## Компетенция «Интернет вещей»

## Описание производственного процесса

**(Приложение к техническим заданиям по модулям конкурсного задания)**

В рамках конкурсного задания необходимо разработать на платформе Node-RED с подключенной СУБД MySQL разработать систему управления оборудованием производственного модуля (гибкой производственной ячейки) с целью выполнения производственных операций.

**Состав и схема производственной линии**

В рамках конкурсного задания гибкая производственная ячейка представляет собой модель производственного участка обслуживания аккумуляторных батарей (изделий).

Данный участок предназначен для проверки элементов и перемонтажа аккумуляторной батареи путем замены неисправных элементов. В рамках конкурсного задания инструментальная диагностика элементов аккумуляторной батареи имитируется нанесением цветных отметок, считываемых с использованием системы технического зрения.

Аккумуляторная батарея состоит из шасси (кассеты, магазина) с установленными в него цилиндрическими химическими элементами питания. Элементы могут извлекаться и устанавливаться роботами-манипуляторами. На верхнюю сторону элементов наносится цветная отметка, позволяющая определить степень исправности батареи. Также возможно размещение на элементах штрих-кодов или иных методов маркировки для машинного считывания.

В рамках задания полагается, что перемещением кассеты между участками занимается конвейерная линия, не представленная в данной модели производственной площадки.

Манипуляторы перемещают детали из системы хранения в батарею (при сборке изделия) и из батареи в зону сброса (при разборке изделия).

Для выполнения необходимых работ в состав производственной ячейки включено следующее оборудование:

* Стационарно установленный малый робот-манипулятор с пневматическим схватом для извлечения неисправных аккумуляторных элементов из шасси;
* Стационарно установленный малый робот-манипулятор с пневматическим схватом для установки новых аккумуляторных элементов из системы хранения;
* Смарт-камера в режиме считывания цветовых отметок на элементах, установленных в аккумуляторное шасси;
* Считыватель штрих-кода шасси аккумуляторной батареи;
* Комплект сигнальных ламп (отображают четыре цвета: красный, зелёный, синий, желтый) для управления доступом к рабочей зоне стационарно установленного робота производственной ячейки;
* Система контроля безопасности рабочей зоны на базе световых барьеров;
* Удалённый терминал (пульт) для контроля производственной ячейки.

В рабочей зоне роботов размещены:

* Координатная пластина, имитирующая конвейерную ленту, поверх которой устанавливается шасси аккумуляторной батареи;
* Зоны парковок для безопасной остановки роботов-манипуляторов;
* Система хранения с размещенными в ней исправными (новыми) аккумуляторными ячейками;
* Система сброса для неисправных аккумуляторных ячеек.

**Методы управления перемещением роботов**

* Координатное (позиционное) управление – задание требуемой или текущей позиции робота через ввод координат позиции, в виде физических параметров перемещения робота
* POI-управление (Point-Of-Interest, управление по «точкам интереса») – задание требуемой или текущей позиции робота через ввод или выбор кода или имени позиции, в которую необходимо переместиться. Например, использование имени «P» для указания роботу переместиться в позицию паркинга.

В зависимости от варианта конкурсного задания, роботы-манипуляторы могут поддерживать только POI-управление через передачу кодов целевых действий, которое будет реализовывать оборудование, либо координатное управление. В свою очередь координатное управление может основываться на евклидовой прямоугольной либо цилиндрической системе координат.

## Организация работ

При планировании работ следует учесть, что часть рабочего времени отводится на тестирование и отладку разработанной системы с использованием удаленного доступа к оборудованию гибкой производственной линии. Удаленный доступ проводится в режиме разделения времени между участниками нескольких команд, поэтому составляется расписание (далее – расписание тренировок), которое доводится экспертами до сведения участников. Участникам необходимо следить за расписанием тренировок.

Во время тренировок участники могут обращаться к техническим специалистам (на площадке соревнования) с просьбой привести поле в начальное состояние путем размещения объектов на стартовых позициях. Технические специалисты могут устно озвучивать сообщения об ошибках, выдаваемых программным обеспечением управления оборудованием, но не комментировать причины их возникновения, если они не связаны с неисправностью оборудования.

В рамках данного модуля конкурсного задания отрабатывается методика управления оборудованием для выполнения запланированного набора рабочих операций, а также работу в пошаговом и полностью автоматическом режиме.

На площадке в рамках конкурсного задания представлена гибкая производственная ячейка, сформированная для решения задачи диагностики и восстановления аккумуляторных сборок.

Аккумуляторная сборка (батарея) содержит несколько стандартных аккумуляторных элементов (банок), установленных в специализированное шасси (рамку). Диагностика заключается в последовательном подключении элементов к диагностическому инструментарию с демонтажом неисправных элементов и установкой на их место новых со склада.

В целях решения задачи отладки производственного цикла, вначале работ над модулем участникам будет педложено две фиксированные конфигурации аккумуляторных батарей с известным расположением аккумуляторных элементов. Фиксированы будут номиналы элементов и их идентификаторы. Также будет зафиксирован тип аккумуляторной батареи, что определяет позицию для подключения диагностического разъема. Однако расположение «запасных» элементов в системе хранения (которыми осуществляется «ремонт» батареи) фиксировано не будет.

Тестовые (отладочные) изделия (аккумуляторные батареи) будут иметь трехзначные коды, объявляемые участникам перед началом работ.

В данном модуле необходимо:

1. Создать веб-интерфейс оператора в соответствии со структурой, заданной при проектировании и требованиями, определенными в «***требованиями к интерфейсам пользователя системы***», являющимися приложением к конкурсному заданию.

2. Реализовать возможность ручного (принудительного включения) специализированной индикации на светосигнальных лампах в любой из указанных вариантов индикации. Также должна существовать возможность переключения индикации в автоматический режим, когда индикация определяется текущим состоянием работы оборудования гибкой производственной ячейки и выполняемыми операциями.

*Кодировка сигналов:*

*Постоянное свечение:* красный (аварийная ситуация), синий (выполнение команды), зелёный (ожидание команды), желтый (парковка, безопасное положение для обслуживания).

*Мигающая индикация:* мигающий зеленый (закончена сборка изделия), мигающий желтый (режим паузы сборки или режим глобальной паузы), мигающий красный (ошибка в режиме паузы, не приведшая к сбросу процесса сборки, например, нарушение границ рабочей зоны или перегрев сервомотора).

3. Обеспечить передачу устройствам гибкой производственной линии управляющих команд. При проверке работы будет контролироваться период времени от нажатия кнопки отправки команды до начала её выполнения, а также корректность управляющей команды.

4. Составить схему соответствия управляющих кодов заданному набору действий и реализовать интерфейс, позволяющий проверить каждое действие отправкой соответствующей управляющей команды на производственное оборудование. Выбор действия должен выполняться либо нажатием экранных кнопок (из массива экранных кнопок), либо выбором действия из выпадающего списка с последующим нажатием кнопки выполнения (из содержание интерфейса должно быть понятно, какое действие должно быть выполнено оборудованием).

5. Реализовать включение и отключение автоматической (синхронной) индикации светосигнальных ламп, при которой индикация корректно сопровождало работу оборудования на площадке.

6. Реализовать синхронную индикацию режимов работы роботов с помощью светосигнальных ламп, а также дублирование этих сигналов на индикаторах пульта при пошаговом или автоматическом режиме работы (сборки).

7.  Реализовать трансляцию хода обработки в набор операций для оборудования гибкой производственной ячейки. Набор операций должен представляется в текстовой или табличной форме на веб-интерфейсе. Например, после нажатия кнопки старта может выводиться сообщение о перемещении аккумуляторной сборки с смарт-камере, перемещении к подключению диагностического коннектора, опроса системы диагностики, а после получения диагностической информации, должна появляться информация по операциям пересборки аккумулятора.

8. Обеспечить полуавтоматическую обработку одного изделия по выбору участника. Такой режим подразумевает пошаговое выполнение всех операций с остановкой (паузой) после выполнения каждой операции. Запуск (и продолжение) обработки должен выполняться одной кнопкой на интерфейсе оператора. Код выбранный участником должен быть указан текстовой меткой около поля ввода кода изделия надписью «Выбран для проверки: NNN», где NNN – код из аккумуляторной сборки из тестового набора.

9. Обеспечить полностью автоматическую обработку одного изделия по выбору участника. Код выбранный участником должен быть указан текстовой меткой около поля ввода кода изделия надписью «Выбран для проверки: NNN», где NNN – код из аккумуляторной сборки из тестового набора.

10. Обеспечить полуавтоматическую и автоматическую обработку второго изделия из тестового набора. На веб-интерфейсе должен присутствовать способ выбора того, какое изделие из тестового набора будет обрабатываться (то есть три позиции — первое, второе и любое). Если такой выбор будет не предусмотрен, то данный пункт не проверяется.

11. Реализовать переключение на веб-интерфейсе оператора между автоматическим и полуавтоматическим режимом сборки. Запуск сборки должен выполняться нажатием одной кнопки на интерфейсе или кнопки на пульте управления. Переключение между первой и второй тестовой сборкой (из п. 8, 9 и 10), а также универсальным режимом, должно быть реализовано на интерфейсе оператора.

12. Обеспечить полуавтоматическую и автоматическую обработку всех изделий. Запуск сборки должен выполняться нажатием одной кнопки на интерфейсе или кнопки на пульте управления. Реализация обоих вариантов повышает оценку. Проверяется количество изделий, которое будет обработано верно. Веб-интерфейс оператора должен отображать планируемый порядок сборки. Если отображенный порядок сборки не соответствует выводимому порядку операций, то попытка прерывается экспертами.

13. При выполнении обработки всех изделий (п.12) будет контроллироваться обработка данных смарт-камер для формирования последовательности операций и сбора информации об итоговой конфигурации батареи (иначе попытка прерывается и считается ошибочной, то есть не засчитывается). Также должна выполняться рекомендация по пересборке аккумулятора в зависимости от результатов диагностики исходной батареи (в том числе по данным смарт-камеры). Данная рекомендация выдается в начале работ над модулем.

14 Реализовать индикацию завершения сборки изделия с подготовкой к следующей сборочной операции (получению следующего кода). Индикация корректного завершения сборки – мигающий зеленый сигнал всех светофоров на поле (в том числе на пульте управления/удаленном терминале). Индикация ошибки при сборке – мигающий красный сигнал всех светофоров на поле (в том числе индикаторов на пульте).

15. Реализовать возможность приостановки сборки (паузы) при нажатии кнопки паузы на пульте удаленного управления, равно как и на интерфейсе управления, с одновременной индикацией ошибки сигнальной лампой. Индикация паузы сборки – мигающий желтый сигнал всех светофоров на поле (в том числе индикаторов на пульте).

16. Реализовать режим глобальной паузы, который может быть активирован вне режима сборки, например, для проведения каких-либо технических работ. В данном режиме система должна игнорировать все изменения внешних условий (кроме наступления аварийных ситуаций и нажатия кнопки аварийной остановки (kill-switch). Последующее нажатие кнопки «Пуск» должно выводить систему из режима глобальной паузы.

17. Обеспечить возможность запуска (или продолжения, если была приостановка/пауза) обработки с использованием кнопки пульта управления рабочей сменой, равно как и соответствующей кнопки на интерфейсе управления.

18. Реализовать возможность сброса обработки изделия в режиме активной паузы сборки копкой на удаленном терминале. После выполнения сброса сборка может быть начата только сначала — все роботы и конвейер должны вернуться в исходные позиции после нажатия кнопки сброса.

19. Разработать систему контроля безопасности, включающую управление критическими значениями и реагирование (индикация) на достижение критических значений в работе оборудования и детекции пересечения барьера безопасности. Пороговые (критические) значения должны настраиваться через интерфейс инженера-технолога. Также должны настраиваться допустимые значения, которые задают границы зоны безопасности.

ВАЖНО! На интерфейсе оператора должно быть два переключателя, связанных с автоматизацией сборочных операций.

Первый, управляет включением и отключением режима тестирования отдельных операций с оборудованием. Его деактивация означает включение автоматического режима управления оборудованием (сборки изделий). Данный автоматический режим может сбрасываться при наступлении аварийного состояния.

Второй переключатель меняет режим выполнения автоматических сборочных операций между «пошаговым» и полностью автоматическим (непрерывным). Этот переключатель управляется ТОЛЬКО оператором и не переключается со стороны автоматики.

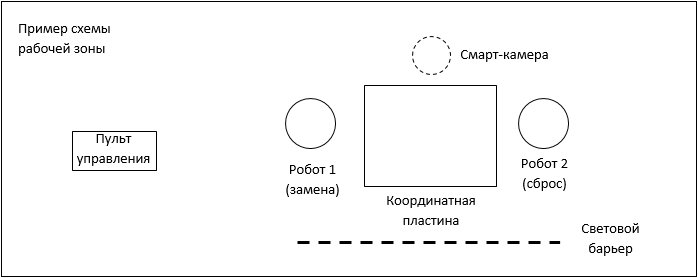


Рис. Схема гибкой производственной линии (не показаны светосигнальные лампы и элементы системы хранения и сбора

В состав гибкой производственной ячейки входят 2 стационарно размещенных робота-манипулятора (№№ 1 – 2) разных типов, установленных на рабочем столе, между которыми находится координатная пластина, поверх которой размещаются аккумуляторные сборки.

В зоне достижимости для установленных роботов размещены позиции парковки, в которые должны перемещаться роботы тогда, когда они не используются. В том числе по окончанию цикла сборки.

Пульт управления (удаленный терминал) размещается в пределах поля под контролем системы безопасности. Участники имеют непосредственный доступ только к пульту управления. Система безопасности должна позволять доступ к пульту, но реагировать на прочие нарушения зоны безопасности.

В рамках конкурсного задания детали (элементы батареи) представлены цветными пластиковыми цилиндрами с нанесенной маркировкой. Детали устанавливаются в шасси аккумуляторной сборки в предназначенные для этого гнезда. Само шасси размещается поверх координатной пластины и выравнивается за счет гнезд в ней.

Конкретные размеры изделий не имеют значения для выполнения задания, поскольку все необходимые координаты внесены в систему управления предварительно (на этапе настройки оборудования).

Над координатной пластиной установлена смарт-камера в режиме считывания расположения деталей и их идентификаторов, имеющая программный режим управления.

.

**Автоматическое управление оборудованием**

По окончании работы над конкурсным заданием система должна быть готова к непрерывной работе. Старт каждого цикла обработки выполняется по нажатии кнопки пуска на удаленном терминале или на веб-интерфейсе.

Если задача выполнена неверно (по результатам проверки с использованием смарт-камеры или по заключению инспектора) или прервана, то такое событие обрабатывается как брак.

По корректному окончанию цикла обработки изделия система должна перейти в режим ожидания запуска новой сборки.

Если в процессе обработки в автоматическом, а том числе пошаговом, режиме произойдет прерывание (отмена) полного цикла обработки изделия, то такое событие обрабатывается и регистрируется как сбой. После сбоя режим автоматической сборки должен быть отключен. То есть система должна перейти в режим отладки (отправки отдельных команд на оборудование) для проверки неисправностей.

Возможность включения пошагового выполнения алгоритма является одной из основных отладочных функций. Переключатель «непрерывного/пошагового» выполнения должен быть хорошо различим и легко доступен на интерфейсе оператора.

Включение и отключение пошагового режима должно оказывать немедленное действие на работу системы. Например, если система выполняла сборку в непрерывном режиме, когда оператор включил режим пошагового исполнения, то после выполнения текущего движения система должна встать на паузу и ждать команды на продолжение движения. При этом отключение пошагового исполнения в режиме паузы не должно самостоятельно запускать выполнение следующей операции.

*Дополнение: Д*жойстик на удаленном терминале не задействован в данном конкурсном задании и может использоваться участниками по своему усмотрению как дополнительный инструмент.

***Последовательность обработки изделий:***

Перед началом сборки изделия система должна находиться в автоматическом (непрерывном или пошаговом) режиме и при этом в состоянии ожидания пуска обработки. В данном режиме система может находиться либо после завершения предыдущей сборки, либо после запуска автоматического режима кнопкой «Пуск» на удаленном терминале или на веб-интерфейсе. Роботы должны находиться в парковочных позициях.

Цикл обработки изделия начинается с размещения сборки на координатной пластине. Эта операция выполняется экспертом при установленном режиме глобальной паузы. Если режим глобальной паузы не реализован, тогда дальнейшее выполнение задачи в полностью автоматическом режиме невозможно. Однако возможна проверка выполнения одного цикла обработки изделия, которое будет установлено перед запуском автоматического режима.

Режим глобальной паузы должен подтверждаться соответствующим сигналом светофоров.

После установки аккумуляторной сборки на координатной пластине выполняется выход из режима глобальной паузы нажатием кнопки «Пуск».

Первым шагом после старта обработки является получение кода изделия — информации о типе аккумуляторной сборки, которая кодируется штрих-кодом на отдельной табличке или нанесена на шасси аккумулятора. Тип определяет размер и расположение ячеек шасси и расположение самого шасси на координатной пластине, а также производителя батареи, с учетом которых должна проводиться обработка. При определении алгоритма обработки батареи необходимо следовать Правилам обработки (Приложение к конкурсному заданию). Данные о параметрах нужно отобразить на веб-интерфейсе.

После получения кода изделия и проверки его корректности, необходимо получить схему расположения элементов аккумуляторной батареи с использованием смарт-камеры.

С использованием указанной информации система управления должна сформировать схему обработки изделия и вывести её на веб-интерфейс.

На следующих этапах работы с помощью роботов 1 и 2 проводится извлечение требуемых правилами обработки элементов аккумуляторных батарей и замена их на новые из системы хранения.

После окончания размещения элементов система должна получить со смарт-камеры текущее размещение элементов и убедиться, что сборка произведена верно.

Результаты сборки необходимо интерпретировать как годное или бракованное изделие и использовать данную информацию в системе аналитики (руководителя производства).

По завершению сборки должна включиться соответствующая индикация и должно быть выведено сообщение на веб-интерфейс, а система переходит в режим ожидания нового кода изделия.

Затем, если включен автоматический режим, то цикл повторяется.

ВАЖНО! Необходимо строить логику обработки изделий, чтобы в каждый конкретный момент времени двигался только один из роботов производственной ячейки! В это время остальные роботы должны находиться в парковочном состоянии (инструмент робота должен быть расположен в парковочной позиции).

Необходимо выполнять парковку роботов после окончания рабочих операций путем передачи специальной команды парковки роботов.

Выход из парковки осуществляется передачей роботу новой команды.

**Требования к процедуре обработки**

Коды изделий поступают в формате трехзначного целого числа. Каждый корректный код представляет собой правило, определяющий последовательность рабочих операций с соответствующей деталью. Правило определяется номенклатурой изделий, заданной дополнительным документом.

ВАЖНО! Возможно поступление некорректных и недопустимых кодов, в том числе с неверным символьным набором, например, как символьный набор. Некорректный в плане формата код не должен интерпретироваться как код «0», а должен учитываться как сбой соответствующей системы (но не как сбой обработки изделия).

Следует учитывать, что общее время выполнение обработки изделий также является оцениваемым параметром.

**Справочные материалы**

Пример данных о тестовых сборках аккумуляторов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Размещение элементов (код/номинал) | | | | | |
| **Code** | Производитель | Размер по X (столбцы) | Размер по Y (строки) | Положение по X  (столбцы) | Положение по Y (строки) | Количество ячеек |
| **0** |  |  |  |  |  |  |
| **298** | CATL | 3 | 3 | 2 | 2 | 8 |
| **331** | РОСАТОМ | 2 | 4 | 3 | 1 | 7 |
|  | Автоматическая сборка | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Пояснение 1: левый нижний угол аккумуляторной сборки занят штрих-кодом

Пояснение 2: Положение аккумулятрной сборки — это координаты левой верхней ячейки шасси аккумуляторной ячейки

Пояснение 3: перед началом проверки эксперты сформируют набор проверочных сборок, которые будут использовать для всех участников.

Пример структуры изделия 298 из таблицы с примером данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |