

## РОБОТОТЕХНИКА КАК ИСКУССТВЕННЫЙ ОБЪЕКТ ПЕРЕХОДНОГО ЭТАПА

*В статье автор представляет робототехнику как искусственный объект, обусловленный сочетанием элементов двух уровней философско-методологического осмысления техники – функционального и информационного.*

Робототехника является искусственным объектом переходного этапа и поэтому, сочетает в себе элементы функционального и информационного уровней осмысления техники. Она опирается на междисциплинарное взаимодействие наук и выполняет функции искусственного средства переработки информации и имитирует человеческие действия.

Как наука, она «объединяет в себе сведения и методы из технических, естественных и гуманитарных наук» в связи с тем, что «робот должен совершать действия подобно человеку, ему необходимо хранить и перерабатывать информацию, планировать свои действия сообразно с поставленной целью» [1, с. 137].

В предпосылках возникновения роботов истории робототехники выделяют две линии [2]. Первая линия связана с искусственными объектами и средствами классического периода, когда создавались устройства (не обязательно автоматические), так или иначе имитирующие органы движения человека. Таковыми являются появившиеся еще в XIX веке паровые экскаваторы, которые имеют четыре степени свободы – один шарнир с вертикальной осью и три других с параллельными горизонтальными осями. «Но этот манипуляционный механизм, содержащий аналоги плеча, предплечья и кисти, не обладает возможностью программирования и, более того, все степени свободы управляются по отдельности соответствующими рычагами» [1, с.137].

Появление более сложных искусственных объектов и средств классического периода связано с возникновением во второй четверти XX века станков с числовым программным управлением, а затем так называемых обрабатывающих центров с достаточно сложным относительным движением между обрабатываемой деталью и инструментом, что обеспечивается наличием системы управления. Эти технические системы снабжаются устройствами для загрузки-выгрузки деталей, совершающими несложные манипуляции. Для массового производства однотипных изделий создаются линии, в которых автоматизированы не только обработка, но и перемещение деталей между станками. Однако в этих системах весьма сложно обеспечить гибкость изменения выполняемых операций.

Вторая линия предыстории робототехники связана с разработкой искусственных объектов и средств современного информационного периода, представленных устройствами для хранения и переработки информации, призванных обеспечить перепрограммирование автоматов, а также устройств и методов управления приводами. Первые приспособления этого назначения были выполнены в виде кулачковых механизмов или перфолент, например, ткацкий станок Ж.Жаккара, послуживший своеобразным прототипом для проекта Ч.Бэбиджа и А.Лавлейс по созданию механического компьютера.

Одним из первых устройств для автоматического поддержания постоянства скорости вращения явился регулятор паровой машины Уатта, затем были разработаны разнообразные методы и средства управления приводами. Например, таковыми средствами является электромашинный усилитель, содержащий генератор и двигатель. «Это довольно громоздкий агрегат, предназначенный для решения единственной, но

важной задачи – управление стационарно установленным электродвигателем постоянного тока» [1, с.138].

Первыми искусственными средствами, созданными в робототехнике, которые могли имитировать человеческую руку и давали возможность перепрограммирования считаются патенты С.Кенварда и Д.Дэвола (1954 г. США). Однако, раньше возникли копирующие манипуляторы, предназначенные для работы с радиоактивными материалами и содержащие по две механические «руки», одна из которых связана с рукой человека-оператора, а другая манипулирует в опасной среде, полностью повторяя движения первой. Это устройство не может работать по собственной программе, но все степени свободы здесь управляются одновременно, и в этом смысле данный искусственный объект ближе к удовлетворению принципа органопроекции Э. Каппа, согласно которому все элементы и свойства механизмов так или иначе отражают свойства элементов человеческого тела или психики [3, с. 20].

Однако, первые автоматические манипуляторы, в отличие от человеческой руки, содержали поступательные кинематические пары – сочленения, позволяющие сопрягаемым звеньям перемещаться линейно друг относительно друга (как если бы предплечье выдвигалось из плеча). С появлением более совершенных математических средств и алгоритмов вычисления, возникают ангулярные, антропоморфные схемы (без поступательных пар). В настоящее время открытые кинематические цепи (как у человеческой руки) все более уступают место многократнозамкнутым параллельным структурам, имеющим более высокие показатели по точности и грузоподъемности.

Системы и алгоритмы управления роботами также имеют свою историю – от упомянутых копирующих манипуляторов до роботов с адаптивным управлением и элементами осязания.

Одна из самых распространенных схем роботов-манипуляторов с открытой кинематической цепью присутствует в роботе «Puma» фирмы Unimation. Этот робот может представлять как левую, так и правую руку, причем три первые, наиболее близко расположенные к основанию кинематические пары (шарниры) «отвечают» за позиционирование выходного звена (схвата), три последние пары обеспечивают ориентацию схвата. Звенья манипулятора (твердые тела, соединяемые шарнирами) играют роль соответственно плеча, предплечья и кисти руки человека [1, с. 138-139].

И, несмотря на то, что задачи робототехники, на первый взгляд, вполне соответствуют искусственным объектам классической науки, в которых выделение их функционального назначения представлено в термине «технический объект», использование робототехникой междисциплинарного подхода обусловило постановку ряда новых задач и разработку алгоритмов их решения как в механике, так и в кибернетике. В робототехнике стало трудно и даже невозможно разделение этих дисциплин. Именно механика и кибернетика, где первая представляет классический период, а вторая современный – информационный период, в совокупности обусловили новую науку – робототехнику, представляющую собой нечто гораздо более сложное, чем просто формальная «сумма составляющих ее дисциплин» [1, с. 140].

Таким образом, можно указать две причины обусловившие проявление в робототехнических системах признаков неклассической науки. Первая причина связана с междисциплинарностью, вторая – с наличием «неизбежных парадигмальных прививок из других отраслей науки» [1, с. 144]. Кроме того, «неклассичность» искусственного объекта робототехники проявляется еще в трех аспектах: относительность определения положений и скоростей звеньев манипулятора, квантование информации, которую можно получать о состоянии робототехнической системы и квантование всех величин, присутствующих в рассматриваемых моделях. Последнее связано с тем, что датчик, отслеживающий, например, изменение обобщенной координаты, как правило, является не аналоговым устройством, а дискретным. В прошлом, были аналоговые датчики, напряжение на выходе которых пропорционально угловому отклонению, а теперь все

более внедряются инкрементальные устройства, дающие импульс на некотором малом повороте. Импульсы подсчитываются компьютером и так осуществляется обратная связь по положению.

Но искусственные объекты робототехники связаны и с постнеклассическим этапом развития науки. Наличие в них свойств, изучаемых постнеклассической наукой, таких как системность, иерархичность, кооперативность взаимодействия подсистем, человекоразмерность, возможность бифуркаций и катастроф можно уяснить при рассмотрении этапов и уровней развития систем и способов управления роботами.

Исторически первыми были следящие системы, в которых имеется два манипулятора. Один из них двигается под действием «руки оператора», а другой полностью повторяет движения первого. Поскольку манипуляции происходят с небольшими скоростями, то проекты взаимовлияния между степенями свободы остаются незначительными, и можно использовать независимое управление приводами как обычными следящими системами.

Затем возникли так называемые «биотехнические системы», в которых оператор управляет некоторой рукояткой и задает направление линейной и угловой скоростей. При этом вычислительное устройство должно пересчитывать соответствующие указанным скоростям приращения линейных и угловых координат выходного звена в приращения обобщенных координат (углов поворота в сочленениях).

Далее появились программируемые автоматические роботы, где оператор задает набор точек, в которых должно побывать выходное звено. Далее составляется программа, где указывается последовательность и скорость обхода точек, а также необходимое время фиксации в каждой из них. Примечательно то, что программируемый робот должен сам спланировать свою траекторию [1]. Это весьма интересная проблема, поскольку здесь следует обеспечить «гладкость» функций изменения скоростей и ускорений.

Уже на этом этапе возникли элементы адаптации в управлении. Робот имеет внутреннюю модель самого себя и на основании этой модели он вырабатывает сигналы для своих сочленений. Но эта модель не является абсолютно точной (и не может быть таковой), следовательно, ее нужно корректировать в процессе движения. Поэтому появились так называемые «алгоритмы адаптивного управления» [5], в которых отслеживается тенденция изменения ошибки движения по траектории и при росте этой ошибки вводятся коррекции в параметры модели (хотя структура самой модели не меняется). В этом смысле имеет место адаптация (и некоторый элемент самоорганизации). В данном случае широко используются результаты теории информации и теории автоматического управления.

Следующий этап, который в настоящее время активно развивается, связан с появлением осязательного адаптивного управления. В частности, могут быть роботы с обратной связью по усилию, а также роботы снабженные тактильными датчиками, реагирующими на касание какого-либо предмета (роботы оснащаются «органами чувств»). Конструкции датчиков силомоментного осязания, как правило, основаны на наличии в запястье робота некоторого устройства, имеющего изгибные упругие кинематические пары с достаточно большой жесткостью. При появлении усилия в соответствующих парах происходит изгиб, измеряемый пьезодатчиками, меняющими свое электрическое сопротивление при изменении формы. Уровень сигнала в рассматриваемом элементе обуславливает изменение закона управления роботом. Самый простой пример связан с установлением порогового усилия, по достижении которого (в целях защиты от поломок) система управления прекращает выполнение операции.

Тактильные датчики позволяют использовать обычный робот как координаторно-измерительную машину. В таком датчике сигнал поступает при соприкосновении измерительной головки с некоторым предметом, при этом датчики могут быть как односторонне направленным, так и двух- или трехкоординатными.

В систему управления робототехнической установкой может быть «встроен» человек-оператор. Это прежде всего осуществляется на этапах, имеющих следящие системы, а также биотехническое управление. Однако, система управления может быть выстроена иерархическим образом, так что человеку передается управление во внештатных ситуациях для принятия решения. Интересно отметить, что иногда человек в системе управления трактуется как «звено чистого запаздывания».

Таким образом, робот, как искусственное средство технической деятельности, оказывается способным, в известной степени, «осознавать» самое себя. В этой машине в виде математического представления о собственной структуре и параметрах, должно иметь место «осознание» поставленной задачи и контроль за ее исполнением. Это свидетельствует от антропоморфности рассматриваемых искусственных средств, особенно учитывая, что этот признак присутствует и в самой механической структуре роботов (имитация руки).

Кроме того, робот – это иерархически построенная система, поскольку все перечисленные этапы развития принципов управления присутствуют в любом роботе наиболее высокого поколения. На нижнем уровне необходимо иметь сервосистему (двигатели), которая работает по принципам следящего привода; на более высоком уровне имеется вычислитель, который, как и при биотехническом управлении, пересчитывает задаваемую скорость выходного звена в приращения обобщенных координат (углов поворота в сочленениях); наконец, на высшем уровне необходим компьютер, который должен спланировать траекторию на основе сплайн-функций [1, с.145].

Таким образом, при рассмотрении искусственных объектов в виде робототехнических систем можно выделить их иерархичность и антропоморфность, что сближает научную робототехнику с постнеклассической наукой. Кроме того, в процессе движения, робот, как самоорганизующая система, должен решать проблему преодоления точек бифуркации – это характерно для систем не только с замкнутой, но также и с разомкнутой кинематической цепью [6]. В этих точках робот может потерять одну или несколько степеней свободы.

В положениях бифуркации следует сформировать алгоритм управления, а система должна как бы самоорганизоваться, с тем чтобы пониженное число степеней свободы наилучшим образом использовать с точки зрения близости к предписанному движению. В частности, был предложен алгоритм управления манипулятором в особых положениях [7], который основан на винтовом исчислении.

Адаптивность, самоорганизация, иерархичность, системность и кооперативность являются свойствами одного из самых последних явлений в области искусственных средств технической деятельности - гибких производственных систем. Они призваны совместить в себе принцип автоматизации и принцип гибкости, поскольку изделия современных предприятий не должны носить массовый характер (например, автомобили должны отличаться по цвету, дизайну, так же как обувь, одежда). Поэтому системы управления гибким автоматизированным производством включают в себя искусственные средства переработки информации. Так, основной компьютер дает команды технологическим устройствам (это могут быть станки с числовым программным управлением), транспортным средствам (роботам, предназначенным для установки и снятия заготовок, а также робокарам, перемещающим заготовки и изделия между станками и складами) и автоматизированным складам. Последние также являются своего рода робототехническими системами, снабжающими производство заготовками, сосредоточенными в соответствующих контейнерах. Тут налицо специализация подсистем, которые могут взаимодействовать между собой «по горизонтали», без привлечения главного компьютера.

При получении задачи от оператора система должна самоорганизоваться, выбрав необходимый набор инструментов в станках и заготовок на складе, назначив пути следования полуфабрикатов. Как видим, совершенно разные подсистемы здесь объединены в единую систему и должны под управлением компьютера функционировать в условиях кооперативности. Особое значение здесь приобретает согласование систем координат подсистем.

Важным аспектом, обеспечивающим работоспособность весьма сложных гибких производственных систем, является техническая диагностика. Любому современному искусственному средству технической деятельности требуется идентификация его состояния на предмет определения возможной длительности его безотказной работы [8]. Данное положение полностью справедливо и для робототехники, причем диагностическая аппаратура, наряду с соответствующими алгоритмами и программами, должна быть встроенной, чтобы робот в процессе функционирования мог сам себя диагностировать и при необходимости информировать о возможных ситуациях человека-оператора.

В процессе развития робототехнических систем свойства системности и кооперативности постоянно усиливаются. В соответствии с этим их структура претерпела существенные изменения – от открытых кинематических цепей, имитирующих человеческую руку, до замкнутых многоконтурных механизмов параллельной структуры [9], которые воспринимают нагрузку подобно пространственным формам, в силу чего обладают повышенными показателями точности и грузоподъемности. Однако, такие системы требуют достаточно сложного математического описания, основанного на винтовом исчислении, и этим искусственным объектам свойственны особые конфигурации (точки бифуркации).

Таким образом, искусственные объекты робототехники, воплощаемые в искусственные средства технической деятельности содержат в себе проявления черт, присущих искусственным объектам всех трех этапов в развитии науки: классического, неклассического и постнеклассического.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.А. Робототехника и постнеклассическая наука. //Вопросы философии. -2002. -№ 11.
2. Барсуков И.Б. Развитие манипуляционных систем и конструктивных компоновок промышленных роботов СССР//Актуальные вопросы промышленной робототехники. –М., 1989.
3. Философия техники: история и современность. –М., 1997.
4. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора. –М., 1976.
5. Болнокин В.Е., Чинаев П.И. Анализ и синтез систем автоматического управления на ЭВМ. Алгоритмы и программы: Справочник. –М., 1991.
6. Манипуляционные системы роботов /Корендяев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. и др. –М., 1989.
7. Глазунов В.А. Об управлении манипулятором в особенных положениях //Известия АН СССР. Механика твердого тела. -1985. -№4.
8. Нахапетян Е.Г. Диагностирование оборудования гибкого автоматизированного производства. –М., 1985.
9. Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф. Пространственные механизмы параллельной структуры. –М., 1991.