

Машины и Установки

проектирование, разработка и эксплуатация

Сетевое издание
МОО "Стратегия объединения"
<http://maplants-journal.ru>

Ссылка на статью:
//Машины и установки: проектирование,
разработка и эксплуатация.
Электрон. журн. 2025. № 4. С. 45 – 53

DOI:

Представлена в редакцию: 18.12.2025

Принята к публикации: 21.12.2025

© МОО «Стратегия объединения»

УДК 621.8

УДК 37.026

Применение паттернов при обучении инженеров

Ромашко А.М.

romashkoam@bmstu.ru

МГТУ им. Н. Э. Баумана (Москва, Россия)

В статье рассматривается применение паттернов при обучении инженеров для сокращения количества информации, которую нужно усвоить обучаемому за время обучения, и для развития творческой активности при проектировании. Приведен пример паттерна «Устройства уравновешивания манипуляторов», позволяющего в краткой форме объяснить обучаемому основной физический принцип устройств статического уравновешивания звеньев манипуляторов.

Ключевые слова: обучение, навыки применения знаний, паттерн, инженер, манипулятор, устройство уравновешивания.

Введение

Вследствие развития технологий традиционные требования к профессиям и сами профессии фундаментально изменяются [1]. В том числе и требования к профессиям людей, участвующих в проектировании машин. Изменяются инструменты, используемые при проектировании, – все более весомым становится использование компьютерных технологий проектирования. Так, в настоящее время при подготовке инженеров, кроме времени освоения традиционных инженерных знаний и навыков, необходимо дополнительное время для освоения компьютерных технологий проектирования. Ускоряются темпы развития техники и технологий, следовательно, увеличивается объём знаний и навыков необходимых специалистам проектировщикам и ускоряются темпы их обновления. Но возможности увеличения времени подготовки специалиста по проектированию ограничены. Ограничено количество информации, которую может усвоить человек за определённое время. Поэтому возникает необходимость пересмотра структуры и содержания информации, которую должен усвоить обучаемый за время обучения в университете.

Одним из способов разрешения противоречия между увеличением количества информации, которую нужно усвоить обучаемому и изложенными выше ограничениями, может быть представление информации о знаниях и формирование навыков использования знаний в форме паттернов. Английское слово «pattern», переводится как: шаблон, образец,

модель, структура, схема, закономерность, модель поведения. Термин «паттерн» в обучении и проектировании используется для обозначения метода представления информации о знаниях и о навыках использования этих знаний. Метод используется давно, однако его обсуждение как инструмента обучения и проектирования началось сравнительно недавно [2]. В настоящее время паттерны используются в обучении [3], при проектировании [2], в программировании [4].

Метод обучения с использованием паттернов предполагает выделение, по возможности в общем виде, функций проектируемого объекта, физических или других научных принципов реализации функций, выделение основных составляющих частей объекта, выделение основных отношений между составляющими частями объекта. Паттерн представляет собой краткое **абстрактное** описание изучаемого объекта и связанных с ним процессов на основе базовых научных принципов. В методе паттернов подробные описания множества подобных объектов заменяются одним абстрактным описанием единым для всего множества. Противоположностью обучению на основе паттернов является обучение базирующееся на примере подробного описания устройства **конкретного** объекта, выбранного из множества подобных объектов, уже существующего в виде «искусственного» [5], с подробным разъяснением взаимодействия всех его составляющих.

Можно создавать паттерны различных уровней, начиная от абстрактных, в которых описаны только научные принципы функционирования объектов (будем считать их высшим уровнем) до всё более и более конкретных. В зависимости от требований к квалификации специалиста, для обучения могут использоваться паттерны различных уровней. Например, при обучении проектированию **новой** техники необходимо, чтобы обучаемый в первую очередь усвоил паттерны высшего уровня. Описание в виде паттерна низшего уровня в этом случае необходимо в качестве примера реализации паттерна высшего уровня, при этом изучение паттерна низшего уровня может осуществляться в форме самостоятельной работы.

Для подготовки специалиста по эксплуатации **существующей** техники целесообразно при обучении использовать паттерны более низкого уровня.

Использование паттернов высшего уровня закрепляет навыки использования общенаучных знаний. Использование паттернов низших уровней формирует узкие профессиональные навыки, необходимые для работы с конкретными существующими объектами.

Проектирование нового искусственного на основе паттернов предполагает использование на начальном этапе проектирования абстрактных шаблонов (паттернов) некоторых классов объектов, с последующим выбором конкретного объекта и технологии его изготовления, подходящего по условиям эксплуатации или по другим параметрам. Так как в паттерне содержится только физический принцип функционирования изделия и отсутствует конкретный его прототип, такой способ проектирования может стимулировать разработчика к поиску оригинальных реализаций изделия.

Исходные предпосылки использования паттернов при обучении

1. Обучение – это процесс усвоения личностью информации для формирования шаблонов поведения необходимых при взаимодействии с окружающим миром. В частности, при обучении профессии у обучаемого формируются шаблоны профессионального поведения, например, инженерного.

2. Обучение может быть представлено как усвоение **знаний** (моделей окружающего мира), приобретение **навыков** сопоставления реальности известным моделям, формирование **умения** создавать искусственное с использованием навыков и знаний [6].

3. Существуют различные методы обучения навыкам. Можно выделить два метода: первый, – развитие навыков на основе знаний; второй, – обучение путём повторения действий учителя (обучение «по примеру»). На практике используется сочетание этих методов. Первый метод эффективнее при подготовке специалистов высокой квалификации, но требует много времени для усвоения фундаментальных знаний. Второй метод эффективнее для подготовки за относительно короткое время специалиста узкой квалификации (для выполнения конкретной работы).

4. В современных условиях проектировщик должен постоянно учиться, чтобы «успевать за техническим прогрессом». Утратив способность постоянно профессионально учиться, проектировщик деградирует.

5. Проектирование нового искусственного – творческий процесс. Сейчас не существует технологий способных заменить человека в творчестве.

6. Разработка паттернов для обучения проектированию и способов их использования в процессе обучения – это творческий процесс. Совершенствовать обучение на основе паттернов может только человек.

Изучение подробного описания существующего объекта, как правило, требует существенных затрат времени и объёма памяти обучающегося для запоминания информации об объекте, не всегда оправданных. При обучении на основе подробного описания, при наличии разных конструктивных исполнений изучаемого объекта, желательно изучить все характерные исполнения объекта. Использование паттерна совместно с примером реализации паттерна позволяет сократить объём информации, которую обучающийся должен усвоить при изучении объектов одного класса, так как конкретное конструктивное исполнение может рассматриваться уже в качестве примера реализации паттерна.

В связи с развитием техники, используемые при обучении примеры конкретных изделий обречены устаревать быстрее паттернов. Сравнение учебников по системам автоматики показывает, что основные физические принципы автоматизации за несколько последних десятилетий изменились незначительно. Конкретная реализация этих принципов на другой (современной) элементной базе за это же время претерпела значительно более существенные изменения. Математическое описание базовых процессов в автоматических системах также остаётся актуальным на протяжении длительного времени.

Формы представления информации в паттернах

Содержащаяся в паттерне информация может быть предъявлена обучающемуся в различной форме. Основными требованиями к описанию паттерна являются следующие:

- в паттерне должно превалировать изложение научных знаний, раскрывающих принцип функционирования объекта или протекания процесса;
- количество информации, заложенной в паттерне, должно быть минимально возможным.

Ниже приведены примеры некоторых форм описания паттернов.

Верbalное описание. При изучении способов стопорения резьбовых соединений обучение может базироваться на описании множества конкретных реализаций стопорных устройств резьбовых соединений. Однако все эти реализации можно свести к нескольким

паттернам «предотвращение самоотвинчивания резьбовых соединений вследствие эксплуатационных нагрузок».

1. Создание повышенной силы трения в витках резьбы за счёт увеличения нормальной нагрузки на витки путем упругой деформации винта, гайки или, дополнительных упругих элементов (использование упругих шайб, контргаек, удлинённых болтов);
2. Применение пластической деформации винта, гайки или дополнительного элемента стопорного элемента (использование отгибных шайб, шплинтов, кернение резьбы в торце);
3. Применение дополнительных стопорных элементов (использование стопорных винтов, штифтов, стопорных планок);
4. Применение специальных веществ, изменяющих свои свойства при высыхании или при полимеризации таким образом, что для отвинчивания резьбового соединения необходимо прикладывать момент больший по сравнению с моментом при завинчивании (использование стопорящих составов «Анатерм», красок).

Графическое описание. Примерами такой формы описания паттерна являются блок-схемы, структурные схемы, функциональные схемы. Такой способ описания паттернов широко используется при изучении систем автоматики.

В известной монографии [7] способы стопорения резьбы вначале описываются как паттерны в форме верbalного описания. В описаниях излагаются физические принципы, используемые для стопорения (включая условия эксплуатации резьбового соединения). Далее приводятся чертежи различных реализаций способов стопорения, основанных на соответствующем физическом принципе. Такой способ изложения информации об изучаемых объектах представляется экономичным и наиболее целесообразным. Описание паттернов по объёму информации значительно меньше подробных описаний. Но оно даёт полное представление о физических принципах, используемых для стопорения резьбы. При необходимости, из множества конкретных реализаций способов стопорения, читатель может выбрать те, которые ему интересны.

Описание в виде математических зависимостей. Модели различных объектов и процессов, описываемые с использованием математических зависимостей, можно рассматривать как паттерны. Однако особенностью обучения с использованием математических зависимостей является необходимость усвоения информации о самом математическом аппарате, что требует значительного времени и оправдано при подготовке специалистов высокой квалификации.

На практике при обучении обычно используется комбинация различных форм описания паттернов.

Реализация метода в обучении

Практика развития высшего инженерного образования в России свидетельствует о всём более активном использовании паттернов в образовательном процессе. Это подтверждается сравнением учебных планов и программ дисциплин разных лет обучения. В частности, за последние тридцать лет в МГТУ имени Н.Э. Баумана значительно увеличился объём математической подготовки специалистов по подъёмно-транспортным системам. Более активное использование паттернов в обучении подтверждается и сравнением учебников разных лет выпуска.

Ниже приведен пример паттерна «устройство статического уравновешивания звена манипулятора», который был разработан для обучения студентов по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы» и используется при изучении

механизмов роботов и манипуляторов. В манипуляторах для снижения нагрузки на приводные двигатели и для снижения энергопотребления используется статическое уравновешивание сил тяжести звеньев манипулятора. Различают гравитационные, пружинные и пневматические устройства уравновешивания. В учебных пособиях и монографиях описание уравновешивающих устройств манипуляторов обычно занимает несколько страниц. Однако принцип работы всех этих устройств можно описать одним паттерном «устройство статического уравновешивания звена манипулятора», графическое изображение которого приведено на рис. 1.

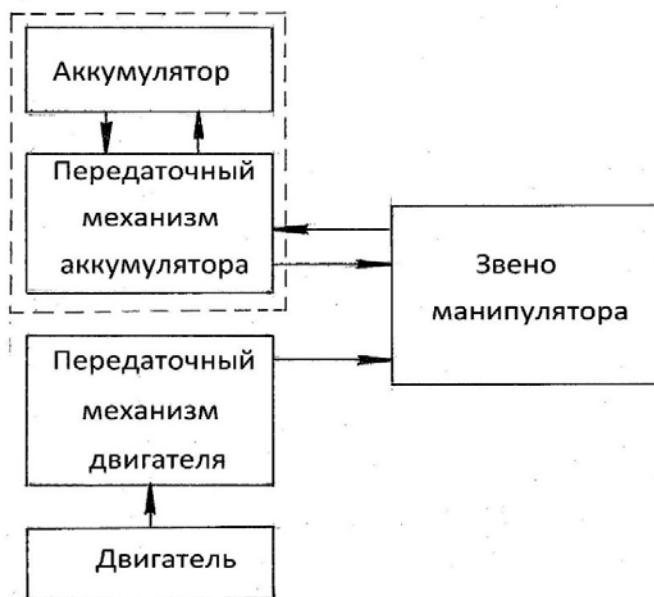


Рис. 1. Паттерн «устройство статического уравновешивания звена манипулятора».

Описание паттерна. При подъёме и опускании центра масс звена манипулятора изменяется потенциальная энергия звена. При опускании звена высвобождающаяся энергия передается в аккумулятор. При подъёме звена накопленная в аккумуляторе энергия передаётся звену и совместно с двигателем обеспечивает подъём звена (увеличение потенциальной энергии звена). Передаточный механизм аккумулятора согласует момент или силу, создаваемые аккумулятором, с нагрузкой от силы тяжести звена при различных положениях звена манипулятора. Линии со стрелками на рис. 1 соответствуют направлениям передачи механической энергии при опускании и подъёме центра масс звена манипулятора.

Для иллюстрации паттерна на рис. 2 приведена кинематическая схема одной из возможных реализаций паттерна, а именно: пружинного синусного механизма.

На рисунке 2 красным цветом выделены аккумулятор энергии (пружина растяжения) и передаточный механизм аккумулятора. Синим цветом выделено звено манипулятора. Изменение момента $M_{зв}$, создаваемого силой тяжести звена mg относительно точки О, при различных угла подъёма звена α описывается зависимостью $M_{зв} = mg R \sin \alpha$.

Можно показать, что момент, создаваемый пружиной относительно точки О, описывается уравнением $M_{пр} = c \cdot Y \cdot r \cdot \sin \alpha$. Здесь c – жесткость пружины. Как видно из сопоставления двух уравнений, момент создаваемый пружиной уравновешивает момент от силы тяжести звена в любых положениях звена, при соответствующем выборе параметров пружины и передаточного механизма аккумулятора.

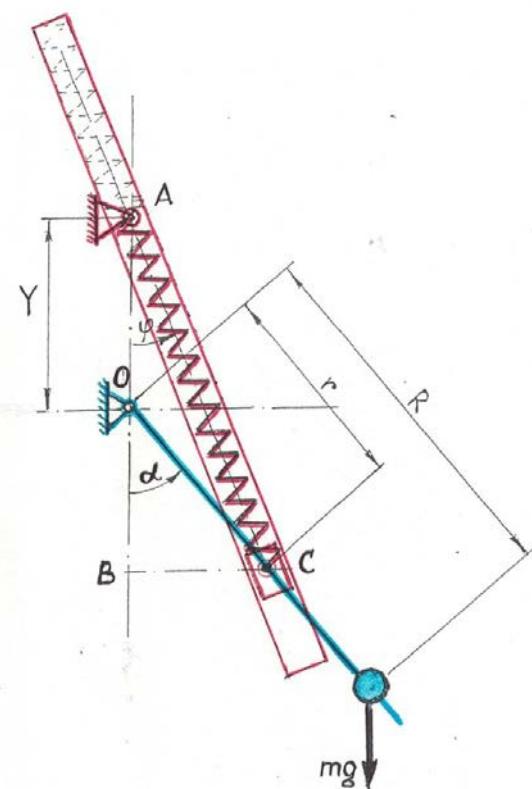


Рис. 2. Кинематическая схема пружинного синусного механизма.

Полное описание синусного механизма и вариантов его применения в монографии занимает несколько страниц текста [8, стр. 114 – 120]. Описание различных устройств статического уравновешивания в учебном пособии [9] приведено на 20 страницах. Очевидно, что подробное изложение устройств статического уравновешивания звеньев манипулятора на аудиторных занятиях в университете нецелесообразно, более приемлемым является обучение с использованием паттерна. При этом обучение с использованием паттернов должно дополняться рассмотрением примеров реализации паттернов.

Формирование инженерного мышления с использованием паттернов создает основу для дальнейшего обучения специалистов в процессе трудовой деятельности.

Следует отметить, что использование паттернов при проектировании (когда проектировщик не ориентируется на готовое техническое решение) может мотивировать поиск неизвестных ранее реализаций паттерна.

Заключение

Опыт подготовки специалистов высокой квалификации свидетельствует о том, что развитие обучения инженеров сопровождается формированием специализированных паттернов изучаемых объектов и расширением их применения в обучении. Обучение в университете с использованием паттернов помогает формированию навыков самостоятельного обучения инженеров в процессе трудовой деятельности. Использование паттернов мотивирует творческий подход к проектированию.

Список литературы

1. <https://trends.rbc.ru/trends/industry/68ee02979a7947c5aeb0a602>
 2. Alexander C. The Timeless Way of Building (Center for Environmental Structure Series) New York: Oxford University Press, 1979. 552 с.
 3. Pedagogical Patterns: Advice for Educators. (Compact Edition)/Pedagogical Patterns Editorial Board. – Published by Joseph Bergin Software Tools.: San Bernardino, CA 2014, 180 page. <http://jbergin.com>
 4. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, З. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. СПб.: Питер, 2008.
 5. Саймон Герберт. Науки об искусственном: Пер. с англ. Изд. 2-е. – М.: Едиториал УРСС, 2004. 144 с.
 6. Курилкин В.В., Ромашко А.М. Общая основа изделий с рекуперацией энергии //Механизация строительства. 2013. №6. С. 27-31. <http://ms.enjournal.net/article/9407/>
 7. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 2. Под ред. П.Н. Учаева. – 3-е изд., исправл. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.: ил.
 8. Петров Б.А. Манипуляторы – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1984. – 238 с., ил.
 9. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для втузов: в 3 кн./ Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 2: Расчёт и проектирование механизмов/Е.И. Воробьев, О.Д. Егоров, С.А. Попов. – М.: Высш. шк., 1988. – 367 с.: ил.
-

АВТОР

Ромашко Александр Мефодиевич, доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), кандидат технических наук, доцент, romashkoam@bmstu.ru

Machines & Plants Design & Exploiting

Electronic journal
International Public Organization
“Integration strategy”
<http://maplants-journal.ru>

Link to the article:
//Machines and Plants:Design and Exploiting.
2025. № 4. pp. 45 – 53.

DOI:

Received: 18.12.2025
Accepted for publication: 21.12.2025

© International Public Organization “Integration strategy”

The use of patterns in the training of engineers

Alexander M. Romashko

romashkoam@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russian Federation

The possibility of using patterns in the training of engineers is being considered to reduce the amount of information that the student needs to learn over a certain period of time and to develop creative activity in design. An example of the "Manipulator balancing device" pattern is given, which makes it possible to briefly explain to the student the basic physical principle of operation of devices for static balancing of manipulator links.

Keywords: learning, knowledge, knowledge application skills, pattern, engineer, manipulator, balancing device.

References

1. <https://trends.rbc.ru/trends/industry/68ee02979a7947c5aeb0a602>
2. Alexander C. The Timeless Way of Building (Center for Environmental Structure Series) New York: Oxford University Press, 1979. 552 c.
3. Pedagogical Patterns: Advice for Educators. (Compact Edition)/Pedagogical Patterns Editorial Board. – Published by Joseph Bergin Software Tools.: San Bernardino, CA 2014, 180 page. <http://jbergin.com>
4. Object-oriented design techniques. Design patterns / E. Gamma, Z. Helm, R. Johnson, J. Vlissides. St. Petersburg: Peter, 2008.
5. Simon Herbert. Sciences of the Artificial: Translated from English, 2nd Ed.– Moscow: Editorial URSS, 2004. 144 p.
6. Kurilkin V.V., Romashko A.M. The general basis of energy recovery products //Mechanization of construction. 2013. No. 6. pp. 27-31. <http://ms.enjournal.net/article/9407/>
7. Orlov P.I. Fundamentals of design: A reference manual. In 2 books. Book 2. Edited by P.N. Uchaev. – 3rd ed., corrected. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 544 p.: ill.
8. Petrov B.A. Manipulators – L.: Mashinostroenie, Leningrad. department, 1984. – 238 p., ill.
9. Mechanics of industrial robots: Textbook for universities: in 3 books/ Edited by K.V. Frolov, E.I. Vorobyov. Book 2: Calculation and design of mechanisms/E.I. Vorobyov, O.D. Egorov, S.A. Popov. Moscow: Higher School of Economics, 1988– 367 p.: ill.

AUTHOR

Alexander M. Romashko, Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Systems at Bauman Moscow State Technical University, (105005, Moscow, 2nd Bauman str., 5), Candidate of Technical Sciences, romashkoam@bmstu.ru
