

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
Кафедра «Промышленная электроника»

Методическое пособие к выполнению курсовой работы
по дисциплине
«Автоматизация дискретных и непрерывных производственных систем»
на тему «Проектирование ГАК для обработки детали»

Тольятти
2020

Цель курсовой работы – проектирование гибкого автоматизированного комплекса обработки детали.

Задачи курсовой работы

1. Рассчитать количество основного технологического оборудования (станков) с точки зрения его максимальной загрузки.
2. Выбрать типы станков для компоновки.
3. Выбрать автоматизированное средство (робота) для транспортирования детали при обслуживании станков.
4. Выбрать вспомогательное технологическое оборудование (тару для заготовок и для деталей).
5. Уточнить количество роботов. Скомпоновать основное и вспомогательное технологическое оборудование в ГАК.
6. Разработать алгоритм работы ГАК.
7. Рассчитать временные параметры работы ГАК.

Варианты заданий на курсовое проектирование

Примечание: номер варианта соответствует первой букве фамилии студента.

№ варианта	Последовательность операций обработки	Время обработки, $t_{обр}$, мин	Масса детали, кг
А	Т, Т, Т	3; 2; 1	1
Б	Т, Т, Ф	1; 1; 4	2
В	Т, Ф, Ф	2; 1; 0,5	5
Г	Ф, Ф, Ф	2; 2; 1	10
Д	Т, Т, Шл	6; 4; 2	1
Е	Т, Ф, Шл	4; 6; 8	2
Ё	Ф, Ф, Шл	3; 3; 2	5
Ж	Ф, Шл, Шл	3; 2; 2	10
З	Т, Шл, Шл	6; 3; 2	1
И	Шл, Шл, Шл	2; 1; 0,5	2
К	Т, Т, Т	6; 4; 2	5
Л	Т, Т, Ф	2; 2; 8	10
М	Т, Ф, Ф	4; 2; 1	1
Н	Ф, Ф, Ф	4; 4; 2	2
О	Т, Т, Шл	3; 2; 1	5
П	Т, Ф, Шл	2; 3; 4	10
Р	Ф, Ф, Шл	6; 6; 4	1
С	Ф, Шл, Шл	6; 4; 4	2
Т	Т, Шл, Шл	12; 6; 4	5
У	Шл, Шл, Шл	4; 2; 1	10
Ф	Т, Т, Т	12; 8; 4	1
Х	Т, Т, Ф	4; 4; 6	2
Ц	Т, Ф, Ф	8; 4; 2	5
Ч	Ф, Ф, Ф	8; 8; 4	10
Щ	Т, Т, Шл	9; 6; 3	1
Э	Т, Ф, Шл	1; 2; 3	2
Ю	Ф, Ф, Шл	3; 2; 1	5
Я	Ф, Шл, Шл	1; 2; 3	10

Обозначения операций обработки

Т – токарная операция.

Ф – фрезерная операция.

Шл – шлифовальная операция.

Время обработки указано для каждого станка соответственно.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в машиностроении происходит обновление производственных процессов, характеризующееся постоянным требованием повышения производительности труда, постоянным увеличением объема производства с одновременным повышением номенклатуры выпускаемых изделий. Данным требованиям достаточно полно отвечают гибкие производственные системы (ГПС).

Важно заменить неавтоматизированное производство деталей гибким автоматизированным производством с применением ГПС. При этом целью разработки ГПС для изготовления деталей является повышение производительности труда, снижение себестоимости изделий и трудоемкости их изготовления, повышение качества изделий, а также исключение человека из непосредственной обработки деталей, из процессов загрузки-выгрузки, что значительно снижает возможность травмирования персонала.

Важно выбрать наиболее подходящее для выполнения необходимых функций оборудование: станки, роботы, транспортное оборудование и так далее. Выбранное оборудование необходимо рационально разместить (с точки зрения уменьшения занимаемой площади и снижения времени на межоперационную транспортировку заготовок) с учётом требований техники безопасности.

Так как ГПС должен работать в безлюдном режиме, необходимо обеспечить безаварийную работу оборудования.

Целью курсовой работы является разработка компоновки гибкого автоматизированного комплекса обработки детали.

Задачами, решаемыми в процессе выполнения курсовой работы, являются:

1. Расчет количества основного технологического оборудования (станков) с точки зрения его максимальной загрузки.
2. Выбор типов станков для проектирования компоновки.
3. Выбор вспомогательного технологического оборудования (тары для заготовок и для деталей, промежуточных транспортных устройств).
4. Выбор робота для транспортирования детали при обслуживании оборудования ГАК.
5. Компоновка оборудования ГАК.
6. Разработка алгоритма работы ГАК.
7. Расчет параметров работы ГАК.

1. Основные понятия

Прежде чем приступить к глубокому рассмотрению особенностей проектирования гибких производственных систем и участков, следует запомнить несколько ключевых определений и понятий, на которых базируется

весь остальной материал.

Гибкость – возможность оперативного перехода с производства одного вида изделий на другой.

Автоматизированность – автоматическое выполнение всех или большинства операций, включая обработку изделий, управление, переналадку оборудования, проектирование технологического процесса.

Производство (тип производства) – объединение общим транспортом и управлением всего или большинства технологического оборудования.

ГПС (гибкая производственная система) – управляемая средствами ЭВМ совокупность технологического оборудования, состоящего из сочетаний гибких производственных модулей (ГПМ), гибких производственных ячеек (ГПЯ), автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП) и систем обеспечения функционирования (СОФ).

ГПМ – единица технологического оборудования, автоматически осуществляющая технологические операции, способная работать автономно и в составе ГПС и ГПЯ. В состав ГПМ входят:

1. Устройства ЧПУ.
2. Устройства адаптивного управления (АУ) для автоматизации регулирования параметров технологического процесса при осуществлении условий его выполнения.
3. Устройства контроля и измерения для автоматизации наладки оборудования.
4. Устройства диагностики оборудования.

ГПЯ – управляемая средствами ЭВМ совокупность нескольких ГПМ и СОФ, осуществляющая комплекс технологических операций, способных работать автономно и в составе ГПС. Разновидностью ГПЯ с последовательностью оборудования является **ГАЛ** (гибкая автоматизированная линия).

СОФ – совокупность взаимосвязанных автоматических систем, обеспечивающих управление технологическим процессом перемещения предметов производства и оснастки. Состав СОФ:

1. Автоматизированные транспортно-складские системы (АТСС).
2. Автоматизированные системы (АС) инструментального обеспечения (АСИО).
3. Система автоматизированного контроля (САК).
4. АС удаления отходов (АСУО).
5. АС управления технологическим оборудованием (АСУТО).
6. АС управления технологическим процессом (АСУТП).

2. Структура выполнения проекта

Основной частью проекта является расчетно-пояснительная записка (РПЗ). Рассмотрим её содержание.

Тема курсового проекта – «Проектирование ГАК для обработки детали».

Содержание проекта:

1. Введение.
2. Выбор оборудования ГАК.
 - 2.1. Обоснование выбора.
 - 2.2. Описание станков.
 - 2.3. Выбор роботов.
 - 2.4. Выбор транспортной системы.
3. Построение компоновки ГАК.
 - 3.1. Описание компоновки.
 - 3.2. Таблица алгоритма работы робота.
 - 3.3. Построение циклограммы работы ГАК.
 - 3.4. Определение временных параметров и коэффициентов загрузки оборудования.

Графическая часть проекта должна содержать:

1. Чертеж компоновки ГАК (формат А1).
2. Циклограмма работы ГАК (формат А1).

3. Выбор оборудования ГАК

В состав оборудования ГАК входят:

- основное технологическое оборудование (станки), выполняющее технологические операции по преобразованию заготовки в деталь;
- вспомогательное технологическое оборудование, включающее тару для заготовок, тару для деталей, промежуточные транспортирующие устройства;
- промышленные транспортные роботы, перемещающие объект производства между различным технологическим оборудованием и, при необходимости, между другими роботами.

В курсовом проекте необходимо выбрать указанный состав оборудования ГАК, обеспечивающий реализацию последовательности технологических операций с необходимыми параметрами, в соответствии с конкретным вариантом задания на курсовое проектирование.

3.1. Выбор основного технологического оборудования

Вид основного технологического оборудования выбирается в соответствии с последовательностью операций обработки, указанной в задании на курсовое проектирование. Необходимо выбрать 3 вида станков.

Количество станков каждого вида определяется с учетом их максимальной загрузки в зависимости от времени обработки детали на соответствующей операции.

Проектируемый ГАК осуществляет автоматизированную циклическую обработку детали, т. е. все станки производят обработку деталей одновременно.

Разница во времени обработки детали приводит к простоям станков с меньшим временем обработки. Поэтому для обеспечения максимальной загрузки оборудования количество станков должно быть примерно пропорционально времени обработки.

Вид станка	Время обработки, мин	Кол-во станков (1 вариант)	Кол-во станков (2 вариант)	Кол-во станков (3 вариант)
Токарный	8	8	4	2
Фрезерный	6	6	3	1,5 (2)
Шлифовальный	4	4	2	1
Общее кол-во станков		18	9	5

Количество станков в 1 варианте необоснованно большое, прежде всего с точки зрения неоправданного повышения выпуска деталей за счет увеличения количества оборудования на каждой технологической операции.

Во 2 варианте количество станков пропорционально уменьшено, но общее количество станков затрудняет проектирование компоновки ГАК, т. к. для обслуживания большого количества станков необходимо несколько роботов.

Наиболее рациональным является 3 вариант. Количество станков также пропорционально уменьшено. Для обеспечения непрерывности обработки детали необходимо округлять дробные числа в большую сторону.

В отношении основного технологического оборудования необходимо определить:

- количество станков, предназначенных для выполнения отдельных технологических операций;
- общее количество станков в ГАК.

Выбор типа основного технологического оборудования (станков) производится с учетом следующих принципов:

1. Станки должны быть оснащены системой числового программного управления (ЧПУ).
2. Габаритные размеры станка и его технические характеристики должны соответствовать размеру обрабатываемой детали (из расчета заданной массы детали) и обеспечивать возможность обслуживания (разгрузки-загрузки) оборудования роботом.

Выбор станков должен производиться с использованием печатных и/или электронных источников информации.

Для каждого станка необходимо конкретизировать следующие параметры:

- габаритные размеры оборудования;
- возможный размер обрабатываемой детали (из расчета заданной массы детали);
- внешний вид оборудования.

3.2. Выбор вспомогательного технологического оборудования

Вспомогательное технологическое оборудование обеспечивает поддержку технологического процесса обработки детали.

К такому оборудованию относятся:

- накопители объектов обработки;
- ячейки промежуточного хранения (ЯПХ);
- промежуточные транспортирующие устройства.

Накопители объектов обработки обеспечивают промежуточное накопление и выдачу заготовок роботу (входная тара) для обработки на ГАК и накопление деталей, поступающих во входную тару, после обработки на ГАК.

Входная тара должна предусматривать ориентированное расположение каждой заготовки, обеспечивающее гарантированный захват ее роботом и загрузку первого станка в последовательности технологических операций.

Выходная тара должна обеспечивать прием обработанных деталей.

Масса входной тары вместе с заготовками и выходной тары вместе с деталями должна составлять не более 50 кг с учетом возможной транспортировки тары операторами.

В общем случае входная и выходная тары представляют собой соответствующие контейнеры.

Выбор накопителей должен производиться с использованием печатных и/или электронных источников информации.

Определяемыми характеристиками контейнеров являются:

- габаритный размер;
- внешний вид.

Ячейки промежуточного хранения (ЯПХ) представляют собой простейшие позиции передачи объекта обработки между роботами.

Промежуточные транспортирующие устройства представляют транспортеры и конвейеры различного типа и устройства, обеспечивающие передачу объектов обработки между транспортными роботами (при необходимости).

Промежуточные транспортирующие устройства применяются при распределении станков по группам, когда количество роботов определяется в зависимости от количества и параметров обслуживаемого оборудования. Каждую из групп обслуживает отдельный робот.

Опираясь на печатные и/или электронные источники информации, для транспортирующего устройства определяют:

- габаритные размеры;
- внешний вид.

3.3. Выбор транспортных роботов

Транспортные роботы предназначены для обслуживания основного и вспомогательного технологического оборудования.

Для обеспечения разгрузки и загрузки основного и вспомогательного технологического оборудования зона обслуживания (рабочая зона робота) должна пересекать рабочее пространство обслуживаемого оборудования (станков).

Количество станков, реализующих технологические операции в условиях ГАК, может превышать параметры рабочей зоны одного робота. В этом случае обслуживаемое оборудование разделяется на группы, каждую из которых обслуживает отдельный робот.

Выбор роботов должен производиться с использованием печатных и/или электронных источников информации.

В результате для роботов должны быть получены следующие характеристики:

- габаритные размеры;
- грузоподъемность;
- скорость перемещения робота;
- скорость перемещения руки робота;
- зона обслуживания (рабочая зона);
- внешний вид.

4. Компоновка оборудования ГАК

В процессе выполнения курсового проекта необходимо разработать компоновку ГАК – взаимное расположение основного и вспомогательного технологического оборудования, а также одного или нескольких роботов, обеспечивающих его обслуживание.

При разработке компоновки ГАК необходимо учитывать определенные требования и ограничения:

- вспомогательное и основное технологическое оборудование должно располагаться в соответствии с порядком выполнения технологических операций обработки детали;
- при условии применения нескольких станков для выполнения одной технологической операции оборудование должно быть сгруппировано;
- группа станков может обслуживаться отдельным роботом;
- зоны обслуживания (рабочие зоны) роботов должны пересекать рабочие зоны основного и вспомогательного технологического оборудования, что гарантированно обеспечивает взаимодействие оборудования.

Роботы могут:

- вращаться относительно неподвижного основания;
- перемещаться по направляющим.

В первом случае перемещения робота между обслуживаемым оборудованием осуществляются поворотом руки робота, загрузка оборудования производится перемещением руки. Во втором случае робот перемещается между оборудованием движением по направляющим, а загружает его также

перемещением руки.

В результате компоновки ГАК известны расстояния l между оборудованием и габаритные размеры оборудования.

С учетом определенных ранее скоростей перемещения робота и его руки можно рассчитать время t , затрачиваемое роботом на перемещение оборудования и его обслуживание.

Для обеспечения возможности обслуживания и программирования оборудования необходимо предусматривать размеры зоны обслуживания, которые определяются минимальными значениями, соответствующими двигательным возможностям оператора. Минимальное расстояние между оборудованием должно составлять 600 мм.

5. Алгоритм работы ГАК

Синхронизация работы оборудования ГАК – основного, вспомогательного оборудования и роботов – анализируется и обеспечивается алгоритмом ГАК.

Известны различные способы представления алгоритма:

- словесный: представляется в виде перечня действий на естественном (привычном человеку) языке;
- табличный: представляется в виде таблицы, где обозначен порядок действий с их параметрами;
- графический: представляется в виде графиков с временным порядком осуществления действий и их количественными характеристиками.

Примечание: на графиках вогнутой дугой показана разгрузка оборудования, выгнутой дугой – загрузка оборудования. Длина дуг условно соответствует времени разгрузки или загрузки оборудования.

Алгоритмы работы и расчет характеристик ГАК представлены в примере выполнения курсового проекта.

Пример выполнения курсового проекта

Задание на курсовое проектирование:

Последовательность операций обработки	Время обработки, $t_{обр}$, мин	Масса детали, кг
Ф, Т, Шл	3,5; 5,8; 3,3	8

Выбор основного технологического оборудования

Исходя из последовательности операций обработки и времени их реализации, первично принимаем:

- 3,5 (4) фрезерных станка;
- 5,8 (6) токарных станков;
- 3,3 (4) шлифовальных станка.

Итого 14 (4 + 6 + 4) станков. Однако такое количество станков неоправданно увеличивает производительность ГАК и усложняет использование роботов в качестве средств автоматизации обслуживания оборудования.

Поэтому принимаем следующее количество станков:

- 2 фрезерных станка;
- 3 токарных станка;
- 2 шлифовальных станка.



Рисунок 1 – Токарный патронно-центровой станок с ЧПУ 16K20Ф3

Габаритные размеры токарного станка:

длина × ширина × высота, мм: 3700 × 2260 × 1650.



Рисунок 2 – Фрезерный консольно-вертикальный станок с ЧПУ 6P13Ф3

Габаритные размеры фрезерного станка:

длина × ширина × высота, мм: 3450 × 3970 × 2965.

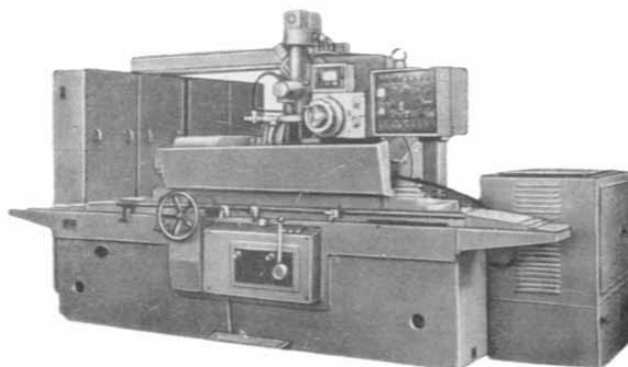


Рисунок 3 – Станок круглошлифовальный с ЧПУ 3M151Ф2

Габаритные размеры фрезерного станка:

длина × ширина × высота, мм: 4635 × 2450 × 2170.

Выбор роботов



Рисунок 4 – робот FANUC R-2000iB_200T

Данная модель шестиосевого робота, монтируемая сверху или на рельс, позволяет сэкономить ценную площадь рабочего помещения и открывает возможности применения роботизированных станков в случаях, когда доступная площадь ограничивает обслуживание большого количества оборудования.

Компоновка ГАК

Рассмотрим три варианта возможных компоновок для проектирования гибкого автоматизированного комплекса по производству детали.

Компоновка 1

1. Структура компоновки

В данной компоновке рассмотрим расположение станков в две линии, которые будут обслуживаться одним портальным роботом (рис. 5).

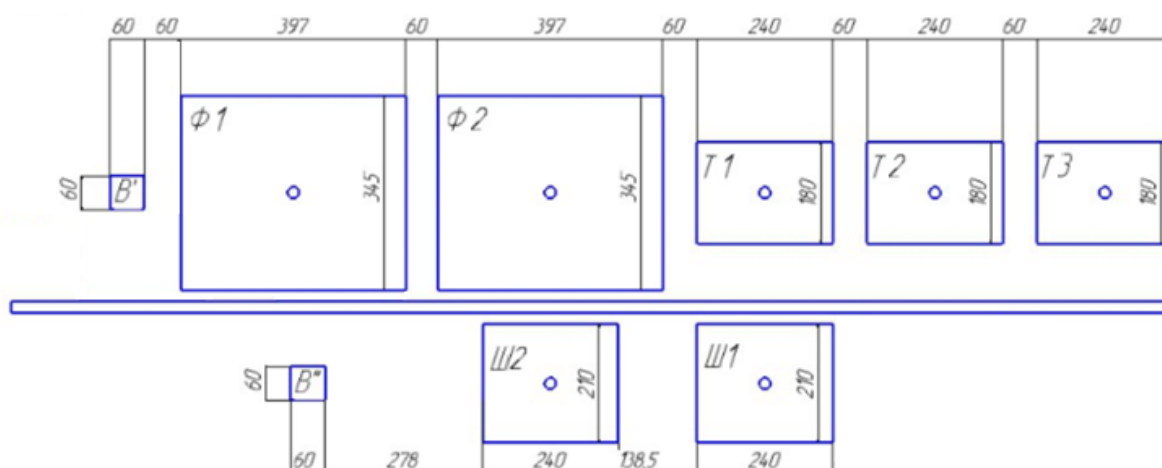


Рисунок 5 – Структура компоновки 1

В' – вход (контейнер, кассета).

Ф1 – фрезерная операция 005 – станок 6Р13Ф3.

Ф2 – фрезерная операция 010 – станок 6Р13Ф3.

Т1 – токарная операция 020 – станок 16К20Ф3.

Т2 – токарная операция 025 – станок 16К20Ф3.

Т3 – токарная операция 030 – станок 16К20Ф3.

Ш1 – круглошлифовальная операция 040 – станок 3М151Ф2.

Ш2 – круглошлифовальная операция 045 – станок 3М151Ф2.

В'' – выход (контейнер, кассета).

Описание ГАК

На вход заготовки подаются в 3 кассетах (16 деталей). Время обработки всех заготовок составляет 2 часа 35 минут.

Станки Ф1, Ф2 выполняют фрезерование, станки Т1–Т3 выполняют токарные операции. Станки Ш1, Ш2 выполняют шлифование. Все станки обслуживаются одним портальным роботом FANUC R-2000iB_200T с одним схватом.

Алгоритм работы

Алгоритм работы представлен в табл. 1.

Состояние схвата 1 – в схвате находится деталь.

Состояние схвата 0 – схват пустой.

Состояние оборудования 1 – оборудование работает.

Состояние оборудования 0 – оборудование не работает.

l – протяженность траектории.

t – время прохождения траектории.

Коэффициенты загрузки работа и станков

$$K_3^p = \frac{\sum t_p}{T_{ц}} \cdot 100\% = 71\%$$

Коэффициент загрузки работа

$$K_3^{CT} = \frac{\sum t_p}{T_{ц}} \cdot 100\% = 88,5\%$$

Коэффициент загрузки станков Ф1, Ф2

$$K_3^{CT} = \frac{\sum t_p}{T_{ц}} \cdot 100\% = 68,5\%$$

Коэффициент загрузки станков Т1–Т3

$$K_3^{CT} = \frac{\sum t_p}{T_{ц}} \cdot 100\% = 73,2\%$$

Коэффициент загрузки станков Ш1, Ш2

Времена тактов выпуска и цикла

Такт выпуска 1 71,5 с

Такт выпуска 2 96 с

Такт выпуска 3 83,5 с

Время цикла

251 с

Таблица 1 – Алгоритм работы ГАК (компоновка 1)

№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка Ф1	Состояние станка Ф2	Состояние станка Т1	Состояние станка Т2	Состояние станка Т3	Состояние станка Ш1	Состояние станка Ш2	<i>l</i> (м)	<i>t</i> (сек)
1	Разгрузка Ш2	0	1	1	1	1	1	1	0	1,05	1,4
2	Переход от Ш2 к выходу	1	1	1	1	1	1	1	0	4,28	1,7
3	Загрузка выхода	1	1	1	1	1	1	1	0	0,3	0,4
4	Переход от выхода к Т3	0	1	1	1	0	1	1	0	16,61	6,2
5	Разгрузка Т3	0	1	1	1	0	0	1	0	0,9	1
6	Переход от Т3 к Ш2	1	1	1	1	0	0	1	0	13,16	5,8
7	Загрузка Ш2	1	1	1	1	0	0	1	0	1,05	1,4
8	Переход от Ш2 к Ф2	0	1	1	1	1	0	1	1	3,375	2,9
9	Разгрузка Ф2	0	1	0	1	1	0	1	1	1,725	2
10	Переход от Ф2 к Т3	1	1	0	1	1	0	1	1	9,785	3,9
11	Загрузка Т3	1	1	0	1	1	0	1	1	0,9	1
12	Переход от Т3 к Ф1	0	1	0	1	1	1	1	1	14,065	5,4
13	Разгрузка Ф1	0	0	0	1	1	1	1	1	1,65	2,1
14	Переход от Ф1 к Ф2	1	0	0	1	1	1	1	1	4,28	1,5
15	Загрузка Ф2	1	0	0	1	1	1	1	1	1,725	2
16	Переход от Ф2 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	1	5,745	2,3
17	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	1	0,3	0,4
18	Переход от входа к Ф1	1	0	1	1	1	1	1	1	1,465	0,8
19	Загрузка Ф1	1	0	1	1	1	1	1	1	1,85	2,1
20	Переход от Ф1 к Ш1	0	1	1	1	1	1	1	1	13,615	7
21	Разгрузка Ш1	0	1	1	1	1	1	0	1	1,05	1,4

22	Переход от Ш1 к выходу	1	1	1	1	1	1	0	1	11,065	4,4
23	Загрузка выхода	1	1	1	1	1	1	0	1	0,3	0,4
24	Переход от выхода к Т2	0	1	1	1	1	1	0	1	10,615	6,1
25	Разгрузка Т2	0	1	1	0	1	1	0	1	0,9	1
26	Переход от Т2 к Ш1	1	1	1	0	1	1	0	1	5,55	4,1
27	Загрузка Ш1	1	1	1	0	1	1	0	1	1,05	1,4
28	Переход от Ш1 к Ф1	0	1	1	0	1	1	1	1	9,335	5,6
29	Разгрузка Ф1	0	1	0	0	1	1	1	1	1,725	2
30	Переход от Ф1 к Т1	1	1	0	0	1	1	1	1	3,785	1,5
31	Загрузка Т1	1	1	0	0	1	1	1	1	0,9	1
32	Переход от Т1 к Ф1	0	1	0	1	1	1	1	1	8,065	3
33	Разгрузка Ф1	0	0	0	1	1	1	1	1	1,65	2,1
34	Переход от Ф1 к Ф2	1	0	0	1	1	1	1	1	4,28	1,5
35	Загрузка Ф2	1	0	0	1	1	1	1	1	1,725	2
36	Переход от Ф2 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	1	5,745	2,3
37	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	1	0,3	0,4
38	Переход от входа к Ф1	1	0	1	1	1	1	1	1	1,465	0,8
39	Загрузка Ф1	1	0	1	1	1	1	1	1	1,85	2,1
40	Переход от Ф1 к Ш2	0	1	1	1	1	1	1	1	7,655	2,9
41	Разгрузка Ш2	0	1	1	1	1	1	1	0	1,05	1,4
42	Переход от Ш2 к выходу	1	1	1	1	1	1	1	0	4,28	1,7
43	Загрузка выхода	1	1	1	1	1	1	1	0	0,3	0,4

Компоновка 2

Структура компоновки

В данной компоновке рассмотрим расположение станков в две линии, которые будут обслуживаться двумя портальными роботами, связанными ЯПХ (рис. 6).

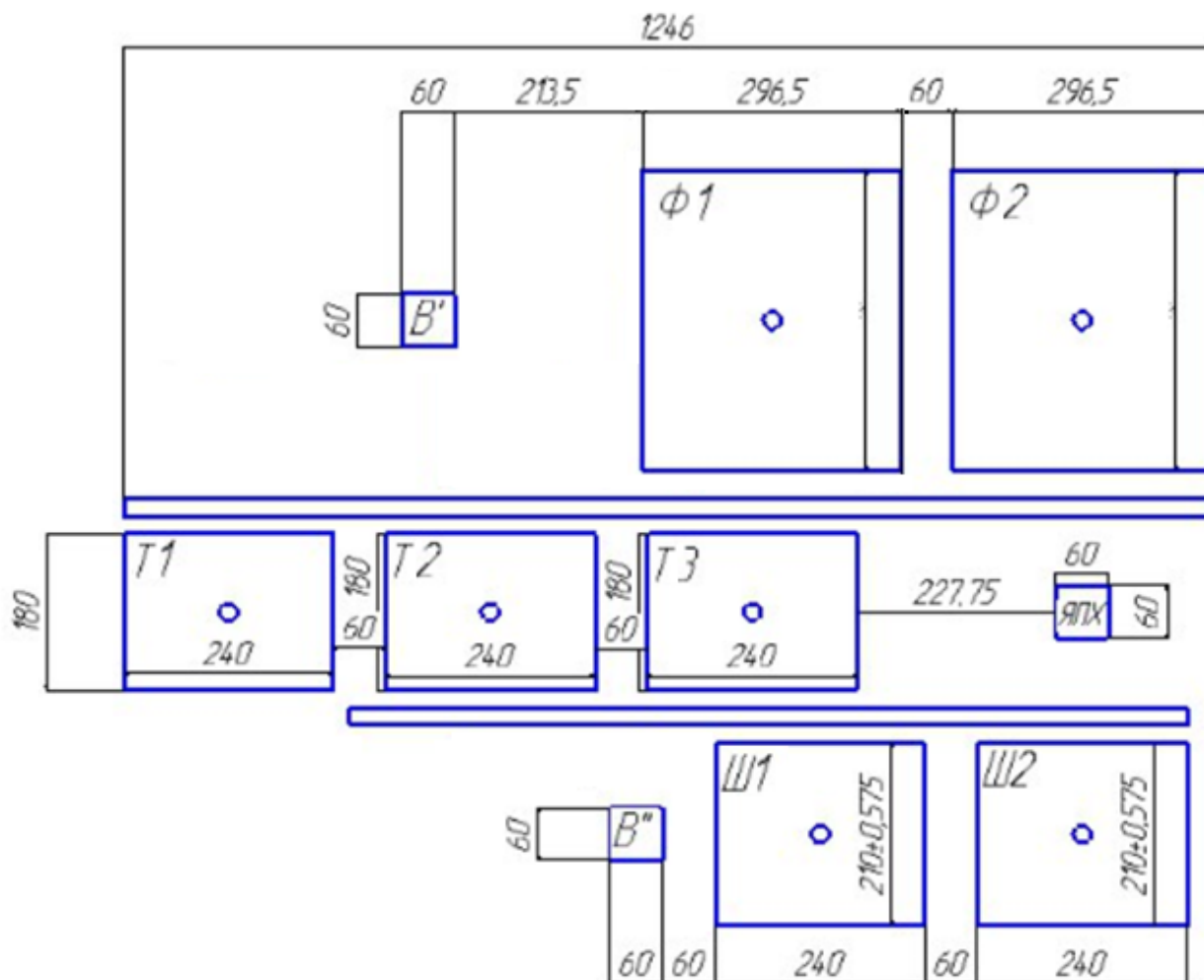


Рисунок 6 – Структура компоновки 2

B' – вход (кассета).

Ф1 – фрезерная операция 005 – станок 6Р13Ф3.

Ф2 – фрезерная операция 010 – станок 6Р13Ф3.

Т1 – токарная операция 020 – станок 16К20Ф3.

Т2 – токарная операция 025 – станок 16К20Ф3.

Т3 – токарная операция 030 – станок 16К20Ф3.

Ш1 – круглошлифовальная операция 040 – станок 3М151Ф2.

Ш2 – круглошлифовальная операция 045 – станок 3М151Ф2.

ЯПХ – шаговый транспортер.

В'' – выход (кассета).

Описание ГАК

На вход заготовки подаются в 3 кассетах (16 деталей). Время обработки всех заготовок составляет 2,24 ч.

Станки Ф1, Ф2 выполняют фрезерование, станки Т1–Т3 выполняют токарные операции. Станки Ш1, Ш2 выполняют шлифование. Все станки обслуживаются двумя портальными роботами FANUC R-2000iB_200T с одним схватом.

Алгоритм работы

Алгоритм работы представлен в табл. 2.

Состояние схвата 1 – в схвате находится деталь.

Состояние схвата 0 – схват пустой.

Состояние оборудования 1 – оборудование работает.

Состояние оборудования 0 – оборудование не работает.

l – протяженность траектории.

t – время прохождения траектории.

Коэффициенты загрузки работа и станков

$$K_3^P = \frac{\sum t_p^P}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 76\% \quad \text{Коэффициент загрузки работа}$$

$$K_3^{\text{СТ}} = \frac{\sum t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 88,5\% \quad \text{Коэффициент загрузки станков Ф1, Ф2}$$

$$K_3^{\text{СТ}} = \frac{\sum t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 75,3\% \quad \text{Коэффициент загрузки станков Т1–Т3}$$

$$K_3^{\text{СТ}} = \frac{\sum t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 83\% \quad \text{Коэффициент загрузки станков Ш1, Ш2}$$

Времена тактов выпуска и цикла

Такт выпуска 1	87 с
Такт выпуска 2	68 с
Такт выпуска 3	79,5 с
Время цикла	234,5 с

Таблица 2 – Алгоритм работы ГАК (компоновка 2)

№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка Ф1	Состояние станка Ф2	Состояние станка Т1	Состояние станка Т2	Состояние станка Т3	<i>l</i> (м)	<i>t</i> (сек)
Робот, обслуживающий В' – ЯПХ									
1	Разгрузка Т3	0	1	1	1	1	0	0,9	1
2	Переход от Т3 к ЯПХ	1	1	1	1	1	0	3,778	1,7
3	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	0	0,3	0,4
4	Переход от ЯПХ к Ф2	0	1	1	1	1	0	2,625	2,9
5	Разгрузка Ф2	0	1	0	1	1	0	1,725	2
6	Переход от Ф2 к Т3	1	1	0	1	1	0	6,4	4,4
7	Загрузка Т3	1	1	0	1	1	0	0,9	1
8	Переход от Т3 к Ф1	0	1	0	1	1	1	3,35	2,9
9	Разгрузка Ф1	0	0	0	1	1	1	1,85	2,1
10	Переход от Ф1 к Ф2	1	0	0	1	1	1	4,3	1,5
11	Загрузка Ф2	1	0	0	1	1	1	1,725	2
12	Переход от Ф2 ко входу	0	0	1	1	1	1	7,3	2,7
13	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	0,3	0,4
14	Переход от входа к Ф1	1	0	1	1	1	1	3	1,4
15	Загрузка Ф1	1	0	1	1	1	1	1,85	2,1
16	Переход от Ф1 к Т1	0	1	1	1	1	1	7,8	5,7
17	Разгрузка Т1	0	1	1	0	1	1	0,9	1
18	Переход от Т1 к ЯПХ	1	1	1	0	1	1	9,778	3,9
19	Загрузка ЯПХ	1	1	1	0	1	1	0,3	0,4
20	Переход от ЯПХ к Ф2	0	1	1	0	1	1	2,625	2,9
21	Разгрузка Ф2	0	1	0	0	1	1	1,725	2
22	Переход от Ф2 к Т1	1	1	0	0	1	1	12,4	6,8
23	Загрузка Т1	1	1	0	0	1	1	0,9	1

[illegible]

№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка Ш1	Состояние станка Ш2	l (м)	t (сек)
1	Разгрузка Ш2	0	1	0	1,05	1,4
2	Переход от Ш2 к выходу	1	1	0	2,1	0,8
3	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	0,4
4	Переход от выхода к ЯПХ	0	1	0	10,5	3,22
5	Простой	0	1	0	0	12,6
6	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	0,3	0,4
7	Переход от ЯПХ к Ш2	1	1	0	8,4	2,4
8	Загрузка Ш2	1	1	0	1,05	1,4
9	Переход от Ш2 к Ш1	0	1	1	6	2,4
10	Разгрузка Ш1	0	0	1	1,05	1,4
11	Переход от Ш1 к выходу	1	0	1	8,1	3,2
12	Загрузка выхода	1	0	1	0,3	0,4
13	Переход от выхода к ЯПХ	0	0	1	10,5	3,2
14	Простой	0	0	1	0	20,6
15	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	0,3	0,4
16	Переход от ЯПХ к Ш1	1	0	1	2,4	2
17	Загрузка Ш1	1	0	1	1,05	1,4
27	Переход от Ш1 к Ш2	0	1	1	3	1,2
28	Разгрузка Ш2	0	1	0	1,05	1,4
29	Переход от Ш2 к выходу	1	1	0	2,1	0,8
30	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	0,4

Компоновка 3

Структура компоновки

В данной компоновке рассмотрим расположение станков, обслуживаемых двумя портальными роботами, связанными ячейкой ЯПХ (рис. 7).

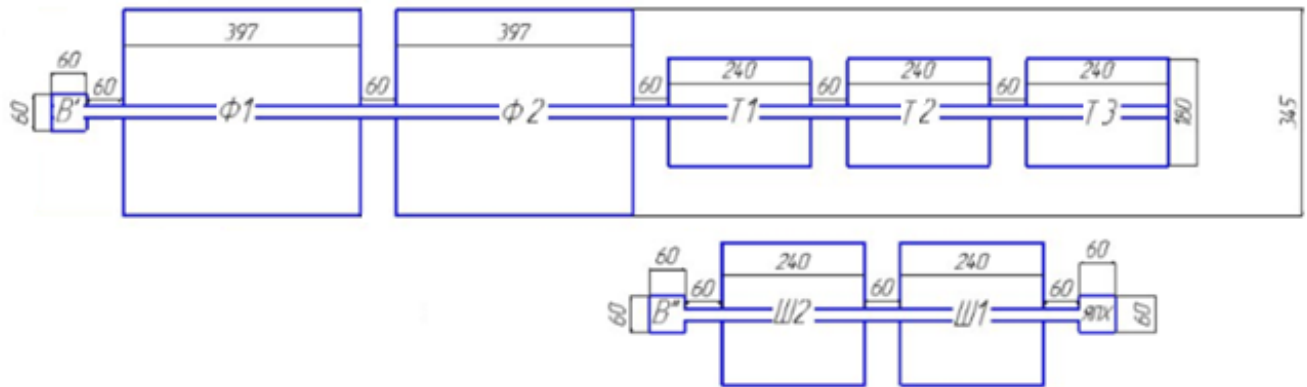


Рисунок 7 – Структура компоновки 3

В' – вход (кассета).

Ф1 – фрезерная операция 005 – станок 6Р13Ф3.

Ф2 – фрезерная операция 010 – станок 6Р13Ф3.

Т1 – токарная операция 020 – станок 16К20Ф3.

Т2 – токарная операция 025 – станок 16К20Ф3.

Т3 – токарная операция 030 – станок 16К20Ф3.

Ш1 – круглошлифовальная операция 040 – станок 3М151Ф2.

Ш2 – круглошлифовальная операция 045 – станок 3М151Ф2.

ЯПХ – шаговый транспортер.

В'' – выход (кассета).

Описание ГАК

На вход заготовки подаются в 3 кассетах (16 деталей). Время обработки всех заготовок составляет 2,54 ч.

Станки Ф1, Ф2 выполняют фрезерование, станки Т1–Т3 выполняют токарные операции. Станки Ш1, Ш2 выполняют шлифование. Все станки обслуживаются одним портальным роботом FANUC R-2000iB_200T с одним схватом.

Алгоритм работы

Алгоритм работы представлен в табл. 3.

Состояние схвата 1 – в схвате находится деталь.

Состояние схвата 0 – схват пустой.

Состояние оборудования 1 – оборудование работает.

Состояние оборудования 0 – оборудование не работает.

l – протяженность траектории.

t – время прохождения траектории.

Коэффициенты загрузки работа и станков

$$K_3^P = \frac{\sum t_p^P}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 76\%$$

Коэффициент загрузки работа

$$K_3^{\text{Ст}} = \frac{\sum t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 73,5\%$$

Коэффициент загрузки станков Ф1, Ф2

$$K_3^{\text{Ст}} = \frac{\sum t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 75,7\%$$

Коэффициент загрузки станков Т1–Т3

$$K_3^{\text{Ст}} = \frac{\sum t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 63\%$$

Коэффициент загрузки станков Ш1, Ш2

Времена тактов выпуска и цикла

Такт выпуска 1	87,5 с
----------------	--------

Такт выпуска 2	84 с
----------------	------

Такт выпуска 3	96 с
----------------	------

Время цикла	267,5 с
--------------------	----------------

Таблица 3 – Алгоритм работы ГАК (компоновка 3)

№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка Ф1	Состояние станка Ф2	Состояние станка Т1	Состояние станка Т2	Состояние станка Т3	<i>l</i> (м)	<i>t</i> (сек)
Робот, обслуживающий В' – ЯПХ									
1	Разгрузка Т3	0	1	1	1	1	0	0,9	1
2	Переход от Т3 к ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1,8	1,7
3	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	0	0,3	0,4
4	Переход от ЯПХ к Ф2	0	1	1	1	1	0	13,16	6,8
5	Разгрузка Ф2	0	1	0	1	1	0	1,725	2
6	Переход от Ф2 к Т3	1	1	0	1	1	0	9,785	3,9
7	Загрузка Т3	1	1	0	1	1	0	0,9	1
8	Переход от Т3 к Ф1	0	1	0	1	1	1	13,5	5,4
9	Разгрузка Ф1	0	0	0	1	1	1	1,85	2,1
10	Переход от Ф1 к Ф2	1	0	0	1	1	1	3,715	1,5
11	Загрузка Ф2	1	0	0	1	1	1	1,725	2
12	Переход от Ф2 ко входу	0	0	1	1	1	1	5,745	2,7
13	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	0,3	0,4
14	Переход от входа к Ф1	1	0	1	1	1	1	3	1,4
15	Загрузка Ф1	1	0	1	1	1	1	1,85	2,1
16	Переход от Ф1 к Т1	0	1	1	1	1	1	7,5	3
17	Разгрузка Т1	0	1	1	0	1	1	0,9	1
18	Переход от Т1 к ЯПХ	1	1	1	0	1	1	7,8	3,1
19	Загрузка ЯПХ	1	1	1	0	1	1	0,3	0,4
20	Переход от ЯПХ к Ф2	0	1	1	0	1	1	7,8	3,1
21	Простой	0	1	1	0	1	1	0	1,6

22	Разгрузка Ф2	0	1	0	0	1	1	1,725	2
23	Переход от Ф2 к Т1	1	1	0	0	1	1	3,785	1,5
24	Загрузка Т1	1	1	0	0	1	1	0,9	1
25	Переход от Т1 к Ф1	0	1	0	1	1	1	7,5	3
26	Разгрузка Ф1	0	0	0	1	1	1	1,85	2,1
27	Переход от Ф1 к Ф2	1	0	0	1	1	1	4,3	1,5
28	Загрузка Ф2	1	0	0	1	1	1	1,725	2
29	Переход от Ф2 ко входу	0	0	1	1	1	1	7,3	2,7
30	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	0,3	0,4
31	Переход от входа к Ф1	1	0	1	1	1	1	3	1,4
32	Загрузка Ф1	1	0	1	1	1	1	1,85	2,1
33	Переход от Ф1 к Т2	0	1	1	1	1	1	10,5	4,2
34	Разгрузка Т2	0	1	1	1	0	1	0,9	1
35	Переход от Т2 к ЯПХ	1	1	1	1	0	1	4,8	2,5
36	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	0	1	0,3	0,4
37	Переход от ЯПХ к Ф1	0	1	1	1	0	1	7,8	3,1
38	Простой	0	1	1	1	0	1	0	0,4
39	Разгрузка Ф1	0	1	0	1	0	1	1,725	2
40	Переход от Ф1 к Т2	1	1	0	1	0	1	6,785	2,7
41	Загрузка Т2	1	1	0	1	0	1	0,9	1
42	Переход от Т2 к Ф1	0	1	0	1	1	1	10,5	4,2
43	Разгрузка Ф1	0	0	0	1	1	1	1,85	2,1
44	Переход от Ф1 к Ф2	1	0	0	1	1	1	4,3	1,5
45	Загрузка Ф2	1	0	0	1	1	1	1,725	2
46	Переход от Ф2 ко входу	0	0	1	1	1	1	7,3	2,7
47	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	0,3	0,4
48	Переход от входа к Ф1	1	0	1	1	1	1	3	1,4
49	Загрузка Ф1	1	0	1	1	1	1	1,85	2,1
50	Переход от Ф1 к Т3	0	1	1	1	1	1	13,5	5,4

51	Разгрузка ТЗ	0	1	1	1	1	0	0,9	1
52	Переход от ТЗ к ЯПХ	1	1	1	1	1	0	2,5	0,7
53	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	0	0,3	0,4

Робот, обслуживающий ЯПХ – В”

№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка Ш1	Состояние станка Ш2	<i>l</i> (м)	<i>t</i> (сек)
1	Разгрузка Ш2	0	1	0	1,05	1,4
2	Переход от Ш2 к выходу	1	1	0	2,1	0,8
3	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	0,4
4	Переход от выхода к ЯПХ	0	1	0	10,2	4,1
5	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	0,3	0,4
6	Переход от ЯПХ к Ш2	1	1	0	5,7	2,3
7	Загрузка Ш2	1	1	0	1,05	1,4
8	Переход от Ш2 к Ш1	0	1	1	6	2,4
9	Разгрузка Ш1	0	0	1	1,05	1,4
10	Переход от Ш1 к выходу	1	0	1	8,1	3,2
11	Загрузка выхода	1	0	1	0,3	0,4
12	Переход от выхода к ЯПХ	0	0	1	10,2	4,1
13	Простой	0	0	1	0	16,2
14	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	0,3	0,4
15	Переход от ЯПХ к Ш1	1	0	1	2,1	0,8
16	Загрузка Ш1	1	0	1	1,05	1,4
26	Переход от Ш1 к Ш2	0	1	1	3	1,2
27	Разгрузка Ш2	0	1	0	1,05	1,4
28	Переход от Ш2 к выходу	1	1	0	2,1	0,8

29	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	0,4
30	Переход от выхода к ЯПХ	0	1	0	10,2	4,1
31	Простой	0	1	0	0	22,6
32	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	0,3	0,4
33	Переход от ЯПХ к Ш2	1	1	0	5,7	2,3
34	Загрузка Ш2	1	1	0	1,05	1,4
35	Переход от Ш2 к Ш1	0	1	1	6	2,4
36	Разгрузка Ш1	0	0	1	1,05	1,4
37	Переход от Ш1 к выходу	1	0	1	8,1	3,2
38	Загрузка выхода	1	0	1	0,3	0,4

В качестве примера для компоновки 2 построим компоновку (Приложение 1) и циклограмму (Приложение 2).

Подобные объекты должны быть представлены в графической части на формате А1.

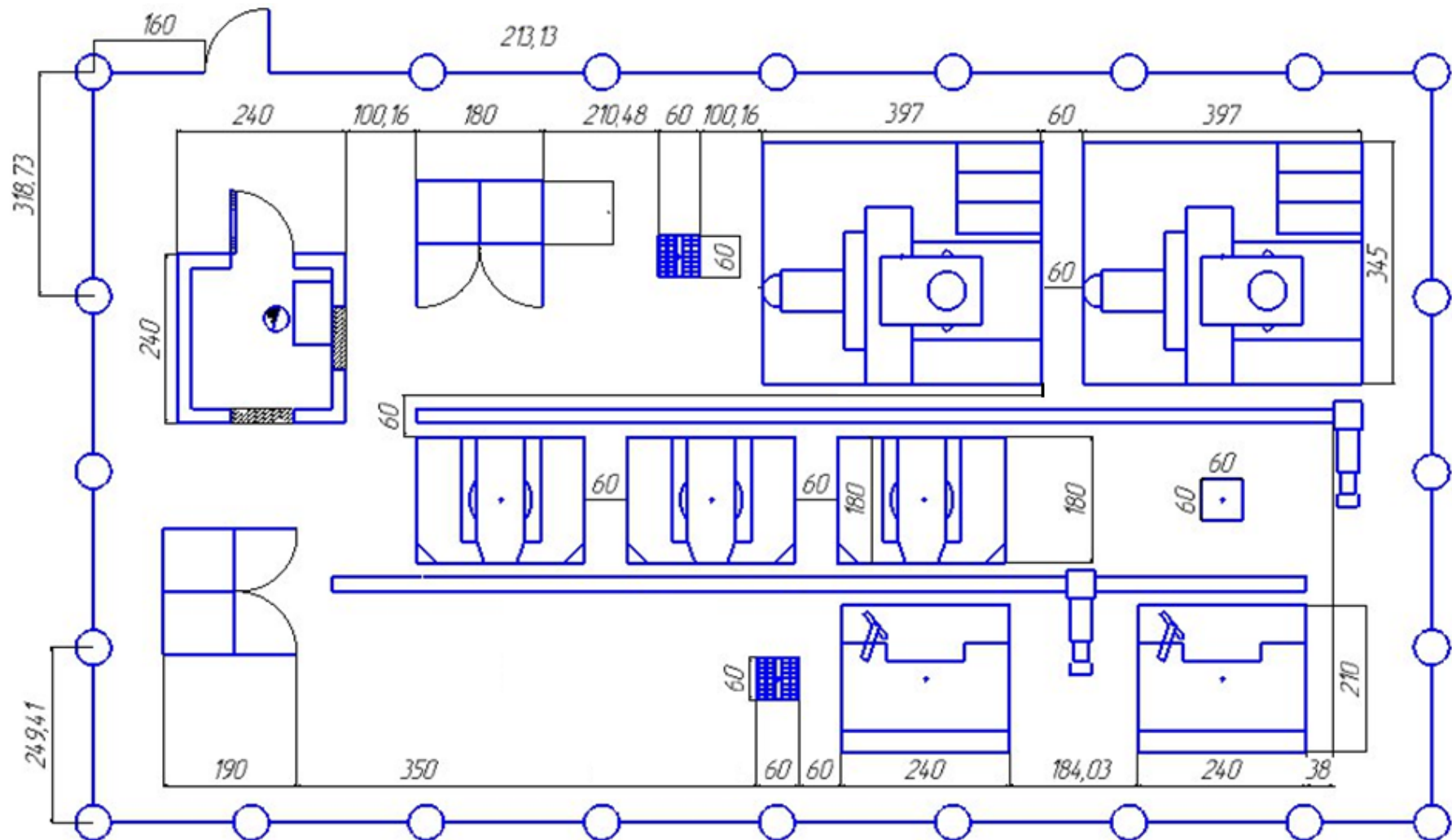
Безопасность функционирования ГАК обеспечивается наличием ограждения по периметру площади, занимаемой ГАК. В разрывах ограждения ГАК обеспечиваются проезды для вспомогательных транспортных средств (погрузчиков), обеспечивающих ввоз накопителей заготовок и вывоз накопителей обработанных деталей.

Список используемых источников

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс] : учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. – Саратов : Вузовское образование, 2015. – 459 с. – (Высшее образование).
2. Галас В.П. Автоматизация проектирования систем и средств управления [Электронный ресурс] : учебник / В.П. Галас. – Владимир : ВлГУ, 2015. – 255 с. : ил. – ISBN 978-5-9984-0609-6.
3. Фурсенко С.Н. Автоматизация технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск : Новое знание, 2015; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 376 с. : ил. – (Высшее образование). – ISBN 978- 985-475-712-4.

Приложение 1

Вид сверху



Приложение 2

Циклограмма итоговой компоновки

