

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА
РОБОТА**

на тему:

**«Система керування робото-технічним
комплексом виготовлення корпусних деталей»**

**Завідувач
випускаючої кафедри**

Дрозденко О. О.

Керівник роботи

Кулінченко Г. В.

Студента групи СУ.м-81

Папета А. О.

СУМИ 2019

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ.....	6
1.1 Технологічна лінія з вироблення корпусних деталей як об'єкт технології	6
1.2 Технологічна схема виробничої лінії.....	9
1.2.1 Підсистема управління позиціонуванням заготовок і деталей	10
1.2.2 Підсистема управління обробкою заготовок	12
1.2.3 Підсистема моніторингу та діагностики.....	14
1.3 Технологічний аналіз процесу	16
1.4 Аналітичний огляд відомих систем автоматизації технологічної лінії.	19
1.5 Вибір об'єкту і предмету дослідження.....	27
2 ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.	31
2.1 Задачі дослідження	31
1.6.1 Задача 1.....	31
1.6.2 Задача 2.....	31
1.6.3 Задача 3.....	31
1.6.4 Задача 4.....	31
1.6.5 Задача 5.....	31
2.2 Потоковість, як метод організації дискретно-безперервного виробництва	32
2.2 Мережі Петрі, як метод моделювання динамічних дискретних процесів в системі обробки корпусних деталей.	35
3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕНЬ	37
3.1 Глобальна модернізація РТК.	38
3.2 Локальна модернізація РТК - розробка системи управління обробним верстатом.....	40
3.2.1 Оцінка механічної частини приводу обробного верстата.....	40

3.2.2	Аналіз системи електроприводу обробного верстата	41
3.2.3	Аналіз та оцінка основних даних приводу обробного верстата.....	44
	РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	46
4.1	Імітаційна модель РТК на основі мережі Петрі	46
4.2	Дослідження та інкапсуляція регулятора в САУ обробного верстата ..	52
4.2.1	Розробка структури САУ	52
4.2.2	Моделювання жорсткого об'єкта в Matlab Simulink.....	52
4.2.3	Моделювання пружного об'єкта	58
	РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	64
5.1	Доцільність застосування АСУ для верстата	64
5.2	Економічний розрахунок варіантів реалізації комплексу	65
5.2.1	Розрахунок кількості обладнання.....	65
5.2.2	Розрахунок ціни впровадження РТК.....	65
5.2.3	Розрахунок нормативного прибутку	66
5.2.4	Розрахунок витрат на амортизацію обладнання	66
5.2.5	Розрахунок витрат на силову енергію.....	67
5.2.6	Розрахунок собівартості одиниці продукції.....	67
5.2.7	Розрахунок окупаємості проекту.....	67
5.3	Зміни основних техніко-економічних показників	68
	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
	ВИСНОВОК.....	73
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
	ДОДАТОК А ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	Ошибка! Закладка не определена.
	ДОДАТОК Б БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ ПЗ	Ошибка! Закладка не определена.
	ДОДАТОК В ГОЛОВНЕ ВІКНО SCADA СИСТЕМИ .	Ошибка! Закладка не определена.
	ДОДАТОК Г ВІКНО СТЕЖЕННЯ ЗА ЕТАПАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РТК	Ошибка! Закладка не определена.
	ДОДАТОК Д ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЧОЇ ЛІНІЇ.....	Ошибка! Закладка не определена.

ДОДАТОК Е ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РТК В SIMULINK **Ошибка! Закладка не определена.**

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

РТК – робото-технічний комплекс.

СУ – система управління.

МЗП – магазинно-завантажувальний пристрій.

ПР – промисловий робот.

ВМ – виконавчі механізми.

ПУО – підсистема управління обробкою.

СПП – схема підготовки повітря.

КД – корпусна деталь.

МОР – мастильно-охолоджувальна рідина.

МП – Мережа Петрі.

ПД-регулятор – пропорційно інтегрально диференціальний регулятор

ВСТУП

Ефективність виробництва, технічний процес, якість продукції, що випускається значно залежить від модернізації виробництва, технологічних процесів, введення нового обладнання, оснащення, інструменту, засобів механізації та автоматизації.

Для технічного переобладнання виробництва, якісної зміни його структури і організації необхідна комплексна механізація і автоматизація технологічних процесів механічної обробки, складання та допоміжних операцій; підвищення ступеня оснащеності операцій і зниження частки ручної праці. Базою переобладнання процесів механічної обробки є впровадження програмного управління процесами, створення роботизованих систем і виробництв, впровадження мікропроцесорної техніки, підвищення точності і надійності засобів автоматизації.

В даний час в різних галузях машинобудування особливо гостро стоїть питання про підвищення продуктивності праці, ефективності виробництва, а також збільшення випуску продукції при одночасному зниженні витрат з урахуванням повної сертифікації якості продукції, що випускається. Підвищення ефективності можливо за рахунок скорочення ручної, малокваліфікованої і важкої фізичної праці, полегшення умов, що досягається шляхом модернізації існуючого обладнання, удосконалення технологічних процесів, створення автоматичних поточкових ліній, верстатів, ділянок.

Основними завданнями при проектуванні дипломного проекту є модернізація технологічного процесу механічної обробки корпусних деталей на основі робото-технічного комплексу (РТК), і розробка системи управління цим РТК.

Робота виконується на підставі завдання кафедри КН секції КСУ факультету ЕЛІТ СумДУ.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

1.1 Технологічна лінія з вироблення корпусних деталей як об'єкт технології

Автоматизація не даремно вважається головним, найбільш перспективною галуззю виробництва промислового сектору

Темп проектування та реалізації деталей різного призначення значно зростає через швидкий розвиток промислового сектору. Майже кожна деталь знаходиться в корпусах, більш того найбільш значущі із них виготовляються з металу. При виготовленні важливих корпусів використовується, зазвичай, лезова технологія механічної обробки. Це пов'язано з оптимальнішою за класичні механообробні технології, не зважаючи на величезну різноманітність методів для утворення форми корпусних деталей із залученням найсучасніших новітніх технологій.

Галузь машинобудування займає одне з передових місць в промисловому виробництві. Це обумовлено тим, що більшість процесів в речовому виробництві, транспортній галузі, сільському господарстві та інших галузях так чи інакше тісно пов'язані з використанням обладнання широкого спектру призначення. Будова машин безперервно вдосконалюються разом з тим як збільшуються вимоги виробництва та експлуатації, а також завдяки інтеграції передових результатів науково-технічних досліджень, створенню нових матеріалів і методів надання їм потрібних форм і властивостей.

В залежності від способу та типу обробки деталей даний процес може мати безліч нюансів. В наші дні, селекція способу, методу та типу автоматичної обробки поверхонь набагато трудніше: надтверді обробні

поверхні, нерівномірна товщина даної заготовки, специфічні фізико-механічні та хімічні характеристики матеріалу.

Найрозповсюдженішим корпусними деталями на даний час являються: коробки передач для підйому та транспортування машин та обладнання, ковано-штамповані частини металорізальних машин та інші схожі деталі, які можуть містити плоскі площини і отвори, розташовані певним чином і призначені для з'єднання та узгодження відносного положення основних вузлів машини, станка, автомобіля та ін..

Обробку КД прийнято виконувати в такому порядку:

- Першочергово обробляють базові поверхні з отворами.
- Плоскі поверхні, що залишилися.
- Всі інші типи поверхонь.
- Головні отвори.
- Інші допоміжні і незначні елементи.

У випадку обробки нежорстких поверхонь часто використовують перевірочне (повторне) опрацювання основних елементів після головної обробки всіх плоских поверхонь та основних отворів. Поверхні зі жорсткою конструкцією зазвичай обробляють за один раз (при точному виготовленні).

Кінцевий етап опрацювання–шліфування виробу або, ситуаційно, інші допоміжні операції здійснюють в тому ж самому порядку:

- обробка плоских поверхонь
- обробка отворів.
- обробка інших елементів

Плоскі поверхні виробів в малосерійному виробництві обробляють на фрезерних верстатах, а при масовому виготовленні використовують протяжні верстати, фрезерні верстати безперервної дії з барабанными столами або з пристроями карусельного типу.

Копіювально-шліфувальні верстати використовують для обробки основних поверхонь КД.

Базові отвори корпусних деталей обробляють на агрегатних багатошпindelних верстатах або на універсальних горизонтально-розточувальних верстатах.

Виробництво КД умовно можна поділити на два підвиди:

- масове чи багатосерійне;
- серійне або дрібне.

У масовому і багатосерійному виробництві обробка основних отворів та поверхонь відбувається відразу в двох чи навіть трьох місцях. Робота ведеться на багатошпindelних верстатах одночасно з двох або трьох сторін заготовки. Основні отвори заготовок незначних по габаритам розмірів можуть бути зроблені на вертикально-свердлильних верстатах із залученням кондукторів та шпindelних головок і на радіально-свердлильних верстатах із використанням кондукторів поворотного типу.

Щодо серійного виробництва, то тут базові отвори в корпусних деталях виконують на багатозадачних горизонтально-розточувальних верстатах, в яких інструмент розміщується в напрямку провідника. Задля підвищення продуктивності лінії, застосовують багатошпindelні розточувальні головки для одночасної обробки декількох отворів з паралельними осями при роботі на розточувальних верстатах.

Основними показниками і орієнтирами якості виготовлення деталі вважають::

1. чіткість форми та відповідність базових поверхонь;
2. лінійні розміри між осями, правильність відносних кутів осей;
3. форму та розміри базових отворів деталі;
4. відповідність розміщення всіх осей щодо базових поверхонь;
5. перпендикулярність осей всіх відповідних елементів;
6. перпендикулярність задньої площини до осі отвору.

1.2 Технологічна схема виробничої лінії

На рисунку 1 представлена (див. Додаток Г) послідовність технологічних операцій, де цифри позначають номер операції.

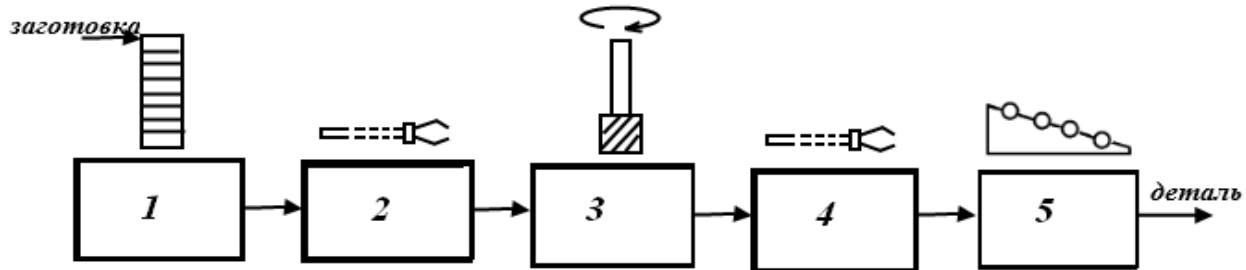


Рисунок 1.1 – Технологічна схема комплексу
1-подача заготовки МЗП; 2-видача заготовки ПР в обробний центр; 3-обробка деталі; 4 - видача деталі ПР в позицію ската; 5 переміщення готової деталі.

Завантажувальний пристрій забезпечує сталість видачі заготовок в заданому ритмі, в результаті отримуємо безперервний режим роботи технологічного обладнання. Завдяки відповідній орієнтації заготовок здійснюється їх поштучна видача під захоплення робота.

Цикл запускається оператором після перевірки вихідного положення маніпулятора.

При наявності заготовки в МЗП, подається команда на електромагнітний відсікач, який видає заготовку на лоток для захоплення роботом. Рука робота знаходиться в стані: «Рука втягнута» і «схват розкритий». Після спрацьовування електромагніта МЗП деталь падає під розкритий схват робота. За сигналом «Деталь схопив» включається команда «Зажим схвата». В результаті виконання цієї команди роботом проводиться подача заготовки в пристрій обробки верстата. Фіксація деталі в пристрої дозволяє видачу сигналу на розтиснення схвата робота і виведення його з робочої зони верстата.

Далі відбувається затиск деталі в пристрої і блокування огорожі верстата.

Обробка заготовки проводиться за програмою, закладеною в програмному пристрої обробного центру. Після закінчення обробки деталі ПР «Циклон-3.02» втягується і розміщує заготовку над самопливним лотком - скатом.

Далі здійснюється перевірка лічильника оброблених деталей. У разі відсутності деталі виконується команда «Стоп. Деталей немає».

1.2.1 Підсистема управління позиціонуванням заготовок і деталей

Для управління поштучною видачою орієнтованих заготовок з МЗП в позицію схвата ПР використовується схема, представлена на рисунку 10. При цьому управління положенням шибера орієнтатора (відсікач) здійснюється безпосередньо через електромагніт ЕМ, а живлення - за допомогою пневмоциліндра, напрямком переміщення якого змінюється подачею керуючого сигналу на пневморозподільник через обмотку електромагніту.

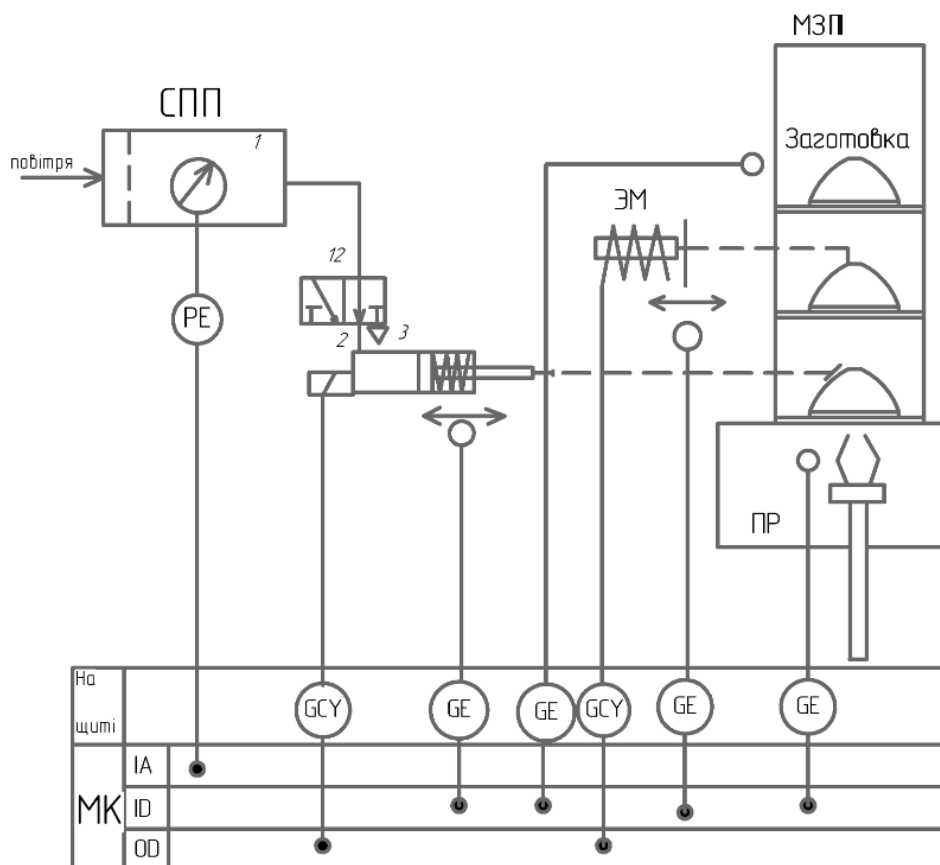


Рисунок 1.2 – Схема функціональна управління видачою заготовок СПП-схема підготовки повітря; МЗП-магазинно-завантажувальний пристрій; ЕМ-електромагнітний привід; ПР-промисловий робот.

Наявність заготовки в МЗП фіксується датчиком наявності заготовки, сигнал з виходу якого видається на дискретний вхід мікроконтролера (МК).

На інші входи МК подаються сигнали про положення штока живильника, положенні шибера орієнтатора, а також наявності заготовки в положенні схвата ПР.

Для управління позиціонуванням заготовок і деталі використовується схема, зображена на рисунку 1.3.

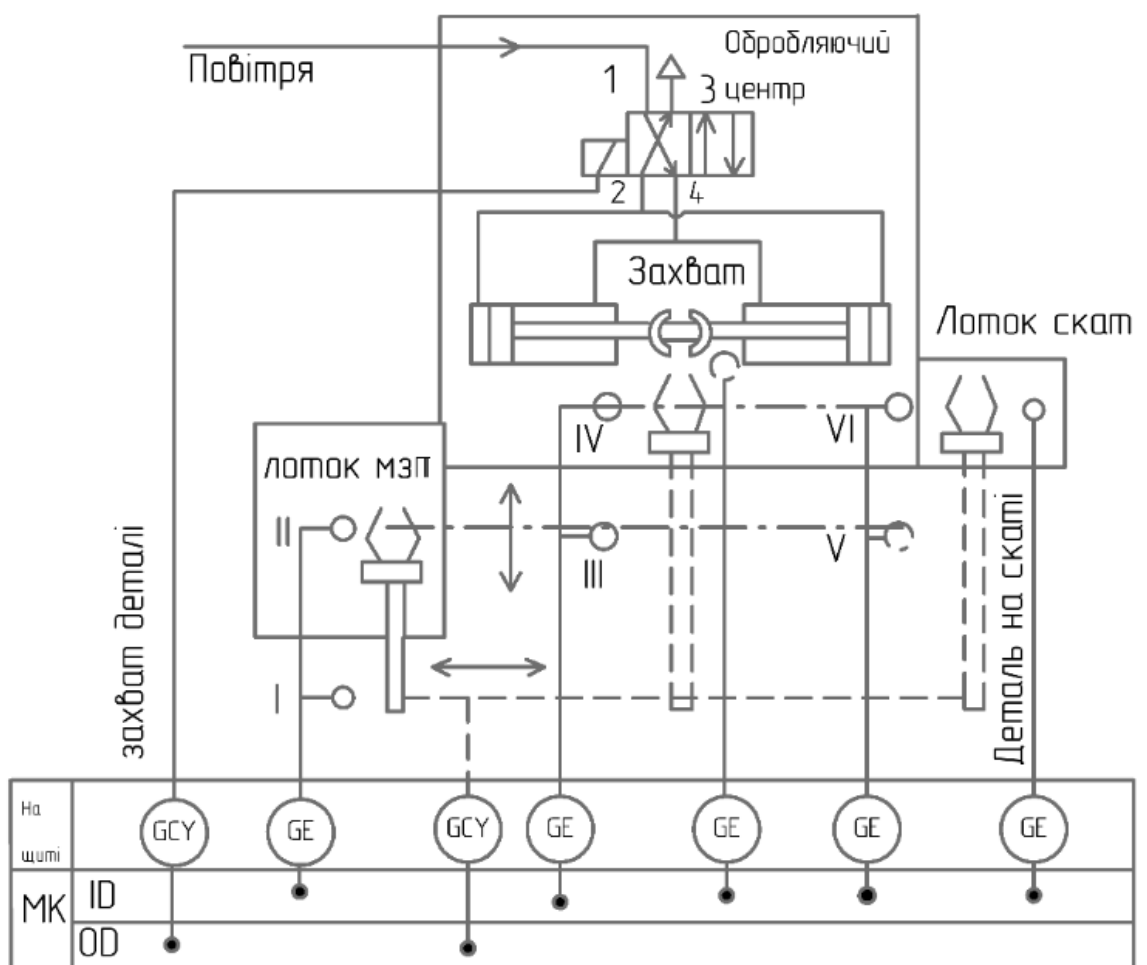


Рисунок 1.3 – Схема функціональна управління переміщеннями ПР

У цій схемі використовуються сигнали датчиків положення (I, II, III, IV, V, VI) і руху органів ПР, а також керуючі сигнали цими органами. Початкова позиція для переміщення (II) - лоток МЗП. Робоча позиція (IV) - в обробному центрі, в якій МК через пневморозподільник управляє закріпленням

заготовки. Заключна позиція циклу (VI) - лоток ската, в яку ПР доставляє деталь після закінчення програми обробки. Інші позиції -проміжні, зокрема позиція (I) -стартова, з якої починається робочий цикл. За сигналом датчика наявності деталі в захваті пристрою обробного центру видається команда на затиск деталі і відведення схвата на позицію (III). Верхнє і нижнє положення схвата, а також положення «схопити» і команда «Зажим схвата» на схемі не позначені.

Перераховані сигнали датчиків і керуючі сигнали формують канали управління, які в розробленій системі управління РТК повинні бути синхронізовані з сигналами інших підсистем.

1.2.2 Підсистема управління обробкою заготовок

ПУО заготовок забезпечує обробку просторових деталей складного типу з чорних, кольорових металів і інших матеріалів в дрібносерійному і серійному виробництві. Просторова обробка досягається поєднанням переміщення столу верстата з деталлю в горизонтальній площині по двох координатах (X, Y) і вертикального переміщення шпindelної головки (Z) з ріжучим інструментом.

Базові рухи обробного центра:

- Обертання головки шпинделя;
- переміщення столу по осі X;
- переміщення столу по осі Y (перпендикулярно осі X в тій же ж площині);
- переміщення шпинделя перпендикулярно площині столу (вертикально)
- інші допоміжні переміщення (вузли верстата)

Функціональна схема автоматизації ПУО зображена на рис. 1.4.

Головний обертальний рух головка фрези отримує від асинхронного електродвигуна М1. Швидкість обертання, яка забезпечує необхідне зусилля

різання, вимірюється датчиком швидкості (SE) імпульсного або енкодерного типу.

Три рухи механізмів подавання здійснюються за допомогою управління трьома виконавчими серводвигунами (M2, M3, M4) обробного центру. Положення фрезерної головки і столу контролюється за допомогою відповідних датчиків положення, що забезпечують необхідну точність позиціонування.

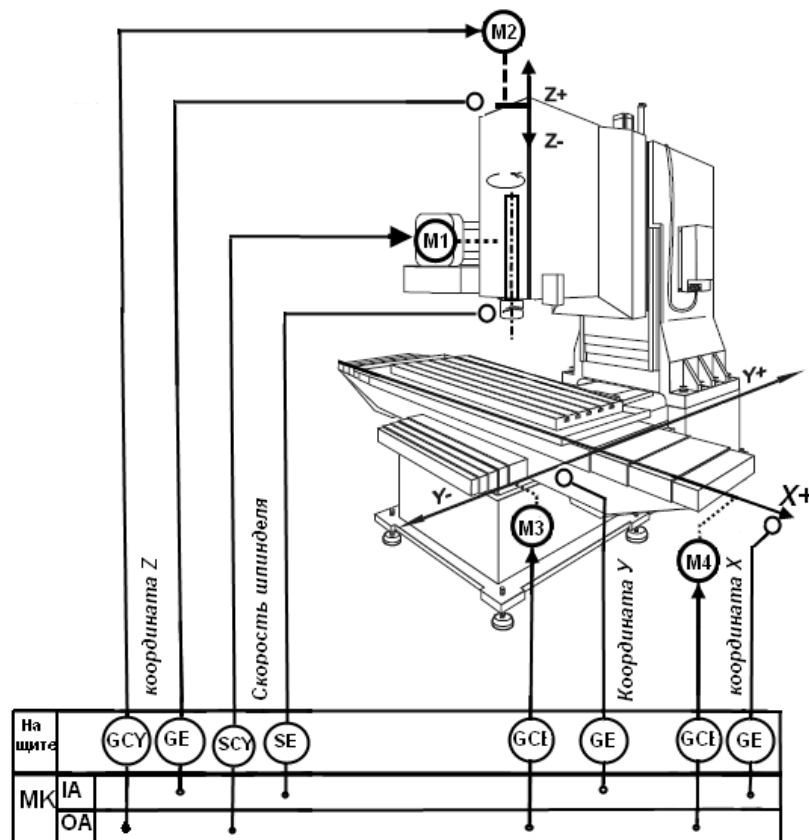


Рисунок 1.4 – Схема функціональна автоматизації ПУО

Таким чином програма обробки реалізується в результаті порівняння заданої координати обробного інструменту з поточною координатою і вироблення відповідного керуючого впливу по переміщенню в задану точку простору обробки.

Для приведення у відповідність системи відліку датчиків зворотного зв'язку з дійсним станом робочого органу верстата, регулюється вихід в «нуль» верстата, який проводиться в режимі установки нулів верстата, що задається

на пульті оператора в режимі ручного управління вибором відповідної координатної вісі і напрямку руху.

Необхідна точність забезпечується при використанні регуляторів виконавчих механізмів з високими динамічними характеристиками.

Для досягнення надійності системи обробки робочі цикли верстатів оснащують комплексом вимикаючих упорів і інших додаткових пристроїв, які блокують можливі аварійні ситуації при роботі програмних пристроїв

1.2.3 Підсистема моніторингу та діагностики

Одним з факторів, що визначають надійність роботи РТК обробки корпусних деталей, є схема пневмоавтоматики РТК, яка складається з системи підготовки повітря та пневмоприводних механізмів. Підготовка повітря не входить в завдання управління РТК, але відсутність повітря може привести до аварійної ситуації. Тому підсистемою моніторингу на підставі сигналів датча тиску, що має аналоговий вихід, ведеться контроль за роботою системи підготовки повітря. Блокування системи управління здійснюється за допомогою реле тиску РТ.

Система підготовки повітря включає в себе магістральний вологовідсіювач і вузол підготовки повітря, пневматична схема якого приведена на рисунку 1.5.

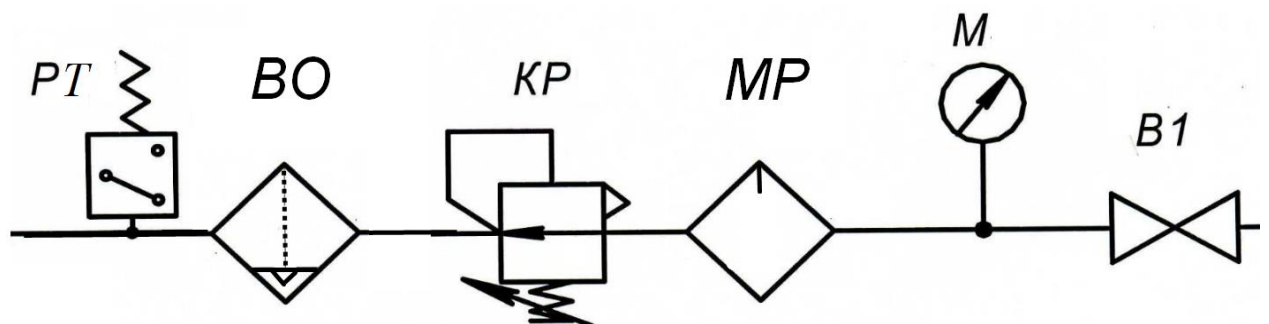


Рисунок 1.5 – Система підготовки повітря

В1 - вентиль; М - манометр; МР - маслорозпилювач; КР- редукційний клапан; ВО - фільтр-осушувач; РТ - реле тиску.

Спільна робота завантажувально-розвантажувальних пристроїв, ПР і технологічного обладнання забезпечується узгодженням роботи системи програмного управління і підсистем РТК. Виконання основних технологічних функцій контролюється давачами технологічних параметрів, через які замикаються контури керування робочих циклів. Однак для забезпечення надійної роботи РТК необхідно вести безперервний контроль (моніторинг) допоміжних контурів, які дозволяють отримати необхідну якість обробки виробів. До таких контурів відносяться обладнання подачі змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), яка застосовується для охолодження оброблюваної деталі та обладнання циркуляції мастила для тертьових деталей комплексу.

На рисунку 1.6 зображено функціональна схема автоматизації допоміжного обладнання.

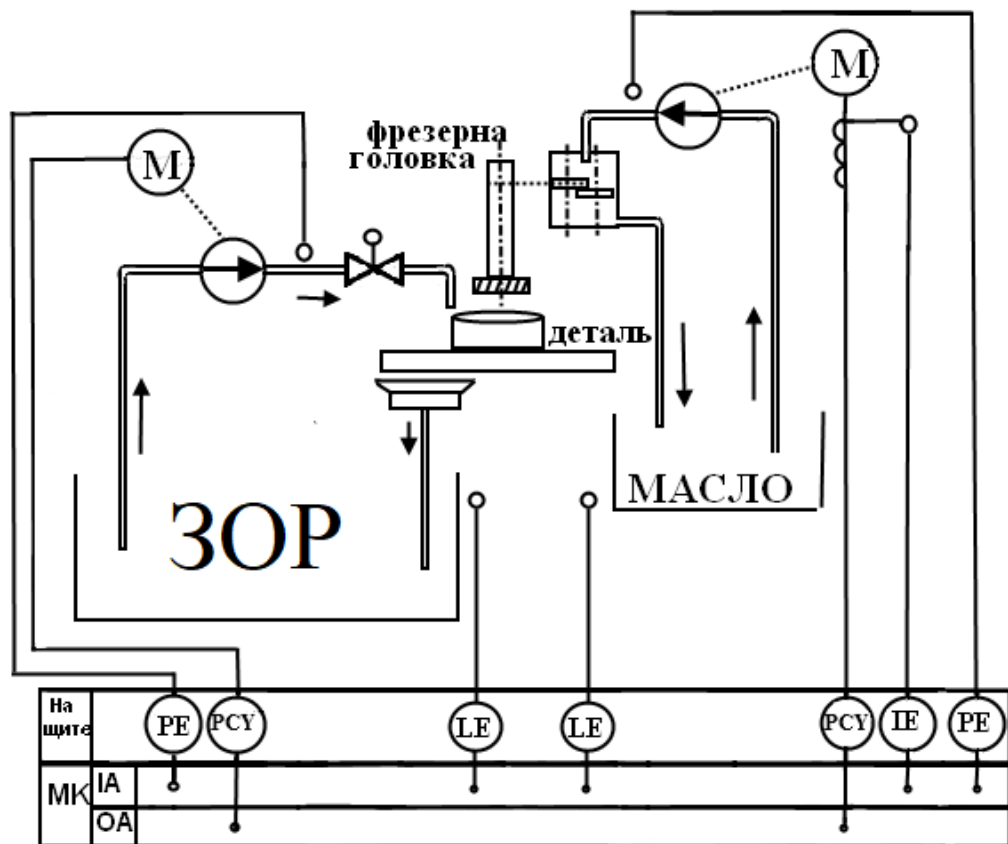


Рисунок. 1.6 – Схема автоматизації допоміжного обладнання

Крім діагностики допоміжного обладнання на підсистему моніторингу покладаються функції, які реалізуються на підставі сигналів, що надходять від датчиків стану обладнання:

- контроль зусилля стиснення схвата робота;
- зусилля фіксації виробу в пристрої обробного центру.

Безпека роботи при падінні тиску в пневмоприводі контролюється за допомогою реле тиску, а давачем блокування огорожі контролюється доступ сторонніх до технологічного устаткування.

За допомогою давачів стану обладнання вирішуються завдання блокування його роботи при незакріпленій або неправильно закріпленій заготовки.

Завдання діагностики несправностей вирішуються за допомогою давачів технологічних параметрів переміщень по координатах X, Y, Z і приводу шпинделя. При цьому аналізується час відпрацювання заданого значення параметра. Додатково встановлені кінцеві вимикачі граничних положень дозволяють блокувати роботу технологічного обладнання при досягненні цих положень.

Електрообладнання оснащено пусковою апаратурою, яка виключає повторне включення обладнання при раптовому зникненні напруги і надійно заземлено.

Передбачені блокування включення і світлова індикація при неробочому і аварійному стані обладнання.

1.3 Технологічний аналіз процесу

Головною метою функціонування системи управління РТК є забезпечення синхронізацію роботи і завантаження лінії, при якій реалізується задана продуктивність автоматизованої ділянки. При цьому основним завданням залишається підтримка заданої точності обробки. Це завдання виконується в результаті безаварійного функціонування допоміжного

обладнання, що забезпечує підведення мастильно-охолоджувальної рідини, раціональне відведення стружки, а також транспортування і розміщення оброблюваної заготовки.

При механічній обробці деталей на металообробному обладнанні крім точнісних параметрів обробки необхідно забезпечити точність базування оброблюваної деталі. Ця точність забезпечується сполученням координат обробки і координат позиції деталі (установочними базами), тобто положенням деталі щодо головного руху верстата і інструменту. Мінімальна розбіжність цих координат забезпечує найменші похибки при обробці, а також зменшують додатковий час на обробку деталі.

Крім того, щоб отримати фрезеруванням необхідну чистоту поверхні, необхідно задати інструменту та заготовці переміщення, погоджене один з одним. Ці переміщення в верстатах поділяють на основні та допоміжні. До основних відносять головне переміщення, тобто переміщення різання, і переміщення подачі.

Для забезпечення зазначених вимог в процесі механічної обробки заготовки використовуються пристрої, які дозволяють підвищити якість і точність обробки деталей, продуктивність праці, скоротити трудомісткість обробки заготовок за рахунок різкого зменшення часу, що витрачається на установку, вивірку і закріплення заготовки. Додатковими перевагами використання таких пристроїв є розширення технологічних можливостей верстатів, а також ліквідація попередньої розмітки заготовки при її установці на верстаті.

В даному РТК для установки деталі в обробний центр застосовується автоматизований верстатний пристрій, конструкція якого представлена на рис.1.7.

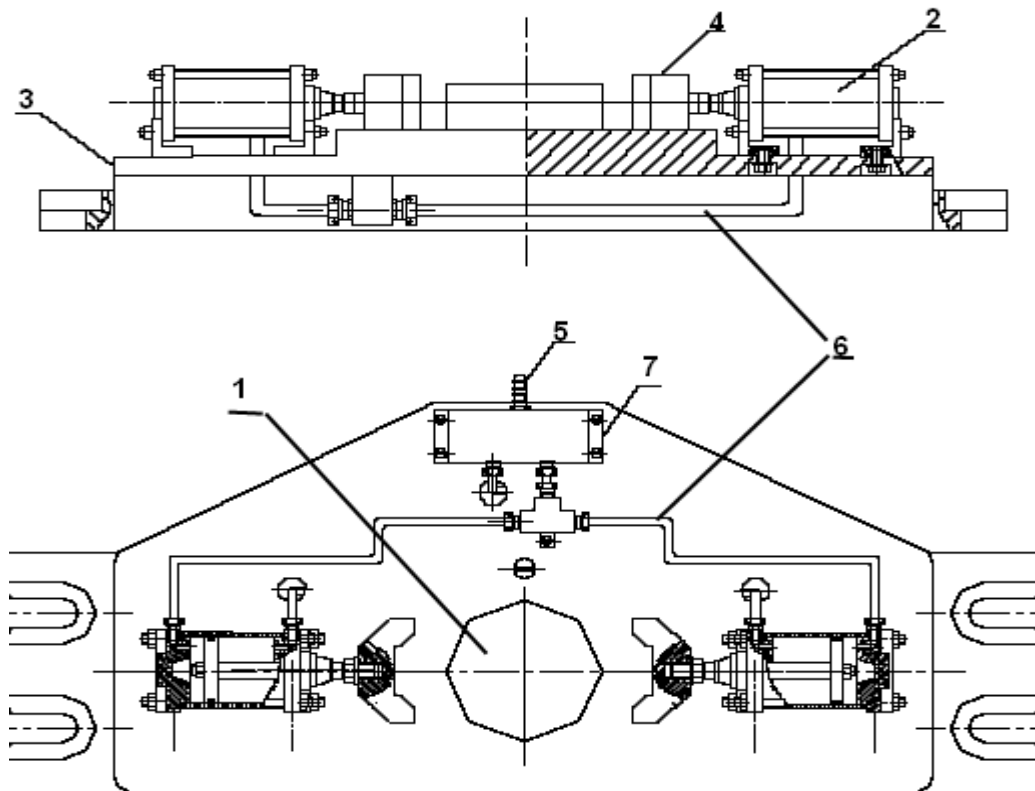


Рисунок 1.7 – Конструкція автоматизованого верстатного пристрою
 1-виріб; 2-пневмоциліндр; 3-базова плита; 4-захват; 5-подача повітря;
 6-пневмоз'єднувачі; 7-розподільник.

Фіксація виробу 1 на базовій плиті 3 здійснюється захватом 4 в результаті переміщення штока в пневмоциліндрі 2. Управління переміщенням проводиться через пневмоз'єднувачі 6 при перемиканні розподільником 7 напрямків подачі повітря 5.

Компонування РТК - будується таким чином, щоб забезпечити взаємозв'язок основного і допоміжного технологічного обладнання, в якому ПР є головним засобом механізації, розташованим на обмеженій ділянці виробничої площі.

Тому компоновка РТК повинна реалізувати умови максимального переміщення руки робота. Максимальна продуктивність ПР досягається при мінімальній по протяжності і простою за формою траєкторією для досягнення заданого руху виконавчого органу (руки). Крім факторів продуктивності в компонуванні враховується необхідність обслуговування РТК оператором, відповідно пульт управління розташовується в місці, зручному для спостереження за процесом. Крім того, за вимогами безпеки, для виключення

перебування людей у небезпечній зоні, в РТК встановлено сітчасту розбірну огорожу. При відкриванні дверей сітчастої огорожі спрацьовує мікроперемикач, блокуючий роботу ділянки РТК.

1.4 Аналітичний огляд відомих систем автоматизації технологічної лінії

Автоматизована технологічна лінія -це автоматично діюча система агрегатів, що розташовані у логічній технологічній послідовності й об'єднані спільними засобами переміщення від одного робочого місця до іншого, засобами управління, діагностики, моніторингу, та ін... За основними ознаками лінії можна поділити на наступні класи представлені на рисунку 1.8.:

- Класи за принципом роботи:
 - синхронні;
 - асинхронні;
- Типи за наявності супутника:
 - супутникові;
 - безсупутникові;
- За типом обробного центра:
 - З однопозиційним верстатом;
 - З багатопозиційним верстатом
- За типом транспортера
 - з наскрізним транспортером;
 - з ненаскрізним транспортером;
 - з верхнім ненаскрізним транспортером
 - з фронтальним ненаскрізним транспортером
 - з жорстким транспортером.

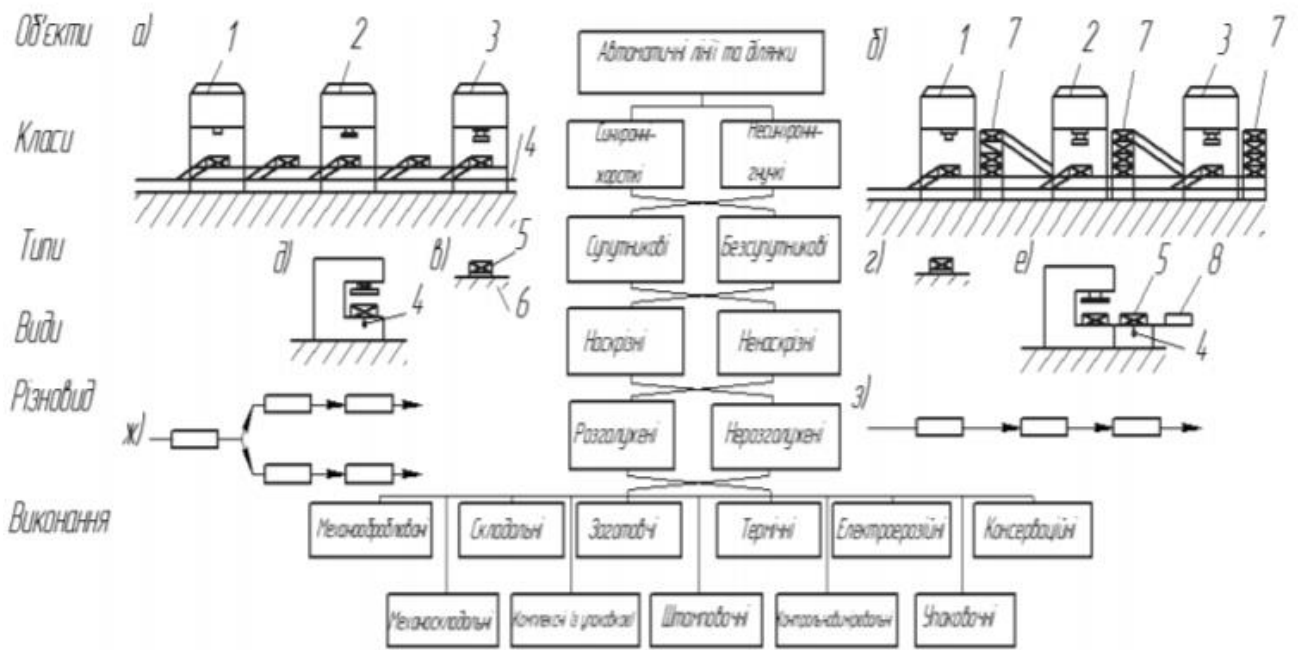


Рисунок 1.8 – Класифікація ліній за основними ознаками

На рис.1.9 зображено варіанти ліній за основним ознаками.

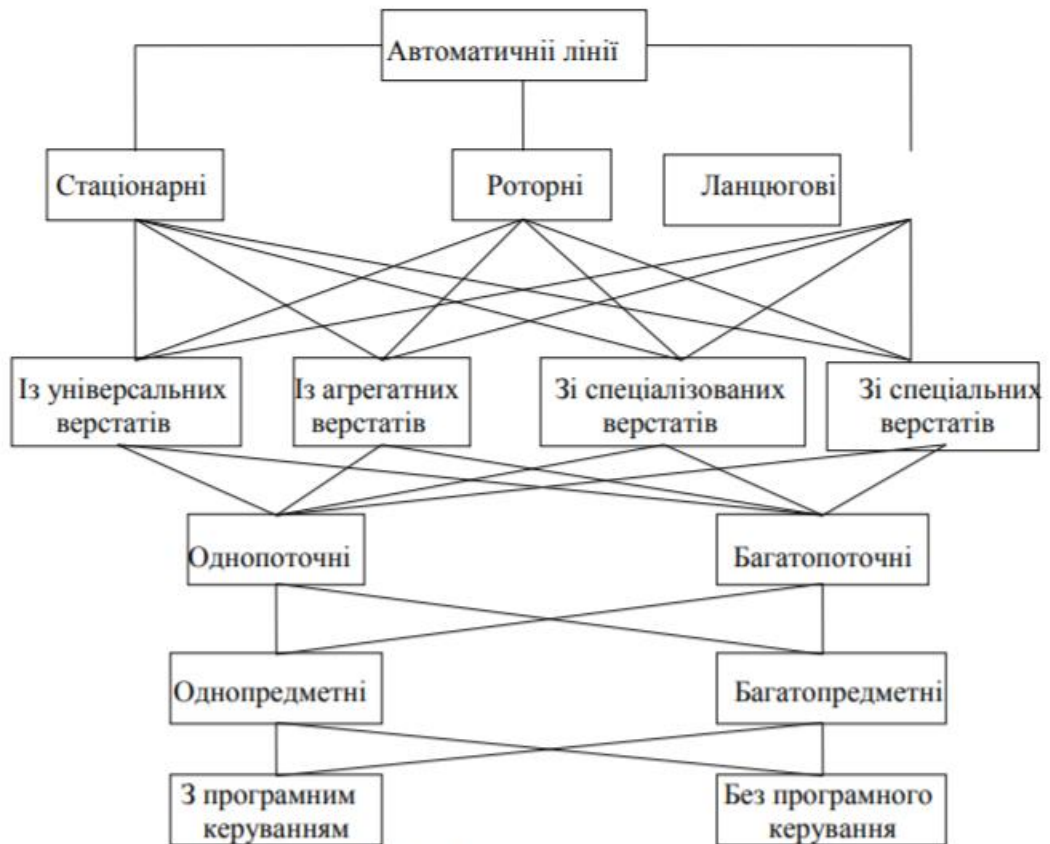


Рисунок 1.9 – Варіанти автоматизованих ліній

За основу взято поділ всіх ліній на три базові типи: стаціонарні, ланцюгові та роторні. Більш глибокий і детальний поділ можна побачити на рис. 1.9. Слід зазначити, що зв'язки і пересікання типів є умовними і можуть варіюватися в залежності від специфіки технологічного процесу.

Попри те, що автоматизовані лінії широко застосовуються в усіх галузях промисловості, на даний час ще не відомі найефективніші типи і конструкції силових вузлів. Цим деякою мірою пояснюється та різноманітність конструктивних рішень, яка має місце в будь-якій області.[7]

У РТК фрезерування корпусних деталей в якості основного технологічного обладнання використовується вертикально - фрезерний верстат **6Р13Ф3**. Цей обробний верстат призначений для багатоопераційної обробки деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів в автоматичному режимі за заздалегідь складеною технологічною програмою. Поряд з фрезерними операціями на верстатах можна проводити точне свердління, розточування, зенкування і розгортання отворів. Область застосування: малосерійне та серійне виробництво.

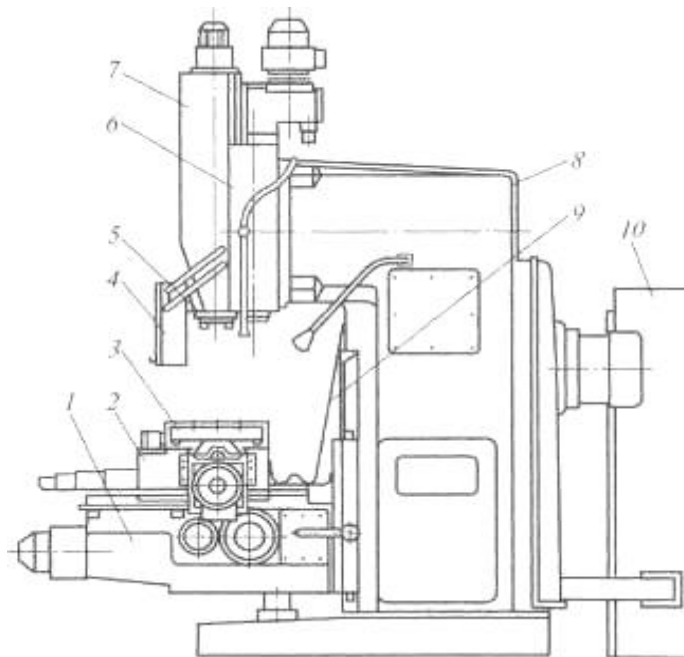


Рисунок 1.10 – Компонування вертикально-фрезерного консольного верстата

- 1-станина;
- 2-салазки;
- 3 стіл;
- 4 захисний щиток;
- 5 шпindelь;
- 6-фрезерна бабка;
- 7- повзун;
- 8-консоль;
- 9-кожух;
- 10-шафа.

На станині монтуються вузли і механізми верстата. Станина спереду має напрямні, закриті кожухом 9, по яких переміщається консоль 8. На горизонтальних направляючих змонтовані салазки 2, по поздовжніх напрямних яких пересувається стіл 3. На привалочной площині станини закріплена фрезерна бабка 6, по вертикальних напрямних якої переміщується повзун 7 зі шпindelем 5. відповідно до вимог безпеки праці повзун має захисний щиток 4. Ззаду верстата розташована шафа з електроприладами 10.

Технічні характеристики верстата наведені в Таблиці 1

Таблиця 1.1 -Технічні характеристики верстата **6P13Ф3**

Робоча зона	
Переміщення по X, мм	1000
Переміщення по Y, мм	400
Переміщення по Z, мм	420
Робочий стіл	
Довжина стола, мм	1600
Ширина стола, мм	400
Навантаження на стіл макс, кг	300

Ефективність функціонування засобів автоматизації, які керують процесом обробки, можна підвищити за рахунок застосування автоматичних завантажувально-розвантажувальних пристроїв, промислових роботів-

маніпуляторів, які дозволяють скоротити час простою між технологічними операціями механічної обробки.

В результаті комплексного використання цих пристроїв в РТК для фрезерування корпусних деталей вирішуються наступні завдання:

- зміна характеру праці робітників - заміна монотонної, важкої фізичної праці на більш легку;
- обслуговування одночасно декількох РТК одним оператором;
- використання системи управління (СУ) дозволяє підвищити надійність РТК;
- скорочення часу простою обладнання і збільшення обсягів випуску продукції.

На рисунку 1.11 наведена структурна схема РТК, яка складається з магазинного завантажувального пристрою (МЗП), що забезпечує синхронізацію технологічних операцій завантаження, обробляючого фрезерного верстата, промислового робота (ПР) і соматичного лотка, призначеного для вивантаження виробів.

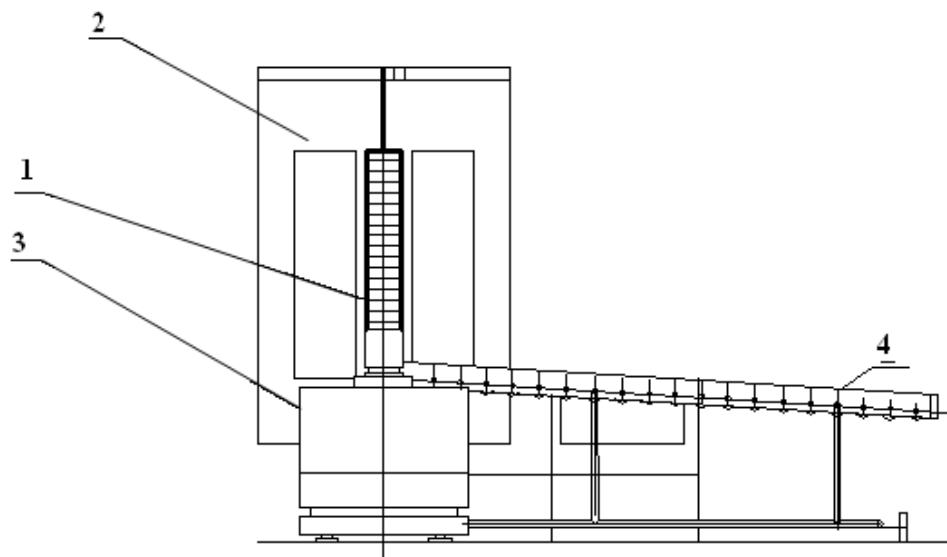


Рисунок 1.11 – Структурна схема РТК

1- магазинний завантажувальний пристрій; 2 - вертикально-фрезерний верстат БР13Ф3; 3 - промисловий робот (ПР) "Циклон 3.02"; 4- самопливний лоток.

МЗП, конструктивні характеристики якого враховують параметри заготовки, забезпечує поштучну видачу виробів на позицію схвата ПР в орієнтованому положенні.

Орієнтоване положення заготовки забезпечується орієнтатором, схема якого наведена на рис.1.12. Орієнтатор складається з відсікачів 1 і 2, які заходять в отвори магазину 3, і шарнірно зв'язані на осі 4 планкою 5. Планка 5 отримує переміщення від рухомої частини пристрою живлення, в якості якого служить електромагніт 6.

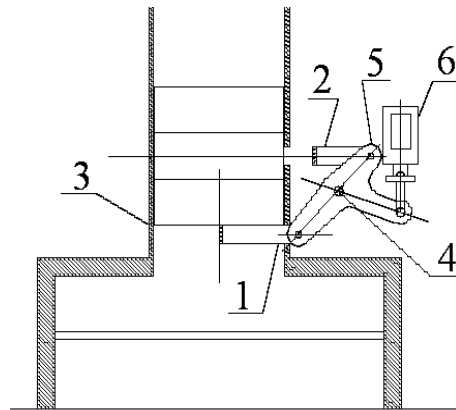


Рисунок 1.12 – Схема орієнтатора механізму поштучної видачі
1, 2 відсікачі; 3-магазин; 4-вісь; 5-планка; 6-електромагніт.

Продуктивність таких відсікачів не перевищує 100-150 заготовок, але із-за тривалого процесу механічної обробки цей фактор не є недоліком. Заготовка подається безпосередньо в розкритий захват ПР, що дозволяє виключити перекіс і зміщення деталі, а також зменшити час циклу.

Поштучна видача забезпечується завдяки механізму поштучного видавання, схема якого зображена на рис. 1.13.

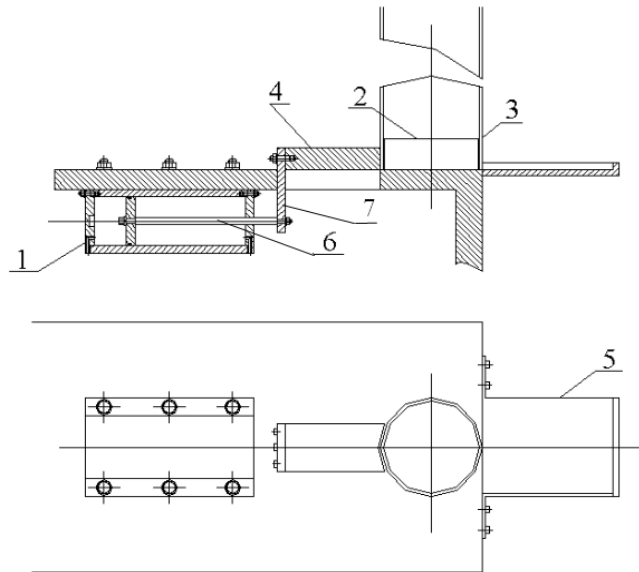


Рисунок 1.13 – Схема механізму поштучної видачі

1-пневмоциліндр; 2-виріб; 3-опори накопичувача; 4-шибер; 5-лоток;
6-шток; 7- планка;

Механізм складається з шибера 4, обмеженого упорами накопичувача 3, планки 7, яка переміщує шибер, і пневмоциліндра 1, що використовується в якості приводу відсікателя. Шиберний механізм встановлюється на стіл, який регулюється по висоті, що дозволяє точно налаштувати його під позицію захоплення. До столу кріпиться лоток 5.

В якості приводу відсікателя використовується пневмоциліндр простої дії. При подачі стисненого повітря в праву порожнину пневмоциліндра 1 шток 6 за допомогою планки 7 переміщує шибер 4 в крайнє ліве положення, створюючи можливість нижньому виробу 2 опуститися.

Під час зворотного ходу штока шибер 4 переміщається до упору, а виріб 2 розташовується в зоні захоплення ПР на лотку 5.

ПР, конструктивні характеристики якого наведені на рис.5, використовується в РТК для міжопераційного транспортування і циклічного завантаження заготовок безпосередньо в обробний центр.

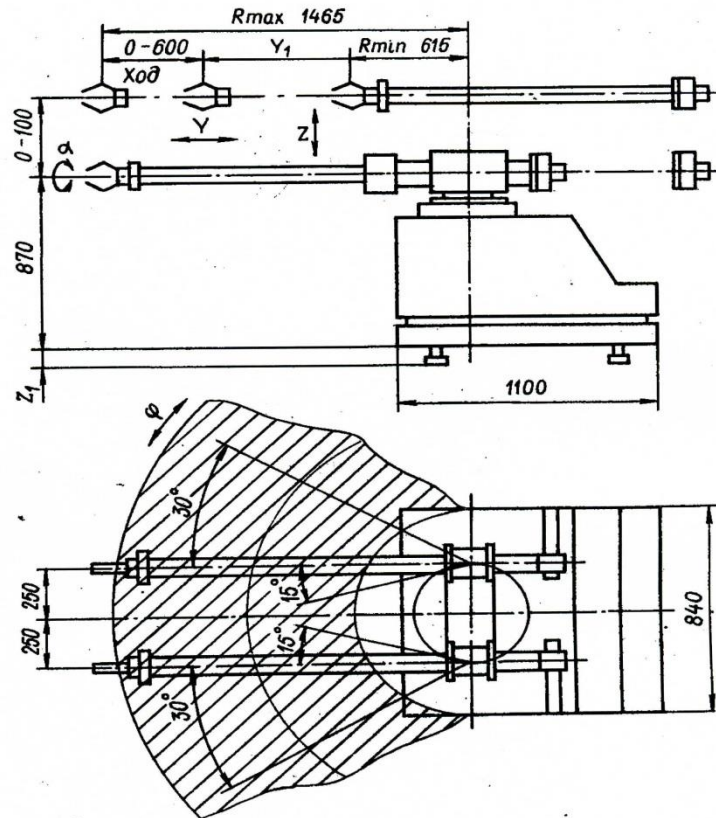


Рисунок 1.14 – Конструктивні характеристики ПР «Циклон 3.02»

Технічні характеристики ПР «Циклон 3.02», який використовується в РТК обробки корпусних деталей.

ПР Циклон 3.02 забезпечує:

- точність позиціонування: ± 0.1 мм;
- необхідну номінальну вантажопідйомність: 2 кг;
- високу швидкодією (див. розділ 4.2.3);

Заключною операцією РТК є видалення готової деталі із зони обробки. Для її виконання використовується самопливний лоток - скат, за допомогою якого готові деталі видаляються з робочої зони.

Зручність використання такого ската пояснюється відсутністю додаткових приводів. Переміщення здійснюється за рахунок сили тяжіння (Рисунок 1.15), при цьому швидкість переміщення готової деталі залежить від сили тертя об ролики і кута нахилу рольганга. Довжина рольганга обрана з

розрахунком забезпечення розміщення 15 заготовок $d = 150\text{мм}$ в МЗП і становить 2500мм.

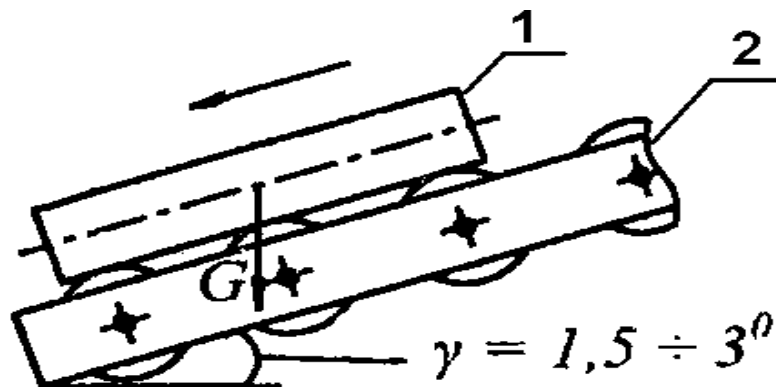


Рисунок 1.15 – Самоплинний лоток - скат
1 - деталь, 2 – рольганг.

1.5 Вибір об'єкту і предмету дослідження

Аналіз технологічного процесу механічної обробки дозволяє сформуванати структуру системи управління функціонуванням РТК, схема якої приведена на рис.9.

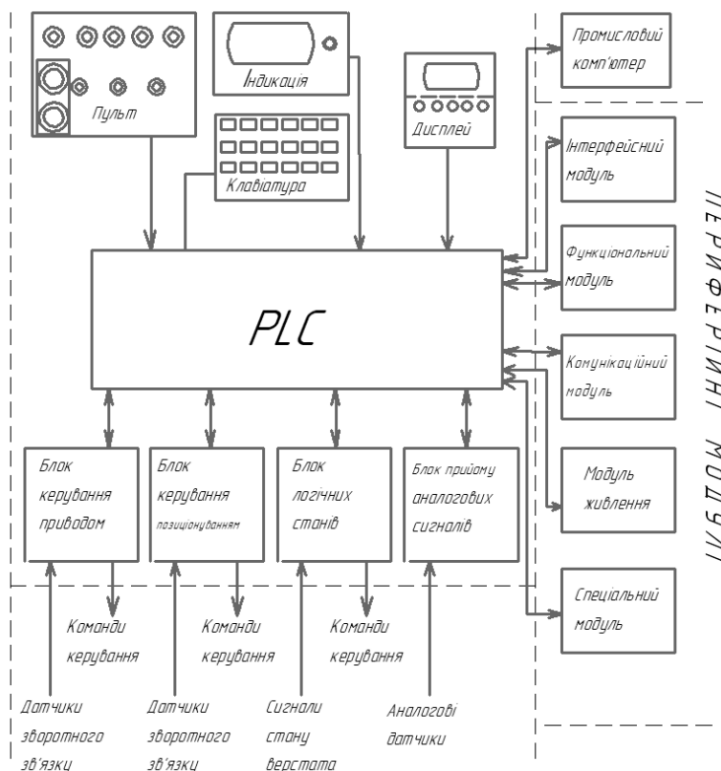


Рисунок 9 – Структурна схема системи управління РТК

Як видно зі схеми, система управління (СУ) складається з трьох підсистем:

- підсистема моніторингу і діагностики;
- підсистема управління позиціонуванням заготовок і деталей;
- підсистема управління обробкою.

Така побудова системи характеризується дворівневою взаємодією - верхнім і нижнім.

На верхньому рівні вирішуються завдання забезпечення взаємодії і синхронізації підсистем, а також діагностики і забезпечення режимів роботи:

- автоматичне керування;
- ручне керування;
- послідовне виконання програми;

Крім того СУ забезпечує сервісні функції - перегляд і редагування програм роботи, а також налагодження і налаштування.

Ці функції реалізуються за допомогою органів управління (клавіатура, миша) і засобів відображення інформації (монітор).

При необхідності на відеотермінал оператора може бути подано зображення процесу обробки заготовки. На пульті управління і налагодження встановлена кнопка «Аварійна зупинка» з кнопкою червоного кольору, яка забезпечує відключення електрообладнання РТК незалежно від режиму роботи.

Крім керуючих функцій (формування інтервалів часу відповідно до технологічного регламенту) на верхній рівень покладаються функції діагностики, які реалізуються на підставі сигналів, що надходять від давачів стану обладнання.

До діагностичних завдань розглянутого РТК відносяться:

- контроль зусилля стиснення схвата робота;
- зусилля фіксації виробу в пристосуванні;
- точність позиціонування заготовки в пристрої базування деталі.

Безпека роботи при падінні тиску в пневмоприводі контролюється за допомогою реле тиску, а датчиком блокування огорожі контролюється доступ сторонніх до технологічного устаткування.

Стабільність роботи допоміжного обладнання контролюється за допомогою датчиків рівня мастильних систем.

Головним завданням Підсистеми керування позиціонуванням заготовок і деталей є забезпечення заданого ритму роботи РТК. Цей ритм забезпечується шляхом відстеження позицій і орієнтації виробів в МЗП та переміщенням руки (схвата) робота- маніпулятора.

Керування переміщеннями здійснюється в заданій системі координат, при цьому контролюється точність позиціонування. Крім точності позиціонування в підсистемі відслідковуються тимчасові інтервали позиціонування, які визначаються в процесі налагодження підсистеми.

Необхідність налагодження підсистеми пов'язана з різним типом приводів виконавчих механізмів (ВМ) -електромагнітний і пневматичний, що мають різні часи відгуку. Тому в процесі відстеження тимчасових інтервалів вирішується завдання синхронізації взаємодії операцій.

Підсистема управління обробкою (ПУО) в обробному центрі в першу чергу вирішує завдання контролю розмірів виробу. За результатами вимірювань здійснюється управління процесом обробки, яке відбувається за рахунок впливу на ведучі частини механізмів розмірної подачі. Керованими параметрами є швидкість подачі; підводу, відводу і фіксація обробного інструменту. Складність керування процесом обробки полягає в необхідності одночасного управління ВМ відразу в трьох вимірах, при цьому кожна координату відпрацьовує відповідний привод.

Крім керування просторовими і тимчасової змінними, яке здійснюється за заданою програмою, в підсистемі управління обробкою проводиться позиційне керування зміною обробного інструменту в інструментальному магазині карусельного типу.

Отже зважаючи на вищевикладений матеріал **об'єктом** дослідження є паралельно-послідовна лінія виготовлення корпусних деталей. **Предметом дослідження** є забезпечення безперервності обробки всієї партії деталей, за найбільш оптимальною моделлю лінії.

Формула технологічного циклу приймає наступний вид:

$$T_m(\text{пар} - \text{посл}) = n \cdot \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{c_i} - (n - p) \cdot \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_i}{c_i}\right)_{\text{мінкор}}$$

Обрані об'єкт та предмет дослідження служать підґрунтям для формування завдань, цілей та методів дослідження.

2 ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

2.1 Задачі дослідження

Отже, на підставі аналізу вищевикладеної інформації поставимо наступні задачі дослідження:

1.6.1 Задача 1

Оптимізувати параметри, які забезпечать дискретно-безперервне функціонування технологічної лінії виготовлення корпусних деталей шляхом покращення параметрів, що впливають на час робочого циклу.

1.6.2 Задача 2

Проаналізувати динамічні характеристики дискретної системи управління лінією виготовлення корпусних деталей на основі імітаційного математичного моделювання.

1.6.3 Задача 3

Розробити метод оптимізації завантаженості робочих місць на основі аналізу запропонованої системи автоматизації методом імітаційного моделювання в середовищі Matlab (Simulink).

1.6.4 Задача 4

Оптимізувати параметри регулятора для верстата, з метою прискорення швидкості обробки, без суттєвого зниження інших важливих показників якості.

1.6.5 Задача 5

Розробити програмне забезпечення та візуальний інтерфейс для забезпечення роботи в реальному часі системи відображення інформації про об'єкт моніторингу або управління.

2.2 Потоковість, як метод організації дискретно-безперервного виробництва

Модернізація і швидкий ріст продуктивності всіх сфер масового виробництва призвело до створення потокового виробництва - в наш час найпрогресивнішої та ефективної форми ведення індустріально-виробничих процесів. Даний спосіб виготовлення продукції базується на синхронному повторюванні узгоджених у часовому полі базових та допоміжних операцій. Процедура виготовлення нового предмета, обробки існуючої заготовки чи комбінації декількох виробів поділяється на однакові по тривалості операції, що відбуваються на підготовлених місцях (робочих позиціях). робочі місця розміщуються в такій послідовності технологічного процесу, щоб при переході об'єктів технології з позиції на позицію. рух був як найкоротший і логічно обґрунтований. Переміщення відбувається за допомогою спеціалізованого додаткового (спомогавчого) обладнання.

Задля досягнення потокового виробництва треба виконати наступні норми (правила):

- Правило прямоточності:
обладнання та робочі місця розміщуються в тій же ж послідовності, що і відповідні операції ТП.

За допомогою прямоточності забезпечується найоптимальніший по траєкторії маршрут переміщення продукту виробництва.

- Правило спеціалізації:
Базується на створенні нових елементів потокових ліній, що потрібні для опрацювання єдиного закріпленого за даною лінією виробу або кількох технологічно схожих продуктів виробництва.
- Правило безперервності:
Вимагає відсутності міжопераційного простою, тобто рух виробів по ділянкам лінії без часових затримок між окремими операціями при постійній стабільній роботі обслуговуючого обладнання.

Отже, лінії, що виконують дані правила можуть називатися безперервними або потоковими. Безперервність є прямим наслідком принципу пропорційності, зокрема показує, що всі частини технологічного процесу, операції, пов'язані між собою, повинні відповідати один одному по продуктивності, пропускну здатності або швидкості.

- Правило паралельності:
Передбачає паралельне переміщення товару, при якому він передається по операціях поштучно або невеликими групами.
- Правило ритмічності:
характеризується випуском продукції на лінії із рівнотактним повторенням усіх операцій на будь-якій позиції.

На основі даних правил можна виділити наступні ознаки поточкового виробництва:

1. Сепарація процесу створення або обробки виробів на послідовність спрощених і менш затратних по часу та ресурсах операцій і закріплення їх за відокремленими аналогічними робочими зонами або спільною групою робочих зон;
2. Циклічне повторення один і тих же технологічних операція на кожному робочому місці;
3. Забезпечення найбільш можливого продуктивного виконання операцій шляхом оснащення робочих місць потокової лінії спеціальним інструментом, приладами, устаткуванням, приборами;
4. Акцент на організацію транспортування, що розподіляє все виробництво в часі і просторі;
5. Значний рівень автоматизації та механізації виробничих;
6. Рівномірність випуску продукції за рахунок сталого такту потокової лінії;
7. Паралельне здійснення усіх операцій технологічного процесу.

Особливістю функціонування систем ситуаційного управління (ССУ) як окремого типу проблемно-орієнтованих інформаційних систем є необхідність забезпечення в них функціонування в режимі реального часу і підтримка процедур і процесів колегіального обговорення і прийняття рішень. Тобто виникає необхідність моделювання розподіленого гетерогенного керованого подіями (реактивного) інформаційного середовища, що функціонує в реальному часі. Будемо вважати, що керована подіями (реактивна) система – це динамічна система, яка сприймає зовнішні дискретні впливи і відповідає своїми реакціями на ці впливи. Таким чином, для імітаційного моделювання ССУ необхідно визначити такі характеристики компонентів кожного з рівнів:

- стани;
- переходи (безумовні);
- події (визначаються середовищем функціонування);
- вузлові точки (умовні переходи, точки прийняття рішень); – умови переходів;
- переходи за умовчанням;
- дії (підтримується мовою дій);
- паралелізм;
- ієрархія (відношення предок-нащадок) для станів і переходів;
- хронологія спрацювання.

Отже, імітаційне математичне моделювання систем управління слугує могутнім засобом сучасних досліджень комплексних систем широкого спектру призначення. Так як в сучасному світі важко уявити розробку програмного забезпечення без використання та створення бібліотек та шаблонів імітаційного моделювання, що є універсальними, всеохоплюючими та в той же час легко інтегруються в систему. Основна частина подібних розробок спрямована на моделювання процесів динамічних об'єктів.

2.2 Мережі Петрі, як метод моделювання динамічних дискретних процесів в системі обробки корпусних деталей.

Мережі (сітки) Петрі являють собою потужний апарат для опису та математичного моделювання динамічних цифрових (дискретних) систем.

Сітки Петрі використовуються для моделювання різних систем, які існують як взаємопов'язана сукупність паралельно-послідовних процесів. Аналіз мереж Петрі дає змогу оцінити систему та показує інформацію про структуру та динаміку моделі представленої системи.

Зв'язок, що має причинно-наслідковий характер подій в динамічних системах реалізується сукупністю відношень типу "умова-подія". У сітках Петрі умови представлені у вигляді позицій, а події являють собою переходи.

Послідовності подій відображуються спрацюваннями переходів. [5] Спрацювання будь-якої умови тісно залежить від появи однієї або декількох міток у позиції, що відповідає цій умові.

При побудові сітки Петрі буде досягнуто наступні цілі:

- виокремлено події, які відбуваються в нашій динамічній системі;
- проаналізовано та обгрунтовано причини виникнення всіх подій;
- промодельовано зміни стану системи, при функціонуванні будь-якої з описаних в системі подій;
- представлено маршрутну карту між подіями та умовами переходу;

В найпростішому приближенні нашу систему можна описати наступною мережею Петрі:

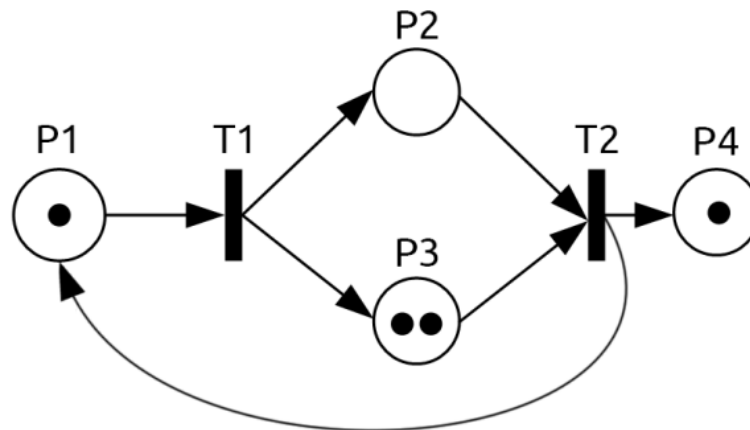


Рисунок 2.1 – Модель РТК, представлена мережею Петрі
В даній моделі:

P1 – позиція заготовки в МЗП

P2 – позиція заготовки під час обробки станком №1

P3 - позиція заготовки під час обробки станком №2

P4 – позиція заготовки на вихідному лотку-скаті

T1 – перехід від МЗП до обробного місця (переміщення рукою робота)

T2 – перехід від обробного місця до вихідного лотка (переміщення рукою робота)

Чорними колами позначено мітки – положення заготовок під час робочого циклу робото-технічного комплексу.

Так, процеси управління, сутність яких полягає у тісній взаємодії підсистеми управління та підсистеми об'єкта управління, в загальному випадку не можуть бути описані як процеси обслуговування об'єктів. Мережі Петрі являються універсальним засобом формального опису процесів, що відбуваються у дискретно-подійних системах.

3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕНЬ

Безвідмовне функціонування безперервно-поточної лінії базується на синхронізації тривалості операцій з тактом комплексу, при цьому тривалість операцій повинна бути кратна такту і не перевищувати 40% часу від всього такту. Тому даний процес узгодження тривалості усіх операцій з базовим тактом поточної лінії називається синхронізацією. Умова синхронізації може бути виражена формулою представленою в наступному вигляді:

$$r = \sum t_i / C_i, \text{ де} \quad (3.1)$$

r – такт лінії;

t_i – норма часу i -ої операції;

C_i – число виробничих місць i -ої операції;

В даному випадку:

$$r = 1.2 + 3.15 + 8.4 + 2.25 = 15(\text{хв})$$

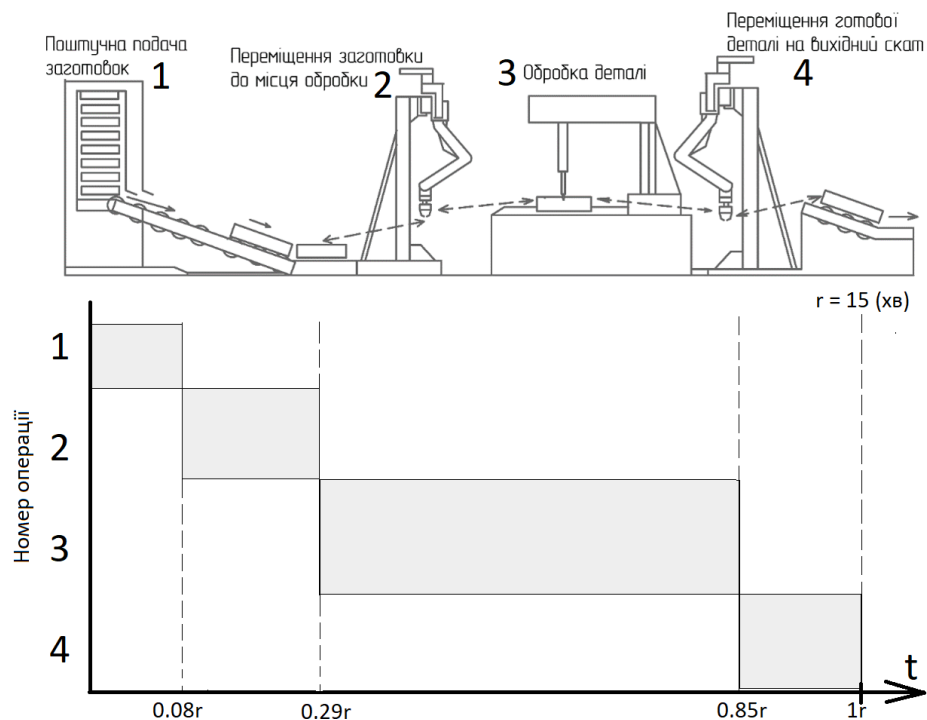


Рисунок 3.1 – Часова діаграма технологічної схеми комплексу

Синхронізація здійснюється шляхом зміни складу операцій і організаційних умов їх виконання. Розрізняють два етапи синхронізації

процесу: попередню синхронізацію, виконувану в період проектування ліній і остаточну, здійснювану під час налагодження лінії в цехових умовах.

Зважаючи на те, що в середньому $C_3 \geq 0.5r$, було вирішено продублювати дану операцію, а саме операцію обробки деталей на верстаті. Тобто в імітаційній моделі буде 2 механо-обробних центра (верстата).

Для подальшого аналізу та оптимізації процесів, що відбуваються в системі і більш чіткого математичного моделювання, ми умовно розділили роботу на 2 пункти: глобальний – покращення роботи всього робото-технічного комплексу і локальний – удосконалення системи управління обробним верстатом.

3.1 Глобальна модернізація РТК.

Математично обрисуючи сітка Петрі, їх можна представити у вигляді наступних п'яти виразів:

$$N = (P, T, F, H, \mu_0) \text{ де} \quad (3.2)$$

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множина кінцевих станів;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ – множина подій системи, де:

$$P \cap T = \emptyset$$

$F : P \times T \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ – метод, який, виявивши всі умови виконання переходів, присвоює кожній події вхідну множину місць $\bullet t_j = \{p_i \mid F(p_i, t_j) \neq 0\}$

$H : P \times T \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ – функція, що, визначивши післяумови, призначає кожному переходу вихідну множину позицій $\bullet t_j = \{p_i \mid H(p_i, t_j) \neq 0\}$;

$\mu_0 : P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ – стартові маркування, які означають загальну кількість маркерів у позиції p_i відповідної сітки.

Отже на основі поставленої задачі було розроблену наступну сітку Петрі:

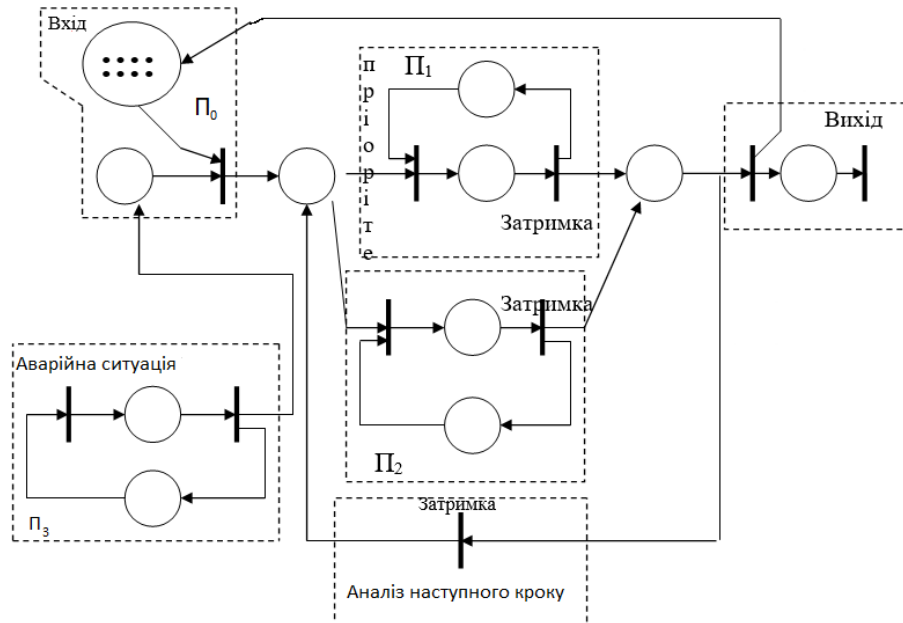


Рисунок 3.2 – Мережа Петрі технологічного комплексу

В даній мережі Петрі:

P_0 - Початковий стан системи (заготовка знаходиться в МЗП)

Після спрацювання події $T_{1-2/3}$ - заготовка захоплюється рукою робота і переміщається до одного з верстатів P_1 або P_2 . В залежності від зайнятості верстатів спрацьовує подія T_2 або T_3 з пріоритетом в перехід до стану P_1 , що відповідає процесу механічної обробки деталі. Після вдалої обробки деталі спрацьовують події T_4 та T_5 відповідно, що сигналізують про кінець обробки, та дають команду роботу на захоплення і перенос заготовки, що відповідає стану P_4 . Після цього спрацьовує подія T_6 , що переміщає заготовку на вихідний лоток-скат.

В системі присутня P_3 - обробка аварійних станів, та перехід T_7 , що визначає алгоритм наступних дій з початку функціонування системи.

Тому, зважаючи на те, що однією з передових наукових проблем цього дослідження є вивчення закономірностей динаміки проходження технологічних процесів і ідентифікація тих значущих параметрів, оптимізація

яких буде найефективнішим інструментом для інтенсифікації виробництва та оптимізації робочого циклу за часом без втрати інших показників якості.

Отже, у практичній частині досліджень технологічних процесів, що відбуваються в представленому робото-технічному комплексі треба повністю перейти від приблизної оцінки процесів, що мають місце в даному РТК, до конкретних математичних розрахунків та сучасних методів моделювання та оптимізації. Саме це і буде описано в наступному розділі (розділ 4).

3.2 Локальна модернізація РТК - розробка системи управління обробним верстатом.

Для покращення характеристик системи в цілому було виявлено її "слабке місце" - це етап обробки заготовок, тому було прийнято рішення покращити швидкодію даної операції шляхом розробки та інтеграції регулятора для станка.

Отже для цього проведемо наступні розрахунки:

Нехай відомо

$$P_H = 4400 \text{ Вт}$$

$$n_H = 3000 (\text{об} / \text{хв})$$

Встановлено раніше, що головним фактором вибору двигуна буде швидкість обробки заготовки, але, в свою чергу, також буде забезпечувати необхідну якість обробки заготовки і точність виготовлення деталі. По можливості варто зменшити час, що витрачається на операції переміщення заготовки та її обробки. Також важливим показником для системи є її діапазон регулювання, тому потрібно враховувати і цей фактор.

3.2.1 Оцінка механічної частини приводу обробного верстата

Знаходження номінальної швидкості через відомі дані:

$$\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} \quad (3.3)$$

$$\omega_H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000}{60} = 315c^{-1}$$

Розрахунок зниженої швидкості для пошуку похибки швидкості:

$$\omega_{\min} = \frac{\omega_H}{D} \quad (3.4)$$

$$\omega_H = \frac{314}{50} = 6,28c^{-1}$$

Знаючи швидкісну похибку для встановлених даних, подається навантаження. Скористуємося результатами розрахунків з першої формули для знаходження похибки, яка відповідає навантаженню номіналу:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_{\min}}{100} \cdot 5 \quad (3.5)$$

$$\Delta\omega = \frac{6,28}{100} \cdot 5 = 0,314c^{-1}$$

3.2.2 Аналіз системи електроприводу обробного верстата

Було вирішено зупинитися на системі, що складається з двигуна і тиристорного перетворювача. Дана система хороша наявністю великого діапазону регулювання, а також має високу точність регулювання і може працювати з приводами різноманітної потужності. Вона має високий ККД і дозволяє одержати плавне протікання перехідних процесів. Тому для даного механізму було вирішено зупинити свій виборна такій системі, через те, що вона підходить за ключовими заданим вимогам. Володіючи даними про момент, потужність і частоту обертання, можна проаналізувати всі дані та

обрати потрібний двигун. Під необхідні значення параметрів підходить двигун 2НП137ГУХЛ2 [7].

Його дані:

$$P_H = 5,3 \text{ кВт}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$\eta = 80\%$$

$$n_H = 3000 \frac{\text{Об}}{\text{Хв}}$$

$$n_{\max} = 4000 \frac{\text{Об}}{\text{Хв}}$$

$$R_{\text{я}} = 0,241 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{он}} = 0,195 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{в}} = 25,3 \text{ Ом}$$

$$L_z = 3,5 \text{ мГн}$$

$$J_{\text{я}} = 0,018 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$K_{\text{ТГ}} = 0,033 \frac{\text{В}}{\text{Об} / \text{хв}}$$

$$R_{\text{н min}} = 2 \text{ кОм}$$

Клас ізоляції – В

Допустиме перевантаження - $2 \cdot I_{\text{норм}}$ протягом 60с.

Режим роботи – S1

Тахогенератор типу ТС

Двигун може досягати потрібного моменту :

$$M_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} \tag{3.6}$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{5300}{314} = 16,88 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{\text{н}} = 14 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Отримаємо швидкість двигуна для номіналу:

$$\omega_{\text{ндв}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{ндв}}}{60} \quad (3.7)$$

$$\omega_{\text{ндв}} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 3000}{60} = 314 \text{ c}^{-1}$$

$$\omega_{\text{max}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{max}}}{60}$$

$$\omega_{\text{max}} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 4000}{60} = 418.67 \text{ c}^{-1}$$

Отримаємо струм для номіналу двигуна:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (3.9)$$

$$I_{\text{ном}} = \frac{5300}{0.8 \cdot 220} = 30.11 \text{ A}$$

Розрахуємо опір обмоток для робочої температури:

$$R_t = R \cdot (1 + \alpha \cdot \tau) \quad (3.10)$$

де τ - різниця між температурою роботи двигуна і навколишнім середовищем (115 - 15 = 100C),

$\alpha = 0.0039$ - температурний коефіцієнт для міді.

R - опір для температури навколишнього середовища ($t = 15\text{C}$)

R_t - опір для робочої температури,

$$R_{\text{я}} = 0.242 \cdot 1 + 0.0039 \cdot 100 = 0.336 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{дн}} = 0.195 \cdot 1 + 0.0039 \cdot 100 = 0.271 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{г}} = 25.3 \cdot 1 + 0.0039 \cdot 100 = 35.167 \text{ Ом}$$

Розрахунок потоку збудження для двигуна:

$$k\Phi_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}} - I_{\text{н}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{дн}})}{\omega_{\text{н}}} \quad (3.11)$$

$$k\Phi_{\text{н}} = \frac{220 - 30.11 \cdot (0.336 + 0.271)}{314} = 0.642$$

Розрахунок електромагнітного моменту двигуна на номіналі:

$$M_n = k\Phi_n \cdot I_n \quad (3.12)$$

$$M_n = 0.642 \cdot 30.11 = 19.3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.2.3 Аналіз та оцінка основних даних приводу обробного верстата

З метою управління мотором постійного струму в практиці застосовуються комплектні тиристорні електроприводи різних модифікацій. Підібрано комплексний привід ЕПУ1-2-40-ПУЛ4. Це електрореверсивний однозонний швидкопрацюючий привід постійного струму.

$$U_{нит} = 380 \text{ В}$$

$$I_n = 100 \text{ А}$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

$$U_{ном} = 230 \text{ В}$$

Потрібно провести розрахунок частини параметрів електроприводу. Розрахунок моменту інерції системи:

$$J_\Sigma = J_{дв} + J_{мех} \quad (3.13)$$

$$J_\Sigma = 0.018 + 0.0037 = 0.0217 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Розрахунок статичного моменту:

$$M_{c \max} = 1.1 \cdot M_n \quad (3.14)$$

$$M_{c \max} = 1.1 \cdot 19.33 = 21.263 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{c \min} = 0.5 \cdot M_n \quad (3.15)$$

$$M_{c \min} = 0.5 \cdot 19.33 = 9.665 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок сумарної індуктивності ланцюга якоря:

$$L_{я\Sigma} = L_{яд} + 2L_p$$

$$L_{я\Sigma} = 0.0035 + 2 \cdot 0.000505 = 4.51 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

є

Розрахунок реактивного опору для реактора:

$$X_p = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_p \quad (3.15)$$

$$X_p = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 0.000505 = 0.158 \text{ Ом}$$

У підсумку вийшло, що сумарний опір ланцюга якоря становитиме:

$$R_{я\Sigma} = R_{ят} + R_{\partial nt} + 2R_p + \frac{p \cdot X_p}{2\pi} \quad (3.16)$$

$$R_{я\Sigma} = 0.336 + 0.271 + 2 \cdot 0.037 + \frac{6 \cdot 0.158}{6.28} = 0.83 \text{ Ом}$$

Також підраховано електромагнітну постійну часу:

$$T_я = \frac{L_{я\Sigma}}{R_{я\Sigma}} \quad (3.17)$$

$$T_я = \frac{4.51 \cdot 10^{-3}}{0.83} = 5.43 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

І наостанок постійну часу електромеханічну:

$$T_m = \frac{J_\Sigma \cdot R_{я\Sigma}}{k\Phi_n^2} \quad (3.18)$$

$$T_m = \frac{0.0217 \cdot 0.83}{0.642^2} = 0.044 \text{ с}$$

Отже. було проаналізовано основні показники механічної частини обробного центру робото-технічного комплексу на основі яких буде розраховано тип та значення коефіцієнтів регулятора для системи керування обробним верстатом в наступному розділі.

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Імітаційна модель РТК на основі мережі Петрі

Ефективним засобом аналітичного дослідження та імітаційного моделювання мереж Петрі структурованих реактивних дискретних систем є програмне середовище комп'ютерної математики MATLAB-Simulink

Реалізація:

У процесі створення схеми були використані наступні блоки бібліотеки Sim Events:

- Time based Entity Generator - блок формування розподілених в часі сигналів, що імітують послідовність надходять на вхід системи запитів на обробку.
- Event-Based random Number - блок формування тимчасових інтервалів, викорис-вуються в якості часів обробки;
- Path Combiner - блок для об'єднання вхідних сигналів
- Input Switch - керований ключ
- Output Switch - керований ключ
- FIFO Queue - блок, який реалізує чергу обробки деталей
- Single Server – блок обробки
- Entity Sink - приймач оброблених деталей

Схема імітаційної моделі робото-технічного комплексу обробки корпусних деталей наведена в додатку Д

Дана система моделює роботу всього робото-технічного комплексу, керуючи всіма процесами та оптимізує час виконання операцій.

Головними критеріями функціонування системи на основі даної моделі є коефіцієнти задіяності кожного з верстатів, оптимізація яких дозволяє зменшити час простою кожного з верстатів і одночасно з цим максимізувати швидкість обробних операцій, зважаючи на різні програми обробок.

Система складається з наступних елементів:

- Time-Based Entity Generator - генератор заявок через випадкові проміжки часу від 2 до 8 (визначаються блоком Event-Based Random Number2)

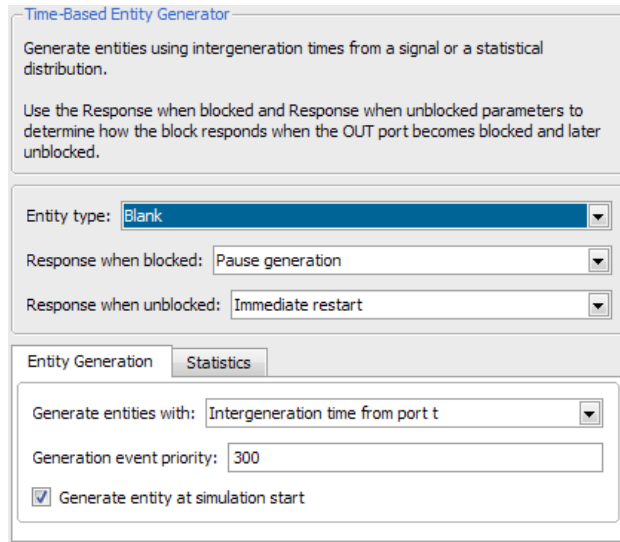


Рисунок 4.1 – Блок генератора заявок

- FIFO Queue - черга, яка визначає максимальну кількість заготовок в МЗП. Якщо більше заданого ліміту, то наступні заготовки не подаються.

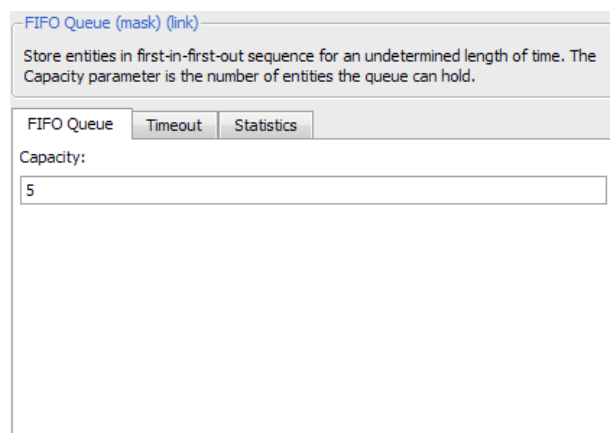


Рисунок 4.2 – Блок імітації черги

- Input Switch - керований ключ, що пропускає заготовки на виконання тільки в тому випадку, якщо немає в даний момент не проходить обробка на двох верстатах. Керується схемою з блоку OR і математичної суми, для перемикання входів, якщо «1 + 1» - , то заявки не надходять. Якщо «0 + 1» або «1 + 0» - заготовка надходить на обробку.

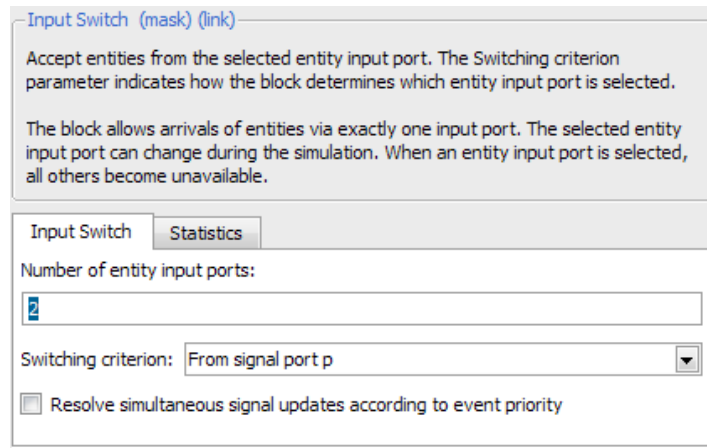


Рисунок 4.3 – Блок керованого ключа пропуску заготовок

- Output Switch - керований ключ, визначає, до якого з верстатів заготовка потрапить на обробку. Ключ управляється схемою на основі блоку Uniform Random Number і блоку Switch, який підключає перший вихід Output Switch, якщо вхідна величина більше 0,7.

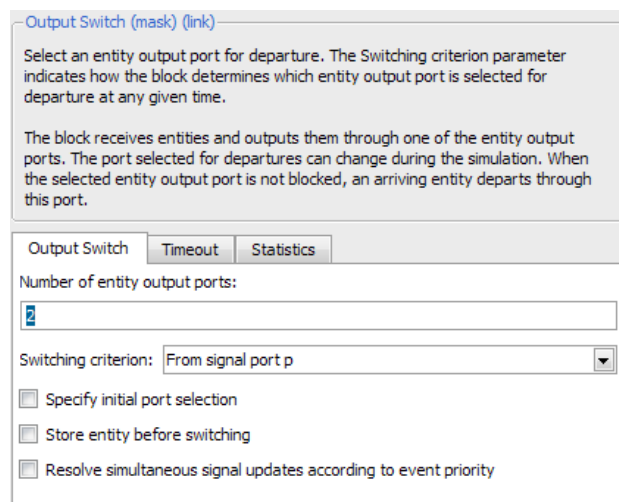


Рисунок 4.4 – Блок вибору верстата для обробки

- Path Combiner, Path Combiner 1 - об'єднують потоки заготовок до верстатів.

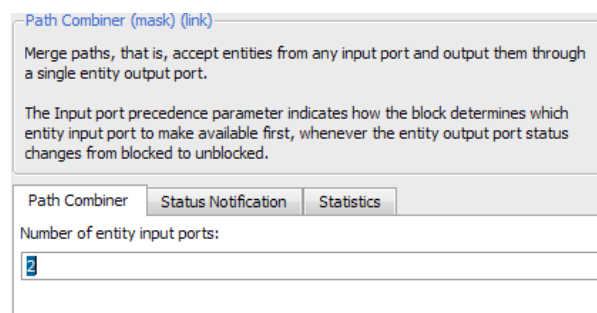


Рисунок 4.5 – Блок об'єднання потоків вхідних заявок

- Seans svyazi 1, Seans svyazi 2 - імітація сеансів зв'язку з вестатами протягом фіксованого часу.

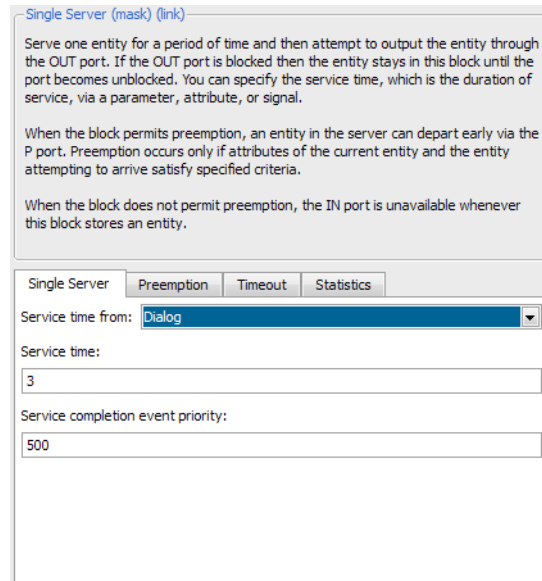


Рисунок 4.6 – Блок імітації сеансу зв'язку

- Output Switch1, Output Switch2 - керовані ключі, розподіляють заготовки між верстатами в залежності від їх зайнятості. Так, якщо заготовка призначалася вестату №1, а цей вестат «зайнятий», то заготовка направляється верстату №2. Для управління ключами зчитується параметр статистики #n блоків Обробка1 і Обробка2 і до нього додається одиниця (для адекватного управління виходами ключів).

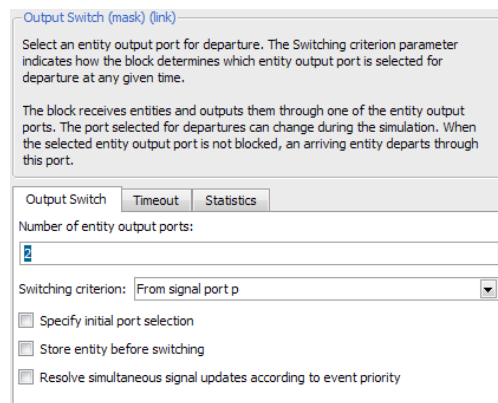


Рисунок 4.7 – Блок розподілу заготовок між верстатами

- Обробка1, Обробка2 - імітують процес обробки деталей першим і другим верстатом відповідно протягом випадкового проміжку часу від 50 до 70, що визначається блоками Event-Based Random Number і Event-Based Random Number1 (залежить від програми обробки).

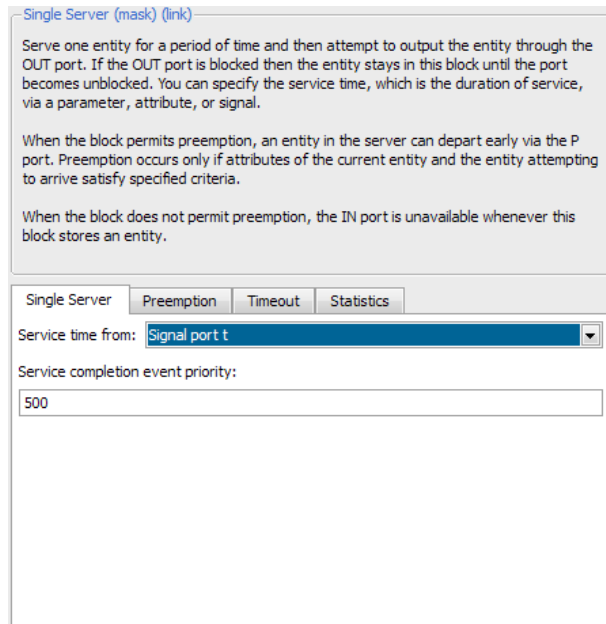


Рисунок 4.8 – Блок імітації процесу обробки

Підсистема Work:

Структура підсистеми обчислення коефіцієнтів завантаження:

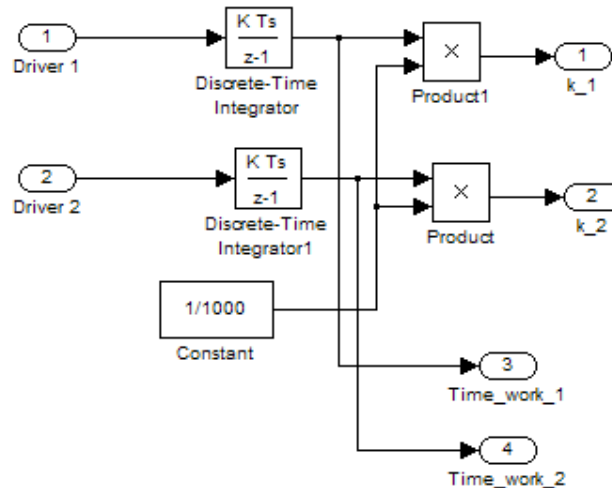


Рисунок 4.9 – Підсистема обчислення коефіцієнтів завантаженості

Підсистема здійснює обчислення коефіцієнтів завантаження k_1 і k_2 . На входу 1 і 2 підсистеми подаються відповідно значення параметрів статистики $\#n$ блоків Обробка1, Обробка2 (поточний стан блоку, 1 або 0). На виходах 1 і 2 отримуємо час роботи першого і другого верстата, а на виходах 3 і 4 отримуємо значення коефіцієнтів k_1 і k_2 .

При запуску імітаційної моделі системи було досягнуто наступних результатів:

При однакових програмах обробки для 2 верстатів в усіх випадках $k_{1сер} = 0.505$ $k_{2сер} = 0.495$, $\Delta k_{сер} = 0.05$ що дає майже ідеальні умови та показники функціонування для реального об'єкта.

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти завантаженості верстатів при ідентичних програмах обробки

№ симуляції	Значення k_1	Значення k_2
1	0.497	0.503
2	0.511	0.489
3	0.5	0.5
4	0.507	0.493
5	0.51	0.49

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти завантаженості при довільних (випадкових) програмах обробок

№ симуляції	Значення k_1	Значення k_2
1	0.487	0.513
2	0.545	0.444
3	0.35	0.65
4	0.597	0.403
5	0.614	0.386
6	0.733	0.267
7	0.512	0.488
8	0.414	0.586
9	0.607	0.393
10	0.555	0.445

При однакових програмах обробки для 2 верстатів в усіх випадках $k_{1сер} = 0,5414$ $k_{2сер} = 0,4586$, $\Delta k_{сер} = 0,0828$ що дає достатні умови для безперервного функціонування для реального об'єкта.

4.2 Дослідження та інкапсуляція регулятора в САУ обробного верстата

4.2.1 Розробка структури САУ

У енергосилових ланцюгах замість трансформатора було застосовано струмообмежувальні реактори. Згідно багатофункціональної і базисної схемами підбраного електроприводу складено структурну схему концепції механічного управління. В основному зараз системи управління проектується згідно з принципом підпорядкованого регулювання, тобто до внутрішніх контурах регулювання струму і швидкості додається зовнішній контур регулювання позиціонування. Нижче представлена структурна схема САУ.

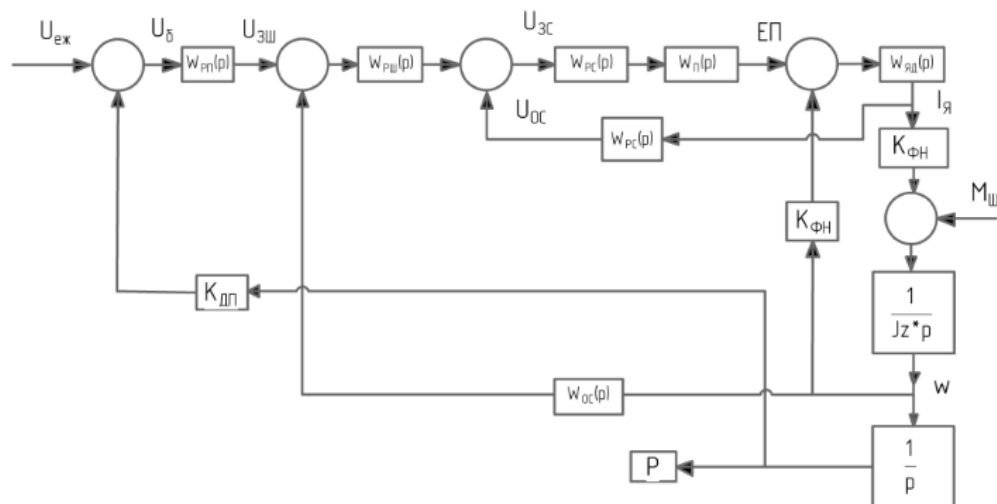


Рисунок 4.10 – Структурна схема САУ

4.2.2 Моделювання жорсткого об'єкта в Matlab Simulink.

Для дослідження нашої моделі потрібно скласти структурні схеми жорсткого об'єкта. Будуємо структурну схему (див. Рисунок 4.11) жорсткого об'єкта, де позначені:

- РШ - регулятор швидкості,

- РС - регулятор струму,
- k_y - коефіцієнт посилення,
- R_a - опір якоря,
- L_a - індуктивність якоря,
- J_Σ сумарний момент інерції ,
- k_e , k_m - постійні коефіцієнти при незмінному потоці намагнічування і малої інерції якоря,
- p -інтегратор.

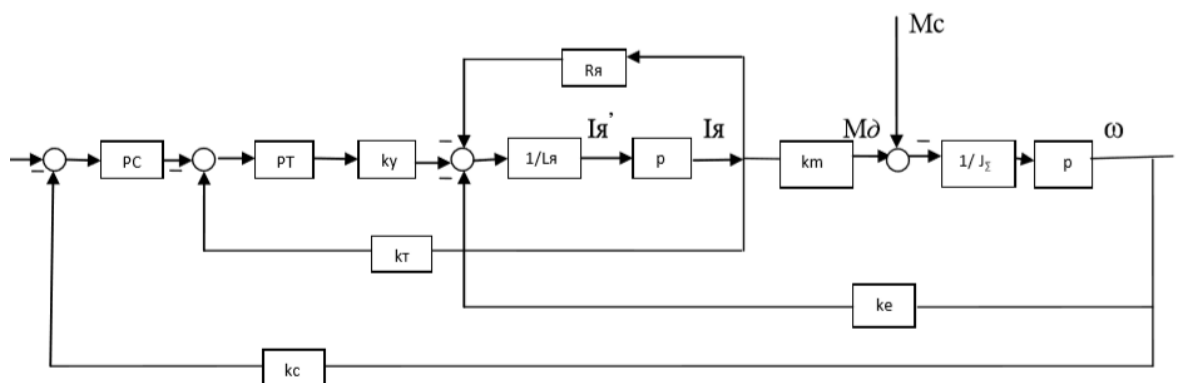


Рисунок 4.11 – Структурна схема жорсткого об'єкта

Для дослідження системи підпорядкованого регулювання позиціонуванням різця токарного верстата складаємо код в Matlab для розрахунку коефіцієнтів і коефіцієнтів передавальних функцій РС і РС:

$$R_a=0.411;$$

$$L_a=0.009;$$

$$k_e=2;$$

$$k_m=1.67;$$

$$k_y=44;$$

$$k_t=0.2$$

$$k_c=0.25;$$

$$J_l=0.083;!$$

```

J2=0.166;%
Jc=J1+J2;
p=40;
Tmt=0.002;
w0t=1/Tmt;
at=1.41;
ac=1.41;
bc=1;
Tmc=at*Tmt;
w0c=1/Tmc;
Tt=La/Ra;
Tc=ac*bc/w0c;
Tc=2*Tt;
Betac=(Jc*Ra*w0c)/(km*ky*kc*ac);

Betat=(w0t*kc)/(kt*at);

Kp=8.89;
Ki=0.0035;
Kd=0.002;

```

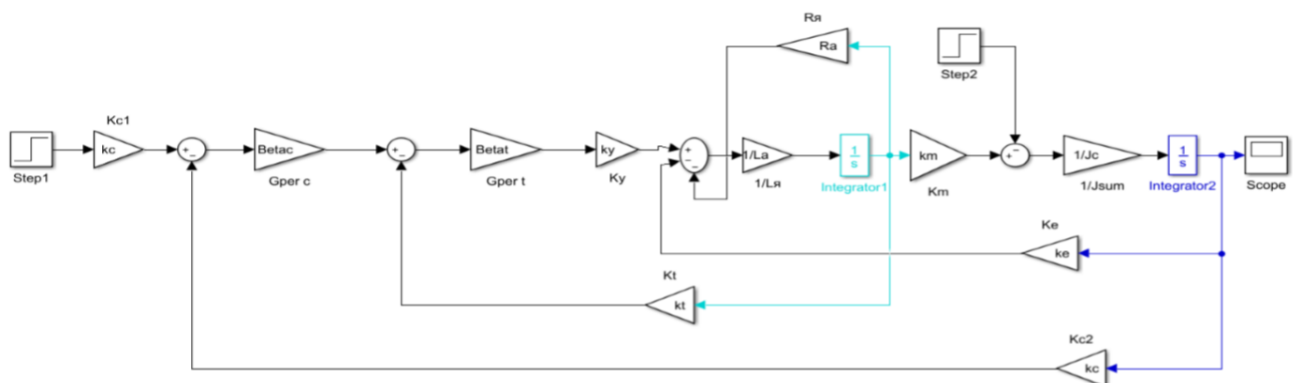


Рисунок 4.12 – Структурна схема жорсткого об'єкта з П регулятором

На рисунку 4.13 представлені графіки швидкостей різця токарного верстата в плинні часу при використанні П регулятора без моменту опору від заготовки (а) і з моментом (б):

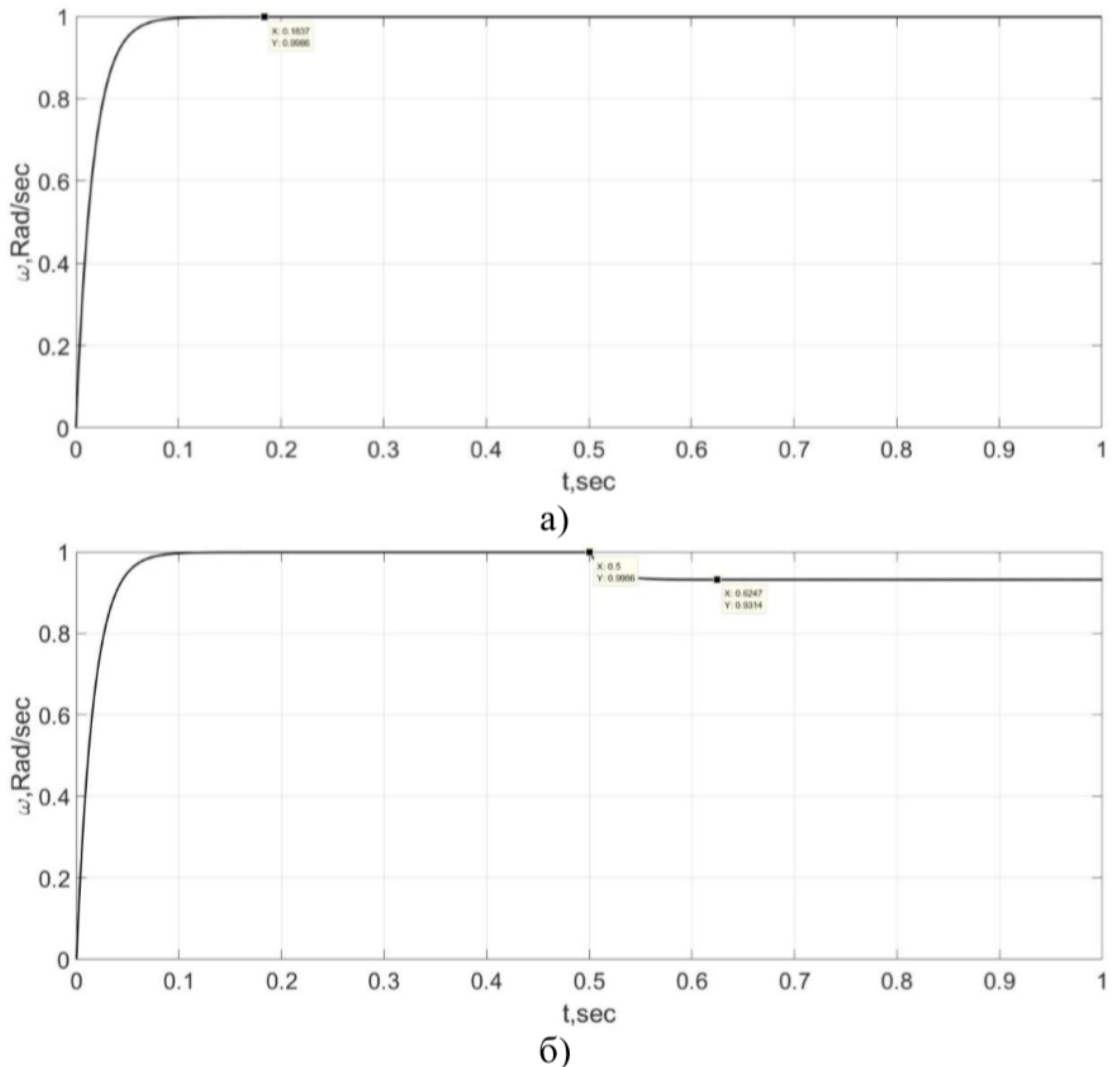


Рисунок 4.13 – Графіки швидкостей з П регулятором
а) без моменту б) з моментом

За графіками видно, що П регулятор створює плавний і швидкий фронт наростання швидкості. При підключенні моменту навантаження M_c на вал двигуна, відбувається різке зниження швидкості, який триває до кінця роботи двигуна. Похибка дорівнює 6%.

На рисунку 4.14 представлена структурна схема жорсткого об'єкта з ПІ регулятором:

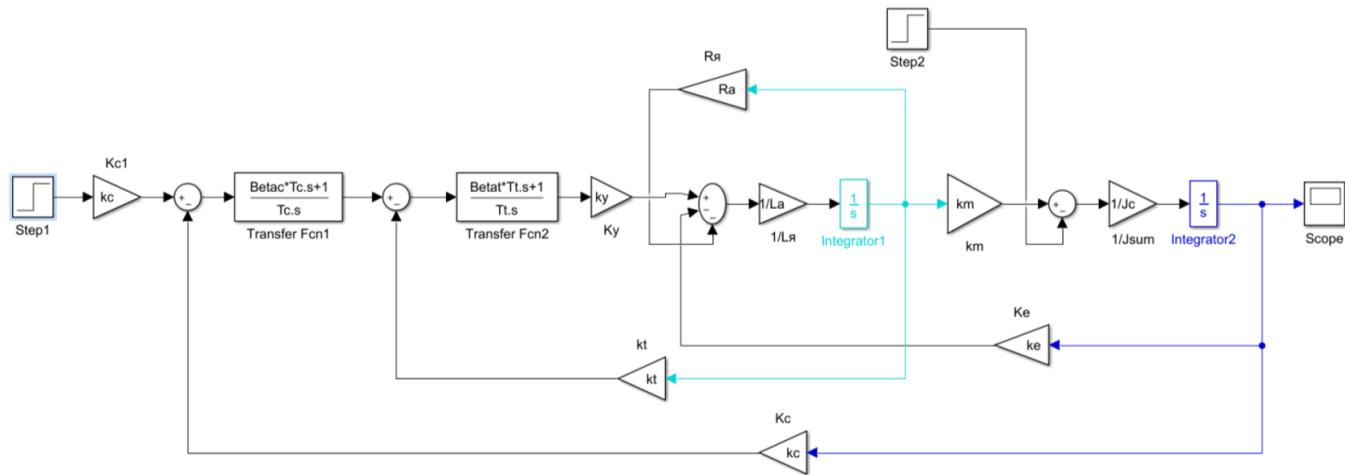
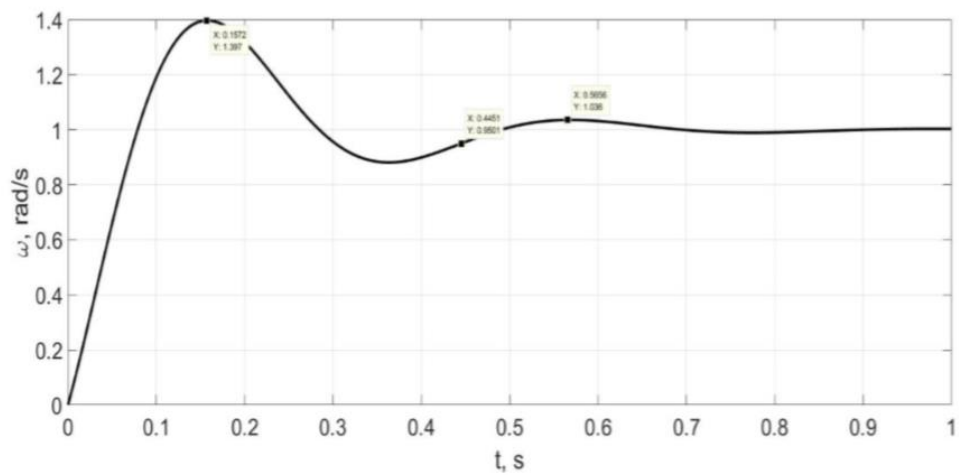
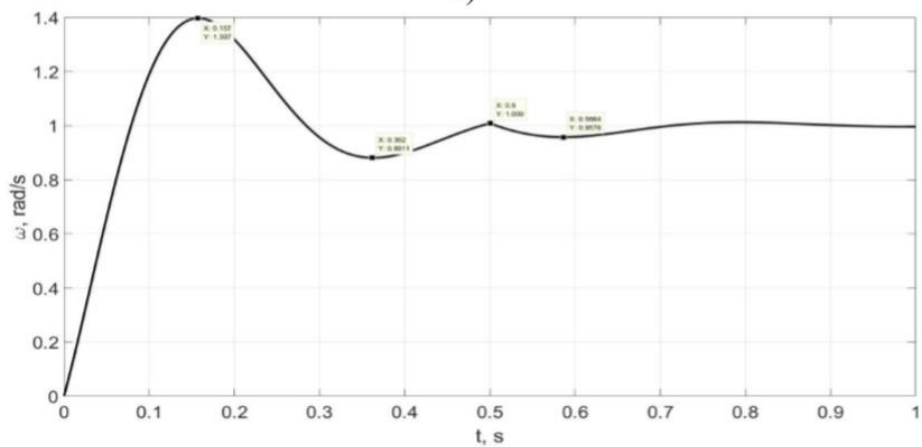


Рисунок 4.14 – Структурна схема жорсткого об'єкта з ПІ регулятором

На рисунку 4.15 представлені графіки швидкостей різця токарного верстата в плинні часу при використанні ПІ регулятора без моменту опору від заготовки (а) і з моментом (б):



а)



б)

Рисунок 4.15 – Графіки швидкостей з ПІ регулятором
а) без моменту б) з моментом

При використанні ПІ регулятора з'являється значне перерегулювання рівне 38%, при підключенні моменту опору M_c з'являється помилка, що дорівнює 4%, але завдяки згладжувальному ефекту ПІ регулятора значення відновлюється до сталого значення $= 1$.

На рисунку 4.16 представлена структурна схема жорсткого об'єкта з ПІД регулятором:

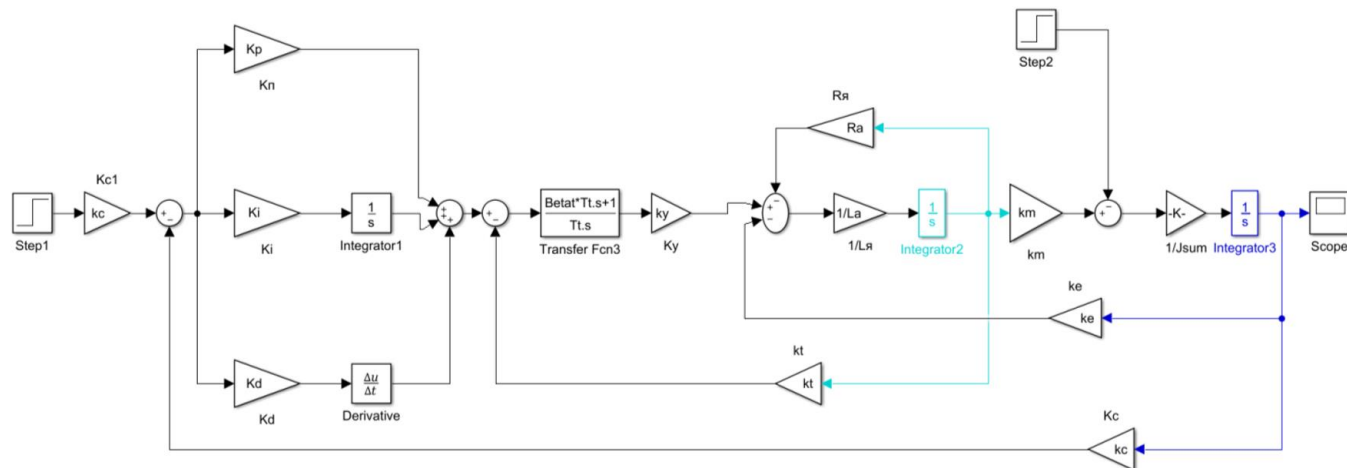
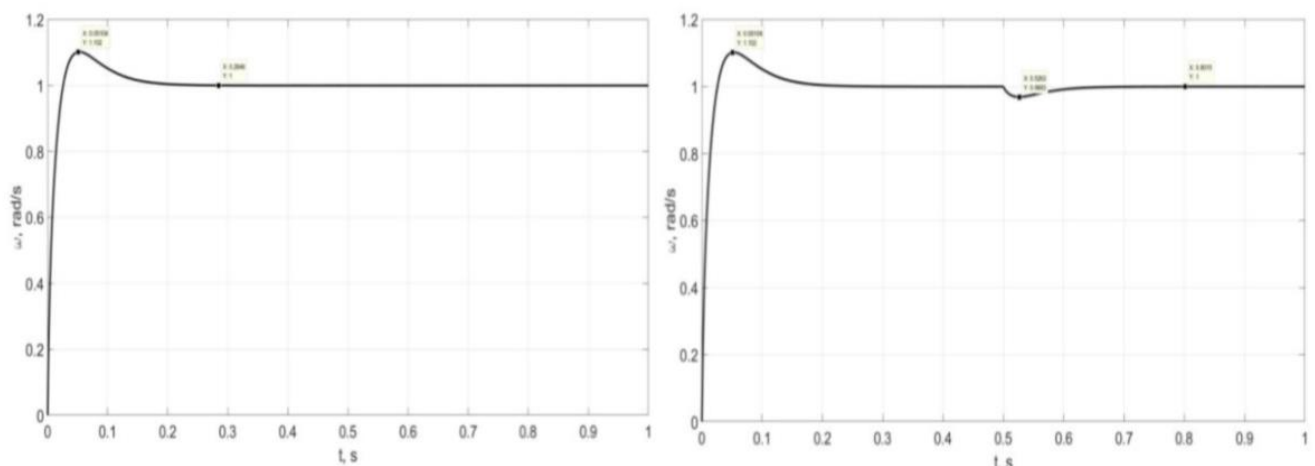


Рисунок 4.16 – Структурна схема жорсткого об'єкта з ПІД регулятором

На рисунку 4.17 представлені графіки швидкостей різця токарного верстата в плинні часу при використанні ПІД регулятора без моменту опору від заготовки (а) і з моментом (б):



а)

б)

Рисунок 4.17 – Графіки швидкостей з ПІД регулятором

а) без моменту б) з моментом

З рисунків видно при використанні ПІД регуляторів з'являється значення перерегулювання - 10% .При підключенні моменту опору M_c з'являється

помилка - 3%. Завдяки згладжувальному ефекту ПД регулятора швидкість приходить до сталого значення.

4.2.3 Моделювання пружного об'єкта

Будуємо узагальнену структурну схему пружного об'єкта:

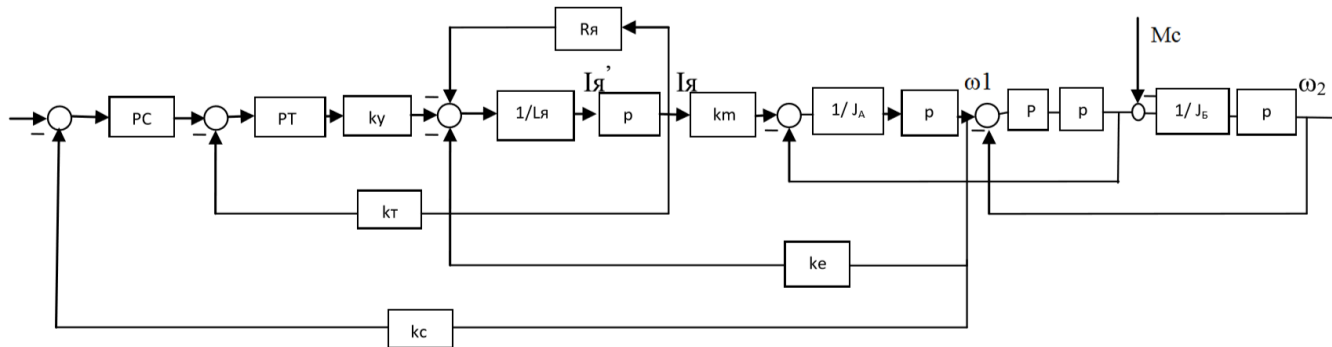


Рисунок 4.18 – Узагальнена структурна схема пружного об'єкта

На рисунку 4.19 представлена схема пружного об'єкта, де в якості підлеглого регулювання використовують П регулятор.

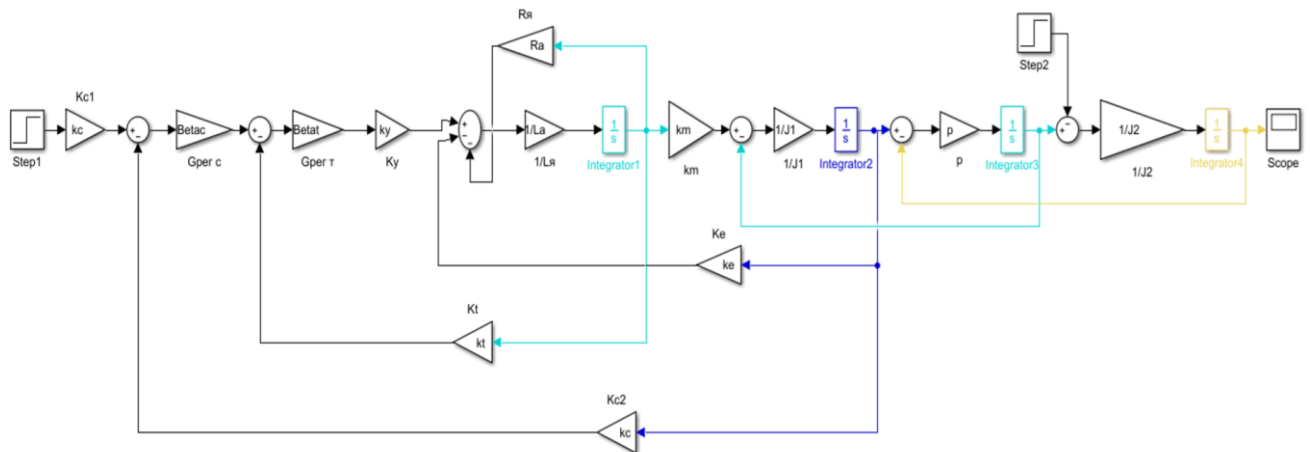
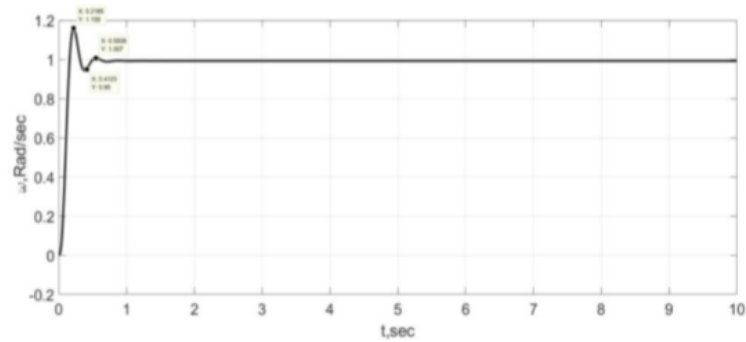


Рисунок 4.19 – Структурна схема пружного об'єкта з П регулятором

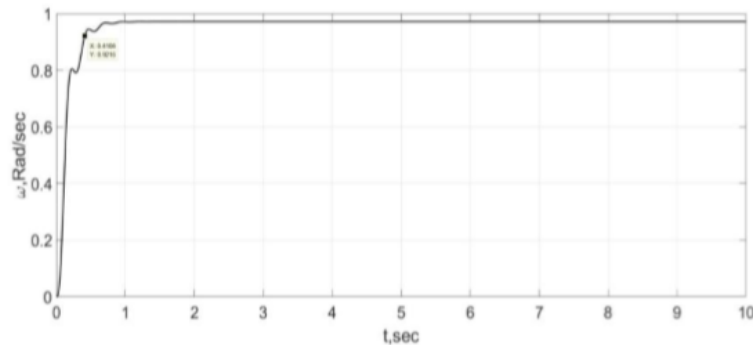
На рисунку 4.20 представлені графіки швидкостей:

- без моменту опору M_c (а),
- без моменту опору зі зменшенням пропорційних коефіцієнтів для гасіння виникаючих коливань, викликаних пружністю системи.(б)

Потім до отриманої системі підключаємо опір M_c .(в)



а)



б)

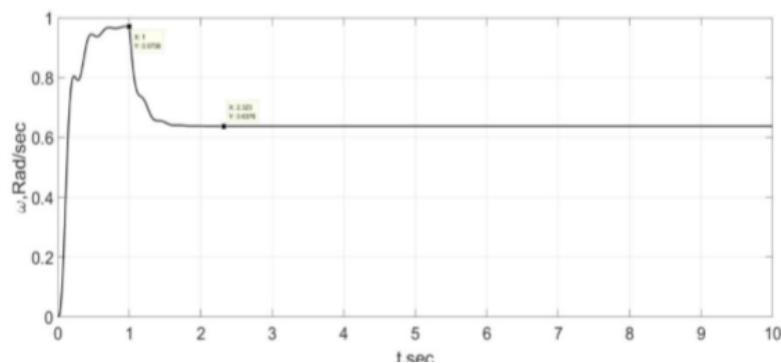


Рисунок 4.20 – Графік швидкостей з П регулятором
 а) без моменту опору б) при зменшенні пропорційних коефіцієнтів в 2 рази в)
 при додаванні моменту опору

У пружної системи з П регулятором з'являються коливання з періодом $T = 0.332$ з. Значення перерегулювання 16%, час регулювання рівний 1 секунд. При зменшенні коефіцієнтів в 2 рази в системі спостерігається згладжування коливань, але зменшення сталою значення. При підключенні моменту опору M_c з'являється стала помилка, що дорівнює 30%.

На рисунку 4.21 представлена схема пружного об'єкта, де в якості підлеглого регулювання використовують ПІ регулятор.

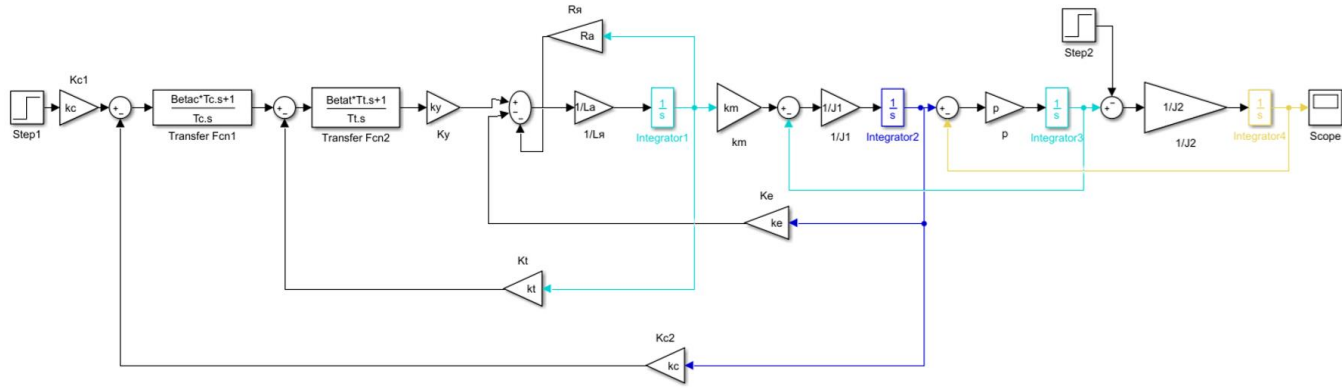
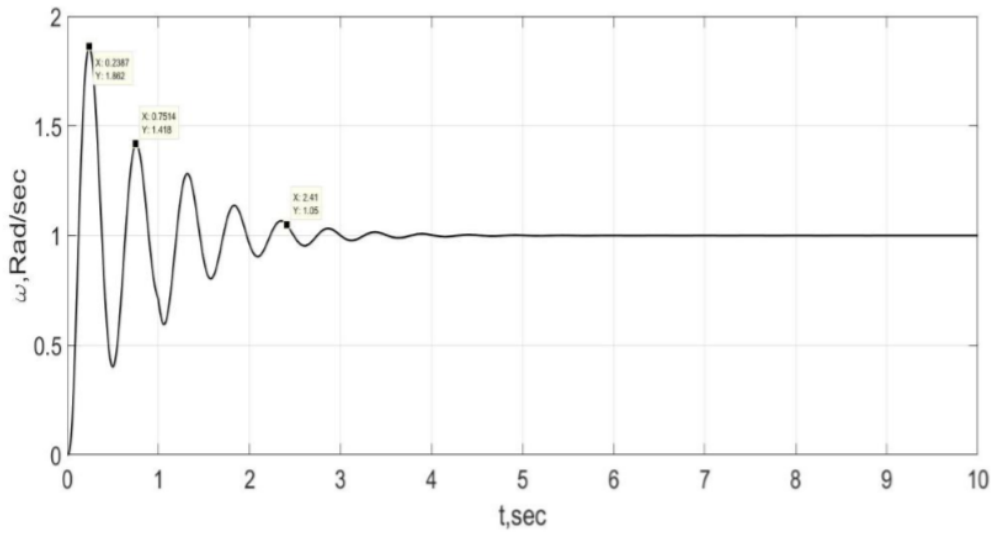
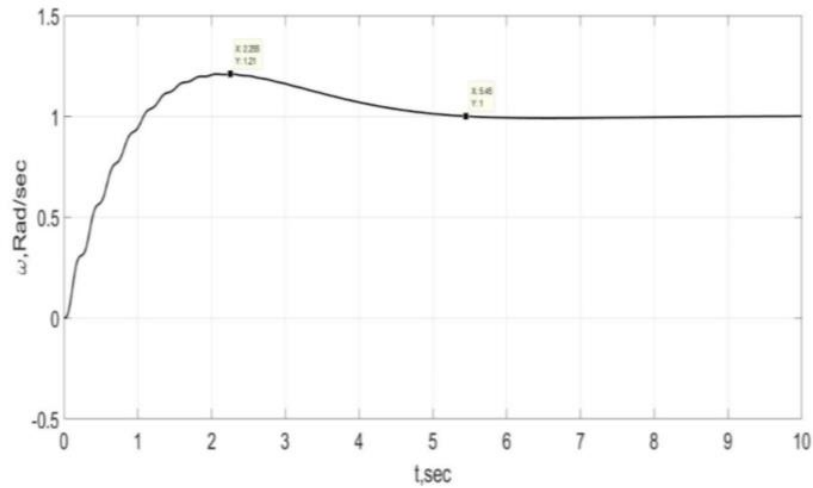


Рисунок 4.21 – Структурна схема пружного об'єкта з ПІ регулятором
 На рисунку 4.22(а, б, в) представлені графіки швидкостей:



а)

Рисунок 4.22 – Графік швидкості з ПІ регулятором без моменту опору



б)

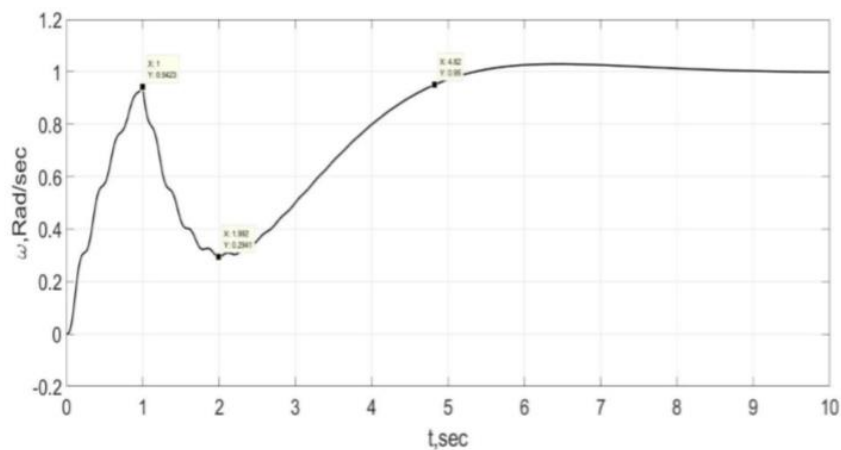


Рисунок 4.23 – Графік швидкостей з ПІ регулятором
б) при зменшенні пропорційних коефіцієнтів в 2 рази в) при додаванні
моменту опору

У пружній системі з ПІ регулятором спостерігаються затухаючі коливання. Значення перерегулювання рівне 86%, $t_n = 0.24$ с, $t_p = 2.41$ с, $T = 0.51$ с. При зміні коефіцієнтів ПІ регулятора на $K_p = 0.721$, $K_i = 0.123$ коливання згладжуються, але при значенні перерегулювання рівним 21%. При підключенні моменту опору з'являється помилка, що дорівнює 70%, але завдяки інтегральною складовою ПІ регулятора значення швидкості відновлюється до 1.

На рисунку 4.24 представлена схема пружного об'єкта, де в якості підлеглого регулювання використовують ПІД регулятор.

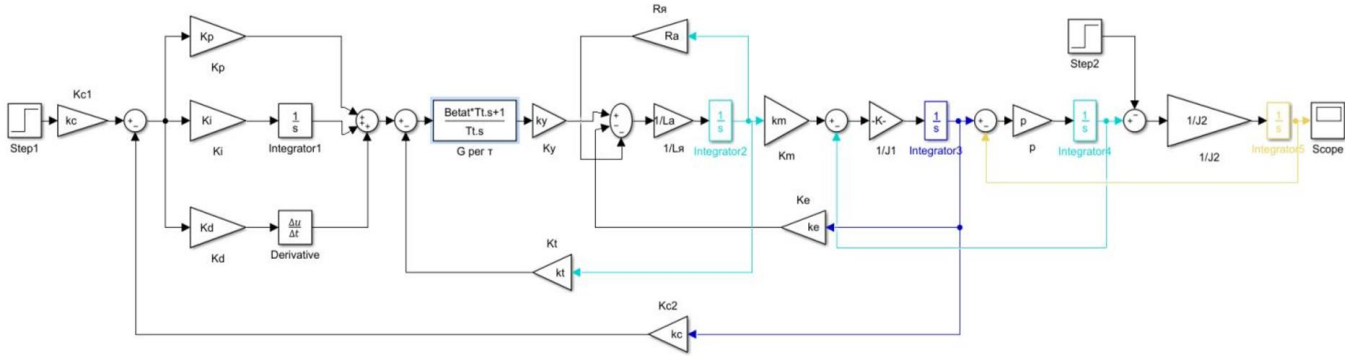
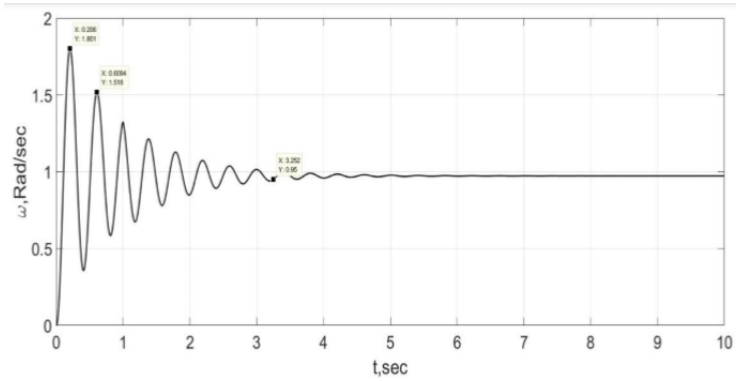
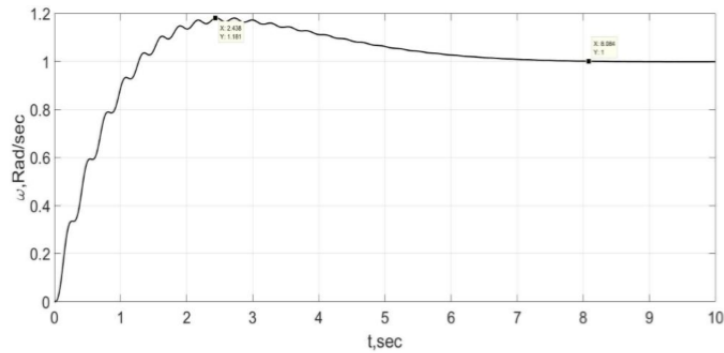


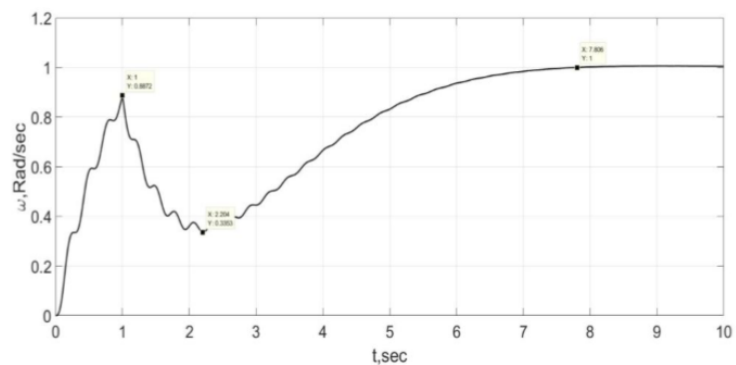
Рисунок 4.24 – Структурна схема пружного об'єкта з ПІД регулятором



а)



б)



в)

Рисунок 4.25 – Графік швидкостей з П регулятором
а) без моменту опору б) при зменшенні пропорційних коефіцієнтів в 2 рази в)
при додаванні моменту опору

З графіків видно, що при коефіцієнтах ПД регулятора $K_p = 8.89$; $K_i = 0.0035$; $K_d = 0.002$ в системі спостерігаються коливання при значенні перерегулювання рівному 80%, $t_n = 0.2$ с, $t_p = 5.806$ с. При зміні коефіцієнтів на $K_p = 0.204$; $K_i = 0.1$; $K_d = 0.032$ система приходить до більш стійкого виду. При набиранні моменту опору M_c в системі спостерігається помилка, що дорівнює 76%, але завдяки згладжувальному ефекту ПД регулятора значення швидкості відновлюється до стійкого значення.

Висновок:

І регулятор найпростіший за структурою, проте при підключенні навантаження не вдається відновити швидкість, що потрібно нам в завданні. ІІ регулятор дозволяє відновити швидкість, проте в системі з'являються коливання і велике значення перерегулювання. Найоптимальнішим варіантом буде використання ПД регулятора, який дозволяє домогтися відновлення швидкості при практично повному згладжуванні коливань і при невеликому значенні перерегулювання.

Отже при інтеграції в систему розрахованого ПД регулятора час обробки деталей на обробному верстаті зменшилася в середньому на 17%, в залежності від закладеної програми обробки.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1 Доцільність застосування АСУ для верстата

У базовому варіанті процес завантаження вивантаження, а також закріплення деталі на верстаті проводився вручну, також відбувалося ручне включення виконавчих елементів, а, отже був присутній вплив людського фактора (уважність оператора, його кваліфікація).

Застосування ПР Циклон 3.02 для завантаження розвантаження верстата, магазин-завантажувального пристрою, повністю автоматичного пристосування для фіксації деталі в робочій зоні, і соматичного лотка - ската для відведення готових деталей. Роботизований комплекс об'єднаний програмованим контролером, що керує всіма виконавчими елементами, скорочує час завантаження - вивантаження деталі, виключає помилки оператора. Завдання оператора зводиться до включення установки і системи управління, а також запуску керуючої програми. Контроль процесу здійснюється оператором, сидячи на робочому місці, т. я. вся необхідна інформація з датчиків виведена на монітор.

Для керування всіма виконавчими елементами РТК використовуємо програмований логічний контролер SIMATIC S7-300 фірми «SIEMENS».

Отже для оцінки економічної ефективності представлено розрахунки для базового варіанта роботи комплексу обробки – варіант 1(класична автоматизована робото-технічна лінія) та для варіанту автоматизованого РТК, який був суттєво модернізований та оптимізований на основі даної роботи – варіант 2.

5.2 Економічний розрахунок варіантів реалізації комплексу

5.2.1 Розрахунок кількості обладнання

Розрахункова кількість однотипного обладнання для виконання річної програми випуску деталей розраховується за формулою:

$$Q_P = \frac{t_K \cdot Q_Z}{\Phi_D \cdot K_O \cdot K_B}$$

(6.1)

де t_K - норма штучно-калькуляційного часу;

Q_Z - річний обсяг випуску деталей;

Φ_D - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

K_O - коефіцієнт завантаження устаткування за часом;

K_B - коефіцієнт виконання норм.

$$Q_{P1} = \frac{0.45 \cdot 5000}{1820 \cdot 0.75 \cdot 1.1} = 1.499(Од)$$

$$Q_{P2} = \frac{0.4 \cdot 5000}{1820 \cdot 0.86 \cdot 1.1} = 1.161(Од)$$

5.2.2 Розрахунок ціни впровадження РТК

Ціна проектованої конструкції розраховується за формулою:

$$C_{ПК} = \frac{C_{ТП}}{A} + C_{ПОВН.} + П_H$$

(6.2)

Де $C_{ТП}$ - витрати на технічну підготовку нової конструкції;

A - передбачуваний випуск нової продукції;

$C_{ПОВН.}$ - повна собівартість виготовлення нової продукції,;

$П_H$ - нормативний прибуток підприємства, який припадає на одну машину.

Таблиця 5.1 – Затрати на закупні комплектуючі.

ТОВАР	Кількість, шт.	Ціна, грн./шт.	Вартість, грн.
Промисловий робот Циклон 3.02	1	75000	75000
Безконтактні датчики BERO DC, IP67, тип M18	9	250	2250
Програмований логічний контролер SIMATIC S7-300	1	5000	5000

Рольганг прямий неприводний	1	3000	3000
Трансформатор 24 В	1	750	750
Всього:			86000

5.2.3 Розрахунок нормативного прибутку

Нормативний прибуток підприємства, що припадає на знову виготовлену частину деталі можна визначити виходячи з нормативу рентабельності продукції:

$$П_H = \frac{H_P \cdot (C_{ПОВН.} - M)}{100}$$

(6.3)

Де H_P - рівень рентабельності продукції;

$C_{ПОВН.}$ - повна собівартість продукції;

M - витрати на матеріали, покупні комплектуючі.

$$П_H = \frac{25 \cdot (93450 - (1250 + 86000))}{100} = 1600 \text{ (Грн./Од)}$$

5.2.4 Розрахунок витрат на амортизацію обладнання

$$C_A = \frac{K_{ОБ} \cdot Q_{ПР} \cdot K_{ВО} \cdot H_A}{100}$$

(6.4)

Де $K_{ОБ}$ - капітальні вкладення в устаткування;

$Q_{ПР}$ - прийнята кількість устаткування;

$K_{ВО}$ - коефіцієнт використання обладнання;

H_A - норма річних амортизаційних відрахувань, %.

$H_A = \frac{1}{T_H} \cdot 100\%$, де T_H нормативний термін служби устаткування.

(6.4.1)

Норма річних амортизаційних відрахувань:

$$H_A = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10\%$$

Таким чином, витрати на амортизацію обладнання дорівнюють:

$$C_{A1} = \frac{2501500 \cdot 1 \cdot 1.499 \cdot 10}{100} = 374974,85 \text{ грн.}$$

$$C_{A2} = \frac{1994500 \cdot 1 \cdot 1.161 \cdot 10}{100} = 231561,45 \text{ грн.}$$

5.2.5 Розрахунок витрат на силову енергію

$$C_E = \frac{C_E \cdot N_Y \cdot K_N \cdot K_W \cdot \Phi_O \cdot K_\tau}{\eta}$$

(6.5)

Де C_E - ціна електроенергії;

N_Y - сумарна встановлена потужність обладнання;

K_N - коефіцієнт, що враховує завантаження установки по потужності;

K_W - коефіцієнт, що враховує величину втрат в електромережі заводу;

K_τ - коефіцієнт завантаження установки по часу;

η коефіцієнт корисної дії.

$$C_{E1} = \frac{1.15 \cdot 5.67 \cdot 0.8 \cdot 1.05 \cdot 1820 \cdot 0.8}{0.95} = 8394,56 \text{ грн.}$$

$$C_{E2} = \frac{1.15 \cdot 6.45 \cdot 0.8 \cdot 1.05 \cdot 1820 \cdot 0.8}{0.95} = 9549,37 \text{ грн.}$$

5.2.6 Розрахунок собівартості одиниці продукції

Собівартість одиниці продукції розраховується за формулою:

$$C_{од} = \frac{C_m}{N_z}$$

(6.6)

де C_m - собівартість продукції;

N_z - річний обсяг випуску деталі.

$$C_{од1} = \frac{987181.02}{5000} = 197,44 \text{ грн.}$$

$$C_{од2} = \frac{752364,07}{5000} = 150,47 \text{ грн.}$$

5.2.7 Розрахунок окупаємості проекту

Окупаємість базового проекту розраховується за формулою:

$$T_{р.н.} = \frac{1}{E_H}$$

(6.7.1)

E_H - норматив народно-господарської ефективності додаткових капітальних вкладень.

$$T_{р.н.} = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ років}$$

Окупність додаткових капітальних вкладень розраховується за формулою:

$$T_{OK} = \frac{K_2 - K_1}{C_{m1} - C_{m2}}$$

(6.7.2)

де K_i капітальні вкладення за варіантами;

C_i технологічна собівартість за варіантами.

$$T_{OK} = \frac{2501500 - 1994500}{987181,02 - 752364,07} 2,2 \text{Роки}$$

5.3 Зміни основних техніко-економічних показників

Відповідно до проведеного організаційно-економічного аналізу базового варіанту обробного центру та модернізованого варіанту, при незмінній кількості річного обсягу випуску пластин (5000 шт.), Одні і ті ж показники, що характеризують обробний центр, виявилися різними для базового і модернізованого варіантів.

В результаті проведених розрахунків ціни проектованої конструкції, балансова вартість одиниці обладнання для модернізованого варіанту склала 1538093,11 грн., Тим самим збільшившись на 38093,105 грн.

В результаті проведених розрахунків трудомісткості технічної підготовки, її величина для модернізованого варіанту склала 373,8 нормо - років за проект.

В результаті проведених розрахунків витрат на технічну підготовку, їх величина для модернізованого варіанту склала 27093,11 грн. / проект.

В результаті проведених розрахунків кількості робітників, їх кількість для базового варіанту 2 чол. і модернізованого варіанту склала 1 чол.

В результаті проведених розрахунків собівартості одиниці продукції, її величина склала: для базового варіанту - 197,44 грн., Для модернізованого варіанту - 150,47 грн., Тим самим знизившись на 46,97 грн..

В результаті проведених розрахунків зниження собівартості, їх величина склала: для базового варіанту - 100%, для модернізованого варіанту - 76%, тим самим знизившись на 24%.

В результаті проведених розрахунків витрат на поточний ремонт і технічне обслуговування, їх частка в загальній структурі собівартості виготовлення корпусів склала: для базового варіанту - 115110 грн., для модернізованого варіанту - 94492,85 грн., тим самим знизившись на 20617,15 грн.

В результаті проведених розрахунків витрат на електроприбори, їх величина склала: для базового варіанту - 8394,56 грн. / рік, для модернізованого варіанту - 9549,37 грн. / рік, тим самим збільшившись на 1154,81грн. / рік.

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Робоче місце: інженер-електронік.

У цеху на робочому місці інженер-електроніка мають місце небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Працюючі верстати, працюючі підйомні механізми, робота вентиляційної системи є джерелами шуму і джерелами електротравматизму. В ході роботи цеху утворюється пил, що впливає на рівень екологічності виробництва. Також існує можливість отримання робітниками механічних травм. Крім того, необхідно підтримувати необхідний температурний режим для створення комфортних умов праці.

Таблиця 6.1 – Фактори виробничого середовища і трудового процесу

Найменування факторів виробничого середовища і трудового процесу	Клас умов праці
Хімічний	-
Біологічний	-
Аерозолі переважно фіброгенного дії	-
Шум	2
Вібрація загальна	-
Вібрація локальна	-
Електромагнітні випромінювання	2
Іонізуюче випромінювання	2
Мікроклімат	2
Освітлювальне середовище	-
Тяжкість труда	-
Напруга труда	-
Загальна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та (або) небезпеки факторів виробничого середовища і трудового процесу	2 клас

Вентиляція. На об'єкті є система вентиляції у вигляді вентиляторів, калориферів опалення та повітропроводів.

Опалення. Використовуються 2 регістра опалення та система вентиляції, до складу якої входять калорифери. Калорифери включаються в роботу в холодну пору року.

Кондиціонування. Відсутнє.

Згідно з даними з карти атестації робочого місця, освітлення відповідає нормам.

Шум і вібрація на робочому місці інженер-електроніка в межах норми. Оцінка рівня шуму становить 60 дБА, що відповідає другому класу за умовами праці.

Згідно з картою атестації робочого місця перевищень дії неіонізуючих електромагнітних випромінювань не виявлено.

Небезпека ураження електричним струмом:

Обладнання, що використовується обладнано захисним заземленням (зануленням) у відповідність до технічних вимог з експлуатації.

Ураження електричним струмом можливо при замиканні електричного кола через тіло людини, тобто при дотику людини до не менше ніж до двох точках ланцюга, між якими існує деяка напруга.

Для запобігання ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом:

- електрообладнання установки виконуємо в електро-пожаробезпечному виконанні;
- використовуємо захисне заземлення ланцюга, за допомогою спеціальних розділових трансформаторів;
- не рідше двох разів на рік проводити періодичний контроль за станом опору ізоляції проводів відносно землі і один одного;
- трансформаторні будки і розподільні щити, блокування захищаємо, а струмопровідні частини маємо в недоступних для людей місцях;

- з'єднуються із заземленням металеві частини обладнання, які не перебувають під напругою в звичайних умовах, але можуть опинитися під ним в результаті порушення ізоляції електроустановки;
- електрообладнання забезпечується пристроями захисного відключення, що відключають несправну ділянку при виникненні напруги, небезпечного для людини.

Хімічні фактори на робочому місці інженер-електроніка відсутні.

До роботи з комплексом допускаються робітники, які пройшли інструктаж з охорони праці. При роботі з РТК зобов'язані дотримуватися загальних правил техніки безпеки при роботі в цехах «Різання металів» і «Металорізальних верстатів», підтримувати порядок і дисципліну. В цілях безпеки і збереження обладнання необхідно суворо дотримуватися таких правил:

- Не включати і не вимикати без дозволу керівника або старше-го лаборанта: рубильники, тумблери, кнопки верстатів і приладів;
- в випадку загоряння електричних проводів, електропристроїв, знеживити електропроводку або електроустановку вимиканням рубильника і примінити заходи для гасіння пожежі;
- при обробці деталей за програмою закрити захисний екран, що не знаходиться в зоні різання;
- при аварії верстата (раптових переміщеннях робочих органів або НЕ-правильних переміщеннях, викликаних помилками в програмі або управлінні) вимкнути верстат за допомогою аварійного вимикача -червоної грибовидної кнопки.

Стічних і хімічно забруднених вод на установці немає.

Газоподібних викидів шкідливих речовин в атмосферу немає.

ВИСНОВОК

У базовому варіанті процес завантаження вивантаження, а також закріплення деталі на верстаті не був оптимізований, тому в даній роботі проводилися дослідження спрямовані на прискорення всіх процесів робототехнічного комплексу, без зниження інших показників лінії.

В процесі проектування робототехнічного комплексу для фрезерування корпусних деталей був обраний варіант найбільш оптимальний при вирішенні поставленого завдання. завдяки чому було досягнуто наступних результатів:

- На основі імітаційної математичної моделі було проаналізовано динамічні характеристики дискретної системи управління лінією виготовлення корпусних деталей.
- Розроблено метод оптимізації завантаженості робочих місць на основі аналізу запропонованої системи автоматизації методом імітаційного моделювання в середовищі Matlab (Simulink).

Результат: оптимізація параметру завантаженості з середнім відхиленням від 0.5 не більше ніж на 0.6%

- Оптимізовано параметри регулятора для верстата, за прискорення швидкості обробки, без суттєвого зниження інших важливих показників якості.

Результат: Зменшення середнього часу обробки деталі на 17%.

Завдяки розробленому програмному забезпеченню, завдання оператора зводиться до включення установки і системи управління, а також запуску керуючої програми. Контроль процесу реалізований розробленою SCADA системою, завдяки чому всі необхідні дії здійснюються оператором, сидячи на робочому місці, так як будь-яка необхідна інформація про стан робототехнічного комплексу та показників з датчиків виведена на монітор.

В організаційно-економічній частині проекту було дано техніко-економічне обґрунтування модернізації РТК, розрахований економічний ефект і інші економічні показники проекту. Було доведено економічну вигоду впровадження модернізованого РТК.

Результати: собівартості одиниці продукції знизилася на 43%, продуктивність лінії збільшилася на 67%, витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування зменшилися на 37%

У розділі "Охорона праці" розроблені заходи для забезпечення безпечних умов праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. . Гатин, Р.Р., Бикмухаметов, Р.Р. Функции и возможности библиотеки Tensorflow для программирования рекуррентных сетей с помощью языка Python // Наука сегодня: реальность и перспективы: материалы международной научно-практической конференции, г. Вологда, 27 февраля 2019 г. – Вологда: ООО «Маркер», 2019. – с. 10–11.
2. 1. Оленцевич В.А., Гозбенко В.Е., Каргапольцев С.К. Автоматизированная система размещения и крепления груза на открытом подвижном составе железнодорожного транспорта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т.21.№4(123). С.157-165
3. Гозбенко В.Е., Оленцевич В.А., Белоголов Ю.И. Автоматизация отдельных операций перевозочного процесса с целью обеспечения достаточных условий для оптимального функционирования «цифрового» транспорта и логистики // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 4 (60). С. 125-132.
4. Бикмухаметов Р.Р., Ширшова Д.В. Применение контроллеров и макетных плат Arduino при решении задач лабораторных работ по дисциплинам «Микроконтроллеры» и «Микропроцессорные системы». Наука сегодня: проблемы и перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, г. Вологда, 30 ноября 2016 г.: в 2 частях. Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2016. С. 19-20.
5. Akamatsu, N (2008) The effects of training on automatization of word recognition in English as a foreign language. Applied Psycholinguistics 29, 175–193. doi:10.1017/S0142716408080089
6. Васильев Г.Н. Автоматизация проектирования металлорежущих станков. – М., 1987.
7. Cabeza, R and Moscovitch, M (2013) Memory systems, processing modes, and components: Functional neuroimaging evidence. Perspectives on Psychological

Science 8, 49–55. doi:10.1177/1745691612469033

8. Фримен, Ч., Соете, Л. Экономика для промышленности Инновации. Кембридж: MIT Press, 1997. 334-350 с. ISBN978-02-6256-113-6.
9. N. Guo, Y. Fu, Y. Wang, Q. Meng, Y. Zhu Microstructure and mechanical properties in friction stir welded 5A06 aluminum alloy thick plate Mater. Des., 113 (2017), pp. 273-283
10. Криворучко Д.В., Залого В.О., Корбач В.Г. Основы 3D моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів: навчальний посібник. Суми: Видавництво СумДУ, 2009. 208 с
11. Гусев, П. Ю. Имитационное моделирование производства деталей из полимерных композиционных материалов/П. Ю. Гусев, М. И. Чижов, Ю. С. Скрипченко// Компьютерные исследования и моделирование. 2014. -Т. 6, № 2. С. 245-252.
12. Siemens PLM Software - Plant Simulation. - Электрон. дан. – Режим доступа:http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml
13. А. Л. Бунич, “Пассивная и активная идентификация линейного дискретного объекта с ограниченной помехой”, Автомат. и телемех., 2003, № 11, 60–73
14. A. L. Bunich, “Passive and Active Identification of a Linear Discrete System with Bounded Disturbance”, Autom. Remote Control, 64:11 (2003), 1702–1714 .
15. . Котов В. Е. Сети Петри – м. Наука, 1984 – 160 с.
16. Cybernetics and Systems Analysis, no. 5, 2004, p. 131-140.
17. Автоматизація процесу виготовлення корпусних деталей, дипломна робота : 151 / . – Суми, 2018. – 50 с.