ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

РОБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫЕ

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ОБУЧЕНИЯ

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

ГОСТ 26065—84

Издание официальное

Цена 3 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Академией наук СССР

ИСПОЛНИТЕЛИ

А. К. Платонов, д-р физ.-мат. наук; **Е. А. Титов** (руководители темы); **А. Ю. Каргашин; В. С. Ярошевский,** канд. физ.-мат. наук; **Н. Е. Богомолов, А. Н. Невоструев**

ВНЕСЕН Академией наук СССР

Директор ИПМ им. М. В. Келдыша АН СССР академик **А. Н. Тихонов**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 декабря 1984 г. № 4718

УДК 681.3.06 : 354 Группа П82

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Роботы промышленные

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ОБУЧЕНИЯ

Общие требования

Industrial robots. Programming by teaching method. General requirements

ГОСТ 26065—84

Взамен ГОСТ 26065—83

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 декабря 1984 г. № 4718 срок действия установлен

с 01.01.86
до 01.01.91

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на средства программирования промышленных роботов (ПР), в составе устройств программного управления (УПУ) которых имеется ЭВМ.

Стандарт не распространяется на средства программирования ПР с цикловым управлением.

Стандарт устанавливает правила организации процесса обучения ПР и требования к его информационному и техническому обеспечению, к конкретному типу и виду работ в соответствии с областью применения ПР и квалификацией обслуживающего персонала.

Пояснения терминов, используемых в настоящем стандарте, приведены в справочном приложении 2.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Программирование методом обучения является одним из методов программирования ПР по ГОСТ 24836—81. В результате обучения в памяти УПУ ПР формируются данные, определяющие автоматическое функционирование ПР в рабочем режиме в соответствии с сигналами таймера, датчиков информации и алгоритмом управления.

1.2. Методы кодирования информации о положении рабочих органов (РО) ПР — по ГОСТ 24836—81.

Издание официальное ★

Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1985

1.3. Языки аналитического программирования ПР, выполняемого с применением расчетных параметров — по ГОСТ 26064—84.

1.4. Программирование ПР методом обучения следует осуществлять с помощью системы обучения ПР (см. обязательное приложение 1).

1.4.1. В состав системы обучения ПР входят аппаратные средства и программное обеспечение (ПрО). Допускается в системе обучения ПР дополнительно использовать средства аналитического программирования по ГОСТ 24836—81 с помощью отдельной инструментальной ЭВМ с целью повышения производительности процесса обучения. В этом случае необходимо наличие средств обмена данными между инструментальной ЭВМ и УПУ ПР.

1.4.2. С помощью системы обучения ПР производят следующие операции:

запоминания данных о положении РО ПР, получаемых путем считывания в память показаний датчиков положения РО ПР и сенсорных устройств ПР;

приведения РО ПР в требуемые положения в процессе обучения;

преобразования и редактирования данных, получаемых в процессе обучения;

получения данных по эргономике РО ПР и выдачи их на пульт обучения, подключаемый программатор и т. п.

1.5. В зависимости от функциональных возможностей УПУ, определяемых степенью сложности выполняемых ПР операций, системы обучения ПР подразделяют на три класса: А — простейшие, В — расширенные, С — высшие.

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ПР

2.1. В зависимости от сложности обучения устанавливают четыре типа областей применения ПР:

организованная среда — определенные действия (ОСОД);
неорганизованная среда — определенные действия (НСОД);
организованная среда — неопределенные действия (ОСНД);
неорганизованная среда—неорганизованные действия (НСНД).

2.2. К обучению ПР следует допускать специально подготовленный персонал трех уровней квалификации: инженер-программист (ИП), инженер-технолог (ИТ), техник-оператор (ТО).

2.3. Рекомендуемое соответствие между типом области применения роботизированной системы (в составе: ПР, сенсорные устройства, УПУ, технологическое оборудование, система обучения, внешняя среда), классом системы обучения и квалификацией обслуживающего персонала приведено в таблице.

Класс системы обучения	Квалификация обслуживающего персонала		
	ТО	ИТ	ИП
А	ОСОД	ОСНД	—
В	ОСОД	ОСНД	ОСНД
	НСОД	НСОД	—
С	НСОД	ОСНД	НСНД
	—	НСНД	—

2.4. Процессы обучения ПР следует подразделять на следующие виды:

2.4.1. Обучение ПР с целью формирования линейной управляющей программы:

с помощью задаваемых оператором рабочих движений, формирующих линейную управляющую программу непосредственным запоминанием показаний датчиков положений РО ПР;

преобразованием данных и команд, вводимых оператором с сенсорных устройств робота и его пульта обучения, в формат линейной управляющей программы с помощью ЭВМ УПУ.

2.4.2. Обучение ПР адаптивным формам поведения (формирование управляющей программы с ответвлениями):

формированием процедуры коррекции управляющих программ УПУ ПР с целью компенсации изменения размеров или характеристик установки обрабатываемых деталей с помощью методов, аналогичных п. 2.4.1:

формированием данных и программ поведения ПР в рабочем режиме (поисковые движения, контрольные операции, реакции на сбои и отказы и т. п.) с помощью терминальных средств УПУ и инструментальных ЭВМ;

вводом в память УПУ данных о положении и характеристиках объектов внешней среды ПР (деталей, инструмента, оснастки и т. п.) для идентификации их в рабочем режиме с помощью сенсорных устройств ПР аппаратных средств его системы обучения.

2.5. Процесс обучения должен состоять из четырех фаз: приведение системы в требуемое состояние; запоминание состояния систем ПР; преобразование запомненных данных; воспроизведение (реализация) движения и их корректировка.

2.6. Результат обучения остается в памяти УПУ ПР или записывается на внешнем носителе информации.

3. СОСТАВ И ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПР

3.1. Для программирования ПР методом обучения должны использовать следующие аппаратные средства: пульт обучения, кла-

виатуру УПУ, инструментальную ЭВМ, датчики положения РО, средства редактирования управляющих программ (УП), средства установочной адаптации, специализированные сенсорные устройства и др.

3.2. В зависимости от уровня квалификации обслуживающего персонала в системе обучения необходимо устанавливать следующий порядок применения аппаратных средств:

3.2.1. ТО использует пульт обучения и работает по фиксированной последовательности операций обучения.

3.2.2. ИТ использует пульт обучения, клавиатуру УПУ и работает с фиксированной системой обучения в виде программы работы ЭВМ УПУ.

3.2.3. ИП использует пульт обучения, клавиатуру УПУ, дополнительные терминалы, инструментальную ЭВМ и работает с фиксированной системой генерации ПрО УПУ ПР и системного ПрО ЭВМ УПУ.

3.3. В состав систем обучения рекомендуется включать следующие аппаратные средства (для различных типов областей применения ПР и классов системы обучения):

3.3.1. Тип ОСОД класс А — пульт обучения, датчики положения РО, средства редактирования УП.

3.3.2. Тип ОСОД класс В — пульт обучения, датчики положения РО, средства редактирования УП.

3.3.3. Тип НСОД класс В — пульт обучения, датчики положения РО, специализированные сенсорные устройства (по п. 4.2), средства редактирования, средства установочной адаптации (по п. 4.1.2).

3.3.4. Тип НСОД класс С — пульт обучения, клавиатура, алфавитно-цифровой дисплей (АЦД), датчики положения РО, специализированные сенсорные устройства, средства редактирования, средства установочной и текущей адаптации.

3.3.5. Тип ОСНД класс А — пульт обучения, датчики положения РО, специализированные сенсорные устройства.

3.3.6. Тип ОСНД класс В — по п. 3.3.3.

3.3.7. Тип ОСНД класс С — по п. 3.3.4.

3.3.8. Тип НСНД класс С — по п. 3.3.4.

3.4. Для приведения РО ПР или его сенсорных устройств в требуемое состояние аппаратные средства и программное обеспечение УПУ ПР должны обеспечивать выполнение следующих функций:

3.4.1. Управление перемещением ПР по каждой степени подвижности в отдельности при сохранении остальных степеней подвижности в неизменном положении.

3.4.2. Управление согласованным перемещением ПР по нескольким или всем степеням подвижности в соответствии с требованиями технологии обучения.

3.4.3. Частичное или полное исполнение управляющей программы до заданного оператором пункта программы с заданной скоростью.

3.4.4. Контроль оператором текущих значений состояния степеней подвижности РО ПР.

3.4.5. Автоматический останов ПР при достижении состояний, заданных оператором, или при достижении предельно допустимых состояний робота с точки зрения безопасности его функционирования.

3.5. Для запоминания в процессе обучения состояния систем ПР аппаратные и программные средства УПУ ПР должны обеспечивать выполнение следующих функций:

считывание и занесение в память УПУ показаний датчиков положения РО ПР;

считывание и занесение в память УПУ показаний сенсорных устройств ПР и связанного с УПУ технологического оборудования;

ввод оператором дополнительных команд и данных для формирования программы управления технологическим оборудованием и указания режимов работы УПУ и ПР в рабочем режиме;

автоматическое размещение в памяти последовательности запоминаемых в процессе обучения состояний систем ПР и команд оператора;

отображение адреса данных в памяти УПУ и значений введенных в память УПУ данных;

изменение расположения в памяти введенных ранее массивов данных и указание адреса данных, вновь вводимых или исключаемых с целью редактирования управляющей программы;

коррекцию данных в памяти УПУ по показаниям датчиков или с помощью ввода их численных значений;

управление ходом процессов обучения ПР, отображения данных ввода команд или их численных значений.

3.6. Пульт обучения в каждом классе систем обучения должен обеспечивать возможность выполнения действий, перечисленных в пп. 3.4 и 3.5, и соответствующих действий по п. 2.4.1. В УПУ ПР с системами обучения классов В и С должны быть предусмотрены аппаратные и программные средства определения характеристик установки (размеров и ориентации) РО в рабочем режиме. Промышленные роботы, предназначенные для использования с системами классов В и С, должны проходить при изготовлении процедуру метрологической паспортизации.

3.7. Аппаратные и программные средства УПУ ПР должны обеспечивать защиту от несанкционированного доступа к средствам системы обучения и от ошибок оператора, опасных для оборудования и обслуживающего персонала.

3.8. Преобразование данных в процессе обучения должно обеспечивать повышение эффективности системы обучения или УПУ ПР в рабочем режиме (сокращение времени обучения, сокращение времени перенастройки ПР в рабочем режиме, повышение производительности и точности работы ПР в рабочем режиме, удовлетворение ограничений реального времени, объема памяти и быстродействия УПУ ПР, повышение удобства и качества работы оператора ПР и т. п.). Преобразование данных может быть прямым и обратным и включать процессы сжатия, интерпретации, интерполяции, компиляции, трансляции и кодирования.

3.9. Воспроизведение движений и их корректировку следует осуществлять с помощью технических средств, обеспечивающих: редактирование текста УП с повторным обращением к фазам обучения по п. 2.5; исполнение движений при частично включенном технологическом оборудовании.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

4.1. В зависимости от класса системы обучения ПР устанавливаются следующие требования к организации процесса обучения:

4.1.1. Класс А. Обучение производят путем ввода в память последовательности состояний ПР и технологических команд. Используют оборудование по пп. 3.3.1 или 3.3.5, удовлетворяющие требованиям пп. 3.4.1 или 3.4.2, 3.5. Возможно наличие линейной интерполяции; средства организации адаптивной работы ПР отсутствуют. Точность рабочих движений ПР соответствует точности движений в процессе обучения.

При изменении размеров или ориентации РО ПР требуется переобучение ПР.

4.1.2. Класс В. Средства класса А дополняются средствами (по пп. 3.3.2, 3.3.3) редактирования исходной формы УП в соответствии с требованиями пп. 3.4.3—3.4.5, 3.5, 4.2), линейной, круговой (и возможно других типов) интерполяций и средствами обратного преобразования координат (п 3.9) для ПР с кинематической схемой шарнирного типа. Обучение производится путем организации движения ПР в системе координат объектов внешней среды с использованием обратного преобразования координат, средств редактирования и коррекции программ, предоставляемых пультом обучения. Точность рабочих движений ПР соответствует точности позиционирования РО ПР в процессе обучения с учетом средств коррекции УП. При наличии необходимых сенсорных устройств обеспечивается возможность обучения движениям и действиям для реализации алгоритмов адаптации к погрешностям установки или размеров детали (установочная адаптация).

Допускается использование средств трансляции исходной формы УП в рабочую форму вне режима реального времени после окончания процесса обучения и до включения рабочего режима.

Изменение размеров или ориентации РО ПР не требует переобучения ПР.

4.1.3. Класс С. В системе обучения ПР, оборудовании УПУ ПР и его ПрО предусмотрены все средства п. 3.3. Обучение производят комбинированным методом по ГОСТ 24836—81 и обеспечивают при этом получение адаптивной управляющей программы (АУП) в виде последовательности операторов и команд условных переходов (например, в системе команд ЭВМ УПУ) и соответствующих структур данных, содержащих все необходимые числовые параметры и операции для выполнения рабочих движений и контрольных действий ПР с адаптацией к неизвестным параметрам рабочего процесса. Точность рабочих движений ПР должна соответствовать точности работы его системы управления. Использование специальных (в соответствии с п. 3.8) видов интерполяции, преобразований координат и трансляции обеспечивает повышение производительности обучения по сравнению с системой класса А. Использование процессов сглаживания и сжатия информации при трансляции исходной формы АУП в рабочую повышает эффективность использования памяти ЭВМ УПУ по сравнению с системой класса В, процесс обучения происходит в системе координат объектов внешней среды или в системе координат РО. Обратное преобразование и трансляция (п. 3.8) происходит в масштабе реального времени в процессе обучения. Допускается использование инструментальных ЭВМ для подготовки исходной формы АУП, а также клавиатуры с АЦД и другого терминального оборудования дополнительно к пульту обучения в составе УПУ ПР.

4.2. В зависимости от класса системы обучения и типа области применения ПР применяют следующие методы обучения ПР и соответствующие требования к квалификации персонала. В системах класса А обучение ПР следует осуществлять методом показа всех точек траектории РО ПР с помощью пульта обучения. Для повышения точности и производительности работы ПР (для области применения ПР типа ОСНД) используют последовательность движения ПР, для чего требуется персонал квалификации ИТ;

в системах класса В обучение ПР следует осуществлять методом показа существенных точек траектории РО ПР с последующей интерполяцией, интерпретацией команд и сжатием информации программным путем. При наличии транслятора исходной формы УП в рабочую форму и других программных средств (обратное преобразование, средства установочной адаптации и др.) увеличивается производительность процесса обучения и становит-

ся возможным использовать персонал с квалификацией ТО для обучения ПР в области применения типа НСОД. Для области применения ОСНД (сварочные или сборочные процессы) или при программировании работы ПР типа НСОД с использованием специальных сенсорных устройств (систем технического зрения, силомоментных датчиков и т. д.) требуется квалификация ИТ в связи с необходимостью формирования неопределенных заранее контрольных операций и их отладки с помощью средств редактирования и компиляции;

в системах класса С возможности средств программирования и терминального оборудования допускают создание сложных программ адаптивного поведения, для чего требуется квалификация персонала ИП, имеющего опыт работы с ПрО ЭВМ УПУ ПР. В этом случае обучение ПР рекомендуется осуществлять по описанию деталей и вида работы с помощью языка высокого уровня.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПР

1. Возможность обучения в системе координат ПР, РО или внешней среды.
2. Производительность обучения (время обучения, деленное на время работы ПР).
3. Скорость преобразования данных (время вычислений, деленное на время работы ПР).
4. Наличие средств ввода редактирования и коррекции УП.
5. Наличие средств тарирования или установки РО.
6. Наличие средств установочной адаптации.
7. Наличие средств текущей адаптации.
8. Наличие средств защиты
8.1. Защита от ошибок оператора.
8.2. Защита от несанкционированного доступа.
8.3. Защита от помех и сбоев, индустриальных помех в том числе.
9. Наличие сервисных средств для приведения ПР в требуемое состояние в процессе обучения.
10. Наличие сервисных средств для контроля правильности и точности работы ПР в процессе формирования УП и АУП.
11. Наличие языков программирования
11.1. Языки программирования движений ПР и контрольных операций. Уровень языка программирования (машинный язык, автокод, язык высокого уровня).
11.2. Языки программирования работ на уровне описания задач.
12. Наличие средств автоматической оптимизации УП и АУП.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТАНДАРТЕ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термины	Пояснения
Сжатие информации	Уменьшение объема памяти, требующегося для хранения информации путем уплотнения ее методом кодирования процессов интерпретации
Интерпретация	Процесс порождения данных большей подробности и объема, чем исходные с помощью алгоритма, зависящего от исходных данных

Термины	Пояснения
Интерполяция	Вычисление промежуточных данных по фиксированному алгоритму, заданным узловым данным и параметру интерполяции
Трансляция	Преобразование исходной системы данных в другую (рабочую) систему данных с аналогичными отношениями
Компиляция	Объединение разрозненных данных в единую систему
Кодирование	Преобразование одиночных данных в соответствии со словарем или конечным набором правил
Инструментальная ЭВМ	ЭВМ, связанная с ЭВМ УПУ ПР каналом или через внешний носитель информации (перфолента, магнитная лента, магнитный диск) и используемая для ускоренного программирования ЭВМ УПУ ПР
Технические средства	Аппаратные средства и средства программного обеспечения
Прямое преобразование координат	Переход от координат рабочих органов и сенсорных устройств ПР к координатам объектов внешней среды с учетом возможного изменения размеров и ориентации РО ПР в процессе работы в рабочем режиме
Обратное преобразование координат	Переход от координат объектов внешней среды к соответствующим координатам РО и сенсорных устройств ПР с учетом возможного изменения размеров и ориентации РО ПР в процессе работы в рабочем режиме
Сглаживание	Замена множества данных, введенных в память УПУ в процессе обучения, данными, получаемыми в результате применения алгоритмов фильтрации (способом наименьших квадратов, сплайн-интерполяцией, фильтром Фурье и др.).

Редактор *В. П. Огурцов*
Технический редактор *Н. В. Келейникова*
Корректор *В. И. Варенцова*

Сдано в наб. 08.01.85 Подп. в печ. 11.03.85 0,75 усл. п. л. 0,75 усл. кр.-отт. 0,60 уч.-изд. л. Тир. 16.000 Цена 3 коп.

очета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник», Москва, Лялин пер., 6. Зак. 78.

gost.e-ecolog.ru