## Компетенция «Интернет вещей»

## Техническое задание по Модулю В

## Организация гибкого управления технологическим процессом

В рамках данного модуля необходимо разработать на платформе ThingWorx систему управления оборудованием производственного модуля (гибкой производственной ячейки) с целью выполнения производственных операций.

**Особенности оценивания результатов выполнения модуля конкурсного задания**

Проверка результатов работы участников выполняется экспертами группы оценивания с привлечением технических экспертов площадки без коммуникации с участниками чемпионата. В связи с этим участникам необходимо строго следовать рекомендациям по организации интерфейсов пользователя и принципам их функционирования, а также наименованиям объектов, чтобы избежать неверной интерпретации результатов работы экспертами.

Анализ работы системы управления проводится путем выполнения набора проверочных операций и наблюдением за работой оборудования и данными, выводимыми на интерфейсы пользователя. Все некорректно именованные или размещенные данные игнорируются при оценивании.

Все объекты имеющие наименования не соответствующие требуемым, будут игнорироваться при проведении оценивания.

Для избегания некорректного (с точки зрения созданной системы) запуска процедур и выполнения действий с интерфейсом, необходимо подготовить краткие инструкционные материалы, которые будут содержать список и описание выполненных элементов задания, а также пошаговую инструкцию настройки параметров системы, а также запуска автоматической сборки изделий. Все действия должны выполняться из веб-интерфейсов и не предполагать ввода неочевидных параметров или выполнения действий с неочевидной последовательностью и назначением. Инструкции предоставляются экспертам по окончанию работ над модулем.

**Определения**

* 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 рамках конкурсного задания роботы-манипуляторы оснащены координатным управлением. Однако в процессе выполнения задания необходимо разработать инструментарий, позволяющий управлять роботами с использованием POI-управления.

## 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 и для этого предлагается набор ограниченного числа изделий, на которых проводится отладка алгоритмов управления. Данный набор, включающий схемы сборки изделий, предоставляется участникам в начале конкурсного дня.

Важно! При реализации алгоритмов необходимо учитывать, что в следующем модуле будут предоставлены дополнительные схемы сборки изделий, которые будет необходимо добавить в систему управления.

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 ввода значений всех необходимых параметров для управляющих команд и их отправку. Для светосигнальных ламп должна присутствовать возможность включить требуемую конфигурацию ламп (цветов) и любой требуемых вариантов индикации.

*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), 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. Выполнить калибровку системы управления роботами через подбор координат (параметров команд) размещения инструментов при оперировании деталями. Данные калибровки представить в виде заполненных бланков из документа «Номенклатура изделий».

5. 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).

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

7. Реализовать на веб-интерфейсе оператора возможность POI-управления, в том числе для роботов с координатным управлением, при котором вводится в текстовое поле или выбирается из списка код заданной точки (целевой позиции) с возможностью перемещения в данную позицию. Как правило код – это номер или имя позиции. Также возможна реализация с размещением на веб-интерфейсе множества кнопок, отвечающих за перемещение роботов в нужную позицию, нажатие на которые эквивалентно вводу кода или имени позиции.

8. Обеспечить точное позиционирование инструментов роботов во всех целевых позициях через задание кодов позиций (можно как выбор из списка, ввод имени/кода позиции или нажатие одной из нескольких кнопок, задающих разные позиции на поле).

9. Реализовать возможность ввода кода изделия на веб-интерфейсе, а также получения его со считывателя штрих-кодов (источник кода должен задаваться соответствующим переключателем), а также трансляцию кода в набор операций для оборудования гибкой производственной ячейки. Набор операций представляется в текстовой или табличной форме на веб-интерфейсе. Также должно выводиться сообщение о корректности или ошибочности полученного кода.

10. 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 номенклатуры изделий.

11. Обеспечить полуавтоматическую обработку всех изделий из заданной номенклатуры. При проверке коды будут задаваться экспертами. В данном конкурсном задании сборка всегда начинается при заполненной кассетой с исходными деталями. Начальное размещение деталей задается экспертами в начале модуля и остается неизменным до конца соревнований.

12. Обеспечить автоматическую сборку изделий согласно номенклатуре. Веб-интерфейс оператора должен позволять переключаться между автоматическим и полуавтоматическим режимом. В автоматическом режиме код изделия должен получаться со штрих-код ридера (смарт-камеры в режиме считывателя штрих-кодов). Запуск сборки должен выполняться нажатием одной кнопки на интерфейсе или кнопки на пульте управления. Реализация обоих вариантов повышает оценку. Проверяется количество изделий, которое будет собрано верно. Веб-интерфейс оператора должен отображать планируемый порядок сборки с использованием LED-индикаторов или списка. Если отображенный порядок сборки не соответствует заданному коду, то попытка прерывается. Изменение кода изделия на интерфейсе либо считывателе штрих-кода в ходе выполнения сборочной операции не должно влиять на процесс сборки (иначе попытка прерывается и считается ошибочной, то есть не засчитывается).

13 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).

14. 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).

15. 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.

16. Реализовать возможность сброса сборки изделия в режиме активной паузы сборки. После выполнения сброса сборка может быть начата только сначала и только при получении нового кода изделия. Чтобы приложение начало повторную сборку изделия с тем же кодом, необходимо предварительно передать код «0».

17. Разработать систему контроля безопасности, включающую управление допустимыми и критическими значениями и реагирование (индикация) на достижение критических значений. Пороговые (критические) значения должны настраиваться через интерфейс инженера-технолога. Также должны настраиваться допустимые значения, которые задают границы рабочих зон робота.

**Состав и схема гибкой производственной ячейки**

В рамках конкурсного задания гибкая производственная ячейка представляет собой модель производственного участка подготовки сборки электрооборудования. Данный участок предназначен для подготовки кассеты с размещенными компонентами, которая затем передаются на участок монтажа. Возвращенная с участка монтажа кассета должна быть освобождена от элементов крепежа и упаковки деталей и передана на повторное использование.

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

Манипуляторы перемещают детали из системы хранения на координатную пластину (при сборке изделия) и из координатной пластины в зону сброса (при разборке изделия).

|  |
| --- |
| Смарт-камера  Пример схемы  рабочей зоны  Робот 1  (обработка)  Робот 2  (загрузка)  Робот 3  (загрузка)  Конвейер  Световой барьер  Штрих-код ридер |

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

В состав гибкой производственной ячейки входят 3 стационарно размещенных робота-манипулятора (№№ 1 – 3) разных типов, установленных на рабочем столе, между которыми находится конвейерная система с установленной координатной пластиной.

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.

Штрих-код ридер и пульт управления (удаленный терминал) размещаются вне поля на одном из столов с компьютерами управления. Участники имеют непосредственный доступ только к пульту управления.

В рамках конкурсного задания детали представлены пустотелыми пластиковыми шарами диаметром 40 мм шести различных цветов. Стандартный шаг между центрами ячеек в зоне забора деталей в одной строке – 42 мм, между строками – 52 мм. Координатная пластина имеет шаг 42 мм между ячейками по обеим координатам.

Над координатной пластиной (над конвейерной системой) установлена смарт-камера в режиме считывания расположения деталей, имеющая программный режим управления.

.

**Автоматическое управление оборудованием**

По окончании работы над модулем система должна быть готова к непрерывной работе. Старт каждого цикла обработки выполняется по получению известного кода со штрихкод-ридера (или соответствующего поля на мэшапе, если установлен соответствующий режим).

Если получаемый код неизвестен (или равен «0») то обработка не должна начинаться. Если с камеры поступает код не соответствующий не одному допустимому коду, то такое событие обрабатывается как «неверное изделие». Если задача выполнена неверно (по результатам проверки с использованием смарт-камеры или по заключению инспектора) или прервана, то такое событие обрабатывается как брак.

Если по окончанию цикла сборки поступающий код не равен нулю, то старт новой сборки не должен производиться.

Если в процессе сборки 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.

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:* индикаторы, текстовый дисплей и джойстик на удаленном терминале не задействованы в данном конкурсном задании и могут использоваться участниками по своему усмотрению как дополнительные инструменты.

***Последовательность обработки изделий:***

Перед началом сборки изделия система должна находиться в автоматическом (непрерывном или пошаговом) режиме и при этом в состоянии ожидания кода изделия. 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.

Цикл сборки изделия начинается с поступления кода изделия со штрих-код ридера или с веб-интерфейса. При этом система должна отобразить считанный код изделия, информацию о его корректности, и прочую подготовительную информацию, например, схему сборки изделия.

Далее в «непрерывном» режиме система переходит к следующей операции, а в «пошаговом» самостоятельно переходит в режим паузы. В дальнейшем при «пошаговом» режиме пауза самостоятельно включается после каждого действия (каждой отдельной команды, отправленной на оборудование).

Первым шагом обработки является использование смарт-камеры для контроля координатной пластины на предмет наличия размещенных ранее деталей (например, оставшихся с предыдущей сборки или «отходов»). При наличии таких деталей они должны быть удалены роботами-манипуляторами у системы хранения (№№ 2 и 3).

После распознавания кода сборку роботы-манипуляторы у систем хранения (кассет начального размещения деталей). Они забирают детали из кассет начального размещения деталей (паллеты системы хранения) и перемещают их на координатную пластину.

Задача данных роботов выложить необходимое количество деталей на определенные технологической картой позиции координатной пластины

Затем конвейерная система перемещается в зону обработки, где робот-манипулятор № 1 проводит необходимые операции по сборке нужной конфигурации изделия (также определенного технологической картой).

Затем конвейерная система перемещает паллету к смарт-камере, где производится контроль сборки с последующей выдачей сообщения о верности сборки или браке.

По окончанию сборки и разборки изделий цикл «изготовления изделия» завершается, робот переходят в режим парковки и включается сигнализация окончания сборки.

Сигнализация об окончании сборки может быть двух типов в зависимости от корректности собранного изделия. Мигание зеленым сигналом означает верное завершение сборки, а мигание красным – наличие брака или ошибки.

Система начинает ожидать поступления нового кода изделия.

ВАЖНО! Поступлению нового кода обязательно должно предшествовать получение кода «0» с штрих-код ридера. Если на момент окончания сборки в систему поступает какой-либо иной код, он должен игнорироваться. Фактически, сигнал к началу сборки – это смена кода «0» на какой-нибудь иной код.

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 координат зоны парковки (для роботов с координатным управлением) или кода позиции парковки (для роботов с позиционным управлением).

Вход на парковку для роботов с координатным управлением выполняется перемещением робота с поднятым инструментом с последующим опусканием его вниз в области парковки.

Выход с парковки выполняется путем поднятия инструмента без поворота робота, с последующим поворотом робота в рабочую зону.

Для контроля движения производственного процесса необходимо разработать средство визуализации работы гибкой производственной линии в формате «вида с верху» с демонстрацией зоны, в которой выполняются рабочие операции в данной момент.

Данная визуализация может быть реализована с использованием виджета XYChart с указанием: границ координатной пластины; кассеты с деталями; зоны парковки; основания робота; линий, связывающих начальные и конечные позиции деталей, в том числе как одну ломанную линию; а также выполняющегося в момента показа сегмента линии.

Также на данной визуализации нужно разместить индикаторы, дублирующие сигнальные лампы (светофоры), но не обязательно в составе виджета с графикой.

В отличие от интерфейса инженера-технолога, данная визуализация должна отображать «ожидаемую» работу оборудования всей производственной ячейки сразу, при этом рассчитанную на основании работы алгоритмов управления.

**Специфика обработки изделия роботом-манипулятором**

Робот-манипулятор № 1 оснащен специализированным инструментом для обработки изделий, представленных в рамках данного конкурсного задания модульным схватом, содержащим 4 вакуумных захвата (присоски), расположенных квадратом.

Используя данный схват робот может захватывать сразу несколько деталей и перемещать их согласовано.

Технологическая карта в ряде случаев может указывать, каким образом производится обработка изделия, то есть какие детали и как должны быть перемещены.

Для некоторых изделий могут быть не указаны явно некоторые технологические операции, что дает возможность выполнить оптимизацию обработки изделия.

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

**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 сборки изделия).

При поступлении нового кода в течение 10 секунд система управления должна сформировать задачу на изготовление изделия и отобразить схему изделия на веб-интерфейсе, а затем приступить к изготовлению изделия.

Также после считывания расположения деталей со штрих-код ридера на веб-интерфейсе в течение 10 секунд должна появляться схема реального расположения деталей.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код изделия  123 | Задано | | | |  | Кодировка изделия при сборке |
|  |  |  |  |  | 0 |
|  |  |  |  |  | 200 |
|  |  |  |  |  | 340 |
|  |  |  |  |  | 0 |

Рис. Пример фрагмента интерфейса оператора, на каких позициях должны быть размещены детали по окончанию сборки изделия 123.

ВАЖНО! В магазинах (кассетах) системы хранения находятся разные детали (порядок размещения определяется перед началом выполнения модуля задания), в количестве до 5 штук каждого вида. Добавление деталей происходит перед сборкой каждого нового изделия.

Если имеющихся деталей недостаточно для сборки изделия, то система должна выводить соответствующее сообщение.

В задании используются два типа магазинов – с 5 ячейками в ряд, в которых размещаются детали, и с подкатным податчиком, в котором детали самостоятельно смещаются к одной позиции по мере их извлечения.

В первом случае необходимо учитывать, что по мере забора деталей часть ячеек становятся пустыми. Во втором случае достаточно реализовать забор деталей из одной позиции – пустое место будет заниматься новыми деталями (но также не более 5 штук).

**Кодировка деталей и координатная пластина**

В данном конкурсном задании в качестве деталей используются пластиковые пластины с размером стороны – 40 мм шести цветов.

Координатная пластина составлена из ячеек 40 х 40 мм с интервалом 2 мм между ячейками

Подробная информация по сборке представлена технологической картой сборки.

**Калибровка оборудования**

Технологическая карта содержит бланки для проведения калибровки роботов.

**Примеры данных из технологической карты**

В итоговом варианте коды изделий, деталей, схемы сборки и структура.

Пример кодировки деталей (соответствие цвета коду) приведен в таблице

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид детали |  |  |  |  |  |  |
| Цвет | Белый | синий | красный | желтый | зеленый | оранжевый |
| Код | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Пример кодировки координатной пластины (схемы размещения деталей)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| A0 | B0 | C0 | D0 | E0 | F0 | Линия 1 |
| A1 | B1 | C1 | D1 | E1 | F1 | Линия 2 |
| A2 | B2 | C2 | D2 | E2 | F2 | Линия 3 |
| A3 | B3 | C3 | D3 | E3 | F3 | Линия 4 |
| A4 | B4 | C4 | D4 | E4 | F4 | Линия 5 |
| A5 | B5 | C5 | D5 | E5 | F5 | Линия 6 |

Примечание: Если рабочая зона имеет размер 210 х 297 (A4), то координатная пластина будет иметь 5 столбцов и 6 линий (портретная ориентация листа)

Пример диаграммы сборки изделий (схемы сборки)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Схемы сборки | | | | | |
| **Line**  **Code** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| **0** |  |  |  |  |  |  |
| **298** |  | 2220 | 400 | 5550 |  |  |
| **331** |  | 22330 | 40040 | 40040 | 55660 |  |
|  | Автоматическая сборка (для модуля Г) | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Пояснение: Первые два кода используются для отладки алгоритмов сборки в модуле В, а остальные коды выдаются в начале Г модуля для реализации полностью автоматического режима.

Пояснение 2: Поскольку не указано иное, в данном примере полагается, что исходные изделия выкладываются роботами 2 и 3 на линии 1 и 6 на первом этапе сборки.