

микропроцессором, программатора; блока логики; датчиков абсолютного значения.

Платы контроллеров сервоприводов осей А1...А6 предназначены для управления работой двигателей манипулятора по определенному закону.

Блок логики предназначен для сбора, переработки, согласования и перераспределения сигналов связи, защиты, контроля, сигнализации между периферией, узлом управления и силовым узлом. Предназначен для самообследования системы управления роботом и сигнализации об ошибках работы.¹

3. Проектирование РТК.

3.1. Описание технологического процесса сборки и сварки.

Для сварки изделия выбрана точечная сварка т.к. данный тип сварки имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами сварки:

- сниженный расход электроэнергии по сравнению с иными видами сварки;
- высокая производительность;
- возможность более гибкой механизации и автоматизации процессов изготовления деталей;
- сокращение расхода основных и вспомогательных материалов (при сварке изделия, толщины которой в пределах свариваемого металла колеблются от 0.5 до 3 мм, наиболее рационально применять именно точечную сварку).

Технологический процесс, протекающий в РТК, является частью общего производственного процесса. Фактические основные операции производимые РТК — это сборка и создание сварного соединения двух приварных гаек

¹ Климов А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие для вузов/ А. С. Климов, Н. Е. Машнин – 4-ое. изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 236с.: ил. – Текст: непосредственный.

1/40988/00 с кронштейном поперечным крайним правым в соответствии с исходными данными.

Зоны А, Б и В на рисунке 3.1 являются зонами технологического перехода. В зоне А подготовленная очищенная и высушенная заготовка кронштейна подается в рабочую зону робота 01R03, который устанавливает заготовку на поворотном столе 4. Робот 01R03 синхронизирует свою скорость с поворотным столом в зависимости от загруженности стола. В зоне Б происходит загрузка конвейера подачи 2 приварными гайками. Приварные гайки транспортируются конвейером 2 к чашечному вибротранспортеру 3 в который гайки ссыпаются посредством желоба. Таким образом оказавшиеся в рабочей зоне робота 01R02 заготовка кронштейна и приварная гайка перемещаются роботом 01R02 на стойку 9, где при помощи системы прижимов фиксируются заготовка и две приварные гайки.

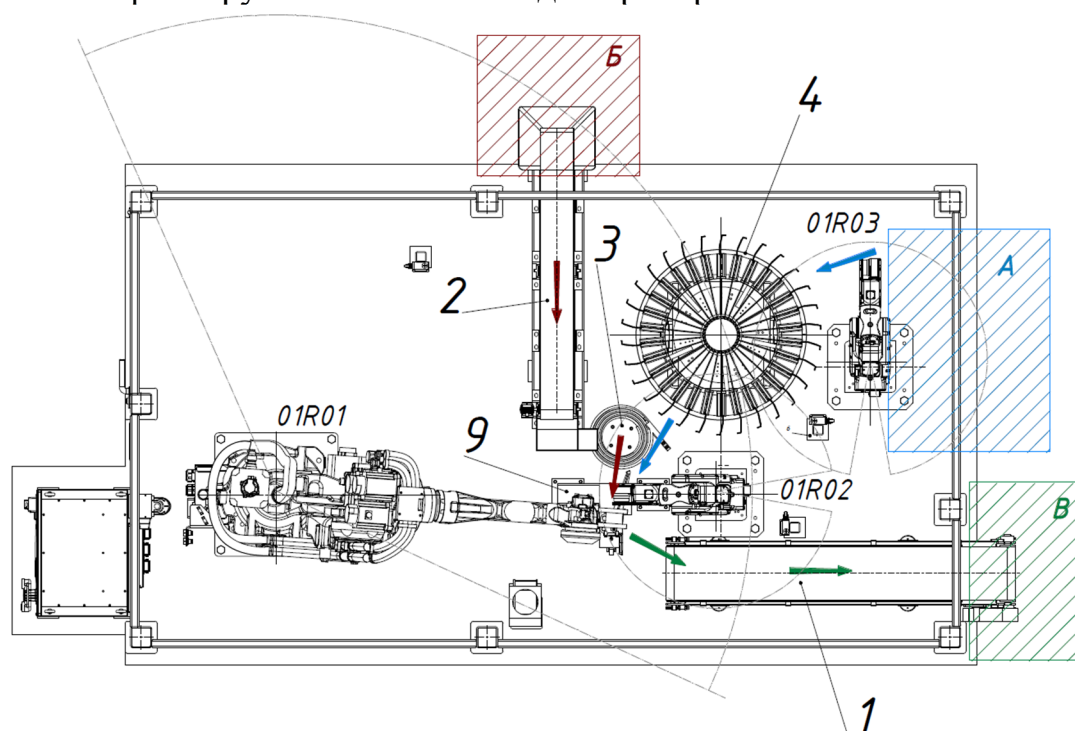


Рисунок 3.1. – Схема технологического процесса РТК.

Далее происходит непосредственно сваривание заготовки и двух приварных гаек. Максимальный сварочный ток пистолета точечной сварки Yaskawa составляет 36 кА. Контроллер MOTOMAN YRC1000 контролирует положение сварочных щипцов, а также позволяет фиксировать поломки электрододержателя или самого электрода. Многоступенчатая функция

давления электродов при закрытии щипцов является расширением обычных команды сварки - после закрытия пистолета можно запустить источник питания до четырех раз при различных значениях давления и условий сварки, что обеспечивает высококачественную точечную сварку.

Программное обеспечение для связи сварочного таймера и двигателя щипцов пистолета легко позволяет откалибровать пистолет и обеспечивает самообучение робота.

После фиксации заготовки и приварных гаек (см. рисунок 3.2) проходит операция рельефной сварки.

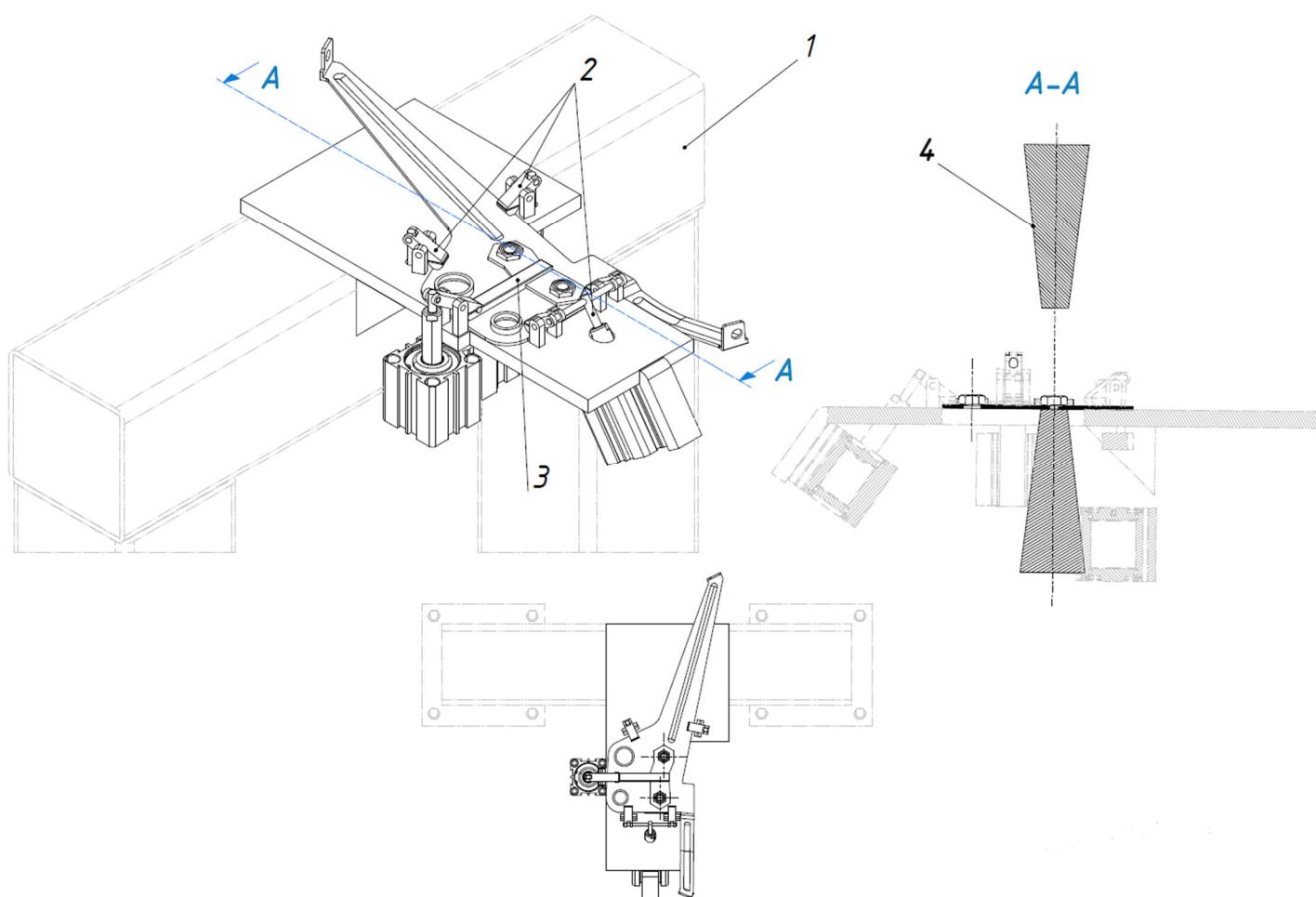


Рисунок 3.2. – Схема фиксации заготовки с приварными гайками. 1-стойка, 2-прижимы заготовки, 3-держатель приварных гаек, 4-электрод.

Шестигранная приварная гайка 1/40988/00 (см. рисунок 3.3) с тремя рельефами для быстрой фиксации по отверстиям с диаметром резьбы 8 мм приваривается к листовой стали толщиной 2 мм.

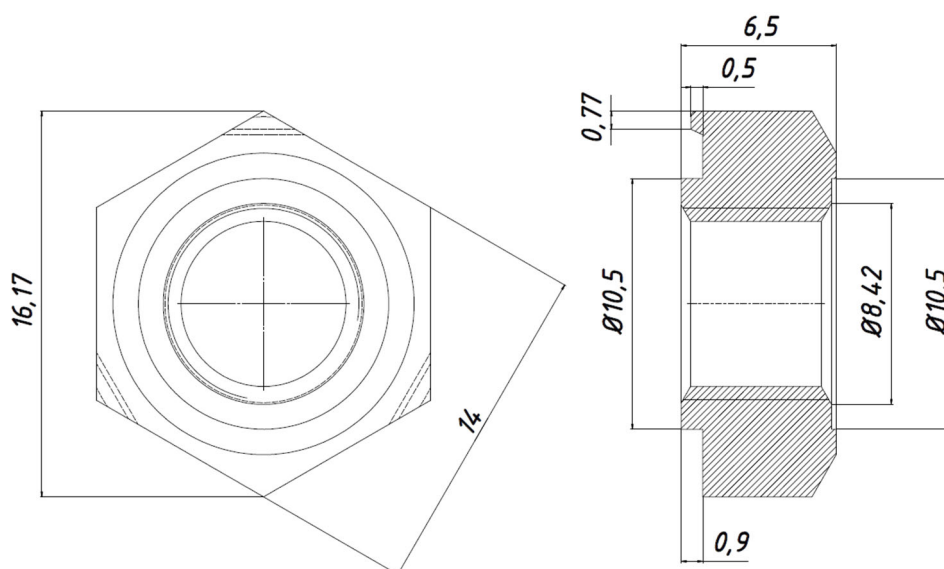


Рисунок 3.3. – Размеры приварной гайки 1/40988/00.

Рельефные выступы 1 на плоскости приварной гайки (см. рисунок 3.4) ограничивают начальную площадь контакта гайки и кронштейна в результате чего при сварке в этих областях повышается плотность сварного тока $I_{св}$ и скорость тепловыделения. Из-за наличия зазора 3 возможно шунтирование сварочного тока. При нагреве рельефы 1 постепенно деформируются, пропуская ток $I_{св}$ и на определенной стадии процесса сварки в месте контакта заготовок формируется зона расплавления.

Приварная гайка прижимается к пластине кронштейна с усилием привода пистолета $F_{\Pi} = 4,5 \text{ кН}$. Каждый рельеф сжимается сварочным усилием $F_{св} = F_{\Pi}/3 = 1,5 \text{ кН}$. Между рельефами разделяется и ток источника питания пистолета $I_{св} = I_{\Pi}/3$. Значения $I_{св}$ и $t_{св}$ принимаем равными 11 кА и $1,1 \text{ с}$ соответственно исходя из ориентировочных рекомендаций для данного способа сварки без учета шунтирования [2,50]. Для повышения пластичности и прочности соединения сталь 08ГСЮФ подвергается дополнительной термообработке вторым импульсом $I_{дон.} = 0,7 * I_{св} = 7,7 \text{ кА}$, длительность которого назначается с учетом небольших потребных значений $t_{св}$ для стали А4; $t_{дон.} = 1,5 * t_{св} = 1,65 \text{ с}$. Пауза между импульсами тока сварки и термообработки $t_n = 1,3 * t_{св} = 1,43 \text{ с}$.

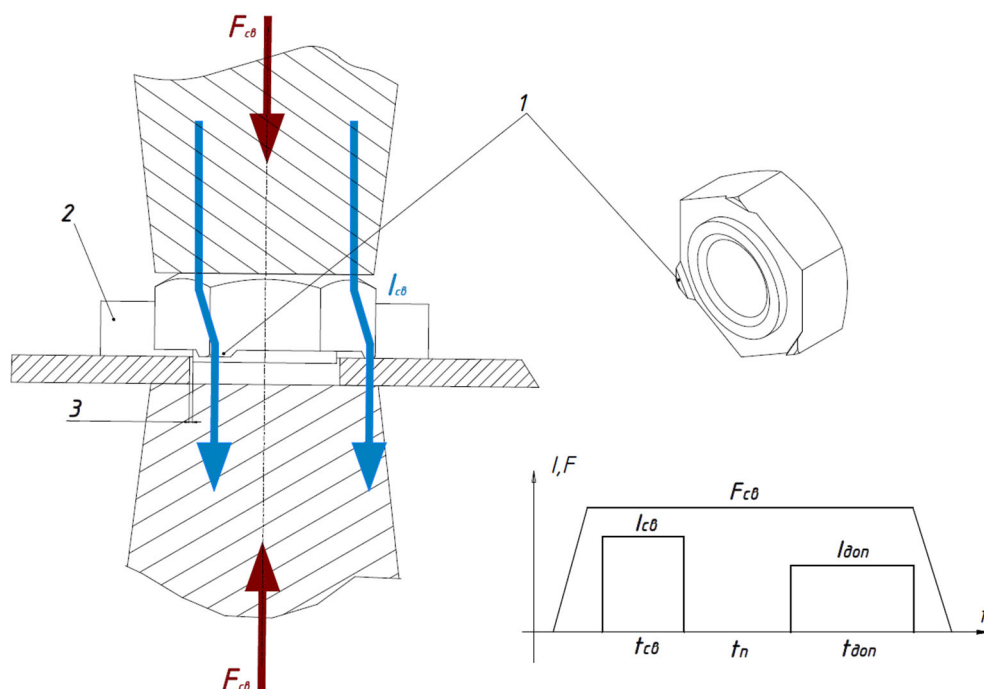


Рисунок 3.4. – Процесс рельефной сварки. 1-рельефный выступ, 2-фиксатор, 3-зазор 0,25мм.

После выключения тока расплав охлаждается и кристаллизуется с образованием трех ядер, окруженных уплотняющим пояском пластически деформированного металла, по которому соединение сформировалось без расплавления (см. рисунок 3.5).

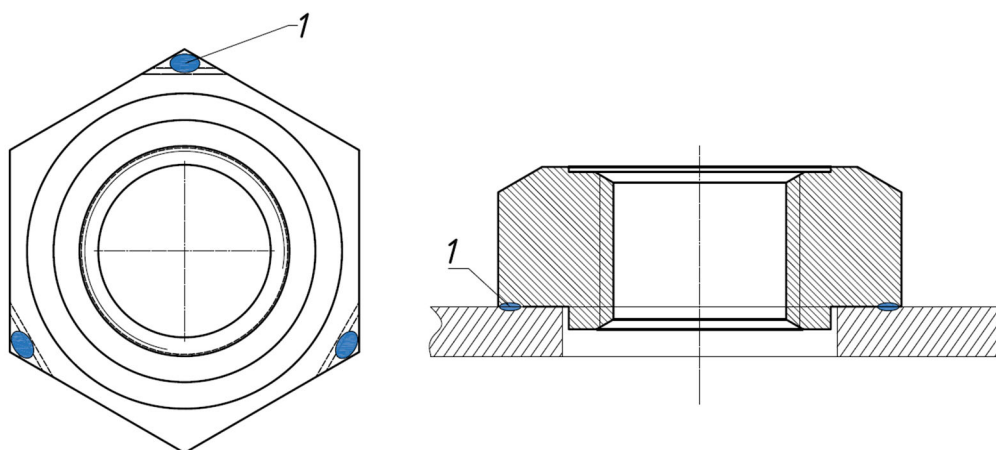
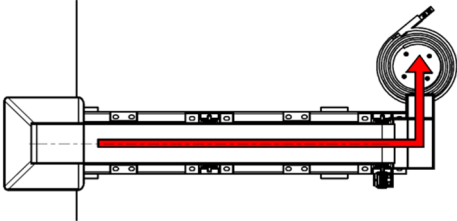
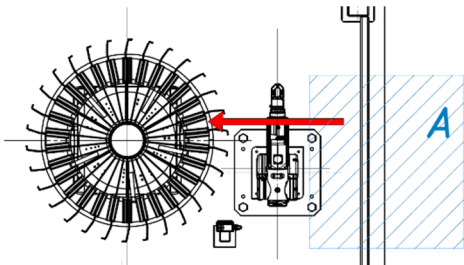
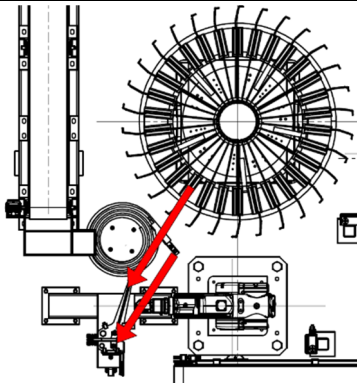
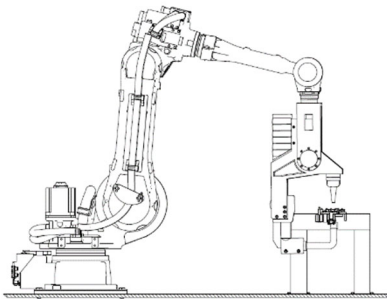
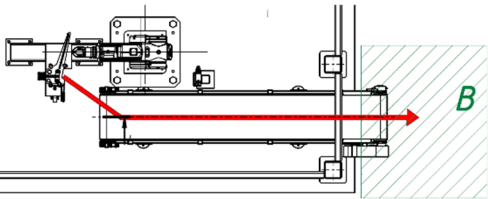


Рисунок 3.5. – Приваренная гайка. 1-ядро рельефной сварки.

После операции сваривания происходит отвод пневмозажимов системы прижимов стойки 9 и робот 01R02 перемещает готовую деталь на конвейер 1 (см. рисунок 3.1) по которому деталь перемещается в зону В – зону, в которую поступает готовая деталь для участия в следующих операциях техпроцесса.

3.2. Технологическая карта процесса сборки и сварки.

№ п/п	Содержание операции	Эскиз операции	Оборудование, приспособление, инструмент и вспомогательные материалы
1	Транспортирование приварных гаек к чашечному бункеру		1. Ленточный конвейер с желобом для подачи приварных гаек (Завод конвейерного оборудования ООО «Траяна») 2. Чашечный вибротранспортер для приварных гаек RNA TAG- Z 200 (324)-20-105
2	Установка заготовок на поворотном столе		1. Робот 01R03 2. Поворотный стол Yaskawa SB-250
3	Фиксация сборки заготовок в зоне сварки		1. Робот 01R02 2. Стойка с системой прижимов для фиксации заготовок для сваривания
4	Автоматическая сварка сборки $I_{св}=11\text{ кА}$ $F_{п}=4,5\text{ кН}$ $t_{св}=1,1\text{ с}$ $t_{п}=1,43\text{ с}$ $I_{доп}=7,7\text{ кА}$ $t_{доп}=1,65\text{ с}$		1. Робот 01R01 2. Стойка с системой прижимов для фиксации заготовок для сваривания
5	Перемещение готовой детали в зону следующей технологической операции		1. Робот 01R02 2. Стойка с системой прижимов для фиксации заготовок для сваривания 3. Ленточный конвейер выдачи готовой продукции (Завод конвейерного оборудования ООО «Траяна»)

3.3. Выбор технологического оборудования

Выбор технологического оборудования осуществляется в зависимости от технологического процесса потребного для выполнения потребной технологической операции.

Входящее в состав РТК технологическое оборудование должно обеспечивать:

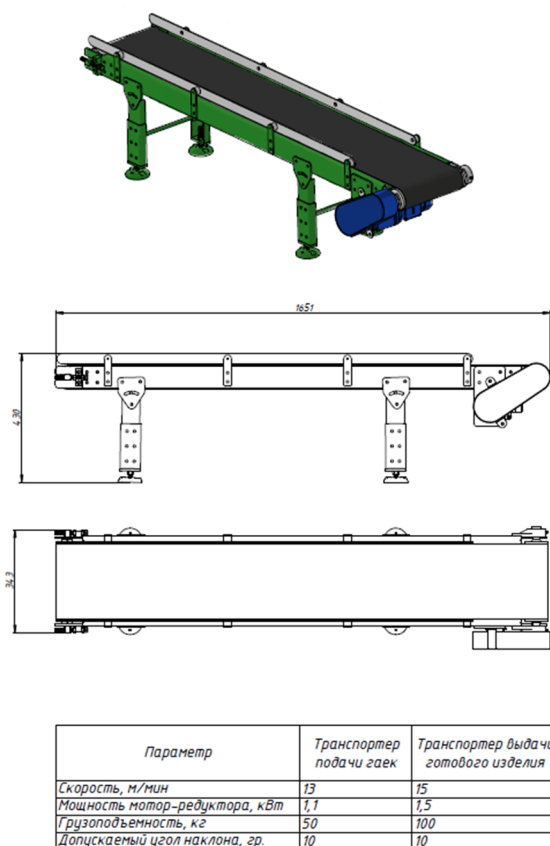
- полную автоматизацию цикла обработки детали;
- надежное базирование и автоматический зажим заготовки в рабочей зоне;
- свободный доступ захватного устройства промышленного робота в рабочую зону;
- стыковку системы управления и электроавтоматики с промышленным роботом и вспомогательными устройствами для преобразования и передачи технологических команд;
- контроль наличия детали в рабочей зоне, правильности ее расположения и базирования в зажимных приспособлениях;
- автоматизацию ограждения рабочей зоны.

Выбор вспомогательных устройств осуществляется в зависимости от типа, формы, массы, материала и размеров деталей, технологических схем оборудования и серийности производства.

Для транспортировки приварных гаек в зону сборки и сварки применяются ленточные конвейеры российской компании ООО «Траяна», характеристики которых приведены на рисунке 3.6. Конвейеры имеют достаточно простое конструктивное исполнение и относительно невысокую стоимость. Ленточные конвейеры являются одним из самых простых и доступных устройств для транспортировки. Такие агрегаты используются для перемещения материалов на разные расстояния. Основным рабочим органом у ленточного конвейера является гибкая транспортерная лента, выполняемая

из материалов на основе резины.

а)



б)

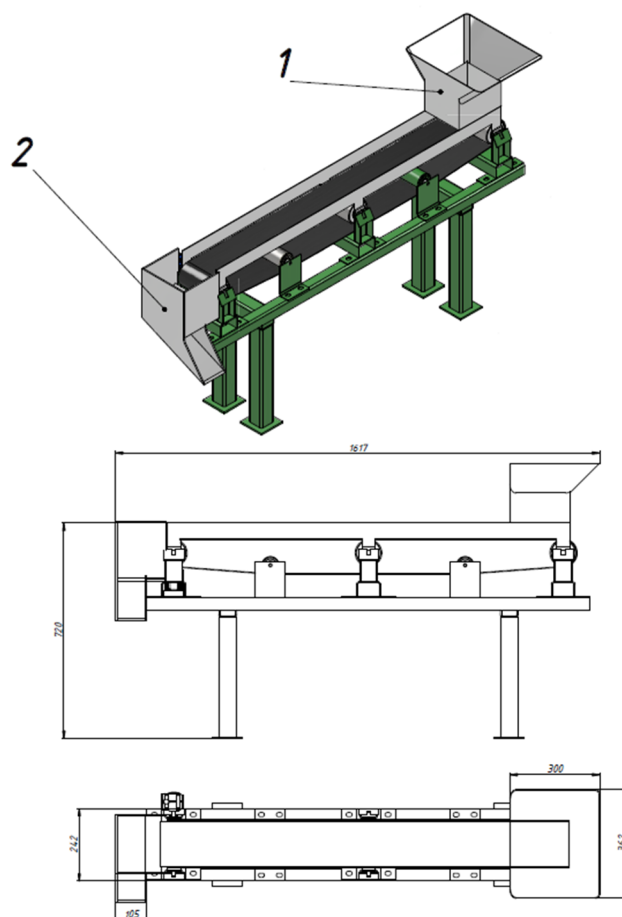


Рисунок 3.6. – Ленточные транспортеры: а) ленточный конвейер выдачи готовой продукции (Завод конвейерного оборудования ООО «Траяна»); б) ленточный конвейер с желобом для подачи приварных гаек (Завод конвейерного оборудования ООО «Траяна»), 1- желоб для приема приварных гаек, 2-желоб для подачи приварных гаек на чашечный вибротранспортер.

На рисунке 3.7 изображен поворотный стол Yaskawa SB-250 с максимальной нагрузкой 250кг. К диску стола закреплена выполненная из сортового проката оснастка 1 с резиновыми карманами 2 для фиксации заготовки кронштейна чтобы захваты роботов 01R02 и 01R03 могли надежно захватить заготовку. Посредством стола заготовка перемещается в рабочую зону робота 01R02, а также формирует буфер из заготовок пока робот 01R02 занят своими операциями. Максимальная окружная скорость стола – 41 м/мин, рабочая скорость – 3 м/мин.

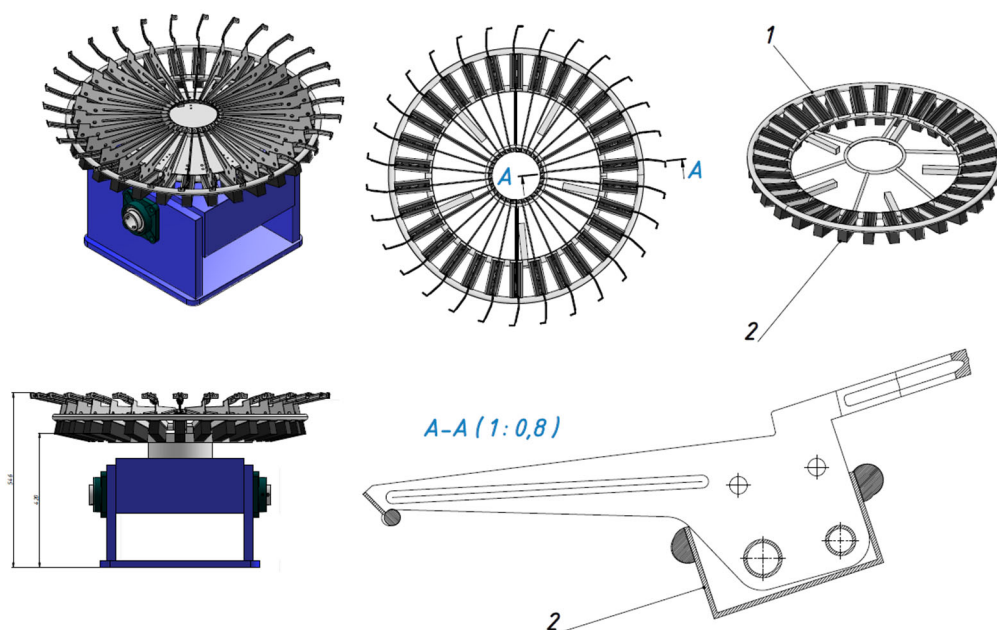


Рисунок 3.7. – Поворотный стол Yaskawa SB-250. 1- оснастка, 2-карман для заготовки.

Позиционирование под операцию точечной сварки осуществляется на стойке с системой прижимов (см. рисунок 3.8).

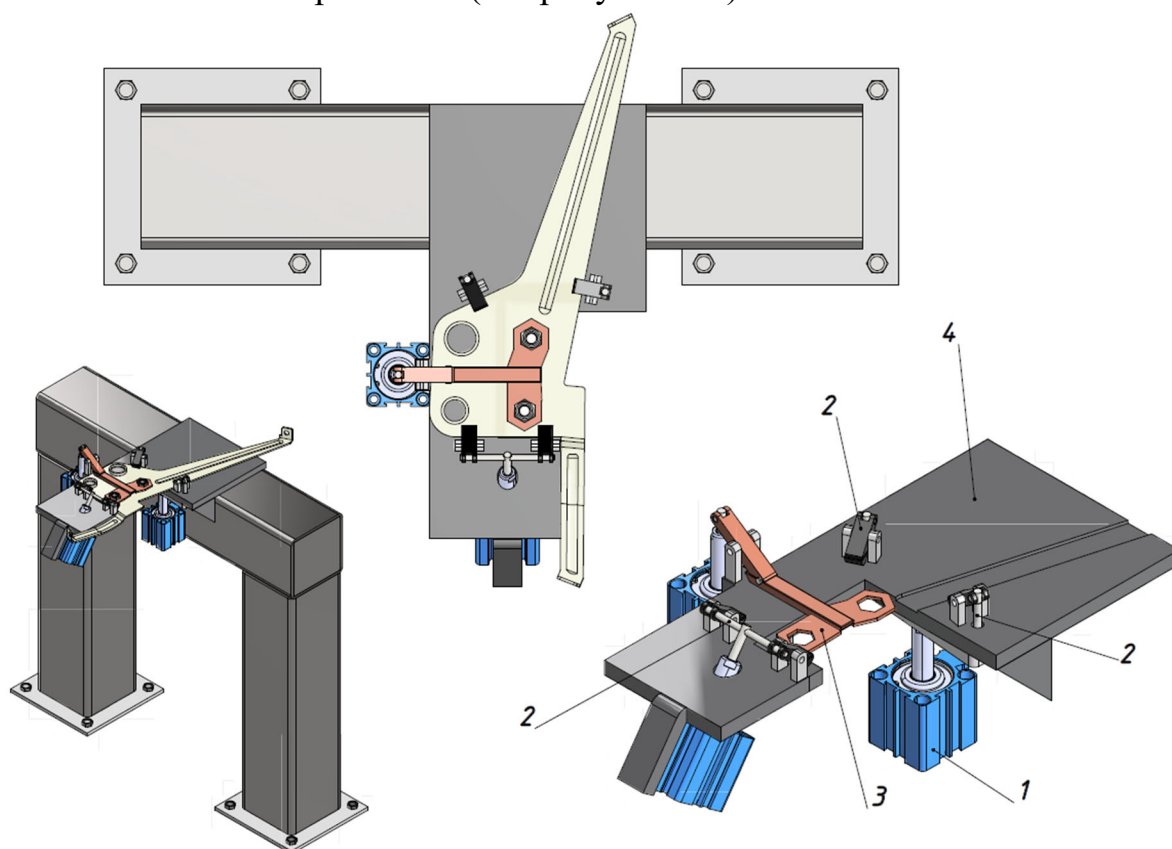


Рисунок 3.8. – Стойка с системой прижимов для фиксации заготовок для сваривания. 1-пневмоцилиндр SDA 32-10, 2-система прижимов, 3-фиксатор для гаек, 4-установочная платформа для заготовок.

После того как робот 01R02 установит заготовку кронштейна на платформу 4 срабатывает система зажимов 2. Далее срабатывает текстолитовый фиксатор 3 в отверстия которого робот 01R02 устанавливает две приварные гайки. Система прижимов с фиксатором гаек приводится в действие пневмоцилиндрами SDA 32-10 с ходом штока 10мм с рабочим усилием 473Н турецкой компании Rohhman.

Также в состав дополнительного оборудования включен чашечный вибротранспортер RNA TAG-Z 200 (324)-20-105 (см. рисунок 3.9) британской компании RNA Automated Systems, в задачи которого входит подача и позиционирование приварной гайки для захвата роботом 01R02. Перемещение гаек в чашечном вибротранспортере по лоткам осуществляется за счет инерции и трения, возникающих при колебании лотков. В качестве привода используют электромагнитные вибраторы. Объем чаши транспортера составляет 0,001 м.куб.

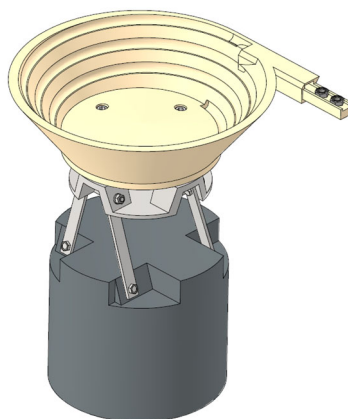


Рисунок 3.9. – Чашечный вибротранспортер RNA TAG-Z 200 (324)-20-105.

3.4. Планировка РТК.

Выбор планировки РТК сформирован исходя из габаритов и расположения рабочих зон оборудования, а также структурно-кинематических схем промышленных роботов Yaskawa Motoman GP4 и Motoman SP80 .

Промышленный робот Yaskawa Motoman SP80 является основным

технологическим оборудованием и установлен на позиции, позволяющей в полном объеме выполнить необходимые технологические операции. Все представленное на схеме планировки РТК вспомогательное оборудование размещено в пределах зоны обслуживания промышленных роботов в соответствии с технологическим процессом.

Оборудование, входящее в состав РТК, группируется в три основные подсистемы: подсистему обработки, подсистему обслуживания и подсистему контроля и управления. В подсистему обработки входит робот 01R01. Обслуживающая подсистема содержит автоматизированную транспортно-складскую систему (поз. 1,2,3,4 и роботы 01R02 и 01R03). Подсистема контроля и управления содержит комплекс технических программных средств контроля, измерения, регулирования, вычисления, логического управления, регистрации, аварийной защиты, обеспечивающих в совокупности требуемую информационно-логическую структуру алгоритма функционирования РТК, надежность и стабильность выполнения всех операций технологического процесса.

Для защиты от проникновения человека в рабочую зону робота выполнены ограждения. В РТК обеспечен свободный и безопасный доступ обслуживающего персонала к оборудованию и органам управления РТК. Пульт управления размещен вне зоны действия промышленных роботов. По периметру РТК расположено ограждение.

Планировка РТК представлена в приложении А.

3.5. Циклограмма работы РТК.

Циклограмма последовательности работы механизмов и узлов оборудования, входящего в состав комплекса, является практически алгоритмом его работы и служит исходной информацией для создания системы управления всем участком. Следует отметить отсутствие необходимости включать в циклограмму все механизмы комплекса, т.к.

многие группы механизмов управляются самостоятельно от своих систем управления.

Значения затрат времени на операции роботов определяются исходя из расстояний между оборудованием и максимально возможными скоростями перемещения исполнительных органов. Для разработки циклограммы необходимо рассчитать время использования каждого перехода работы промышленных роботов и время работы оборудования.

Длина трека чашечного транспортера составляет 2731 мм. Исходя из габарита приварной гайки (см. рисунок 3.3) и загрузки дна чаши транспортера диаметром 250мм в один слой имеем единоразовый объем загрузки чаши в размере 450шт – этого объема хватит на сборку и сварку 225 деталей. Загрузка чаши при скорости транспортера подачи гаек 5м/мин занимает 0,65с.

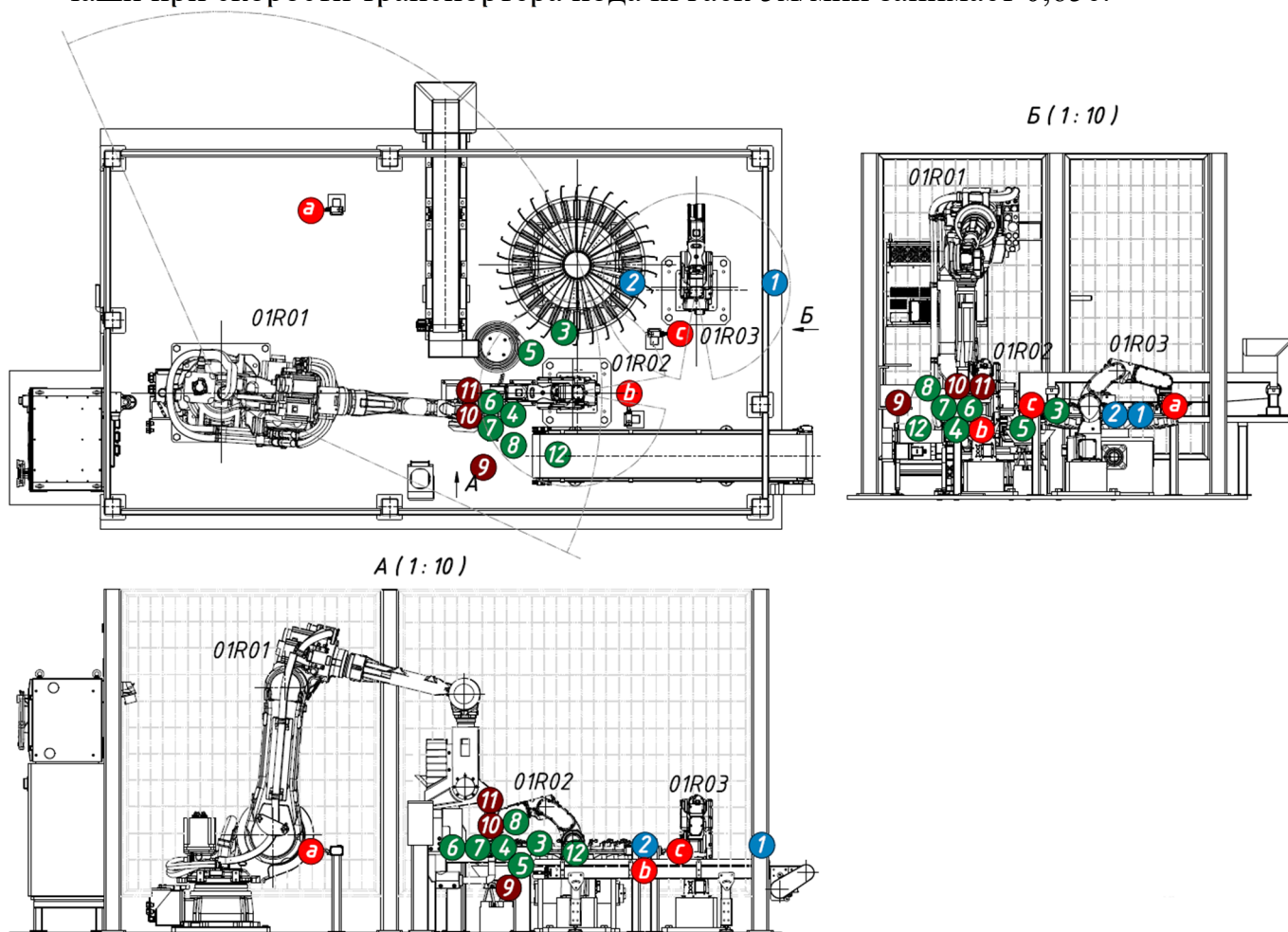


Рисунок 3.10. – Точки положения кистей манипуляторов РТК.

На рисунке 3.10 изображены точки в которые перемещаются кисти роботов. Точки *a*, *b* и *c*, обозначенные на рисунке красным цветом являются

точками в которых роботы касаются концевых выключателей в начале технологического процесса. Синим цветом обозначены точки перемещений кисти робота 01R03, зеленым - робота 01R02, коричневым – робота 01R01. Нумерация отображает последовательность операций, производимых роботами. На устройстве очистки электродов щипцы робота 01R01 появляются в случае появления соответствующего сигнала о загрязнении.

В таблице 3.1 приведены значения времени перемещений от точки к точке исходя из поворотов осей манипуляторов необходимых для перемещения и скоростей движения осей, заявленных в технических характеристиках роботов (см. таблица 2.2) по формуле:

$$t = \frac{S}{v};$$

где t – время на выполнение одной операции, с;

S – перемещение по каждой степени подвижности, °;

v – скорость перемещения манипулятора по каждой степени подвижности, °/с.

Таблица 3.1. Операции роботов SP80 и GP4.

№ п/п	Операция	Путь*	Перемещение оси, °						Время операции, с
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	
1	Робот 01R01 на концевом выключателе	a	0	0	0	0	0	0	0,00
2	Робот 01R02 на концевом выключателе	b	0	0	0	0	0	0	0,00
3	Робот 01R03 на концевом выключателе	c	0	0	0	0	0	0	0,00
4	Перемещение в точку забора заготовки	c - 1	120	67	40	1	105	92	0,75
5	Перемещение заготовки на поворотный стол	1 - 2	180	60	10	10	140	71	0,82
6	Перемещение в точку забора заготовки с поворотного стола	b - 3	100	10	20	0	15	3	0,29
7	Перемещение заготовки на стойку для фиксации и сварки	3 - 4	110	5	34	3	135	7	0,46
8	Перемещение в точку забора гайки №1	4 - 5	113	3	27	0	121	7	0,43
9	Перемещение приварной гайки №1 на стойку для фиксации и сварки	5 - 6	61	10	9	4	110	2	0,29
10	Перемещение в точку забора гайки №2	6 - 5	61	10	9	4	110	2	0,29
11	Перемещение приварной гайки №2 на стойку для фиксации и сварки	5 - 7	62	11	10	10	115	3	0,31

Продолжение таблицы 3.1. Операции роботов SP80 и GP4.

12	Перемещение в точку выстоя до момента завершения сварки	7 - 8	21	10	0	0	0	0	0,07
13	Перемещение сварочных клещей в рабочую позицию	а - 9	61	5	5	0	95	47	0,90
14	Перемещение сварочных клещей в позицию зафиксированной приварной гайки №1 и сварка гайки	9 - 10	13	28	18	0	0	0	0,39
15	Перемещение сварочных клещей в позицию зафиксированной приварной гайки №2 и сварка гайки	10 - 11	3	2	2	0	2	1	0,05
16	Перемещение сварочных клещей в рабочую позицию	11 - 9	19	25	16	4	2	3	0,43
17	Перемещение из точки выстоя в точку захвата готового изделия	8 - 4	25	25	100	0	150	93	0,61
18	Перемещение готового изделия на транспортер выдачи готовых изделий	4 - 12	75	4	20	0	105	4	0,32
19	Перемещение в точку забора заготовки с поворотного стола	12 - 3	95	15	55	2	125	27	0,52

*см. рисунок 3.10.

Циклограмма работы РТК представлена в приложении Б.

4. Обеспечение безопасности персонала.

4.1. Опасные и вредные факторы, сопровождающие эксплуатацию разработанного РТК.

Роботизация технологических процессов позволяет решить задачи, связанные с улучшением условий труда, обеспечением безопасности производства. Внедрение промышленных роботов дает возможность повысить безопасность труда при выполнении таких технологических операций как сварка и транспортные работы. В процессе труда на роботизированных комплексах и участках на человека могут действовать опасные и вредные производственные факторы.

Основными причинами возникновения опасных производственных факторов при эксплуатации промышленных роботов являются: