

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра информационных  
и автоматизированных производственных систем

## **ТАКТОГРАММА РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Основы робототехники» для студентов направлений 15.03.04  
«Автоматизация технологических процессов и производств»;  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение маши-  
ностроительных производств», образовательная программа  
«Технология машиностроения» и 15.03.01 «Машиностроение»

Составители Н. П. Курьшкин  
О. В. Любимов

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 9 от 26.06.2015

Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 15.03.04  
Протокол № 115 от 01.07.2015

Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2015

## ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы – приобрести навыки разработки тактограммы работы роботизированного технологического комплекса (РТК) сборки.

С этой целью с использованием учебного сборочного РТК в составе двух роботов ЦПР-1П и вспомогательного оборудования изучается и анализируется рабочий цикл сборки соединения. По результатам анализа разрабатывается тактограмма, выполняется проверка её реализуемости и, при необходимости, в рабочий цикл вводится элемент памяти.

Работа рассчитана на два часа.

## ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Учебный сборочный РТК (рис. 1) включает в себя промышленный робот ЦПР-1П 1, подающий втулки 2 из накопителя-питателя 3 на позицию сборки 4. Второй робот ЦПР-1П 5, входящий в состав РТК, подаёт валики 6 из наклонного накопителя-питателя 7 на ту же позицию сборки 4. Собранное соединение устанавливается на ленточный конвейер 8, который перемещает ленту на шаг с помощью линейного пневмоцилиндра и редуктора 9. Питатель 10, состоящий из пневмоцилиндра и толкателя подаёт втулки из накопителя в зону их захвата роботом. Питатель 11 с помощью пневмоцилиндра перемещает в вертикальном направлении связанных между собой два упора – один сверху, другой снизу. Перемещение этих упоров в вертикальном направлении позволяет подавать по одному валику в позицию их захвата роботом 12.

Управление РТК осуществляется промышленным микроконтроллером 13 марки ПЛК-110-32 фирмы ОВЕН по *временному* и *путевому* принципам, который называется *совмещённым*. В крайних положениях исполнительных устройств функциональных модулей РТК установлены датчики, срабатывающие при достижении исполнительными устройствами своих крайних положений. Исключение составляют: движение губок схватов манипуляторов при их открытии и закрытии, а также сгиб «запястья» схвата робота, работающего с валиками и перемещение ленточного конвейера на шаг. Эти движения датчиками не фиксируются.

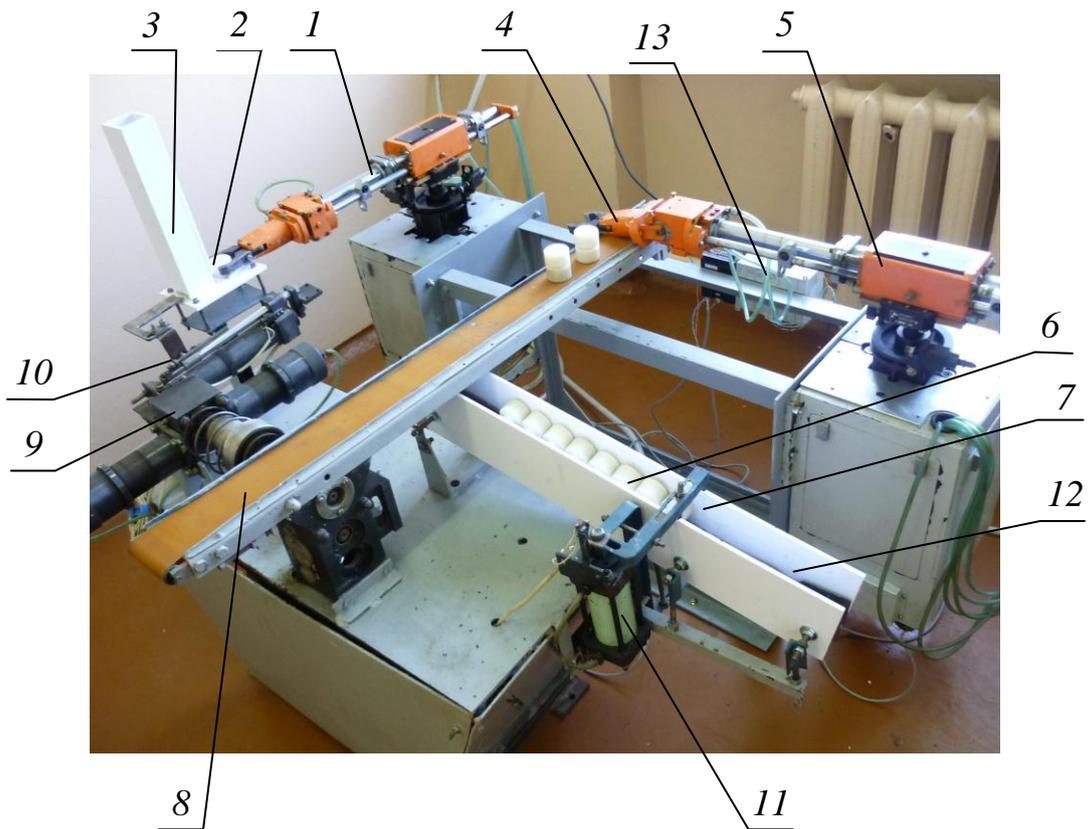


Рис. 1 Общий вид сборочного РТК

## КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Путевой принцип управления предполагает подачу микроконтроллером выходного управляющего напряжения на движение какого-либо исполнительного устройства в ответ на комбинацию входных сигналов с датчиков крайних положений всех исполнительных устройств. Составление программы работы РТК начинается с разработки *тактограммы*.

*Тактограмма* – это графическое изображение последовательности работы исполнительных устройств с указанием состояния датчиков входных сигналов. На тактограмме цикл разделен на *такты* – *промежутки времени, в течение которых режим движения исполнительных органов сохраняется неизменным*.

Каждому исполнительному устройству РТК в тактограмме отводят отдельную строку. Наклонные линии на тактограмме соответствуют режиму работы или движения, а горизонтальные – режиму покоя или выстоя. Отдельные такты могут значительно отличаться по длительности, но на тактограмме их условно изображают столбцами равной ширины.

На рис. 2 показан пример тактограммы работы машины-автомата с тремя исполнительными устройствами: ИУ1, ИУ2 и ИУ3.

Наименование	Сигнал	Такты						Вес
		1	2	3	4	5	6	
ИУ1	$x_1$	1	0	1	1	1	1	$2^0=1$
ИУ2	$x_2$	1	1	1	0	0	1	$2^1=2$
ИУ3	$x_3$	1	1	1	1	0	0	$2^2=4$
Память	$z$	0	1	1	1	1	0	$2^3=8$
ИЧБ		7	6	7	5	1	3	
ИЧП		7	14	15	13	9	3	

Рис. 2 Пример тактограммы работы машины-автомата

Представленный пример тактограммы описывает работу автоматической штамповочной машины, схема которой представлена на рис. 3.

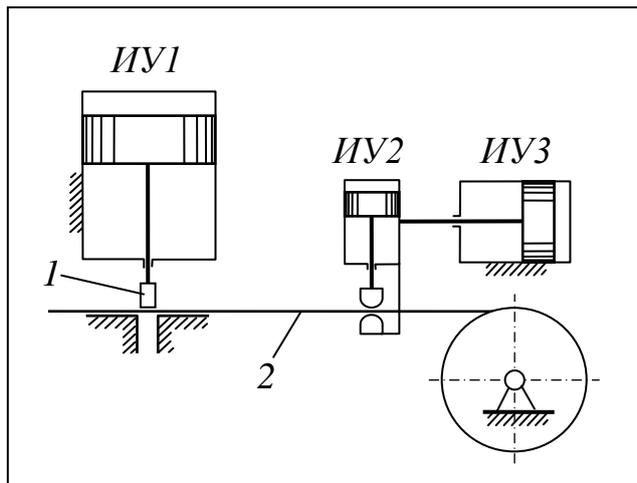


Рис. 3 Схема штамповочной машины

Пуансон 1 этой машины прорубает в ленте 2 отверстия. После вырубке лента захватывается зажимом ИУ2 и перемещается поршнем ИУ3 в новое положение. Затем зажим размыкается, и поршень ИУ3 возвращается в исходное положение. Далее цикл повторяется.

Исходные крайние положения поршней всех исполнительных устройств фиксируются датчиками – герконами, электромагнитными преобразователями.

зователями, микровыключателями и т. п. На тактограмме они обозначены по принадлежности –  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$ . В начале каждого такта показано состояние каждого датчика:  $1$  – включен,  $0$  – выключен. Система управления (микроконтроллер) выдаёт команду на включение соответствующего *ИУ* в ответ на эти наборы входных сигналов датчиков в начале каждого такта. Может оказаться, что в некоторых тактах наборы входных сигналов одинаковые. В нашем примере – это такты 1 и 3. Такая тактограмма называется *нереализуемой*. Чтобы облегчить анализ реализуемости тактограммы, каждому входному сигналу присваивается весовой коэффициент (последняя колонка тактограммы). С учётом этого коэффициента в каждом такте рассчитывается информационное число без элемента памяти (*ИЧБ*)

$$ИЧБ = x_1 \cdot 2^0 + x_2 \cdot 2^1 + x_3 \cdot 2^2 + \dots \quad (1)$$

Совпадение информационных чисел хотя бы в двух тактах (см. предпоследнюю строку тактограммы) означает нереализуемость тактограммы.

Сделать тактограмму реализуемой позволяет введение одного или нескольких элементов памяти. Элемент памяти – это виртуальное исполнительное устройство, имеющее два состояния:  $1$  наборами входных сигналов элемент памяти должен иметь разные состояния.

Реализуемость тактограммы с элементом памяти проверяется расчётом информационного числа с памятью (*ИЧП*) для каждого такта по формуле

$$ИЧП = x_1 \cdot 2^0 + x_2 \cdot 2^1 + x_3 \cdot 2^2 + \dots z \cdot 2^n, \quad (2)$$

где  $n$  – число входных сигналов исполнительных устройств.

Различные *ИЧП* во всех тактах цикла работы означают реализуемость полученной тактограммы.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Используя натурный образец учебного сборочного РТК и его описание, изучить его устройство.

2. Получив у преподавателя шаблон тактограммы (стр. 6), сравнить реальные исполнительные устройства на РТК с их условными обозначениями в шаблоне.

3. Проверить, чтобы все исполнительные устройства находились в начальном положении, как показано на рис. 1.

4. Запустить программу работы РТК с ноутбука.

5. Тщательно фиксировать в шаблоне тактограммы последовательность работы исполнительных устройств наклонной чертой (рис. 2), изображающей работу соответствующего исполнительного устройства. При необходимости останавливать работу РТК и повторять пропущенные такты.

6. Дополнить тактограмму горизонтальными линиями, показывающими неизменность положения соответствующих исполнительных устройств.

7. Проставить в начале каждого такта значения входных сигналов  $x_i$  как на рис. 2.

8. Вычислить в *каждом такте* информационное число без памяти (*ИЧБ*) и записать его в соответствующую строку тактограммы.

9. Сравнить значения *ИЧБ* во всех тактах. В случае их совпадения ввести элемент памяти с указанием его различных состояний в совпадающих тактах как на рис. 2.

10. При обнаружении совпадения хотя бы двух *ИЧП* ввести ещё один элемент памяти и повторить п. 9.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Включение компрессора и РТК производить только с разрешения и под наблюдением преподавателя. Инструкция по технике безопасности находится в лаборатории робототехники.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЁТУ

В отчёте должен быть приведён эскиз РТК с указанием всех исполнительных устройств. Приложением к отчёту является заполненный шаблон тактограммы.



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сколько степеней свободы имеют роботы, входящие в состав РТК?
2. Что такое такт?
3. Раскройте принцип построения тактограммы.
4. Какая тактограмма является нереализуемой?
5. Как обеспечить реализуемость тактограммы?
6. Назначение элемента памяти в системе управления РТК.

Составители  
Николай Петрович Курьшкин  
Олег Владиславович Любимов

## ТАКТОГРАММА РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Основы робототехники» для студентов направлений 15.03.04  
«Автоматизация технологических процессов и производств»;  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», образовательная программа  
«Технология машиностроения», и 15.03.01 «Машиностроение»

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 30.11.2015. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе Уч.-изд. л. 0,4.

Тираж 50 экз. Заказ .

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.