



СТЕПЕНЬ  
СВОБОДЫ  
Р Б Т

# **Внедрение коллаборативных роботов на производстве**

## **Част 2: Покупка коллаборативного робота**

к.т.н. Карлов Кирилл Рудольфович

Москва 2025

## Бережливая робототехника: упрощение внедрения роботизированных ячеек

*Что такое бережливая робототехника и для чего нужны роботы?*

Если вы спросите экспертов в робототехнике, могут ли роботы работать на вашем предприятии, ответом, который вы получите, вероятно, будет неуверенное "Это зависит". Это зависит от вашего завода, вашей команды, какого робота вы выберете, что вы хотите, чтобы он должен делать... и от многого другого.

Итак, если вы впервые хотите использовать роботов, с чего вы можете начать? Как перейти от вашей первоначальной идеи к продуктивному, работающему роботу? И если у вас за плечами уже есть несколько внедрений робототехники, как вы можете расширить масштабы своих усилий по внедрению на нескольких заводах?

Ответы можно найти в концепции бережливой робототехнике: методология упрощения развертывания роботизированных ячеек. Бережливая робототехника - это систематический способ создания роботизированных ячеек, от проектирования до интеграции и эксплуатации. Это позволит вашей команде внедрять роботов быстрее и эффективнее, чем когда-либо прежде.

Бережливая робототехника делит развертывание роботизированных ячеек на три этапа: проектирование, интеграция и эксплуатация.

Роботы могут стать эффективным инструментом для повышения производительности и качества продукции на вашем предприятии. Однако внедрение робототехники требует тщательного планирования и подготовки.

Подготовка к внедрению робототехники начинается с определения объема проекта, привлечения команды и представления проекта руководству и сотрудникам. Важно иметь четкое представление о том, что именно нужно автоматизировать, и заручиться поддержкой компании и команды энтузиастов, которые возглавят внедрение роботизированных комплексов.

## Введение

Это вторая часть серии пособий по внедрению коллаборативных роботов на производстве.

Мы подготовили несколько пособий, чтобы помочь вам максимально быстро и эффективно запустить коллаборативных роботов (коботов).

Три учебных пособия охватывают следующие темы:

- Часть 1: запуск первого проекта. В первом пособии вы узнаете, как создать робототехнический проект, чтобы гарантировать успех с самого начала.
- Часть 2: покупка робота. Во второй части вы узнаете, как выбрать робота, соответствующего вашим потребностям, и спланировать робототехническую ячейку.
- Часть 3: расширение возможностей вашей робототехники. В последнем пособии вы узнаете, как развить успех вашего первого проекта и продолжать расти.

К настоящему моменту вы уже знаете, какую пользу может принести вашему бизнесу использование роботов, и, вероятно, вы рады, что у вас уже работает робот. Возникает только один вопрос: какого кобота вам следует купить?

На этом этапе у вас может возникнуть множество вопросов:

- Могу ли я выбрать любого кобота или мне нужен определённый тип?
- Как мне сузить выбор?
- Где мне купить кобота?
- Нужно ли мне покупать какие-либо другие продукты?

Это пособие поможет вам найти ответы на эти вопросы. К концу вы будете полностью уверены в правильности выбора робота.

### Проблема выбора коботов

Независимо от того, хотите ли вы купить автомобиль, станок с ЧПУ или робот, требуется много работы, чтобы найти подходящий вариант. Прошли те времена, когда можно было просто позвонить местному дистрибьютору и сказать: "Мне нужен классный робот. Пожалуйста, пришлите мне его"

Теперь мы проводим собственное исследование, читаем информацию о различных производителях и делаем собственные выводы, прежде чем даже подумать об назначении даты отгрузки. По крайней мере, всегда лучше иметь больше вариантов... верно? Не обязательно. Теперь нам приходится тратить гораздо больше времени на перебор вариантов, в то время, когда мы могли бы выполнять основную работу. Что еще хуже, "информационная перегрузка" может снизить нашу способность принимать правильные решения. И по мере того, как на рынке появляется все больше вариантов роботов, становится все труднее сделать правильный выбор. К счастью, есть три ресурса, к которым вы можете обратиться за помощью:

- Это пособие
- Ваша команда
- Онлайн-сообщество робототехники DoF

Если вы столкнётесь с трудной проблемой, «Степень Свободы» бесплатно поможет вам и вашей команде её решить. Опубликуйте вопрос на форуме сообщества DoF и оставьте заявку в разделе «Запрос», чтобы получить консультацию от опытных экспертов по робототехнике.

## Распределение ролей

В первом пособии мы рассказали, как создать команду для внедрения роботов. Вы и члены вашей команды будете выполнять 10 ролей. При этом в команде не обязательно должно быть 10 человек, поскольку некоторые сотрудники могут взять на себя несколько ролей. Каждый из участников будет играть свою роль в процессе покупки робота.

Ниже представлен список ролей, участники которых будут наиболее и наименее активны в процессе покупки:

**Координатор проекта.** Ключевая фигура в процессе закупок; обеспечивает соответствие проекта спецификации и в рамках бюджета. Закупки. Руководит практической стороной процесса покупки, например, связываясь с дистрибьюторами для запроса цен и другой информации.

**Руководитель проекта.** Ранее был определен объем проекта и требования; теперь он нужен для уточнения требуемых спецификаций робота.

**Инженер.** Узнает о возможностях робота, чтобы спроектировать роботизированную ячейку.

**Установщик.** Установит робота; ему должно быть удобно работать с выбранной моделью.

**Программист.** Будет программировать робота; ему должно быть удобно работать с выбранной моделью.

**Рабочий по эксплуатации и техническому обслуживанию.** Будет обслуживать робота; ему должно быть удобно работать с выбранной моделью.

**Управление производством.** Обеспечивает соответствие проекта целям компании; он должен быть в курсе покупки робота.

**Консультант по процессам.** Применяет знания ручного процесса, чтобы помочь определить необходимые спецификации робота (хотя основная ответственность заключается в составлении карты ручной работы).

**Специалист по постоянному совершенствованию.** Узнает о возможностях робота, чтобы определить потенциальные области улучшения (хотя основная ответственность лежит на долгосрочном улучшении роботизированных ячеек).

## Что покупать!

Одна из проблем при выборе робота заключается в том, что многие решения взаимосвязаны. Чтобы дать вам представление о предстоящем пути, необходимо принять следующие четыре основных решения:

**Модель робота.** Какая именно? Технические характеристики робота должны соответствовать потребностям задачи.

**Конечный эффектор.** Какой именно? Конечный эффектор можно представить, как кисть на конце руки робота. Она должна уметь обращаться с предметами, с которыми робот будет работать.

**Дополнительные датчики.** Да или нет, и если да, то какого типа?

**Дополнительные принадлежности.** Да или нет, и если да, то какого типа?

В следующем разделе мы объясним, как найти подходящее дополнительное оборудование для вашей задачи.

## Три элемента, влияющие на ваш выбор робота

Прежде чем выбрать робота и все необходимые аксессуары, нужно чётко определить требования к вашей производственной ячейке. Для этого следует начать «этап проектирования» развёртывания ячейки. Этот этап является частью концепции бережливой робототехники: методологии проектирования, интеграции и эксплуатации роботизированной ячейки.

Основные этапы этапа проектирования:

1. Карта ручного производства. Изучите существующий ручной технологический процесс, который вы хотите автоматизировать, и уточните его вход, выход и сам процесс. Создайте визуальное представление макета ячейки с ручным управлением.
2. Карта роботизированного производства. Преобразуйте ячейку с ручным управлением в роботизированную и уточните её входные и выходные данные, а также сам процесс. Создайте визуальное представление планировки роботизированной ячейки.
3. Сравнение ручной и роботизированной ячейки. Подтвердите, что роботизированная ячейка сможет выполнять свои функции по назначению.
4. Завершение проектирования роботизированной ячейки. Рассчитайте ожидаемые затраты и окупаемость капиталовложений для новых ячеек и роботизированных комплексов.

Рекомендуется выполнить первый шаг перед выбором робота. Если вы ещё не создали карту ручного производства, сейчас самое время — это сделать.

Чтобы составить карту задач, определите следующие три элемента в указанном порядке:

1. Результат. Изделие, производимое роботизированной ячейкой.
2. Входные данные. Какие детали предоставляются роботу и в каком виде.
3. Процесс. Задачи с добавленной стоимостью, которые роботизированная ячейка будет выполнять или поддерживать.

Давайте рассмотрим, как каждый из этих элементов влияет на выбор робота.

### Элемент 1: Результат. Выход ячейки

Мы уделяем особое внимание «выходу», а не «входу», поскольку результат определяет, какие задачи с добавленной стоимостью следует поставить в приоритет. Это ключевой принцип бережливой робототехники. Производительность ячейки влияет на выбор робота и конечного эффектора.

| Влияние выходных свойств на выбор робота и конечного эффектора |                                         |                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Размеры объекта                                                | - Размер робота-Ход конечного эффектора | Куб диаметром 200 мм необходимо переместить на 1 м, поэтому ход захвата должен быть не менее 200 мм, а досягаемость кобота - не менее 1 м       |
| Материал объекта                                               | - Тип конечного эффектора               | Объект представляет собой пеноблок, поэтому конечный эффектор не должен быть вакуумным стаканом (иначе робот не сможет поднять блок)            |
| Вес объекта                                                    | - Полезная нагрузка конечного эффектора | Объект весит 5 кг, поэтому захват должен иметь грузоподъемность не менее 5 кг, что, в свою очередь, влияет на требуемую грузоподъемность робота |
| Тип (ы) объекта                                                | - Тип конечного эффектора               | Робот производит детали различных форм и размеров, поэтому для него требуется адаптивный захват.                                                |
| Требуемая скорость                                             | - Скорость конечного эффектора          | Предполагается, что ячейка выдает 150 деталей в час, поэтому кобот и конечный эффектор должны быть в состоянии работать в ногу друг с другом    |

## Элемент 2: вход ячейки

Входные данные ячейки определяют некоторые свойства конечного эффектора, а также расположение детали и возможность её позиционирования. Это влияет на то, требуются ли дополнительные датчики и насколько сложно будет запрограммировать робота.

Наиболее распространённые методы расположения деталей:

- **Упорядоченное размещение (в паллетах или стопках).** Объекты размещаются упорядоченными рядами, например, в ящике или лотке. Этот метод удобен, так как объекты всегда поступают в одно и то же место, не требуются дополнительные датчики, а программирование простое (особенно с помощью мастеров программирования).
- **Случайное позиционирование.** Объекты размещаются случайным образом. Этот метод усложняет работу, требует разработок систем внешнего восприятия и более подвержен ошибкам.
- **Конвейеры и другие движущиеся устройства.** Конвейеры могут показаться простыми, но они требуют сложного программирования. Во многих случаях проще использовать паллету или стек.

| Влияние входных свойств на выбор кобота, конечного эффектора и датчиков |                                                                          |                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Расположение деталей                                                    | - Параметры программирования- Датчики                                    | Объекты расположены случайным образом, поэтому для их обнаружения требуются дополнительные датчики (например, система визуального наблюдения) и расширенное программирование. |
| Расстояние между деталями                                               | - Конечный размер эффектора                                              | Предметы уложены так плотно друг к другу, что массивный захват не может достать до них - вместо него следует использовать захват с узкими кончиками пальцев                   |
| Способ доставки                                                         | - Варианты программирования- Датчики- Тип концевой эффектора- Тип робота | Объекты доставляются к роботу по конвейерной ленте, поэтому для того, чтобы робот мог подбирать движущиеся объекты, требуется сложное программирование                        |
| Способ упаковки                                                         | - Тип концевой эффектора                                                 | Предметы упаковываются в закрытые коробки, поэтому концевой эффектор должен быть способен захватывать как крышку коробки, так и предметы.                                     |

### Элемент 3: Процесс

Процесс влияет на выбор робота, конечного эффектора и параметров программирования. Процесс также влияет на размер робота и ячейки, поскольку у робота должно быть все, что ему нужно, на расстоянии вытянутой руки.

| Влияние процесса ячейки на выбор робота, конечного эффектора и метода программирования |                                           |                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Свойство                                                                               | влияет на                                 | пример                                                                                                                                                                                        |
| Тип задачи                                                                             | - тип конечного эффектора                 | Задача включает сварку, поэтому концевой эффектор робота должен быть специальным технологическим инструментом.                                                                                |
| Расстояние между                                                                       | Достижимость робота (и габаритный размер) | Для выполнения задачи требуется, чтобы робот нажал кнопку, на расстоянии метра от него, поэтому робот должен либо иметь радиус действия не менее 1 метра, либо быть перемещен ближе к кнопке. |
| Сложность задачи                                                                       | - Параметры программирования              | Простые варианты программирования, такие как Навыки роботизации, могут снизить сложность сложных задач - например, навык поиска по спирали использует силу, чтобы найти отверстие.            |
| Требования к интерфейсу                                                                | - Параметры программирования              | Задача требует, чтобы робот взаимодействовал с другими механизмами, поэтому программирование будет более сложным.                                                                             |

Приведенные выше списки не являются исчерпывающими, но они являются отличной отправной точкой для оценки коботов при разработке карты задач вашего робота.

## Как определить, соответствует ли кобот вашим потребностям

Сейчас не время искать «лучшего робота на свете» — если такой вообще существует. Робот со всеми самыми инновационными функциями может оказаться дорогостоящей ошибкой, которая займёт слишком много места в вашем цехе. Вместо этого ваша задача — найти робота, который наилучшим образом подходит для вашего приложения. Как это сделать? Сравнивая технические характеристики робота с требованиями вашей задачи. Помните, что ваше приложение определяет, какие технические характеристики являются наиболее важными. Например, полезная нагрузка, повторяемость и рабочий радиус наиболее важны для задач обслуживания оборудования, в то время как рабочий радиус и скорость более важны для задач дозирования. В этом разделе мы рассмотрим наиболее важные спецификации для выбора идеального робота.

### Пять основных спецификаций коботов

Когда дело доходит до коботов, некоторые спецификации важнее других. Если вы уже знакомы с промышленными роботами, вы можете обнаружить, что некоторые из них немного отличаются от привычных. Вы можете ознакомиться с этими спецификациями в таблицах данных, предоставляемых производителями. Но в этом нет необходимости, потому что мы уже сделали это за вас! Мы изучили рынок и сравнили широкий ассортимент доступных коботов, а затем составили руководство для покупателей коллаборативных роботов.

#### 1. Грузоподъёмность

Грузоподъёмность (полезная нагрузка) — это максимальный вес, с которым кобот может безопасно работать. До недавнего времени коботы могли работать только с относительно лёгкими объектами. Однако за последние несколько лет на рынке появилось несколько коботов с высокой грузоподъёмностью. При оценке полезной нагрузки необходимо учитывать вес инструмента. Например, если к роботу с грузоподъёмностью 1,5 кг добавить захват весом 1 кг, то фактическая грузоподъёмность уменьшится до 500 г.

#### 2. Достигаемость

Достигаемость — это максимальное горизонтальное расстояние, на которое конец эффектора робота может отойти от своего основания. Как правило, более крупные роботы могут дотягиваться дальше. Однако стоит задуматься, насколько далеко на самом деле должен доставать робот, поскольку более крупные модели занимают больше пространства. Чтобы рассчитать необходимую достигаемость, измерьте расстояния между участками рабочего пространства (рекомендуется сделать это при создании роботизированной карты задач). Не забудьте перепроверить наличие дополнительных расстояний, которые вы могли не учесть. Например, при выполнении задачи по обслуживанию машины нужно убедиться, что вы указали расстояние, необходимое для достижения цели внутри станка с ЧПУ для размещения объекта.

#### 3. Повторяемость

Повторяемость часто путают с точностью. В традиционных промышленных роботах важны оба параметра, но в коботах единственное, что действительно имеет значение, — это повторяемость. Вот разница между этими терминами:

- Повторяемость — это способность робота каждый раз возвращаться в одно и то же положение.
- Точность — это способность робота перемещаться в определённое запрограммированное положение.

Точность не так важна, потому что коботов обычно программируют, физически перемещая конечный эффектор в нужное место (например, с помощью ручного управления), а не вводя точные координаты (хотя это тоже возможно).

Повторяемость же имеет жизненно важное значение. Вам нужен робот, который будет точно повторять выполняемые им движения, когда вы управляете им вручную.

Даже если ваш робот имеет более низкую повторяемость, это не значит, что вы ограничены этим показателем. Повторяемость работы робота можно повысить с помощью механических упоров или определения силы.

#### **4. Простота программирования**

Одно из основных преимуществ коботов — лёгкость в программировании. Роботы, которые просто программировать, быстрее внедряются, и их операторам требуется минимальная подготовка. Чем больше людей могут программировать робота, тем меньше риск возникновения узких мест в задачах программирования.

К сожалению, не все производители роботов предоставляют простое в использовании программное обеспечение. Если у вас нет опыта в робототехнике, и вы не хотите тратить недели на обучение программированию, вы, вероятно, не захотите программировать своего робота традиционными методами.

Хотя производители роботов обычно не включают информацию о простоте программирования в свои спецификации, мы оценили всех роботов, представленных на рынке, по шкале от 1 до 10 в нашем «Руководстве покупателя робота для совместной работы».

Попросите поставщика кобота показать вам, как запрограммировать простую операцию взятия и перемещения. Затем попробуйте это сами на месте.

#### **5. Безопасность**

Коботы спроектированы для безопасной работы бок о бок с людьми. Однако не все производители роботов описывают функции безопасности одинаково. В нашем «Совместном руководстве для покупателей роботов» мы подробно описываем функции безопасности каждого робота двумя способами:

1. Каким стандартам безопасности он соответствует (например, ISO/TS 15066, сертификация TUV).
2. Какие функции безопасности он включает (например, обнаружение удара, ограниченная мощность двигателя, мягкая внешняя обшивка).  
Самым ярким показателем безопасности кобота является соответствие стандарту ISO/TS 15066 — первой технической спецификации, в которой изложены рекомендации по безопасному применению роботов для совместной работы.

Также было доказано, что коботы с сертификатом TUV соответствуют этому стандарту.

Помните: наличие у робота определённых сертификатов или функций безопасности не гарантирует, что ваше приложение по своей сути безопасно. Конечные исполнительные устройства, аксессуары и характер задачи — всё это влияет на безопасность, поэтому вы всегда должны проводить индивидуальную оценку рисков.

## **Другие полезные характеристики**

Следующие характеристики важны для некоторых приложений. Полезно помнить о них, хотя обычно они второстепенны по сравнению с пятью перечисленными выше.

### **Вес**

Вес кобота влияет на его размещение. Например, лёгкий кобот можно прикрепить к столу или другой машине без риска дестабилизации установки, и один человек легко может его переместить. Тяжёлый же робот должен быть закреплён на полу или другой прочной конструкции. Это единственный способ гарантировать, что всё останется на месте, особенно когда робот захватывает деталь с максимальной полезной нагрузкой. Однако это затрудняет последующее изменение местоположения робота.

### **Скорость**

Производители роботов определяют скорость либо как расстояние во времени (метры в секунду), либо как поворот во времени (градусы в секунду). Хотя скорость важна для традиционных промышленных роботов, пользователям коботов не нужно так беспокоиться об этой спецификации. На самом деле, низкая скорость предпочтительнее: коботы предназначены для безопасной работы бок о бок с людьми, и, как правило, чем ниже скорость, тем безопаснее роботизированная ячейка. Кроме того, другие преимущества коботов обычно важнее времени цикла.

### **Ускорение**

Ускорение определяет, насколько быстро робот может развить полную скорость (обычно регулируются как скорость, так и ускорение). Как и в случае с высокой скоростью, быстрое ускорение опасно, поэтому эта спецификация более важна для традиционных промышленных роботов, чем для коботов. Ускорение робота должно быть медленным, плавным и устойчивым — никогда резким — и должно давать находящимся поблизости людям достаточно времени, чтобы заметить, что робот движется.

### **Степени свободы (DoF)**

Степени свободы — это основная характеристика робота, настолько важная, что мы даже назвали наше онлайн-сообщество робототехников в её честь! Эта

спецификация показывает, насколько гибок робот в позиционировании своего конечного эффектора.

Некоторые коботы, ориентированные на конкретную задачу (например, роботы SCARA), имеют 5 или меньше DoF, что ограничивает ориентацию конечного эффектора. Другие имеют 7 или более DoF, что обеспечивает большую гибкость позиционирования, но также влечёт за собой более сложное программирование. Большинство коботов имеют 6 DoF — минимум, необходимый конечному эффектору для достижения любой ориентации. По этой причине DoF обычно не является решающим фактором при выборе кобота.

### **Класс защиты IP (экологические характеристики)**

Если ваш робот подвержен риску попадания брызг жидкости, покрытия пылью или другим условиям окружающей среды, важным параметром является степень защиты от проникновения (IP). Рейтинг IP даёт представление о способности робота противостоять опасностям окружающей среды. Подумайте, нужна ли вашему роботу дополнительная защита.

### **Срок службы робота**

Некоторые производители предоставляют приблизительную оценку срока службы своих роботов, которая обычно выражается в часах или циклах. Этот показатель, обычно около 30 000 часов, позволяет получить более точную оценку возврата инвестиций (которую вы можете рассчитать с помощью нашего бесплатного калькулятора ROI).

Если бы вы собирались использовать кобота только для одного производственного запуска, эта спецификация не была бы такой важной. Однако одним из основных преимуществ коботов является то, насколько легко их использовать для других задач. Подумайте, как кобота можно использовать в течение всего срока службы, чтобы максимизировать рентабельность инвестиций.

### **Поддержка**

«Поддержка» на самом деле не является спецификацией, но она жизненно важна для успешной интеграции вашего робота. Оцените методы поддержки клиентов вашего поставщика прямо сейчас, и вы избавите себя от многих проблем в будущем.

## Как выбрать оптимальный конечный эффектор

Большинство коботов не комплектуются собственными конечными эффекторами. Это сделано намеренно, поскольку для разных задач подходят разные эффекторы, и вы, вероятно, захотите выбрать свой собственный. Если выбранный вами кобот поставляется с собственным конечным эффектором, и он соответствует вашим потребностям — отлично! Если нет, читайте дальше, чтобы узнать, как выбрать правильный.

### Типы концевых эффекторов

Существует множество типов концевых эффекторов, почти столько же, сколько и приложений для роботов. Наиболее распространёнными являются:

- Захваты, например, адаптивные захваты. Эти многоцелевые концевые эффекторы подходят для большинства приложений, включая взятие и перемещение, работу со станками, сборку.
- Технологические инструменты, такие как малярные пистолеты, сварочные приспособления и фрезерные наконечники. Они используются для работы непосредственно с обрабатываемой деталью.
- Датчики, такие как контрольные датчики и камеры. Хотя технически это не «концевые эффекторы», они прикрепляются к концу руки робота и превращают его в устройство позиционирования для расширенного восприятия.
- Пользовательские конечные эффекторы, которые создаются в соответствии со спецификациями для конкретных задач.
- Подавляющее большинство коботов используют захваты. Они универсальны: коботы с захватами могут обрабатывать самые разные объекты и легко переключаются между задачами. В связи с этим далее мы сосредоточимся на захватах. Если вам нужна помощь с другим типом концевой конструкции, обратитесь к члену нашей команды.

### Пять основных характеристик захвата

Как и в случае с коботами, есть несколько ключевых характеристик, на которые следует обратить внимание при выборе захвата. Ниже перечислены пять наиболее важных. Обратите внимание, что это лишь краткое введение в захваты.

**Полезная нагрузка захвата.** Как и в случае с полезной нагрузкой кобота, полезная нагрузка захвата относится к максимальному весу, который он может выдержать. Вы можете обнаружить, что захваты поставляются с несколькими спецификациями полезной нагрузки. Например, адаптивные захваты имеют два показателя:

- Полезная нагрузка при полном охвате — это полезная нагрузка, когда захват полностью обхватил объект пальцами.
- Полезная нагрузка фрикционного захвата — это полезная нагрузка, когда захват зажимает объект только между кончиками пальцев. Этот показатель в значительной степени зависит от трения между кончиком пальца и объектом, а также от скорости робота.

Помните, что конечный эффектор может быть важным ограничивающим фактором в вашей роботизированной ячейке. Даже если ваш робот может нести 100 кг, если

конечный эффектор рассчитан на 5 кг, ячейка будет ограничена одновременным перемещением 5 кг.

## 2. Усилие захвата

Усилие захвата определяет силу сжатия, которую захват может приложить к объекту. Большинство захватов не имеют охватывающих элементов, так что это единственная сила, удерживающая предмет между пальцами. Для лёгких и хрупких предметов требуется низкое усилие сжатия, в то время как для тяжёлых и прочных объектов можно использовать более высокое усилие.

Важно учитывать два аспекта:

- **Максимальное усилие захвата** — это максимальное усилие, которое может приложить захват. Иногда оно указывается в виде диапазона, поскольку зависит от длины кончиков пальцев, которые вы прикрепляете. Например, максимальная сила захвата будет уменьшена, если вы прикрепите длинные специальные кончики пальцев.
- **Разрешение усилия** — это наименьшее приращение усилия для регулируемых силовых захватов. Например, захват может достигать усилия до 235 Н с шагом 0,92 Н. Не все захваты имеют такую возможность регулировки усилия захвата.

## 3. Ход захвата

Ход — это расстояние между кончиками пальцев, когда захват переходит из полностью закрытого состояния в полностью открытое. Часто (но не всегда) ходом обозначают максимальную ширину объектов, которые может охватить захват.

Например, параллельный захват Hand-E имеет ход 50 мм. С прилагаемыми кончиками пальцев это означает, что кончики пальцев могут находиться на расстоянии от 0 мм друг от друга до 50 мм. Однако если сделать специальные кончики пальцев (что легко сделать для Hand-E), можно добиться перемещения на 30–80 мм, 50–100 мм или в любом другом диапазоне. Ход по-прежнему составит 50 мм, но добавление специальных кончиков пальцев позволит захватывать более широкие объекты.

Даже при использовании специальных кончиков пальцев ход ограничивает количество предметов, с которыми может работать захват. Поэтому важно знать ход своего захвата.

## 4. Вес захвата

Вес конечного эффектора имеет значение, поскольку его необходимо учитывать в рамках общей грузоподъёмности робота. Например, если робот способен работать с полезной нагрузкой до 5 кг, а вес захвата составляет 0,8 кг, то максимальная масса предметов, с которыми может работать комбинация робота и захвата, составит не более 4,2 кг.

## 5. Источник энергии захвата

Источник энергии захвата может повлиять на выбор робота, так как несовместимость с определённым источником энергии (например, электрическим, пневматическим, магнитным, вакуумным или гидравлическим) сделает использование робота и захвата вместе невозможным. Некоторые коботы поставляются с предварительно подключёнными электрическими или пневматическими соединителями, что делает их более подходящими для захватов соответствующего типа. Электрические захваты обычно более гибкие по сравнению с пневматическими, поскольку им не требуется отдельная подача сжатого воздуха.

### Другие полезные характеристики

При выборе захвата для кобота важно учитывать следующие факторы:

- **Тип захвата.** Захваты могут быть адаптивными, параллельными, угловыми, трёхпальными и других типов. Это определяет типы захватов, которые можно выполнять. Например, для небольших и точных захватов поступательный захват, такой как Hand-E, может быть более подходящим, чем вращающийся захват, такой как 2F-85.
- **Гибкость захвата.** Если планируется периодически переносить кобота на другие задачи, конечный эффектор должен быть гибким и адаптируемым. Если же кобот будет использоваться только для одного процесса, можно выбрать простой захват, подходящий только для этой задачи.
- **Рейтинг IP (экологические характеристики).** Степень защиты захвата от проникновения важна для некоторых применений, особенно если захват подвержен воздействию пыли и жидкости. Многие захваты не подходят для использования в запылённых помещениях из-за сложных движущихся частей.
- **Простота интеграции и использования.** Установка захватов должна быть простой, а захваты с заранее запрограммированными функциями и интуитивно понятным интерфейсом значительно упрощают работу. Например, захваты могут поставляться с встроенным виджетом для системы управления роботом, что значительно экономит время программирования.

## Как правильно выбрать датчики для робота

При интеграции роботов в производственные процессы возникает вопрос о необходимости использования датчиков. Хотя некоторые предполагают, что для обнаружения деталей роботу требуется, например, техническое зрение, часто существуют более простые способы достижения желаемого эффекта без усложнения роботизированной системы.

Важно помнить, что для простейших приложений робота дополнительные датчики не требуются. По моему мнению, добавление датчиков обеспечивает большую гибкость, но также увеличивает сложность системы.

С одной стороны, чем больше датчиков добавляется к роботу, тем более надёжной становится система. Надёжность в данном контексте означает способность адаптироваться к планируемым изменениям. Например, добавление датчика зрения позволяет роботу обнаруживать и захватывать объекты в произвольной ориентации.

С другой стороны, добавление датчиков усложняет интеграцию, программирование и обслуживание робота. Кроме того, это иногда снижает гибкость системы (способность адаптироваться к незапланированным изменениям), что затрудняет переключение робота с одной задачи на другую.

По этим причинам начинающим пользователям роботов обычно не рекомендуется добавлять дополнительные датчики. Лучше начать с простых решений, а дополнительные датчики оставить для более сложных проектов.

### Типы датчиков

Датчики, которые могут быть интегрированы с роботами, включают считыватели штрихкодов, лазерные 3D-сканеры, световые шторы, защитные коврики, фотоэлектрические датчики обнаружения деталей и многие другие.

В данном контексте мы сосредоточимся на двух наиболее распространённых типах восприятия для роботов: техническом зрении и силе (крутящего момента).

*Системы технического зрения* позволяют роботам определять положение и ориентацию объектов.

Существуют два основных типа зрительных датчиков для роботов:

1. **Датчик, крепящийся на запястье.** Зрительный датчик прикреплён к роботу чуть выше конечного эффектора. Его легко переставить, что делает обнаружение более надёжным, поскольку объекты можно рассматривать под разными углами. При активном освещении можно уменьшить эффект разницы в освещении.
2. **Стационарный или налобный датчик.** Обзорный датчик либо прикреплён к стационарной конструкции, либо встроен в «голову» робота, обеспечивая ему глобальный обзор рабочего пространства.

Хотя некоторые роботы теперь поставляются с интегрированным зрением, большинство из них нет. Мы рекомендуем изменить приложение (например, способ расположения детали), чтобы полностью исключить необходимость в визуальном представлении. Однако это не всегда возможно.

Традиционно добавление системы технического зрения требовало привлечения специалистов-интеграторов. Сегодня есть несколько более простых вариантов интеграции с роботами для совместной работы, которые позволяют выполнить интеграцию собственными силами.

При выборе датчика следует отдать предпочтение тому, который относительно легко интегрировать с вашим роботом. Он должен соответствовать следующим требованиям:

- **Физическая простота интеграции** с фланцами, подходящими для вашего робота. В противном случае вам придётся разрабатывать и изготавливать специальные муфты.
- **Простота программирования**, предпочтительно с заранее запрограммированными процедурами для обычных задач, таких как обнаружение объектов.

### **Датчики силы и крутящего момента**

Чувство осязания может иметь решающее значение для точной сборки и тестирования деталей, а также для некоторых задач по обслуживанию станка и комплектации. Если в вашем приложении требуется, чтобы робот «чувствовал», что он делает, то есть обнаруживал приложенные усилия, вам, вероятно, понадобится датчик крутящего момента.

Как и системы технического зрения, датчики силы традиционно было сложно добавлять к роботам. Однако современные датчики силы для коботов, более доступны для новых пользователей.

Если вы считаете, что вам может понадобиться датчик усилия, рекомендуем обратиться к нашей команде за помощью в принятии решения о том, действительно ли измерение усилия необходимо для вашей задачи.

## Выбор подходящего партнёра

Вы определили, какой кобот вам нужен, выбрали модель, захват и аксессуары, а также представили, как будет выглядеть готовая производственная ячейка. Следующий шаг — найти подходящих партнёров для сотрудничества.

При выборе партнёра обратите внимание на следующие моменты:

1. **Перепроверьте свой план.** Если вы ещё не сделали этого, убедитесь, что отправили детали вашего проекта на наш бесплатный сервис. Вы будете на связи с одним из наших специалистов, который ответит на ваши вопросы и напомнит о важных деталях.
2. **Разъясните, что вы можете делать самостоятельно, а где вам потребуется помощь.** Некоторые задачи по интеграции могут потребовать привлечения внешних специалистов. Соберите свою команду, составьте список задач и определите, что вы можете сделать сами, а в чём вам нужна помощь.
3. **Ищите поставщиков.** Не думайте, что вам нужно ограничиваться тем, что есть на складе у вашего ближайшего поставщика. У большинства производителей роботов есть местные торговые представители по всему миру.
4. **Используйте существующие деловые отношения.** Если вы уже имеете дело с поставщиком услуг автоматизации, спросите, какие договорённости у них есть с производителями роботов и могут ли они предоставить рекомендации.
5. **Сведите к минимуму количество поставщиков.** Старайтесь работать с как можно меньшим количеством партнёров (исследования показали, что компании, использующие меньшее количество поставщиков, более прибыльны). Если устройство не поддерживается одним из партнёров, вам нужно будет либо найти другого партнёра для его предоставления, либо предложить другое решение.
6. **Выберите местного партнёра.** Хороший партнёр не только продаёт нужную вам продукцию, но и предлагает гарантию, а также обеспечивает постоянную поддержку и обучение.
7. **Будьте непредвзяты.** У вашего партнёра могут быть идеи для роботизированной ячейки, которые вы даже не рассматривали (особенно если это ваша первая интеграция с коботом). Не придерживайтесь первоначального плана, если у них есть более эффективное решение.
8. **Учитесь у коллег.** Скорее всего, с любой проблемой, с которой вы столкнётесь, другие уже сталкивались раньше. Ознакомьтесь с сайтом DoF, сообществом профессионалов в области автоматизации, и найдите помощь у таких же людей, как вы, которые завершили собственную интеграцию с коботом.

Покупка вашего первого кобота может быть непростой задачей, но при правильном руководстве вы обеспечите успешную интеграцию.

## Следующий шаг — этап интеграции

После того как ваш новый робот доставлен, начинается процесс его интеграции в производственную среду. Этот этап включает в себя несколько ключевых шагов:

1. **Подготовка роботизированной ячейки.** Необходимо подготовить рабочее пространство для робота, обеспечив все необходимые условия для его функционирования.
2. **Подготовка производственной линии.** Следует адаптировать линию под работу с роботом, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие между оборудованием и минимизировать риски.
3. **Монтаж робота на производственной линии.** Производится установка робота и его подключение к необходимым системам.
4. **Обучение команды.** Важно провести обучение персонала, который будет работать с роботом, чтобы они могли эффективно использовать новое оборудование и обслуживать его.

Мы имеем возможность постепенно увеличивать объём производства и привлекать больше заказчиков, что приведёт к расширению парка станков и роботов и обеспечит перспективный общий рост предприятия.

## Оглавление

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Бережливая робототехника: упрощение внедрения роботизированных ячеек..... | 2         |
| <b>Введение .....</b>                                                     | <b>3</b>  |
| <b>Распределение ролей .....</b>                                          | <b>5</b>  |
| <b>Что покупать!.....</b>                                                 | <b>6</b>  |
| <b>Три элемента, влияющие на ваш выбор робота .....</b>                   | <b>7</b>  |
| <b>Как выбрать оптимальный конечный эффектор .....</b>                    | <b>15</b> |
| <b>Как правильно выбрать датчики для робота .....</b>                     | <b>18</b> |
| <b>Выбор подходящего партнёра.....</b>                                    | <b>20</b> |