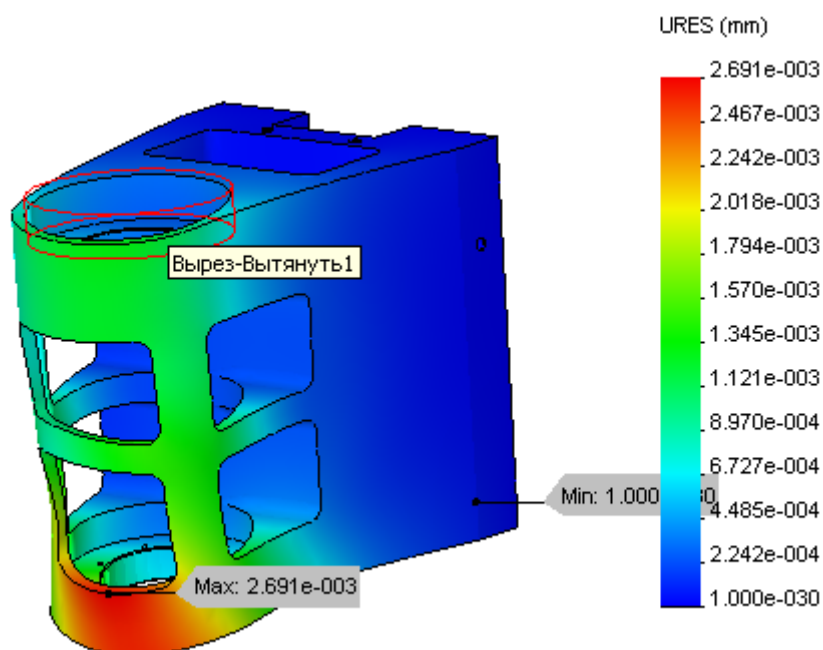
Таблиця 2.8 - Результати розрахунку величини зміщення корпусу шпиндельної бабки в додатку COSMOSXpress Anflysis Wizard SolidWorks.

Фрезерування	Величина максимального зміщення, мкм
Несиметричне зустрічне	$2.679 \cdot 10^{-3}$
Несиметричне попутне	$2.691 \cdot 10^{-3}$

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що максимальна деформація становитиме 0.003мм, що є допустимим для забезпечення точності обробки на проектованому верстаті.



а) несимметричне зустрічне фрезерування



б) несимметричне попутне фрезерування

Рисунок 2.9 – Результати розрахунку пружних деформацій
проектованої деталі

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТОВАНОГО ВЕРСТАТА

3.1 Призначення проектового верстата

Верстат фрезерний вертикальний з ЧПК і автоматичною зміною інструменту призначений для обробки деталей складної криволінійної форми типу валів, плит, важелів, корпусних деталей та ін. зі сталей, титанових і легких сплавів в умовах автоматизованого виробництва при відсутності поблизу обладнання ударної дії, що викликає вібрацію.

На верстаті можна робити фрезерування площин, пазів, свердління, зенкування, розгортання і попереднє розточування отворів.

Обробка проводиться за трьома координатами, за програмою.

Верстат забезпечує від програми переміщення стійки, полозок і фрезерної головки, регулювання частоти обертання шпинделя, включення і виключення шпинделя, вибір і зміну інструментів. Автоматичне керування верстатом за програмою здійснюється від пристрою числового програмного керування.

60

3.2 Принцип роботи проектового верстата

Верстат фрезерний вертикальний з числовим програмним керуванням оснащений дисковим магазином та двозахватним автооператором для автоматичної зміни інструментів та індексованим столом, що складається з двох просторів – робочого та завантажувального. Зміна столів-супутників, на яких закріплені заготовки відбувається під час обробки, завдяки компоновці верстата при якій стіл залишається нерухомим під час обробки.

Стіл-супутник з оброблюваною заготівлею базується та кріпиться на робочій поверхні столу. Стійка в поздовжньому напрямку переміщується уздовж полозок по загартованим напрямним на елементах кочення, полозки у свою чергу переміщуються на «танкетці» по напрямним станини.

Бічні напрямні столу – також напрямні кочення. На задню частину станини встановлюється стійка по вертикальних напрямних якої переміщається фрезерна головка.

Таким чином, всі три рухи утворюють в просторі систему координат, де:

⇒ координата X - поздовжнє переміщення полозок

⇒ координата Y - поперечне переміщення стійки

⇒ координата Z - вертикальне переміщення фрезерної головки.

Переміщення стійки, полозок і фрезерної головки від електродвигунів постійного струму з терісторним перетворювачем і кулькових гвинтових пар, встановлених відповідно на полозках, станині і стійці.

Всі три руху під час обробки деталі автоматизовані. Обертання шпинделя здійснюється від мотор-шпинделя.

Датчиками зворотного зв'язку положення механізмів за координатами X , Y , Z є обертові енкодери, пов'язані з валом ротора електродвигунів. Автоматична зміна інструменту в загальному циклі роботи верстата виведена в окремий періодичний цикл зміни інструменту, що повторюється. Для зміни інструменту фрезерна головка повинна бути відведена в вертикальне положення для уникнення ударів інструменту об деталь при повороті руки автооператора. Потім шпиндель орієнтується в кутовому положенні за допомогою енкодера, змонтованого у фрезерній голівці.

Вибір і зміна інструменту може здійснюватися як за програмою, так і з пульта управління в налагоджувальному режимі.

На верстаті передбачено автоматичний цикл роботи, коли стіл-супутник з оброблюваною деталлю встановлюється на стіл верстата промисловим роботом, або іншим засобом, що відноситься до транспортної системи. Після цього стіл-супутник орієнтується та закріплюється. Після закінчення обробки базовий стіл верстата повертається на 180° . Стіл-супутник з заготовкою потрапляє у робочий простір верстата і починається обробка. У цей час відбувається зняття столу-супутника з обробленою

деталлю та установлення нового стола-супутника у завантажувальному просторі столу верстата.

3.3 Розрахунок черв'ячної передачі приводу поворотного столу верстата

Вихідні дані для розрахунку передачі:

- передаточне відношення в межах 1:(50-70);
- відстань від осі колеса до вершин зубців червя'ка не більше 135 мм;
- ділильний діаметр колеса не менше 140 мм;
- крутний момент на вихідному валу $T = 183,26 \text{ Н}\cdot\text{м}$;
- максимальна швидкість обертання вихідного вала $n = 9 \text{ об/хв}$.

1. Вибір матеріалу червя'ка і колеса.

У якості матеріалу для червя'ка доцільно застосовувати сталь 40Х. Термообробка – поліпшення та гартування до 45-50 HRC для підвищення ККД, оскільки необхідно забезпечити тривалу роботу передачі при високих швидкостях. Витки черв'яка необхідно полірувати. Твердість серцевини 269-302 HB [16].

Вибір матеріалу для колеса пов'язан зі швидкістю ковзання. Очікувана швидкість ковзання розраховується за формулою:

$$V_s \approx 0,45 \cdot 10^{-3} n_1 \sqrt[3]{T_2},$$

де n_1 – частота обертання червя'ка, об/хв;

T_2 – обертовий момент на колесі (на вихідному валу передачі), Н·мм

За формулою визначаємо очікувану швидкість ковзання:

$$V_s = 0,45 \cdot 10^{-3} \sqrt[5]{546^3 \cdot 183260} = 13,9 \text{ м/с}$$

Оскільки розрахована швидкість ковзання перевищує 5 м/с, в якості матеріалу черв'ячного колеса обираємо олов'яну бронзу БрО10Н1Ф1 з $\sigma_T = 165 \text{ Н/мм}^2$ и $\sigma_B = 285 \text{ Н/мм}^2$.

2. Визначення допустимої напруги.

Допустимі контактні напруги визначаються по формулі [16]:

$$[\sigma]_H = K_{HL} C_V [\sigma]_{H0},$$

де K_{HL} – коефіцієнт довговічності;

C_V – коефіцієнт, враховуючий інтенсивність зносу зубців;

$[\sigma]_{H0}$ – допустима напруга при числі циклів зміни напруги, яке дорівнює 10^7 , Н/мм²:

$$[\sigma]_{H0} = 0,9\sigma_B,$$

де σ_B – межа міцності матеріалу при розтяганні;

K_{HL} визначають по формулі:

$$K_{HL} = \sqrt[8]{10^7/N},$$

де N – загальне число циклів зміни напруги:

$$N = 60n_2L_h,$$

де n_2 – частота обертання колеса, об/хв;

L_h – час роботи передачі, год.

Коефіцієнт C_V розраховують по формулі:

$$C_V = 1,66V_S^{-0,352}.$$

Зробимо розрахунки за наведеними формулами:

$$C_V = 1,6613,9^{-0,352} = 0,66,$$

$$N = 60 \cdot 9 \cdot 50000 = 2,7 \cdot 10^7,$$

при $N \geq 25 \cdot 10^7$ приймають $N = 25 \cdot 10^7$;

$$K_{HL} = \sqrt[8]{10^7 / 25 \cdot 10^7} = 0,67;$$

$$[\sigma]_{H0} = 0,9 \cdot 285 = 256,5 \text{ Н/мм}^2.$$

64

Допустимі контактні напруги дорівнюють:

$$[\sigma]_H = 0,67 \cdot 0,66 \cdot 256,5 = 113,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустимі напруги згину визначають:

$$[\sigma]_F = K_{FL} [\sigma]_{F0},$$

де K_{FL} — коефіцієнт довговічності;

$[\sigma]_{F0}$ — вихідна допустима напруга згину, Н/мм²:

$$[\sigma]_{F0} = 0,25\sigma_T + 0,08\sigma_B.$$

Коефіцієнт довговічності

$$K_{FL} = \sqrt[9]{10^6/N}.$$

Розраховуємо дані величини:

$$[\sigma]_{F0} = 0,25 \cdot 165 + 0,08 \cdot 285 = 64,05 \text{ Н/мм}^2;$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{10^6/25 \cdot 10^7} = 0,54;$$

$$[\sigma]_F = 0,54 \cdot 64,05 = 34,7 \text{ Н/мм}^2.$$

3. Міжосьова відстань.

Міжосьова відстань передачі [16]:

$$a_w = 61 \sqrt[3]{T_2/[\sigma]_H}.$$

Розраховуємо міжосьову відстань:

$$a_w = 61 \sqrt[3]{183260/113,4} = 147,8 \text{ мм}$$

Для того щоб визначити вимоги, що висуваються до передачі, приймаємо $a_w = 100 \text{ мм}$.

4. Підбір основних параметрів передачі [16].

Приймаємо передаточне відношення передачі $u = 60$ мм. В залежності від передаточного відношення обираємо число витків червя'ка $z_1 = 1$.

Число зубців колеса:

$$z_2 = z_1 u.$$

$$z_2 = 1 \cdot 60 = 60.$$

Попереднє значення модуля передачі визначають за формулою:

$$m = 1,5 a_w / z_2.$$

Відносний діаметр черв'яка:

$$q = \frac{2a_w}{m} - z_2.$$

Визначаємо числові значення модуля і відносного діаметра черв'яка:

$$m = 1,5 \cdot 100 / 60 = 2,5 \text{ мм};$$

$$q = \frac{2 \cdot 100}{2,5} - 60 = 20.$$

Коефіцієнт зміщення:

$$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(z_2 + q).$$

Розраховуємо коефіцієнт зміщення:

$$x = \frac{100}{2,5} - 0,5(60 + 20) = 0.$$

5. Геометричні розміри черв'яка и колеса [16].

Ділильний діаметр черв'яка:

$$d_1 = qm.$$

Діаметр вершин витків:

$$d_{a1} = d_1 + 2m.$$

Діаметр западин:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m.$$

Довжина нарізаної частини черв'яка:

$$b_1 = (10 + 5,5|x| + z_1)m.$$

Визначимо геометричні розміри черв'яка:

$$d_1 = 20 \cdot 2,5 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{a1} = 50 + 2 \cdot 2,5 = 55 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = 50 - 2,4 \cdot 2,5 = 44 \text{ мм};$$

$$b_1 = (10 + 5,5 \cdot 0 + 1)2,5 = 27,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо довжину нарізаної частини черв'яка зі стандартного ряду з округленням в більшу сторону: $b_1 = 30 \text{ мм}$.

Діаметр ділильної окружності колеса:

$$d_2 = z_2m.$$

Діаметр окружності вершин зубців:

$$d_{a2} = d_2 + 2(1+x)m.$$

Найбільший діаметр колеса:

$$d_{aM2} \leq d_{a2} + 6m/(z_1 + 2).$$

Діаметр западин колеса:

$$d_{f2} = d_2 - 2m(1,2 - x).$$

Ширина вінця колеса:

$$d_2 = 0,355a_w.$$

68

Визначимо геометричні розміри колеса:

$$d_2 = 60 \cdot 2,5 = 150 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = 150 + 2(1+0)2,5 = 155 \text{ мм};$$

$$d_{aM2} = 155 + 62,5/(1+2) = 160 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = 150 - 2 \cdot 2,5(1,2 - 0) = 144 \text{ мм};$$

$$d_2 = 0,355 \cdot 100 = 35,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо ширину вінця колеса зі стандартного ряду с округленням в більшу сторону: $b_1 = 36 \text{ мм}$.

6. Перевірочний розрахунок передачі на міцність [16].

Окружна швидкість на черв'яку дорівнює, м/с:

$$V_1 = \pi d_1 n_1 / 60000.$$

$$V_1 = 3,14 \cdot 50 \cdot 540 / 60000 = 1,43 \text{ м/с}.$$

Швидкість ковзання в зачепленні:

$$V_s = V_1 / \cos \gamma,$$

де γ – дільний кут підйома витків дорівнює

$$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q + 2x}.$$

$$\gamma = \arctg \frac{1}{20 + 2 \cdot 0} = 2^\circ 51' 45'';$$

$$V_s = 1,43 / \cos 2^\circ 51' 45'' = 1,432 \text{ м/с}.$$

Уточнимо допустимі напруги по формулі в залежності від V_s :

$$C_v = 1,66 \cdot 1,432^{-0,352} = 1,46$$

$$[\sigma]_H = 0,67 \cdot 1,46 \cdot 256,5 = 250,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Окружна швидкість на колесі:

$$V_2 = \pi d_2 n_2 / 60000.$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 150 \cdot 9 / 60000 = 0,07 \text{ м/с}.$$

Для $V_2 \leq 3$ м/с приймають коефіцієнт навантаження $K = 1$.

Розрахункова контактна напруга:

$$\sigma_H = \frac{480}{d_2} \sqrt{\frac{KT_2}{d_1}}.$$

Визначимо розрахункову контактну напругу:

$$\sigma_H = \frac{480}{150} \sqrt{\frac{1 \cdot 183260}{50}} = 181,6 \text{ Н/мм}^2.$$

7. Коефіцієнт корисної дії передачі [16]:

ККД черв'ячної передачі визначають за формулою:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')},$$

70

де ρ' – зведений кут тертя, $\rho' = 2^\circ 20'$ для олов'яної бронзи.

ККД передачі дорівнює:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 2^\circ 51' 45''}{\operatorname{tg}(2^\circ 51' 45'' + 2^\circ 20')} = 0,55.$$

8. Сили в зачепленні [16].

Окружна сила на колесі дорівнює осьовій силі на черв'яку і дорівнює:

$$F_{t2} = F_{a1} = 2T_2/d_2.$$

$$F_{t2} = F_{a1} = 2 \cdot 183260/150 = 2443,5 \text{ Н}.$$

Окружна сила на черв'яку дорівнює осьовій силі на колесі і дорівнює:

$$F_{t2} = F_{a1} = 2T_2 / (u d_1 \eta).$$

$$F_{t2} = F_{a1} = 2 \cdot 183260 / (60 \cdot 50 \cdot 0,55) = 222,1 \text{ Н.}$$

Радіальна сила:

$$F_r = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де α – кут нахилу профіля витків, $\alpha = 20^\circ$.

$$F_r = 222,1 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 80,4 \text{ Н.}$$

9. Перевірка зубців колеса по напрузі згину [16].

Розрахункова напруга згину:

$$\sigma_F = \frac{0,7 Y_F K F_{t2}}{m b_2} \leq 1,1 [\sigma]_F,$$

де Y_F – коефіцієнт форми зуба:

$$Y_F = 1,72 - 0,0053 z_{v2},$$

де z_{v2} – зведене число зубців колеса, дорівнює:

$$z_{v2} = z_2 / \cos^3 \gamma.$$

$$z_{v2} = 60 / \cos^3 2^\circ 51' 45'' = 60,2;$$

$$Y_F = 1,72 - 0,0053 \cdot 60,2 = 1,4;$$

$$\sigma_F = \frac{0,7 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 2443,5}{2,5 \cdot 36} = 26,6 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова виконана.

3.4 Механізми автоматичної заміни інструментів

Від типу і конструкції пристроїв автоматичної заміни інструменту (ПАЗІ) залежить точність установки інструменту, а отже, точність обробки час заміни інструменту, тобто продуктивність, а також усе компонування багато операційного верстата [17].

До ПАЗІ пред'являються наступні основні вимоги: 1) швидкодія; 2) надійність і точність переміщення, відсутність биття; 3) велика ємність магазину при мінімальній займаній площі; 4) ПАЗІ не повинен обмежувати робочий обсяг верстата; 5) зручність обслуговування; 6) надійність контролю зносу і поломки інструменту, запобігання інструментів і їхніх посадкових місць від забруднення із запилення; 7) можливість ручної заміни інструменту.

ПАЗІ можуть бути розділені на 4 основні типи (рис.3.1): 1 – зміна, інструмента здійснюється при зміні положення робочого накопичувача (револьверні і шовки); 2 - інструмент автоматично передається з магазину в робоче положення (наприклад у шпиндель); 3 - інструменти з магазину передаються в робочу позицію через проміжний накопичувач; 4 - інструменти подаються в робочу позицію частково з робочого накопичувача і частково з магазину через проміжний накопичувач (штриховими лініями зазначена автоматична установка, суцільними - ручна). Типовим робочим накопичувачем є револьверна головка, що застосовується у верстатах різних груп.

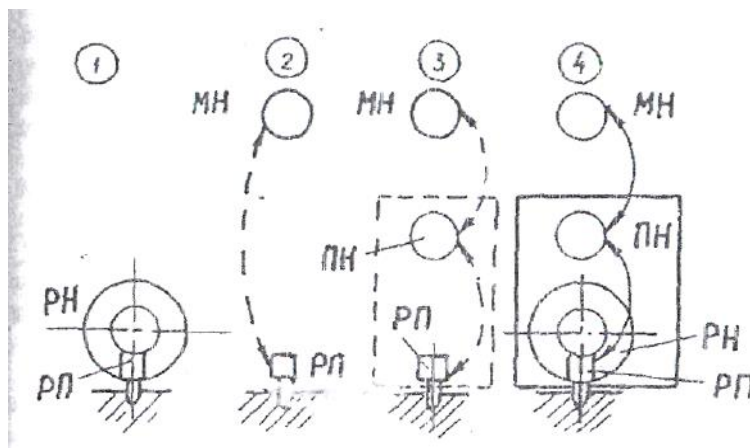
Таким чином, автоматична заміна інструментів при обробці деталей на

верстатах може робитися: 1) переключенням (поворотом і фіксацією) револьверної головки з рухливо закріпленими в ній інструментами; 2) заміною всього шпиндельного вузла з інструментом; 3) заміною інструмента в шпинделі верста.

Автоматична заміна інструмента в шпинделі дозволяє виконувати на багатоопераційному верстаті різні технологічні операції без перебазувань оброблюваних деталей з малими витратами допоміжного часу. Коли інструмент передається в робочу позицію через проміжну, остання встановлюється коло шпинделя або коло магазину, або в проміжному носії. В останньому випадку носій зв'язує проміжну і робочу позиції в єдиний конструктивний елемент. Проміжна позиція виконується у вигляді двохпозиційної револьверної (рис. 3.2) або подвійної шпиндельної головки.

За компоновкою та конструктивним виконанням ПАЗІ залежить, головним чином, від типу верстата, розташування шпинделя, кількості і типів застосованого інструмента, часу зміни інструмента. Класифікація способів і ПАЗІ приведені на мал. 3.

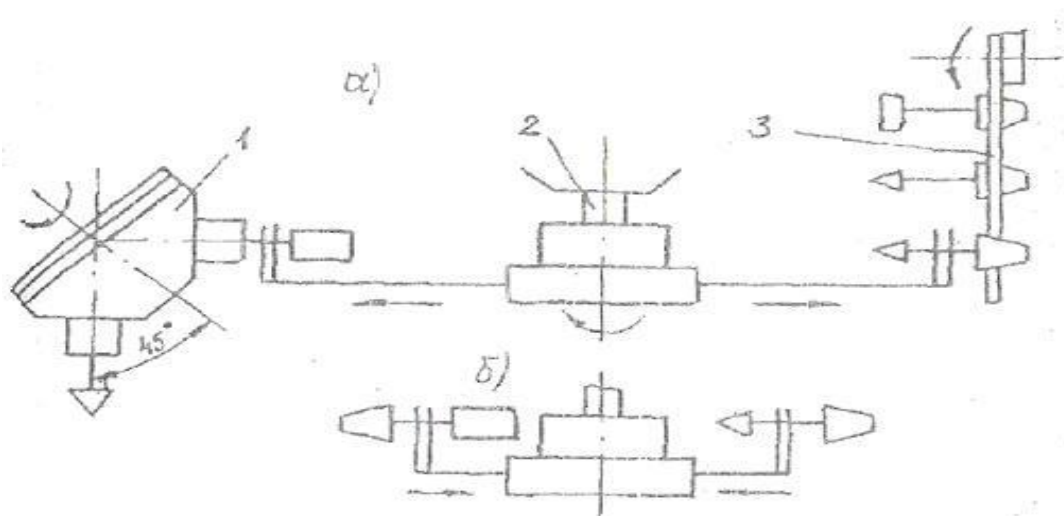
73



МН - магазин-накопичувач; ПН - проміжний накопичувач; РН - робочий накопичувач багатоінструментальна головка); РП- робоча позиція

Рисунок 3.1 - Типи пристроїв автоматичної заміни інструменту

Пристрої для заміни інструментів поділяють на три групи: пристрої заміни шпиндельних вузлів, у яких інструмент попередньо, закріплюють вручну: магазини інструментів з автооператорами і без них комбіновані пристрої. Револьверні шпиндельні головки (мал._3, а) одержали спочатку широке поширення завдяки відносній простоті пристрою, однак в останні роки їхнє застосування звужується внаслідок малого числа розміщених в них інструментів і додаткових неточностей, внесених індексацією головок і недостатній їх жорсткістю. Змінні багатошпиндельні головки (мал._3, б) використовують у багатоопераційних верстатах при виготовленні великих серій деталей. Магазини шпиндельних гільз (мал._3, в) позбавлені недоліків, властивих револьверним шпиндельним головкам, але мають високу вартість внаслідок необхідності виготовлення великого числа прецизійних шпиндельних вузлів.



а - захоплення відпрацьованого інструмента з револьверної голівки (РГ);

б –відведення «рук» автооператора перед його поворотом на 180°;

1 - РГ; 2 автооператор; 3 - магазин інструментів

Рисунок 3.2 - Автоматична заміна інструмента з магазину та допомогою двохзахватного автооператора і двохпозиційної револьверної головки

Револьверні магазини оправок з інструментами (рис. 3.3. г) дозволяють містити в них більше інструментів, ніж у револьверних шпіндельних головках, і розмістити шпіндель будь-якої довжини. Недоліками цього способу є обмежена ємність магазину, великий виліт шпинделя і внаслідок цього, зниження точності і обробки, розміщення громіздкого магазину безпосередньо на шпіндельній бабці, поблизу робочої зони верстата і захаращення робочої зони. Магазини інструментів без автооператорів (рис. 3.3, д) вимагають додаткового радіального переміщення, що обмежує їхню ємність і кількість варіантів компонувань. Переміщення ж шпинделя при автоматичній заміні інструмента (АЗІ) до нерухомого магазину порушує попередню установку. ПАЗІ з одним завантажувальним оператором, тої має для захоплення (рис 3.3, е) одержали широке поширення. При повороті автооператор захоплює одночасно оправки з попереднім і наступним інструментами, потім осьовим переміщенням виштовхує їх з магазину і шпинделя поворотом на 180° змінює місцями і зворотним осьовим рухом посилає попередній інструмент у магазин у компонуванні не можна розмішувати далеко від шпинделя. Магазин з автооператором на кожен інструмент (рис. 3.3, ж) має обмежену ємність або ж виходить громіздким.

Обслуговування пристрою, розташованого в робочій зоні, утруднено. Магазини з транспортним і завантажувальним автооператором (рис. 3.3, з) можуть бути розміщені достатнім віддалені від шпинделя, у зручному для обслуговування місці. Ускладнення, зв'язане з додатковим автооператором, компенсується можливістю виготовлення магазинів у вигляді незалежних агрегатних вузлів різної ємності. Пристрої з автооператором - проміжним (між шпинделем і магазином) нагромаджувачем інструментів (рис. 3.3, і) застосовують з метою виключення роботи великого магазину і прискорення АЗІ при повторюваному використанні декількох найбільш характерних для даної деталі різальних інструментів. У комбінованому пристрої (рис. 3.3, к) револьверну шпіндельну головку використовують у сполученні з магазином

М, з якого легкі інструменти автоматично завантажуються по черзі в два протилежних шпинделі. В інших шпинделях установлюють важкі інструменти, що закріплюються вручну.

У комбінованому пристрої зі спеціалізованими шпинделями (рис.3.3, л) двошпиндельна револьверна головка для легких інструментів автоматично завантажуються з магазину М, а шпиндель, призначений для важких інструментів завантажують вручну або з особливого магазину. Сполучення револьверної головки і магазину дозволяє час АЗІ віднести до часу індексації головки, оскільки пошук і завантаження - розвантаження інструментів сполучені з роботою верстата. Спеціалізація шпинделів дозволяє пристосувати їхню конструкцію до умов роботи і зменшити розміри магазину

Час заміни інструменту може бути зведений до мінімуму (до 1с) застосуванням в ПАЗІ багатозахватних автооператорів (рис. 3.4), загальна кількість яких доходить до 16.

З конструктивних різновидів магазинів найбільше поширення одержали дискові і ланцюгові, останні - внаслідок великої ємності і можливості різного розміщення в компонованні. Положення магазину в компонованні в деякий випадках однозначно визначається конструктивним типом пристрою, а в інших випадках завдяки автооператорам може мати кілька варіантів.

Розташування магазину й інструментів у компонованні пов'язане з питаннями технології й експлуатації верстата і повинне відповідати загальним вимогам до ПАЗІ, що були розглянуті вище і тут тільки перелічуються: 1) скорочення числа координатних рухів при АЗІ; 2) максимальне сполучення часу АЗІ з роботою верстата; 3) скорочення координатної установки по осях Х і У при АЗІ, що забезпечує співвинність отворів при обробці різними інструментами; 4) відсутність впливу маси інструментів у магазині і їхньому динамічному навантаженні на точність верстата; 5) можливість збільшення ємності магазину без істотного впливу на конструкцію основних вузлів верстата; 6) можливість незалежного

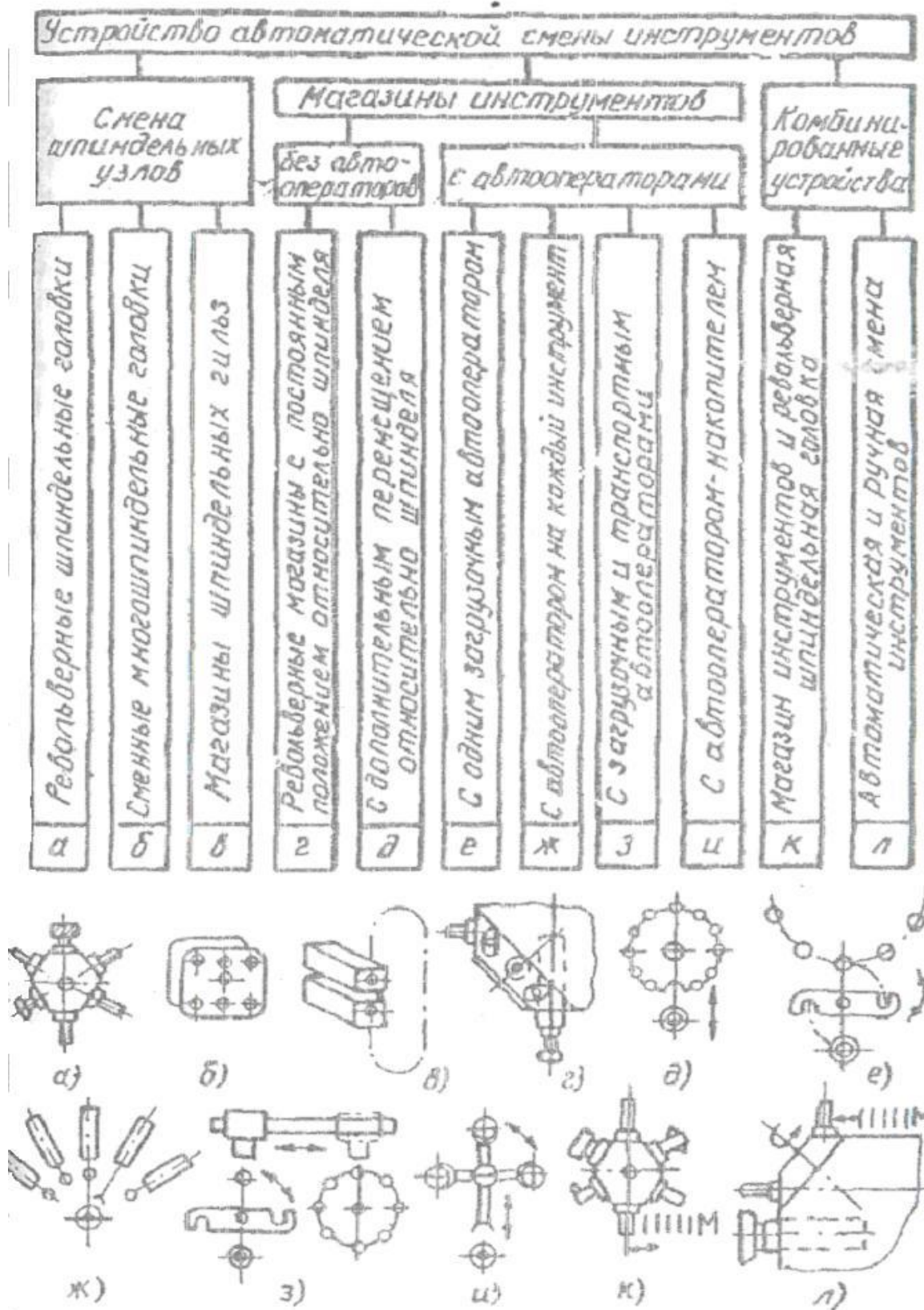


Рисунок 3.3 - Класифікація способів і пристроїв автоматичної заміни інструменту агрегатного виконання магазина (для постачання верстатів з АСІ і без її) і ін.

вимоги. Виконання цих вимог багато в чому залежить від розташування магазина в компонованні верстата і, насамперед, наявність самого магазина інструментів в ПАЗІ обумовлено необхідністю виконання вимог і застосуванням великої кількості інструментів для обробки деталей.

Для автоматичного пошуку необхідного інструменту використовують різні методи кодування безпосередньо інструментальної оправки або гнізда магазина: 1) Інструмент у визначеній технологічній послідовності – програмується тільки крок (кут повороту магазина). Недолік - немає повторного виконання того самого інструменту. 2) Кодування самих інструментів за допомогою набору кілець, що закріплюються на спеціальному циліндричному паску оправки. Читаючий пристрій контактного або безконтактного типу формує двоїчно - кодовані сигнали при русі відносно нього інструментального магазину. У момент збігу коду інструмента, заданого керуючою програмою, з кодовим сигналом читаючого пристрою подається сигнал на зупинку і фіксацію магазину інструмента. Достойнство - розташування інструмента в будь-якій послідовності. Недолік ускладнення конструкції інструментальної оправки, зниження її жорсткості, збільшення маси магазину і часу пошуку інструмента. 3) Кодування гнізд магазина плоскими кодовими ключами з різними комбінаціями проточок (наприклад, у двоїчно-десятковому коді) 4) Кодування гнізд магазина кодовим барабаном з набором кулачків, що встановлений у хвостовій частині вала магазина або механічно зв'язаний з його приводом. Відповідні кожний позиції магазина комбінації виступів кулачків на барабані впливають на контактні або безконтактні мікро перемикачі читаючого пристрою.

Третій і четвертий методи набули широкого застосування через скорочення часу пошуку, однак цикл і пристрій керування АСІ ускладнюється.

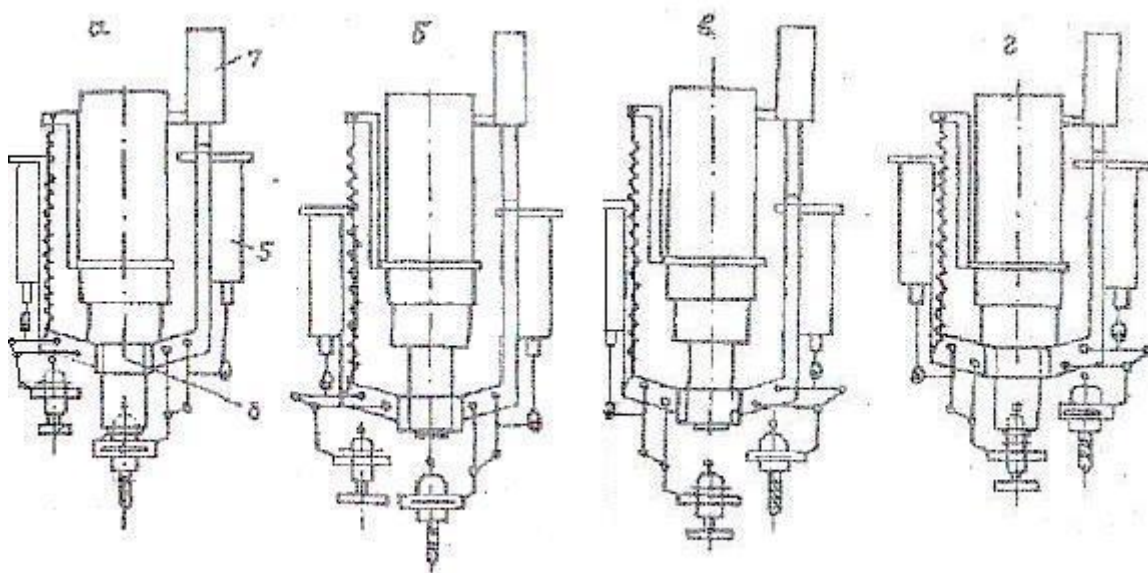


Рисунок 3.4 - Послідовність роботи УАЗИ з багатозахватним оператором

Інструментальні магазини можуть розташовуватися на шпиндельній бабці, на колонні або станині, на столі верстата або поза верстатом в залежності від його компоновки (рис.3.5).

Найбільше розповсюдження отримали магазини дискового та барабанного типу (рис.3.6, а – д). Магазини ланцюгового типу (рис. 3.6, ж) дозволяють вільно змінювати його ємність при високій компактності та без суттєвої зміни конструкції верстата. Багатосекційні магазини (рис. 3.6, е), володія великою ємністю, дозволяють використовувати в роботі верстата одну з секцій магазину без переміщення усього запасу інструментів.

При розташуванні магазину на шпиндельній бабці (рис. 3.6, а) не потрібно додаткової координації розташування магазину та шпинделя при зміні інструмента завантажувальним автооператором. Цикл роботи автооператора найбільш простий.

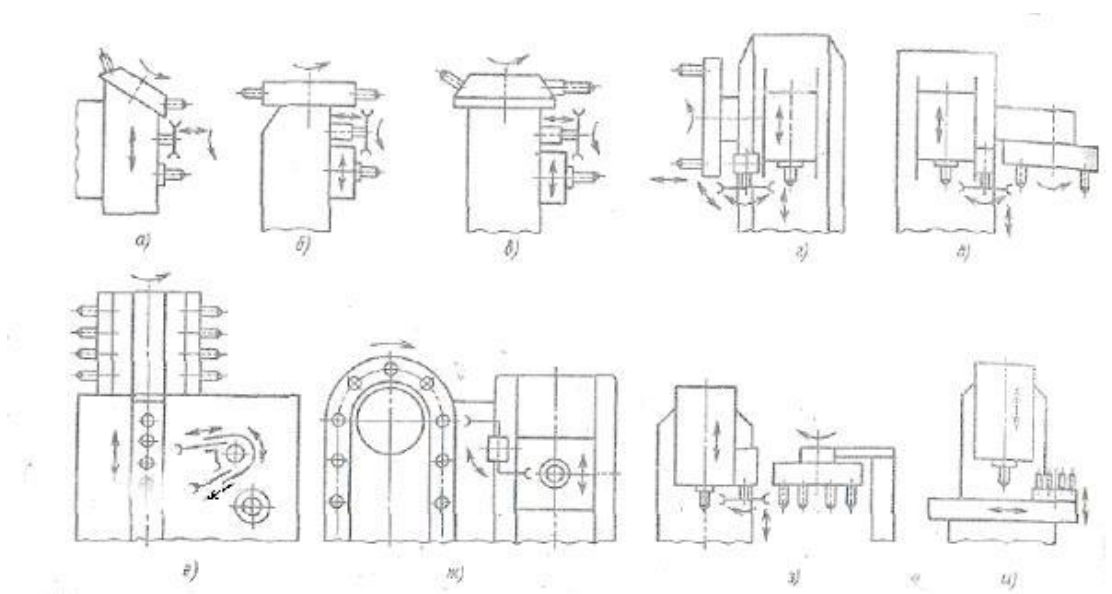


Рисунок 3.5 - Компоновка інструментальних магазинів

Однак розташування магазина на шпиндельній бабці збільшує її габаритні розміри та вагу, що негативно впливає на точність обробки.

При розташуванні магазина на станині (рис 3.5, б - д) шпиндельна бабка розвантажується, але цикл зміни інструмента ускладнюється. При кожній зміні інструмента шпиндельна бабка повинна додатково переміщуватися із робочого положення в положення для зміни інструмента та назад.

При встановленні магазина на стійці, розташованій поряд з верстатом (рис. 3.5, з), динамічні навантаження магазина не впливають на точність роботи верстата. Однак збільшуються габаритні розміри верстата, а отже, й необхідна площа для його встановлення.

Магазини стелажного типу звичайно встановлюють на столі верстата (рис.3.5, и). В даному випадку для пошуку інструмента використовують системи позиціонування. Недоліком магазинів цього типу є збільшення розмірів стола.

Використовуючи дану класифікацію приймаємо для проектування в дипломній роботі, інструментального магазина, як показано на (рис. 3.6, д). Оскільки ця компоновка відповідає вимогам, які висуваються до центра, що модернізується. При розташуванні інструментального

магазину на стійці зменшується навантаження на шпіндельну бабку та не відбувається значного збільшення габаритів верстата.

3.5 Принцип роботи системи зміни інструмента

При надходженні на кроковий двигун, дискретного сигналу, певної величини, відбувається поворот інструментального магазину, в задану програмою позицію. В цей час мотор – шпіндель, відходить в площину безпеки. Встановив інструментальний магазин в потрібну позицію кроковий двигун, ввімкнений за слідкуючою схемою посилає сигнал в систему ЧПК, та вмикається самотактуючийся гідроциліндр. Він здійснює виштовхування інструментальної оправки з магазину. На електромагніт захоплюючого пристрою поступає сигнал “фіксація інструмента”, та відбувається виштовхування інструмента в позицію завантаження. В цей час мотор – шпіндель виходить в площу зміни інструмента. Автооператор здійснює осьовий оберт на 90° , в цій позиції здійснюється захват наступного та попереднього інструмента. Після по сигналу від процесора відбувається розфіксація інструмента, та гідроциліндр повертається у вихідне положення прибираючи перевантажуючий захват із зони повороту автооператора. Автооператор вертикальним переміщенням виконує виштовхування інструмента з мотор – шпіндель, здійснює оберт на 180° змінюючи інструменти місцями. Повторним вертикальним рухом встановлюється наступний інструмент у мотор-шпіндель, а попередній в позицію завантаження в захваті. Поступає повторний сигнал на гідроциліндр. Перевантажувач виходить в позицію, фіксує інструмент, автооператор здійснює осьовий поворот на 90° , звільняючи сам інструмент попереднього для встановлення в інструментальний магазин. Мотор – шпіндель по команді від ЧПК опускається в зону обробки.

3.5.1 Принцип роботи автооператора механізму зміни інструмента

Конструкція механізму автооператора, виконана відповідно до висунутих вимог поворота та осевого переміщення руки. За допомогою програмного забезпечення, електропривод забезпечує поворот руки автооператора відповідно на кут 180° і 90°. Двухзахоплююча рука автооператора повертається разом з валом 10, який встановлено на підшипниках в корпусі 8 та має можливість переміщуватися відносно нього в осьовому напрямку під дією пневмоциліндра 22, шток якого жорстко з'єднан з вилкою 27, яка входить в кільцевий паз у фланці руки. Фіксацію та розфіксацію інструмента в руці автооператора забезпечує напівкільце 32, яке виконано з пружного матеріалу.

3.5.2 Розрахунок діаметра поршня пневмоциліндра автооператора

82

Діаметр поршня циліндра, мм [18]:

$$D_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

де p – тиск стисненого повітря, приймаємо $p = 0,4 \cdot 10^6$ МПа;

η – КПД пневмоциліндра, $\eta = 0,95$.

$$D_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \times 500}{3,14 \times 0,4 \times 10^6 \times 0,95}} = 0,13 = 13$$

Приймаємо остаточний розмір діаметра поршня: $D_{\Pi} = 14$ мм.

Діаметр штока циліндра, мм:

$$d_{um} = (0,325 \dots 0,545) \cdot D$$

$$d_{um} = 0,54 \times 14 = 7$$

Приймаємо конструктивно $d_{um} = 8$ мм.

Оскільки тема дипломного проекту передбачає проведення розрахунків у приміщенні обладнаному персональними комп'ютерами (далі ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщення обладнаного візуальними дисплейними терміналами, у відповідності з методичними вказівками.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- механічне травмування в наслідок нераціональної організації робочих місць, недостатньої уваги персоналу;

- довготривалий дискомфорт в умовах недостатньої фізичної активності сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності;

- порушення роботи кістково-м'язового апарату внаслідок тривалих статичних навантажень під час роботи з ПК.

- нервово-психічні перевантаження внаслідок постійного контакту з клієнтами, колегами по роботі, керівництвом при вирішенні робочих питань, які можуть носити конфліктний характер і призвести до емоційного дискомфорту, внутрішнього роздратування, емоційної нестабільності та захворювань нервової системи;

- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця

внаслідок нераціонального планування робочого місця, що може призвести до механічних травм, уражень електричним струмом та порушень кістково-м'язового апарату;

- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи;

- негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я працюючого, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;

- негативний вплив підвищеного рівня шуму на психоемоційний стан працюючого, який пов'язаний з використанням застарілої периферійної техніки, кондиціонерів, копіювальної техніки, освітлювальних приладів.

Небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі. 85

Неправильні організаційні дії в умовах надзвичайних ситуацій, при ліквідації наслідків таких ситуацій, що може призвести до травмування та загибелі людей.

4.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Конструкторські бюро, згідно ПУЄ відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом.

Обладнання, що використовується в цих приміщеннях є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220 В від мережі з заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001)

«ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» I (стаціонарні комп'ютери,) та II (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери) класу захисту.

Згідно «Правилам улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») виконані такі групи заходів з електробезпеки:

Конструктивні заходи забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок.

Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» у приладах II класу захисту використовується подвійна ізоляція - електрична ізоляція, що складається з робочої і додаткової ізоляції.

Так як згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок» офісні приміщення відносяться до класу пожежебезпечної зони П-Па (приміщення, в яких містяться тверді горючі речовини), тому передбачений ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій.

Згідно з ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщеннях галузі управління персоналом влаштовується занулення.

Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок» (далі «ПБЕЕ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей» (далі «ПБЕЕС»).

Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» для запобігання статистичного навантаження при користуванні ПК рекомендовано використовувати перерви в роботі 10 хв.

через кожні дві години. Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок тривалої роботи з мишею: постійні напруга і здавлювання приводить до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк.

Згідно з ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» враховано Потрібно деякі правила організації робочого місця.

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 65-75 см;
- наявність ергономічних і зручних особисто для вас миші і клавіатури;
- можливість регулювання висоти і нахилу клавіатури (відстань від поверхні стола до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);

- наявність у клавіатури підставки для рук;

- наявність килимка для миші з захистом від тунельного синдрому

(спеціальний виступ забезпечує правильне положення кисті).

При роботі з мишкою і клавіатурою також слід дотримуватися певних правил які прописані в ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

Щоб попередити тунельний синдром потрібно робити спеціальні вправи для кистей – чим частіше, тим краще. Ці вправи допоможуть поліпшити кровообігу в м'язах і розтягнути їх. Комплекс вправ потрібно повторювати приблизно кожні 45 хвилин, тривалість однієї вправи – 1-2 хв.

Нервові напруження впливає на серцево-судинну систему, збільшуючи артеріальний тиск і частоту пульсу, а також на терморегуляцію організму та емоційні стани працівника. Особливу роль у запобіганні втомі працівників відіграють професійний відбір, організація робочого місця, правильне робоче положення, ритм роботи, раціоналізація трудового процесу, використання емоційних стимулів, впровадження раціональних

режимів праці і відпочинку тощо. Боротьба зі втомою, в першу чергу, зводиться до покращення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища (ліквідація забруднення повітря, шуму, вібрації, нормалізація мікроклімату, раціональне освітлення тощо).

Загальні ергономічні вимоги встановлено ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічнообґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей

Планування та розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Необхідно також врахувати розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10

«Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-

обчислювальних машин» комп'ютеризовані робочі місця розміщуються рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в приміщеннях конструкторського бюро та дослідницьких лабораторіях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Показники мікроклімату в приміщеннях з ПК відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991)

«ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей

зони» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Роботи в приміщеннях з ПК, належать до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять: n+=1500-30000 (шт. на 1см³); n- = 3000-5000 (шт. на 1см³).

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Рівні вібрації під час виконання робіт з ЕОМ у виробничих приміщеннях не перевищують допустимих значень, визначених в ДСН

З.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

4.4 Розрахунок освітлення приміщення

У лаб.кафедри «Металорізальні вертати та системи», згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачено природне і штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої на вікнах встановлені жалюзі або штори.

Визначимо рівень загального освітлення в приміщенні, довжина якого 30 м . ширина приміщення 24 м; Н = 6м - висота приміщення/ Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення в приміщенні рекомендоване освітлення становить 300 лк. Вибираємо Газорозрядні; (люміноесцентні лампи), в яких встановлено люмінесцентні лампи типу

ЛБ-білого кольору

Світловий потік 4800лм, довжина світильника-1,5м.

Тип світильника ЛПП, довжина світильника - 0,650м.

IP-65 - ступінь захисту світильника; L/h-1,4 - числове значення коефіцієнта світильника.

Переважно прямого світла 60-80% для приміщення, в яких стіни та стелю мають високий коефіцієнт відбиття.

$K_z = 1,6$ - коефіцієнт запасу; $z = 1,1$ - коефіцієнт нерівномірності освітлення.

$\rho_{ст} = 50\%$, $\rho_{п} = 30\%$, $\rho_{с} = 70\%$ - з незначним виділенням пилу.

1. Розраховуємо кількісне значення індекса приміщення:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)},$$

де А- довжина приміщення, м;

В - ширина приміщення, м;

h - висота приміщення, м;

$$i = \frac{30 \cdot 24}{4 \cdot (20 + 16)} = 2,89$$

$$h = H - h_p - h_3,$$

де Н- висота приміщення, м;

h_p - висота робочої поверхні над підлогою, м (висота умовної робочої поверхні - 0,8 м);

h_3 - висота підвісу світильника від стелі, м (вибирається за технологічною доцільністю);

92

$$h = 6 - 0,8 - 0,18 = 3,4 \text{ м}$$

а) Розраховуємо кількість рядів світильників в приміщенні:

б)

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p) \cdot \left(\frac{L}{h}\right)}$$

де L/h числове значення коефіцієнта світильника

$$N_p = \frac{24}{(6 - 0,8) \cdot 1,4} = 5$$

б) Розраховуємо максимально допустима відстань між рядами світильників:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p},$$

$$L_{\max} = \frac{24}{5} = 4,8$$

в) Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]},$$

$$h = \frac{4.8}{1,4} = 3,42$$

г) Розраховуємо висоту звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h$$

$$h_3 = 6 - 0.8 - 3,4 = 1.8$$

93

2. Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta=60\%$$

3. Розраховуємо світловий потік лампи і загальна кількість світильників:

а) Розраховуємо сумарний світловий потік освітлених установок в даному приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_s \cdot z}{\eta},$$

де Φ_{Σ} - розрахункове значення сумарного Светого потоку в приміщенні, лм

E_n - нормоване значення освітленості, лк;

S - площа освітленої поверхні, m^2 ;

k_3 - коефіцієнт запасу;

z - коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η - коефіцієнт використання світлового потоку

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{300 \cdot 720 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,6} = 633\,000 \text{ ,ЛМ}$$

б) Визначимо умовно загальна кількість світильників у приміщенні, виходячи з позицій розташування їх у вершин квадрата:

$$N^* = \frac{AB}{L_{\max}^2},$$

$$N^* = \frac{30 \cdot 24}{122,6} = 31,8$$

в) Розрахуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}}, \text{ ЛМ}$$

де $N_{\text{л}}$ - загальна кількість ламп в приміщенні, шт;

Загальна кількість ламп в приміщенні:

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n, \text{ шт}$$

$$N_{\text{л}} = 31,8 \cdot 2 = 63,6 \text{ шт}$$

де n - кількість ламп в світильнику

г) Вибираємо вид стандартної лампи з методичних вказівок з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи Φ_L і знаходимо коефіцієнт m :

$$m = \frac{\Phi_L^*}{\Phi_L},$$

$$m = \frac{9962.2}{4800} = 2,07$$

д) Визначаємо оптимальну кількість світильників в приміщенні:

$$N = N^* \cdot m,$$

$$N = 31 \cdot 2,07 = 65,8$$

3. Визначаємо загальну розраховану освітленість E_p в приміщенні, яка створюється при використанні стандартних ламп: 95

$$E_p = \frac{\Phi_L \cdot N_L \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}, \text{ лк}$$

$$E_p = \frac{4800 \cdot 130 \cdot 0,6}{720 \cdot 1,6 \cdot 1,1} = 295.4 \text{ лк}$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинно виконуватися умова:

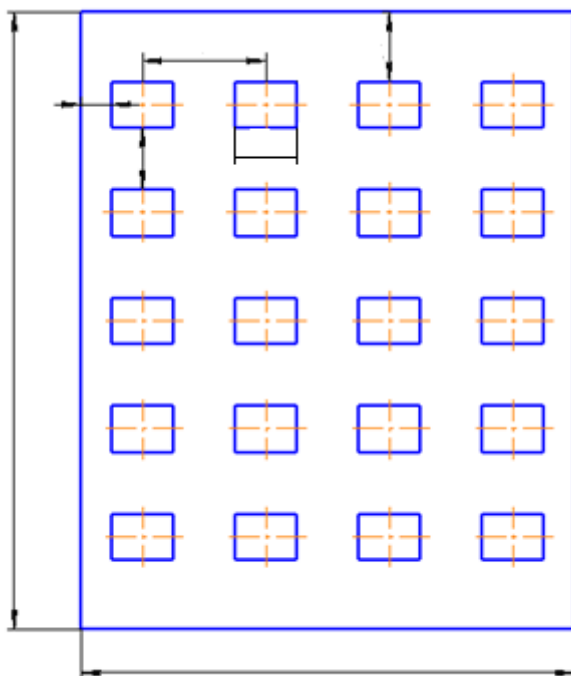
$$E_p = (-10\% \dots + 20\%) \cdot E_{н,лк}$$

4. Розраховуємо загальну потужність освітлених установок:

$$P_{\Sigma} = N_L \cdot P_L, \text{ Вт}$$

$$P_{\Sigma} = 130 \cdot 65 = 8\,400 \text{ Вт}$$

5 Розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників..представлено на рис.



96

Рисунок 5.1 - Ескіз розташування світильників на плані приміщен

4.5 Заходи пожежної безпеки

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежно небезпеки» [36] та ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [] клас приміщення, в якому розташовані ВДТ, «А », а клас можливої пожежі в даному приміщенні -« Д ».

Заходи з пожежної безпеки виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004 - «Правила пожежної безпеки України». ГОСТ 12.2.037-78 (2001) ССБТ «Техніка пожежна. Вимоги безпеки».

Пожежна техніка повинна відповідати вимогам ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні

вимоги та методи випробувань» [50], ДСТУ 3734-98 (ГОСТ 30612-99) «Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги», ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги».

Згідно «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників» [] приміщення оснащене вуглекислотним вогнегасником, ємністю 25 літрів.

Оператор ЕОМ проінструктований щодо використання вогнегасників відповідно до НАПБ Б.01.008-2004 «Правила експлуатації вогнегасників».

Проектування, виготовлення, монтаж, наладку і експлуатацію АУП слід проводити відповідно до вимог даного стандарту, нормативно-технічної документації та технічних умов на АУП конкретного типу.

Проходи і евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог ДБН В.1.1.7-2002 - «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [].

Системи оповіщення повинні бути розташовані відповідно до НАПБ А.01.003-2009 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах» [] та персонал повинен бути проінструктований відповідно до цього положення.

97

4.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження.

З метою забезпечення стійкості роботи важливих виробничих підприємств (об'єктів) в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу завчасно проводиться комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів цивільної оборони, спрямованих на забезпечення захисту населення і зменшення зруйнувань, на підвищення, стійкості роботи об'єкту, на утворення необхідних умов для проведення РіІНР.

Норми ІТЗ ЦО розповсюджуються:

- на категоровані міста по ЦО і окремо розташовані об'єкти особливої важливості і першої категорії;
- на об'єкти, які розташовані в категорованих містах, на території, де можливі зруйнування і ураження людей;
- на всю територію України і стосуються захисту населення від радіоактивного зараження місцевості, отруйних речовин і біологічних засобів.

Норми проектування ІТЗ ЦО повинні здійснюватись:

- при плануванні і забудові нових житлових і промислових районів і міст, будівель і споруд, промислових підприємств, систем і об'єктів електро-, 98 газо-, водопостачання і зв'язку, транспорту, захисних споруд і інших,
- при реконструкції міст, підприємств, комунально-енергетичних систем, засобів зв'язку, транспорту.

Вимоги до планування і забудови міст і розміщення промислових підприємств (об'єктів)

Обсяг і характер заходів по підвищенню стійкості роботи об'єктів народного господарства в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу багато в чому залежить від того, в якій мірі виконуються вимоги норм проектування інженерно-технічних заходів ЦО до розміщення об'єктів, планування міста, до будівництва виробничих споруд, систем постачання водою, газом і електроенергією, які залежать від характеру зруйнувань і уражень, при аваріях, катастрофах, стихійному лиху, а також при застосуванні сучасної зброї.

Вимоги норм проектування передбачають пониження можливих збитків, втрат серед населення і створення кращих умов для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в можливих осередках ураження, відповідно сприяють підвищенню стійкості об'єктів. Зрозуміло, що без людських ресурсів і успішної ліквідації наслідків надзвичайної ситуації виконати завдання по забезпеченню стійкості роботи об'єктів в умовах надзвичайних ситуацій практично неможливо.

Вимоги до планування і забудови міст спрямовані, головним чином, на захист населення і зменшення масштабів можливих зруйнувань і втрат, створення кращих умов для успішної ліквідації наслідків стихійного лиха, аварій, катастроф та застосування противником зброї, в тому числі і ядерної.

Основні вимоги, які враховуються при плануванні і забудові нових міст, а також при реконструкції існуючих: забудова окремими житловими масивами, мікрорайонами; створення ділянок і смуг зелених насаджень; обладнання штучних водойм; влаштування широких магістралей і створення необхідної транспортної мережі, прокладання міжміських автомобільних шляхів за межами забудови міст; створення лісопаркової смуги навколо міст; розміщення об'єктів з врахуванням можливого впливу надзвичайних ситуацій.

99

Забудова міста окремими житловими масивами, мікрорайонами має важливе значення для зменшення можливості розповсюдження пожеж і сприяє більш ефективному проведенню рятувальних робіт. Межами мікрорайонів є парки, смуга зелених насаджень, широкі магістралі, водойми, які створюють протипожежні розриви.

Створення ділянок і смуг зелених насаджень сприяє забезпеченню санітарно-гігієнічних умов в місті і одночасно служить хорошим захистом від вогню. Тому при плануванні міст парки, сквери, сади повинні

з'єднуватися в смуги і розміщуватися так, щоб вони були не тільки розмежуванням між мікрорайонами, але протипожежними розривами.

Штучні водойми дають можливість створювати в кожному мікрорайоні достатній запас води для гасіння пожеж, проведення дезактивації території і санітарної обробки людей. Не можна розраховувати на те, що в надзвичайній ситуації збережеться міський водопровід і його можна буде використати при гасінні пожежі. Тому в містах і мікрорайонах, де немає природних водойм, повинні будуватись штучні водойми, які є базами відпочинку і можуть бути використані при гасінні пожеж.

Будівництво широких магістралей і створення необхідної транспортної мережі дає можливість в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу з зруйнуванням будівель запобігти суцільним завалам, які ускладнюють дії формувань ЦО і евакуацію потерпілих з району ураження в заміську зону.

100

Ширина магістралі в метрах:

$L = H \cdot \dots + 15$ (м), де H - висота найбільш високого будинку на магістралі, крім висотних громадських будівель каркасної конструкції.

Магістральні вулиці повинні мати перетин з іншими магістралями, автомобільними і залізничними на різних рівнях.

Міська транспортна мережа повинна забезпечувати надійність сполучення між житловими і промисловими районами, вільний вихід до магістралі, що веде за межі міста, а також найкоротший і найзручніший зв'язок з центром міста, міських, житлових і промислових районів з залізничними і автобусними вокзалами, вантажними станціями, річковими і морськими портами і аеропортами.

По території міста і в прилягаючих районах повинні бути дублюючі шляхи сполучення.

Міжміські автомобільні шляхи повинні прокладатись в обхід міста. Навколо великих міст краще прокладати кільцеві дороги і з'єднувальні обхідні шляхи. Це зменшить забруднення повітряного басейну в межах міста від автомобільного транспорту і не порушить транспортних зв'язків в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

Лісопарковий пояс при застосуванні противником сучасної зброї може служити для розміщення робітників, службовців підприємств і населення. З цією метою в лісопарковому поясі за межами зони можливих зруйнувань повинно вестись будівництво туристичних і спортивних баз, пансіонатів, будинків відпочинку, санаторіїв⁴ т.п. Це сприяє розширенню житлового фонду в заміській зоні. Тут також необхідно розвивати шляхову мережу з твердим покриттям, електропостачання і водопостачання, зв'язок. Ці заходи не менш корисні для розвитку зон відпочинку для населення і забезпечення життєдіяльності в районах заміських зон в надзвичайних умовах. 101

Розміщення об'єктів повинно здійснюватись з врахуванням зон можливих зруйнувань. Нові важливі промислові підприємства, основні склади і бази повинні розміщуватись за межами зони можливих зруйнувань.

За зонами можливих сильних зруйнувань (радіус зони зруйнувань розраховується для категоризованих міст і об'єктів) повинні розміщуватись: бази, склади з продовольчими і промисловими товарами першої необхідності; базові склади Легкозаймистих і горючих матеріалів, головні споруди водозабезпечення; насосні і компресорні станції магістральних трубопроводів; міжміські кабельні магістральні мережі та інші важливі об'єкти.

В зоні можливих сильних зруйнувань дозволяється розміщувати комунальні гаражі, тролейбусні депо, трамвайні парки, склади поточного

забезпечення, підземні магістральні трубопроводи, одну з груп головних споруд системи водопостачання та інші підприємства по обслуговуванню населення міста.

Вимога до проектування й побудови промислових підприємств (об'єктів)

Нові промислові підприємства (об'єкти) повинні будуватися з врахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розмішувати розосереджено. Відстань між будівлями повинна забезпечувати протипожежні розриви. При забезпеченні таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу навіть, якщо гасіння пожежі не проводиться.

Ширина протипожежного розриву L_p , м, визначається за формулою: $L_p = H_1 + H + 15$ м, де H_1 і H_2 - висота сусідніх будинків. 102

Будівлі адміністративно-господарського і обслуговуючого призначення повинні розміщуватись окремо від основних цехів.

Найбільш важливі виробничі споруди Треба будувати заглибленими або пониженої висоти, прямокутної форми в плані. Це зменшить парусність будівлі і збільшить її опір ударній хвилі будь-якого вибуху. Висока стійкість до дії ударної хвилі властива залізобетонній будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці.

Для підвищення стійкості до пожеж в будинках повинні застосовуватись вогнестійкі конструкції, а також вогнезахисна обробка горючих елементів будівлі. В кам'яних будинках перекриття повинно бути виготовлене з армованого бетону або з бетонних плит. Велика за розмірами будівля повинна поділятися на секції незгоряючими стінами.

В ряді випадків при проектуванні і будівництві промислових будівель і споруд повинна бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного порошку. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

В складських приміщеннях повинно бути якомога менше вікон та дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, нафта, мазут та ін.) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля кордонів об'єкту або за його межами.

Деякі унікальні види технологічного устаткування потрібно розміщувати в більш міцних спорудах (підвалах, підземних спорудах) або будівлях з легких незгоряючих конструкцій павільйонного типу, під навісами або відкрито. Це обумовлюється тим, що в багатьох випадках устаткування може витримати набагато більший надлишковий тиск ударної хвилі, ніж будівля, в якій воно знаходиться. При зруйнуванні будівлі внаслідок падіння конструкцій розміщене в них устаткування буде виходити з ладу.

На підприємствах, які виготовляють або споживають сильнодіючі отруйні і вибухонебезпечні речовини, при будівництві чи реконструкції необхідно передбачати захист ємностей і комунікацій від зруйнування ударною хвилею або падаючими конструкціями, а також заходи, які виключають розливання отруйних і вибухонебезпечних речовин.

Душові приміщення необхідно проектувати з врахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин - з врахуванням використання їх для знезаражування автотранспорту.

Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручний і найкоротший шлях між виробничими будівлями, спорудами і складами; в'їздів на територію об'єкту повинно бути не менше, ніж два з різних напрямків. Внутрішні залізниці повинні забезпечувати

найпростішу схему рух}', займати мінімальну площу території об'єкту і мати обгінні ділянки. Вводи залізниці в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків в міську каналізаційну мережу і пристосування для аварійних викидів в підготовлені для цього місця.

Вимоги до будівництва комунально-енергетичних систем

Вимоги до систем електрозабезпечення. Електрозабезпечення є основою будь-якого виробництва. Порушення нормальної подачі електроенергії на об'єкт або окремі ділянки виробництва може призвести до повної зупинки роботи об'єкту.

Для надійного електрозабезпечення в умовах надзвичайних ситуацій! при його проектуванні і будівництві повинні бути враховані основні вимоги, які впливають з завдань цивільної оборони.

104

Електрозабезпечення повинно здійснюватись від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива. Великі електростанції потрібно розташовувати одну від одної і від великих міст на відстані, не меншій двох радіусів зон можливих зруйнувань.

Районні понижуючі станції, диспетчерські пункти енергосистем і мережі електропередач належить розташовувати за межами зон можливих сильних зруйнувань.

Постачання електроенергією великих міст і об'єктів, які не перестають працювати в надзвичайних умовах, необхідно передбачати від двох незалежних джерел. При електропостачанні об'єкту від одного джерела повинно бути не менше двох вводів з різних напрямів.

Трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати, їх стійкість повинна бути не нижчою від стійкості самого об'єкту.

Електроенергію на ділянки виробництва належить подавати по належних електрокабелях, прокладених в землі на глибині 0,8-1,2 м.

Крім цього, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати пересувні електростанції на залізничних платформах, автопричепах і інші електростанції, які не включені в енергосистему.

В містах, розміщених на берегах морів та річок, необхідно створювати берегові пристрої для прийому електроенергії з корабельних електроустановок.

Система енергопостачання повинна мати захист від впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Вимоги до систем водопостачання. Нормальна робота багатьох підприємств залежить від безперервного їх забезпечення технічною і питною водою. Потреба промислових підприємств у воді порівняно велика. Так, витрати води на виробництво тонни хімічного волокна становлять близько 2000 м³.

Порушення у постачанні водою промислових об'єктів може призвести до їх зупинки і викликати труднощі в проведенні рятувальних робіт в районі стихійного лиха, аварії, катастрофи або застосування сучасної зброї.

Для підвищення стійкості постачання об'єктів водою необхідно, щоб система водопостачання здійснювалась не менше, ніж від двох незалежних джерел, одне з яких бажано влаштовувати підземним.

В містах і на об'єктах трубопроводи водопостачання у всіх випадках ПОВИННІ бути закільцьовані. Водопровідне кільце об'єкту повинне наповнюватись від двох різних міських магістралей. Крім того, в містах і, зокрема, на промислових підприємствах належить споруджувати герметизовані артезіанські колодязі. Новоспоруджені системи слід

наповнювати водою, якщо це можливо, від підземних джерел. Постачання об'єктів водою з відкритих водойм (рік, озер) повинно виконуватись системою головних споруд, розташованих поза зоною можливих сильних зруйнувань.

Артезіанські свердловини, резервуари чистої води і шахтні криниці повинні бути пристосовані для розливання води в пересувну тару. Резервуари чистої води треба устаткувати герметичними люками і вентиляцією з очисткою повітря від пороху.

Стійкість мережі водопостачання підвищується при заглибленні в ґрунт всіх ліній водопроводу і розташування належних гідрантів і відключаючих пристроїв на території, яка не може бути заваленою, а також пристроїв перемичок, які дозволяють відключити пошкоджені ланки і споруди.

На підприємствах треба передбачити оборотне використання води для технічних цілей, що зменшує загальну потребу у воді і відповідно, підвищує стійкість водозабезпечення. 106

Вимоги до систем газопостачання. На багатьох виробничих об'єктах газ використовується як паливо, а на хімічних підприємствах - і як вихідна сировина.

При порушенні мережі газ може стати причиною вибуху, пожежі. Для більш надійного постачання газ повинен подаватися в місто і на промислові об'єкти по двох незалежних газопроводах.

Газорозподільні станції необхідно розташовувати за межами міста з різних сторін. 1 азова мережа за кільцьовується і прокладається під землею на глибині 0,6-1,7 м. На газовій мережі у визначених місцях повинні бути

встановлені автоматичні відключаючі пристрої, які спрацьовують від надлишкового тиску ударної хвилі.

Крім того, на газопроводах слід встановлювати відключаючу арматуру з дистанційним управлінням і крани, які автоматично перекривають подачу газу при розриві труб, що дозволяє відключити газові мережі певних ділянок і районів міста.

Виконання вимог, норм проектування, інженерно-технічних заходів цивільної оборони сприяє нормальному функціонуванню промислових підприємств і забезпеченню робітників, службовців не тільки в надзвичайних умовах мирного і воєнного часу, а і покращує умови праці і проживання людей.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання роботи можна зробити наступні висновки та зазначити отримані результати, які полягають у наступному:

1. На базі аналізу потреб певних галузей машинобудування, що передбачають серійний випуск продукції, розроблено фрезерний верстат з ЧПК вертикальної компоновки з нерухомим столом для високопродуктивної обробки площинних деталей в умовах автоматизованого виробництва.

2. Для забезпечення можливості функціонування проектного верстата у складі систем автоматизованого виробництва запропонована схема автоматичної зміни заготовок на верстаті із застосуванням столів-супутників.

3. На основі розрахунку технічної характеристики верстата розроблена конструкція приводу головного руху із використанням мотор-шпинделя. У якості приводу обраний мотор-шпиндель Weiss Spindeltechnologie GmbH - F200S.20.38. Наведено докладні технічні характеристики обраного мотор-шпинделя.

4. Розроблено конструкцію корпусної деталі приводу головного руху для встановлення у неї обраного мотор-шпинделя. Виконано перевірку величини пружних деформацій деталі під дією сил різання у програмному середовищі COSMOSXpress Anflysis Wizard SolidWorks. Отримані результати задовольняють вимогам до точності обробки на верстаті.

5. Розроблено конструкцію поворотного столу. Виконані проектні та перевірочні розрахунки черв'ячної передачі механізму повороту столу.

6. На основі аналізу розроблено принципову конструкцію пристрою зміни ріжучого інструменту. Конструкція складається із інструментального дискового магазину, розташованого на бічній стороні стійки та двохзахватного автооператора.

7. Виконано розрахунок діаметра пневмоциліндра автооператора.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / В. Є. Карпусь, О. В. Котляр, В. О. Іванов.; за ред. В. Є. Карпуся. – Харків : НТМТ, 2012. – 296 с.

2. Модзелевский А. А., Соловьев А. В., Лонг В. А. Многооперационные станки. Основы проектирования и эксплуатации. М.: Машиностроение, 1981, - 216 с.

3. Кузнецов Ю.М. Верстати-автомати та автоматичні лінії: Навчальний посібник/ - частина 1,- К.: ООО "ЗМОК" ПП "Гнозіс", 1999.- 206 с.

4. Металлорежущие станки: Учебник/ Под ред. В.Э.Пуша, М.: Машиностроение, 1986.-586 с.

5. Станки с числовым программным управлением /специализированные/ В.А. Лещенко, Н. А. Богданов, И. В. Вайнштейн и др.; Под общ.ред. В.А.Лещенко. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1988.-568 с. 109

6. Електронний ресурс: www.sandvik-coromant.ru

7. Кузнецов Ю.М. Цільові механізми верстатів-автоматів і верстатів з ЧПК. Частина3.- К.: ТОВ "ЗМОК"; Тернопіль: ТДТУ, 2001.- 354с.:іл..

8. Електронний ресурс: Двигатели переменного тока, Серводвигатели. Siemens NC60 2002 (05.02).

9. Детали и механизмы металлорежущих станков / Под ред. Д.Н. Решетова: В 2-х т. – М.: Машиностроение, 1972. – Т.1. – 664 с.; Т.2 – 520 с.

11. Тарзиманов Г.А. Проектирование металлорежущих станков.– М.: Машиностроение, 1980. – 288 с.

12. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

13. Детали машин: Атлас конструкций. Уч. пособие для машиностроительных вузов/ В.Н. Беляев, И.С. Богатырев, А.В. Буланже и

др.; Под ред. д-ра техн. наук проф. Д.Н. Решетова. – 4 – е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 367 с., ил.

14. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев В.В.; Отв. ред. ред. Писаренко Г.С. – 2-е, изд., перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1988. – 736 с.

15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2, Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова, 4-е изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с.