

## Конструирование подъемно-транспортных машин: ин- варианты и способность к созиданию

В.В. Курилкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва 105005, Россия

*Изложены основные понятия метода паттернов применительно к конструированию подъемно-транспортных машин. Отражен качественный (а не количественный) аспект конструирования.*

**E-mail:** qwertyrk@mail.ru

**Ключевые слова:** метод, паттерн, конструирование, подъемно-транспортные машины.

Метод паттернов впервые был предложен К. Александером для архитектуры [1, 2]. Впоследствии он был широко применен в других областях, имеющих дело с созиданием систем, например в программировании [3].

**Наборы событий.** Обратим внимание на то, как человек воспринимает то или иное техническое изделие. Метод исходит из утверждения, что механизм или узел определяется тем, что в нем (или с ним) происходит [2]. Следовательно, основная причина, по которой механизм разрабатывается, покупается, хранится, — доступность определенного набора событий, который иначе отсутствовал или проходил другим (нежелательным) образом. Именно этот набор событий ценен для пользователя и оправдывает затраты на механизм.

Например, при обрыве канатов в пассажирском лифте кабина начинает падать вниз под действием гравитации. Такой ход событий с учетом этажности современных домов приведет к тяжелым травмам и даже смерти пассажиров, т. е. может иметь место следующая цепь событий:

Обрыв каната → Падение кабины → Смерть пассажиров.

Чтобы предотвратить подобный ход событий, лифты оборудуют ловителями, которые меняют указанный ход событий, заклинивая кабину на направляющие в шахте лифта. Тогда имеет место другая цепь событий:

Обрыв каната → Падение кабины → Заклинивание кабины.

Если бы не было необходимости менять *естественный ход* событий, то и не было бы потребности в ловителе.

В результате изделие воспринимается не только как форма и материал, но и как связанный с ними набор событий. Одни наборы происходят чаще, другие реже, некоторые могут случиться всего один раз. Конечный пользователь ощущает механизм непосредственно че-

рез события, которые он заменяет. Отсюда следует утверждение: те замененные наборы событий, которые происходят чаще всего, в наибольшей степени характеризуют механизм.

Вернемся к примеру с пассажирским лифтом. Существует следующая цепь событий, которая происходит с пользователем лифта:

Вызов лифта → Заход в кабину → Перемещение на другой этаж →  
→ Выход из кабины.

Данный набор событий реализует потребность пассажира в перемещении между этажами. Происходит он чаще, чем тот, который начинается с обрыва каната. Поэтому в глазах пользователя лифт в первую очередь является устройством, которое перемещает его между этажами, и лишь затем устройством, где он застрянет (и не погибнет) при обрыве каната.

Изделие определяется теми наборами событий, которые происходят чаще [2]. Наиболее широко распространенные наборы событий могут варьироваться в зависимости от культуры взаимодействия с техникой, принятой в конкретном человеческом сообществе. Однако каждое человеческое сообщество имеет дело с определенными наборами событий в соответствии с преобладающей культурой.

В результате можно заключить, что взаимодействие человека с машинами имеет определенную структуру, состоящую из наборов событий, которые повторяются снова и снова. Фактическое же влияние конкретного изделия состоит из наборов событий.

Далее следует утверждение: регулярно повторяющиеся наборы событий всегда связаны с определенным пространством, которое в представлении людей связано с наборами событий, происходящих в нем [2]. Например, представляя управляемое выдвижение, люди естественным образом представляют себе что-то, где это происходит. И это что-то может быть самым разным: выдвижение пандуса, стрелы крана, вил погрузчика. Но обязательно будет некоторое пространство, в котором происходит данный набор событий. Имеет место и обратная связь пространства с набором событий. Например, телескопическая конструкция связана с возможностью изменения размера объекта (жесткого).

В рамках одной технической культуры характерно определять набор событий через названия физических элементов пространства, которые в ней являются широко применяемыми. Подобные физические элементы принимают как стандартные. Список стандартных элементов в изделии может рассказать о событиях в нем (и с ним) происходящих. Так, представляя эскалатор, мы воображаем подвижные ступени и поручни, электродвигатель, тяговую цепь, направляющие и несущие конструкции. Если быть точнее, мы представляем, как люди встают на ступени эскалатора, берутся рукой за поручень, ступени движутся по направляющим, ведомые тяговой цепью, которую приводит в действие электродвигатель.

Иногда происходит путаница: считается, что пространство создает события или является их причиной. Например, джойстик, который присутствует на пульте управления, сам по себе не «подразумевает», какова будет реакция на перемещение его ручки в одну или другую сторону. Однако когда человек воспринимает джойстик, он видит его через техническую культуру, носителем которой он является. У человека в голове присутствует набор событий, связанный с пространством в виде джойстика. Поэтому человек считает, что, двигая ручку джойстика, например, вправо, некоторый объект начнет перемещаться вправо. При этом предполагается, что чем больше отклонена ручка джойстика, тем больше скорость перемещения. Если же передвинуть ручку джойстика в противоположную сторону, то и объект начнет двигаться в противоположную сторону. Подобная связь набора событий и пространства характерна для представителя одной технической культуры. Для представителя другой технической культуры то же самое пространство может иметь связь с другими событиями.

Это означает, что набор событий не может существовать отдельно от пространства, в котором он происходит. Каждый джойстик является цельной системой, включающей в себя как пространственные (геометрические) отношения, так и набор событий, который с ней связан. Таким образом, если одно и то же пространство связано с разными наборами событий, то имеют место две разные системы.

Аналогично наборы событий, представляющиеся в глазах людей полезными и оправдывающими создание изделия, не могут быть отделены от пространства, в котором они происходят. Сущность работы инженера заключается в создании желаемых или устранении нежелаемых событий (с помощью технических средств). И для того, чтобы эти события получить или устранить, нужно понять структуру пространства, в котором они происходят.

**Паттерны.** Обратимся к вопросу о том, что является структурой изделия. У каждого из нас уже есть некоторое представление о структуре того или иного конкретного изделия. На уровне геометрических соотношений мы видим повторяющиеся типы физических элементов, имеющих бесконечные варианты комбинаций. Например, мостовой кран состоит из главных и концевых балок, электродвигателей, редукторов, муфт, валов, грузовых канатов или цепей, букс, кабелей, различных ограничителей, ограждений и т. д.; бульдозер — из гусениц, отвала, двигателя, кабины водителя, колес, гидроцилиндров, рамы и т. д.; конвейер — из лент, тяговых цепей, барабанов, звездочек, приводов, роликовых опор, направляющих и т. д. И каждый из этих элементов связан с определенным набором событий. Балки крана передают вес груза на рельсы, редукторы передают и преобразуют поток механической энергии, муфты передают крутящий момент, демпферы гасят энергию удара, ограничители обеспечивают безопасное производство работ, гусеницы позволяют двигаться по неподготовленным грунтам, двигатель преобразует

энергию топлива, гидроцилиндры поднимают отвал, лента перемещает груз, звездочка вращает цепь и т. д.

Но приведенное описание пространства не объясняет, как или почему эти элементы реализуют определенные наборы событий. Какая связь между краном и набором событий, происходящих с ним? Можно сказать, что они связаны, но это ничего не дает для конструирования нового крана. Ответ, который может помочь, содержит знание того, как структура пространства позволяет реализоваться набору событий. Причем так, чтобы можно было предсказать, какие изменения произойдут в наборе событий, если изменить структуру пространства.

Короче говоря, нам нужно знать то, что четко отражает взаимодействие пространства и событий. Для дальнейшего обозначения этого явления введем термин “*паттерн*” — повторяемое определенное пространство, которое позволяет происходить определенному (и связанному с ним) повторяемому набору событий.

Выясним теперь, что представляет собой это повторяемое определенное пространство. Обратим внимание на нечеткость традиционного определения элемента структуры (в машиностроении). Обычно элементы изделия выделяют на основе материальных границ объектов, т. е. элементом называют некоторый материальный объект. Однако эти материальные объекты меняются от одного изделия к другому. Например, каждый мостовой кран имеет отличающиеся от другого главные балки, каждый механизм подъема — отличающийся барабан, каждая гусеница — отличающуюся приводную звездочку, каждый редуктор — отличающиеся подшипники.

Это же справедливо как для более крупных систем (свои отличия имеет каждый завод, каждый порт, каждый космодром), так и для более мелких (несмотря на все усилия по стандартизации, каждый подшипник, болт или шпонка имеет свои отличия). Одни отличия подобных элементов более выражены (например, у главных балок мостовых кранов с разным пролетом), другие — менее (например, разброс размеров подшипников одного типоразмера в пределах допуска).

Поскольку всякая реализация подобных элементов имеет свои отличия, они не могут претендовать на статус того, что регулярно повторяется в изделиях. В силу своей изменчивости подобные элементы не могут быть теми атомами, знание которых будет полезно при конструировании. Поэтому мы не можем принять их в качестве паттернов.

Если мостовой кран (главная балка, подшипник и т. п.) имеет свои отличия, то что же тогда остается неизменным от крана к крану и почему его называют краном?

Когда говорят, что материя состоит из нейтронов, протонов и т. д., это отвечает структуре пространства, потому что все эти элементарные частицы неразличимы и более сложные объекты могут быть представлены комбинацией этих частиц.

Как было отмечено, то, что обычно выделяют как элементы изделий, всегда различно. Такое традиционное выделение неверно для отражения структуры изделия, которая состоит из комбинации *инвариантных* элементов. Поэтому для ее построения нужно выделить элементы, которые будут отвечать требованию инвариантности.

Предпримем новую попытку выяснить, что же является тем, что повторяется в изделии снова и снова. Уделим внимание тому, что помимо обычно выделяемых элементов здесь присутствуют взаимоотношения между ними, которые также повторяются от изделия к изделию. Далее под термином “набор взаимоотношений” будем понимать все повторяющиеся взаимоотношения. Таким образом, можно утверждать, что помимо своих элементов каждое изделие определяется набором взаимоотношений между элементами [2].

В редукторе поток механической энергии с большей скоростью и меньшим моментом *приходит* на входной вал. Поток механической энергии с меньшей скоростью и большим моментом *поступает* на выходной вал. Выходной и входной валы *передают* механическую энергию через зубчатое зацепление. Передаточное отношение зубчатого зацепления *определяет* преобразование параметров потока механической энергии (момента и скорости). Входной и выходной валы по пяти координатам *зафиксированы* относительно корпуса, а по одной координате *могут вращаться*. Валы *установлены* в подшипники, которые *зафиксированы* на корпусе. Редуктор *может содержать* промежуточные валы, чья ось *подвижна* относительно корпуса (планетарный механизм) или нет (многоступенчатая цилиндрическая передача). Корпус *содержит* базовые поверхности и крепежные элементы, через которые его соответственно *базируют* и *закрепляют* на внешнем объекте.

В башенном кране перемещаемый груз *захватывает* крюковая подвеска. Крюковая подвеска *подвешена* на канате, который *соединен* с механизмом подъема. Механизм подъема *сматывает и наматывает* канат, чем *изменяет* высоту положения крюковой подвески. Положение тележки *определяет* вылет для крюковой подвески. Тележка *установлена* на стрелу, по которой ее *перемещает* механизм изменения вылета. Стрела *сочленена* с башней. Наклон стрелы относительно башни *определяет* оттяжка. Опорно-поворотное устройство *обеспечивает* вращение башни вокруг вертикальной оси относительно ходовой тележки. Механизм поворота *приводит* это вращение в действие. Ходовая тележка *опирается* на крановый путь, по которому ее *перемещает* соответствующий механизм. Противовес *разгружает* башню от изгибающего момента, чем существенно *уменьшает* массу крана.

На первый взгляд может казаться, что наборы взаимоотношений можно мысленно отделить от элементов, которые они связывают. Например, на входной вал в редукторе поступает механический по-

ток энергии, который он передает выходному валу; входной вал установлен в подшипники и зафиксирован на корпусе по пяти координатам. Можно предположить, что эти взаимоотношения являются чем-то избыточным по отношению к факту того, что является валом. Однако они не избыточны, а необходимы для элементов и, кроме того, являются их частью.

Отметим, что если входной вал не принимает механический поток энергии, не связан с выходным валом, не установлен в подшипники и не зафиксирован на корпусе по всем координатам, кроме вращения, то он не будет (входным) валом, а будет просто осесимметричным элементом редуктора. И то, что делает (входной) вал таковым, не что иное, как набор взаимоотношений, который связывает его с потоком механической энергии, выходным валом, подшипниками и корпусом.

Развивая эту идею дальше, приходим к выводу, что элементы являются наборами взаимоотношений. То, что мы обычно выделяем как элемент изделия, фактически является набором взаимоотношений внутри изделия или между изделием и внешним миром. Таким образом, элементы, которые можно отделить от наборов взаимоотношений по определению не существуют.

Другими словами, то, на что поступает механический поток энергии, что передает его выходному валу, установлено в подшипники и может лишь вращаться, а по остальным координатам зафиксировано относительно корпуса, и является входным валом.

Грузовой порт как целое неповторим, однако факт, что в каждом порту есть специальные места для швартовки и разгрузки грузовых кораблей — пирсы, повторяется. Каждый пирс отличается от другого, но то, что он имеет достаточную длину и дно достаточно глубоко для судна определенного класса, а также на пирсе имеется подъемно-транспортная техника для работы с грузом и пути для подхода транспорта, повторяется. Каждый порталый кран отличается от другого, однако то, что любой такой кран имеет металлоконструкцию порталого типа, повторяется. Каждая металлоконструкция (крана) отличается от другой, но то, что любая металлоконструкция определяет верхнюю опору для каната, повторяется.

Паттерн является морфологическим законом, который представляет собой набор взаимоотношений в пространстве [2]. Под морфологическим законом подразумевается то, что всегда может быть выражено в общей форме

$$X \rightarrow r(A, B, \dots),$$

т. е. в контексте  $X$  элементы  $A, B, \dots$  относятся к взаимоотношению  $r$ . Например:

в редукторе  $\rightarrow$  входной вал принимает механический поток энергии, передает его выходному валу, установлен в подшипники, зафиксирован относительно корпуса по пяти координатам;

в башенном кране → крюковая подвеска захватывает груз, подвешена на канате, ее положение по высоте определяет смотанная длина каната, а вылет — положение тележки.

Морфологический закон или паттерн сам по себе является набором взаимоотношений между другими паттернами, которые также являются наборами взаимоотношений [2].

Например, паттерн “редуктор” является набором взаимоотношений между входным и выходным потоками механической энергии. Он описывает взаимодействие паттернов “вал”, “зубчатое зацепление”, “корпус”, “подшипник”, каждый из которых описывает взаимодействие других паттернов: вал — взаимодействие концевых участков, галтелей, центровых отверстий, шпоночных и шлицевых соединений, соединений с натягом; зубчатое зацепление — взаимодействие зубьев, колеса и шестерни; корпус — взаимодействие опорных поверхностей, крепежных элементов, стенок, крышек, ребер жесткости, подшипниковых гнезд; подшипник — взаимодействие вала, ступицы и тел качения. Любой из паттернов, составляющих паттерн “редуктор”, может иметь неограниченное разнообразие форм, цветов и размеров. При этом они не теряют существенную часть взаимоотношений, которые делают их тем, чем они являются.

Таким образом, мир техники может быть определен взаимосвязанными нематериальными паттернами, которые позволяют создавать практически бесконечное разнообразие и могут быть соединены множеством разных способов [2], т. е. паттерны — атомы вселенной, сделанной руками человека.

Из химии известно, что мир во всей его сложности состоит из примерно сотни элементов, которые называются атомами. И хотя все атомы могут быть разделены на более элементарные частицы, важен тот факт, что все они принципиально не различимы. Атомы являются повторяющимися снова и снова инвариантами *естественного* мира. Паттерны — инварианты *искусственного (рукотворного)* мира. Они не материальные вещи, как винты или балки, а цельные объекты, определяющие сущности, из которых состоит любое изделие.

**Пример паттерна.** Рассмотрим козловой кран как решение проблемы в контексте.

*Контекст и проблема.* Есть устойчивая потребность в перегрузке штучных грузов на некоторой площади. Данная площадь не имеет вертикальных опор (например, стоек или стен). Перегрузка требуется между некоторым транспортом (например, между железнодорожными вагонами и грузовыми автомобилями) или между уличным складом и транспортом. Желательно, чтобы строительные работы для решения проблемы были минимальны, а площадь для хранения использовалась максимально (исключить даже проходы для транспортных средств).

*Последовательность решения.* Определите направления расположения моста и кранового пути, исходя из наиболее частых марш-

рутов перемещения груза. Мост расположите так, чтобы он был ориентирован вдоль наиболее частых горизонтальных перемещений груза, а крановый путь — чтобы дать крану доступ к тем местам, где он потребуется. Например, если груз подвозят по железной дороге, то крановый путь проложите вдоль нее (чтобы дать возможность обслуживать разные вагоны при неподвижном составе). В любом случае мост и крановый путь должны быть перпендикулярны один другому. Стремитесь расположить козловой кран таким образом, чтобы он перемещал основную часть грузов вдоль моста, а не кранового пути. Невыполнение данного правила допустимо, если вызвано рельефом местности. Иначе рассмотрите другие варианты расположения кранового пути или примените другое решение (не козловой кран).

В соответствии с ожидаемым грузом и путями его перемещения выберите основные характеристики крана: грузоподъемность крана общего назначения от 1 до 200 т, специализированного для монтажа до 800 т; длина перемещения (суммарный пролет<sup>1</sup>) по мосту от 2 до 100 м; высота подъема от 2 до 50 м. Если под краном будет располагаться склад, то высоту подъема примите не менее суммы высоты складирования и минимальной высоты для перемещения груза.

Оси кранового пути расположите как две эквидистантные линии (параллельные в случае прямолинейного пути), причем, по возможности, таким образом, чтобы подъездные пути транспортных средств проходили под консолями моста, а пространство для складирования было между осями. Если площадь для размещения крана имеет значительные перепады по высоте, то крановый путь установите по линиям одной высоты. Подобное расположение может привести к несовпадению положений длины моста и наиболее частых маршрутов перемещения груза. В этом случае, возможно, имеет смысл использовать не козловой кран, а другое решение.

Найдите вылеты консолей (термин определен в ГОСТ 27555–87, ИСО 4306/1–85). Вылет может составлять до трети межопорного пролета моста, но никогда его половину или более. Если указанное соотношение нарушено, то пересмотрите расположение кранового пути или измените (суммарный) пролет.

Механизм подъема составьте из грузозахватного органа, тягового органа, полиспаста и лебедки. Для взаимодействия с грузом выберите грузозахватный орган и подвесьте его на тяговый. Тяговый орган пропустите через полиспаст, который частично расположите в грузозахватном органе, а частично установите на подвижную мостовую часть. Выбрав конкретный полиспаст, определите место крепления

---

<sup>1</sup> Данный паттерн (“мост”) представляет собой силовую горизонтальную подвижность и состоит из направляющей и подвижной части. Ход, обеспечиваемый данной подвижностью, обозначен в данном тексте как суммарный пролет. В общепринятом понимании (согласно ГОСТ 27555–87, ИСО 4306/1–85) пролет обозначен как межопорный.



тягового органа. Обычно он закреплен на лебедке. Лебедку установите на подвижную мостовую часть. При грузоподъемности выше 2 т подвижную мостовую часть делайте в виде приводной ходовой тележки. На нее установите механизм подъема. Если грузоподъемность менее 15 т, то механизм подъема и подвижная мостовая часть могут быть исполнены в виде тали. Механизм подъема предпочтительно делать один. Расположение на кране нескольких механизмов требует наличия причины, например кран имеет большую грузоподъемность (более 100 т) и будет перемещать груз, масса которого в 20—1 000 раз меньше массы номинального груза. В этом случае установите дополнительный механизм подъема грузоподъемностью в 4—10 раз меньше номинальной. Если требуется несколько механизмов подъема, то расположите их лебедки на одной подвижной мостовой части. Несколько талей на одном кране не применять.

Для обеспечения движения подвижной части по мосту выберите механизм перемещения, например с приводными колесами, и установите его на подвижной части моста. При наличии причины допустимо применить механизм перемещения другого типа и расположения.

Мост выполняйте поднятым на две поперечные опоры. При наличии консоли мост на опору подвешивать (сбоку или сверху), иначе опирать на нее (снизу). Если оси кранового пути расположены на разных высотах, то компенсируйте эту разницу различной высотой поперечных опор. Форму поперечной опоры делайте из условия возможности перемещения груза через нее на консоль.

Обеспечьте движение крана по крановому пути, заложив механизм перемещения. Для этого низ каждой опоры выполняйте в виде приводных ходовых тележек, которые и составят данный механизм.

В качестве несущей конструкции при работе с грузом выберите элементы, связанные в указанной последовательности: груз → грузо-захватное устройство → тяговый орган → (полиспасть, лебедка) → подвижная часть на мосте → мост → поперечные опоры → ходовые тележки → крановый путь

*Результаты.* Применение паттерна привело к следующему.

1. Несущая конструкция крана автономна и требует только кранового пути.

2. Консоли козлового крана позволяют перегружать груз на транспортное средство, чей подъездной путь не пересекает крановый.

3. Положение груза по высоте определяет смотанная с лебедки длина тягового органа, а в горизонтальной плоскости — подвижная мостовая часть и положение крана в целом (вдоль кранового пути).

4. Козловой кран ограничивает высоту складирования под ним не только своей несущей конструкцией, но и минимальным пространством, необходимым для перемещения грузов. Данное пространство определено грузом наибольшей высоты, перемещаемым на максимальном возвышении, которое может создать кран.

5. Верхний уровень, на который может быть поднят груз, в основном определяют поперечные опоры, ограничивающие своими размерами на пролет груз, который может быть перемещен на консоль.

6. Горизонтальную область перемещения груза ограничивают суммарный пролет моста и длина кранового пути. При этом ширина и длина данной области меньше соответственно длины моста и длины кранового пути.

*Особенности.* Монтажный козловой кран имеет ряд отличий от козлового крана общего назначения:

- основные маршруты перемещения груза у него идут вдоль кранового пути, а не вдоль моста;
- при работе с крупногабаритными грузами возможно несколько механизмов подъема, расположенных на подвижных мостовых частях;
- отсутствие (как правило) консолей;
- бóльшая грузоподъемность и меньшие скорости перемещения и подъема груза.

Автономность несущей конструкции характерна для козлового крана как общего назначения, так и монтажного.

*Комментарии.* Паттерн “козловой кран” описывает все множество схожих, но различных изделий, каждое из которых интуитивно назовем козловым краном<sup>1</sup>. Именно подход, утверждающий, что козловые краны создают на основе паттернов, позволяет объяснить факт наличия множества схожих, но различных изделий, которые обозначают одним и тем же термином [2]. Для подтверждения этого тезиса рассмотрим два альтернативных подхода.

1. Козловой кран как прямой результат конкретной функциональной потребности.

Каждый козловой кран создают для перемещения груза, поэтому высота подъема, пролет и вылеты у него должны соответствовать имеющемуся рабочему пространству; мощность механизма подъема — обеспечивать подъем определенной массы на заданной скорости; грузозахватный орган — быть наиболее удобным для захвата типичного груза; система ограждений — позволять обслуживать системы и механизмы крана; положение кабины — обеспечивать оператору обзор рабочего пространства и т. д.

Однако это не объясняет схожести различных козловых кранов. Если каждый новый козловой кран создавали бы только исходя из требуемых функций, то мы бы видели гораздо большее разнообразие кранов, чем есть сейчас. Например, мост на виде сверху был бы не линейным, а выполненным по дуге или образовывал бы замкнутый круг. Консоли обеспечивали бы не только линейный выезд тележки,

---

<sup>1</sup>Для современных козловых кранов характерна серийность, и сейчас мы обращаем внимание читателя не на различия изделий в рамках одной серии, а на различия между изделиями разных серий и заводов.

но и любой другой, в том числе Г-образный (на виде сверху). На одном мосту было бы несколько грузоподъемных тележек, работающих одновременно. Были бы козловые краны, способные выполнять функции тягача, краны с изменяемой высотой опор для въезда с открытого воздуха в низкий цех, а также краны с тремя, четырьмя и большим числом опор для особо больших пролетов. Возможно, что перечисленное здесь разнообразие бесперспективно по сравнению с теми конструкциями, которые мы можем реально наблюдать. Но как конструкторы могут узнать об этом, не создавая каждый раз новые материальные образцы?

Факт в том, что они не пытаются их создать. Они в большей мере повторяют уже отработанные конструкции. Например, тот, кто пытался создать козловой кран, опирал его мост на две опоры, что, как показал опыт, хорошая идея для таких кранов. И каждый раз ее повторяли, если только не имели некоторой причины задуматься о числе опор.

2. Козловой кран как непосредственное копирование уже существующих изделий.

Представим, что конструкторы имеют комплект документации козлового крана, описывающий все детали до мельчайших, или в голове у них имеется аналогичное исчерпывающее описание. Когда конструкторы начинают разрабатывать новый кран, они делают модификацию эталонного. Это, безусловно, объясняет, почему одни козловые краны выглядят так же, как другие, независимо от функционального наполнения, однако не объясняет разнообразия имеющихся козловых кранов.

Данное предположение не соответствует тому факту, что существует множество различных козловых кранов, близких по своим характеристикам и успешно справляющихся со своей задачей. Если бы предположение о копировании эталона было верно, то одному набору характеристик соответствовал бы один серийный кран.

В результате приходим к утверждению, что козловые краны создаются на основе паттернов. Это не копирование эталона изделия, но определенного рода повторение. Когда конструкторы приступают к созданию нового козлового крана, в их головах присутствует некоторое его видение. Но это видение не то же, что можно увидеть на чертеже или фотографии изделия. Это система паттернов, которая функционирует как язык.

И конструкторы способны сделать новый козловой кран, отличный от тех, которые они видели ранее. Для этого они собирают все известные им паттерны, характерные для козлового крана, и реализуют их. Эти паттерны представляют собой практические правила, которые любой конструктор может сочетать и комбинировать, получая в результате бесконечные варианты уникальных кранов.

**Паттерны в умах людей.** Чтобы понять в деталях, как работают паттерны, нужно расширить определение. Ранее говорилось о паттернах как о чем-то, что связано с материальным миром, — едином

паттерне действий и пространства, который повторяется снова и снова, проявляя себя каждый раз в несколько иной реализации. Если установить, откуда паттерны происходят и что позволяет каждый раз паттерну иметь несколько иную реализацию, то мы придем к следующей идее. Паттерны материального мира созданы из других схожих паттернов, которые существуют в наших умах и из которых мы представляем, получаем, создаем, строим и претворяем в жизнь эти материальные паттерны. Паттерны в наших умах в большей или меньшей степени являются мысленными изображениями паттернов материального мира: они абстрактные отображения морфологических правил, которые определяют паттерны материального мира [2]. Однако в одном они существенно отличаются — паттерны материального мира осязаемо существуют, а паттерны в наших умах динамичны, содержат сущности, дают возможность к созданию, подсказывают, как следует или как можно породить их аналоги в материи, а также подсказывают (в определенном смысле), что мы должны их создавать. Каждый паттерн является правилом, которое описывает, что вы должны сделать, чтобы создать целостность, которую он определяет.

Рассмотрим, например, паттерн “козловой кран” для разгрузки на товарной железнодорожной станции вагонов на складские площади. Как материальная реализация данный паттерн имеет определенные характеристики, приведенные выше. Например, мост располагается на поперечных опорах, механизм подъема перемещается по длине моста, а поперечные опоры ограничивают наибольшие габариты груза, который можно переместить на консоль. Все это определяет паттерн в материальном мире.

Теперь представим аналогичный паттерн в уме конструктора. Он содержит ту же информацию, однако более детальную и, возможно, менее поверхностную, а также другие аспекты [2].

Во-первых, знание, которое требуется для производства подобного изделия. Например, что рельсовый путь будет уложен до того, как на него будут устанавливать кран; что перемещение крана с места производства до места работы потребует расчленения изделия на части; что тяговый орган следует закрепить на лебедке только после проведения его через полиспаст. Таким образом, создание козлового крана описано теперь в виде правил, которые подсказывают, что нужно сделать со станцией без козлового крана для приведения ее в состояние, описываемое в паттерне, т. е. для реализации паттерна в материальном мире.

Во-вторых, в нем заложен императивный аспект. Это не только паттерн, который можно использовать или нет на товарной железнодорожной станции, а это *желательный* паттерн. Человек, который хочет разгружать вагоны и избежать тяжелого и малопродуктивного труда грузчиков, *должен* реализовать этот паттерн в целях как более производительного, так и более здорового труда. В этом смысле паттерн свидетельствует не только о том, что можно использовать

козловой кран, но и о том, почему это важно сделать в данном контексте.

**Языки паттернов.** Система паттернов образует язык [2].

Для создания крана конструкторы применяют в определенном порядке один за другим паттерны. Этот кран всегда будет иметь некоторые взаимоотношения, требуемые согласно паттернам. Однако все прочие размеры, углы и взаимоотношения зависят от ситуации и прихоти конструкторов. Все семейство кранов, порожденных этой системой имеет общие морфологические особенности, определяемые правилами (морфологическими законами), и тем не менее может иметь практически бесконечное разнообразие.

С математической точки зрения простейший набор языка должен содержать два набора: элементов или символов (алфавит) и правил для оперирования этими символами. В логическом языке символы полностью абстрактны, правилами являются правила логического синтаксиса, а аналогом предложения — формула. Например, язык может быть определен набором символов  $*$ ,  $+$ ,  $=$ ,  $x$  и правилом: «Один и тот же символ не должен встречаться дважды подряд». Тогда  $*+*+*+*+$  и  $*x=*x=*x$  будут предложениями, а  $x=x=+*x$  — не будет (так как  $*$  встречается дважды подряд).

Естественный язык, например русский, является более сложной системой. В нем также есть набор элементов и правила, которые описывают допустимые сочетания слов. Но в русском языке помимо этого есть еще и структура слов — сеть семантических связей, которая определяет каждое слово в контексте других и показывает, как слова связаны между собой.

Рассмотрим простое предложение: «Данное дерево стоит на холме». Элементами здесь являются слова «данное», «дерево», «стоит» и т. д. Элементы составлены в соответствии с правилами, которые определяют предложения. Так, исходя из правил грамматики прилагательное «данный» в этом контексте должно сменить свое окончание. В результате значение предложения происходит из сети связей между словами, из которой следует, например, что «дерево» произрастает из «земли» и «холм» является чем-то вроде «земли» и, таким образом, дерево стоит на холме.

Язык паттернов также является сложной системой подобного типа [2]. Его элементы — паттерны. Существует структура между паттернами, которая определяет, каким образом каждый паттерн складывается из более мелких паттернов. И здесь имеются включенные в паттерны правила, описывающие способ, согласно которому они могут быть созданы, и способ, согласно которому их следует применять в связи с другими паттернами. В этом значении паттерны одновременно служат как элементами, так и правилами.

Естественный язык является системой, которая позволяет создавать бесконечное разнообразие одномерных комбинаций слов, называемых предложениями. Он указывает, какой порядок слов в данной

ситуации делает предложения допустимыми, а какой — нет; какой порядок слов существенен в данной ситуации, а какой — нет. Кроме того, он дает систему, которая позволяет образовывать предложения, содержащие существенный смысл, т. е. не только определяет предложения, существенные в данной ситуации, но и предлагает аппарат для создания подобных предложений. Другими словами, естественный язык является системой, позволяющей создавать соответствующие любой ситуации предложения.

Язык паттернов — это система, позволяющая своим носителям создавать бесконечное разнообразие тех трехмерных комбинаций паттернов, которые мы называем машинами, изделиями, комплексами. Он определяет ограниченное число порядков пространств, которые имеют существенный смысл в конкретной технической культуре. Этот набор значительно меньше числа бессмысленных порядков, таких как кресла операторов, прикрученные основанием к потолку; противовесы, размещенные на крюке; колеса, сделанные из хрусталя. Все это задает некоторый порядок, но не имеет смысла. Кроме того, язык паттернов дает возможность создавать эти порядки пространств [2]. Как и в случае с естественным языком, этот язык *созидателен*. Он дает не только правила упорядочения, но и показывает, как создавать удовлетворяющие правилам порядки в любом количестве.

В итоге, как естественные языки, так и языки паттернов представляют собой конечные комбинаторные системы, которые позволяют создавать бесконечное разнообразие уникальных комбинаций в соответствии с различным предназначением.

В результате мы приходим к следующим аналогиям:

<i>Естественный язык</i>	<i>Язык паттернов</i>
Слова	Паттерны
Правила грамматики и значения, которые образуют связь	Паттерны, которые определяют связь паттернов
Предложения	Изделия и их элементы

Для стационарной лебедки язык паттернов содержит следующие паттерны: двигатель, тормоз, редуктор, барабан, тяговый орган, грузозахватный орган, несущая конструкция. Каждый из этих паттернов является набором взаимоотношений, имеющим бесконечное разнообразие конкретных форм и, кроме того, представляющим собой разновидность правила, которое указывает конструктору лебедки, что делать.

Язык паттернов помогает конструкторам не только создавать свои изделия, но и совместно работать над более сложными проектами [2]. Например, паттерн “козловой кран” связывает следующие паттерны: грузозахватный орган, консоль, крановый путь, лебедка, механизм перемещения с приводными колесами, механизм подъема,

мост, несущая конструкция, полиспаг, поперечная опора, таль, тяговый орган, ходовая тележка.

Если конструктор, который разрабатывает, например, лебедку, ориентируется и на более крупный паттерн (козловой кран) и делает в рамках своего изделия все возможное, для реализации более крупного паттерна, то это способствует лучшей (а иногда и вообще возможной) реализации конечного изделия в целом. Таким образом, большая структура, неподвластная для восприятия одного человека, постепенно складывается из индивидуальных действий нескольких людей [2].

Каждый конструктор использует язык, чтобы сделать изделие, которое соответствует его инженерным представлениям, потребностям пользователей, технической культуре и возможностям. Но, несмотря на все различия в пользовании языком, имеет место некоторое постоянство (гармония), созданное повторением заложенных паттернов.

Применение паттернов не ограничивается одним типом изделий таких, как козловой кран. В рамках данного подхода полагается, что каждый случай конструирования — большой или малый, посредственный или прекрасный, современный или древний — осуществляется подобным образом, что языки паттернов — это фундаментальный факт человеческой природы как и факт речи. Например, заводы и машины можно представить как объекты, сделанные на основе паттернов.

Современные паттерны, как и все другие паттерны в рукотворном мире, происходят из языков паттернов, которые используют люди [2]. Лифты конструируют исходя из руководства (ПБ 10–558–03), которое в большей или меньшей степени имеет форму паттерна, содержащего правила. Эти правила определяют ряды грузоподъемностей; расстояния между кабиной, противовесом или элементами шахты; высоту шахты; то, как устроить приямок над помещением с людьми, не нарушая их безопасности и т. д. Каждый вал, шестерня, эскалатор и кран получает те паттерны, которые идентифицируют его и задают его структуру, из языка. Каждая конкретная реализация, входящая в мир техники, в своем развитии направляется внутренним языком паттернов, который играет для нее ту же роль, что и генетический код для организма.

Эти паттерны происходят не только в результате работы конструкторов или инженеров. Возможно, профессионалы с инженерным образованием ответственны не более чем за единицы процентов от всех технических средств в мире. Машины, узлы, детали и прочее, что составляет мир техники, в существенной степени результат деятельности различных людей: администраторов, менеджеров, владельцев складов, супругов, чиновников различных департаментов, сотрудников банка, вспомогательных рабочих, секретарей, финансовых советников и т. д., каждый из которых имеет свое представление

о конструировании, основанное на некоторых практических правилах (паттернах). Приведем примеры.

Совет директоров одобрил решение о проектировании и производстве роторного экскаватора. Практическое правило подсказывало им, что это приемлемое решение для открытой разработки месторождения полезных ископаемых.

Выбирая электропривод, команда разработчиков решила использовать электродвигатель и плату управления к нему от одного производителя. Несмотря на то что с данным производителем они имеют дело впервые, практическое правило подсказало им, что совместимые элементы одного производителя будут функционировать между собой без особых проблем (а в случае с разными производителями совместимость еще предстоит достичь).

Сотрудник банка выделил кредит на строительство одного торгового комплекса и не дал ссуды для другого. При рассмотрении проекта последнего практическое правило подсказало сотруднику, что соединение десяти этажей только эскалаторами — плохая идея для инвестиций.

При проектировании робота для хирургии представитель заказчика отверг гидравлический привод. Практическое правило подсказало ему, что в работе гидравлики возможно образование масляных пятен, что недопустимо в стерильных помещениях (в случае электрического или пневматического привода утечек масла нет).

Человеку не удалось открыть замок (родным) ключом. Он решил смазать ключ и замок через скважину. Практическое правило подсказало ему следовать это до того, как поменять личинку замка. Оно же увело его от попыток силой повернуть ключ в замке (с риском поломки).

Жена попросила мужа проверить техническое состояние машины после того, как она услышала характерный звук. Практическое правило подсказало ей, что начавшийся скрежет металла для машины ничем хорошим не закончится (несмотря на то, что машина работала пока нормально).

Школьник собирал дома модель самолета. Практическое правило подсказало ему, что с двумя крыльями, оказавшимися по одну сторону от фюзеляжа, следует обратиться к родителю.

Все эти практические правила (или паттерны) не существуют независимо или изолированно. Каждое из них — это часть системы других практических правил, организованных таким образом, что их можно использовать не только для принятия отдельных (изолированных) решений, но и для создания изделия в целом.

Полагается, что каждый человек имеет язык паттернов в своем уме [2]. Например, язык паттернов некоторого конструктора является суммарным итогом *его* знаний в конструировании. Язык паттернов в уме одного человека отличен от языка в уме другого человека; и в то же время многие паттерны и фрагменты языков схожи.



Данный подход утверждает, что человек при конструировании использует тот язык паттернов, который в данный момент присутствует в его уме [2]. Этим же языком его способность к конструированию и ограничена. Если человек имеет многолетний опыт конструирования и создания машин, то его язык богат и разнообразен, а если он новичок в этой деятельности, то его язык наивен и прост. Мастер конструирования не может работать без своего языка, поскольку это равнозначно тому, как если бы он был новичком.

Представим, что человека попросили спроектировать вал. У него можно спросить: поперечным сечением его вала является тавр? Наверное, он ответит отрицательно. Вероятно, у него в уме имеется некоторое правило, которое подсказывает, что вал в поперечном сечении осесимметричен (например, имеет форму круга).

Не так важно хорошее это правило или нет. Важно обратить внимание, что у человека это некоторое правило есть. И оно подсказывает ему форму сечения в первом приближении.

В тот момент, когда человек сталкивается с актом конструирования, он не имеет времени продумать объект с нуля, так как он вынужден действовать быстро. Единственный выход при этом — положиться на различные практические правила, которые человек накопил в своем уме. В этот момент все, на что он может рассчитывать, — использовать накопленные паттерны лучшим из известных ему способов.

Возможная причина неприятия утверждения, что только язык паттернов делает своего носителя способным к созиданию, может исходить из страха, что данные правила препятствуют творческой свободе человека. Вспомним о русском языке. Было бы неверно утверждать, что правила русского языка ограничивают свободу человека. Когда человек говорит что-то, он говорит это по-русски; иногда он может столкнуться с тем, что не может быть сказано; тем не менее, когда он говорит, у него не возникает желания освободиться от правил. Фактически обширная часть того, что человек знает, заключена в структуру этих правил — каждая идея, которую он понял.

Правила русского языка делают своего носителя созидательным, потому что избавляют его от затрат на бессмысленные комбинации слов. Большинство комбинаций слов составляет бессмыслицу, например: оператор смеркается балка навзничь параллель. Можно на собственном примере представить, как человек осуществлял бы поиск в своем уме среди всех возможных комбинаций слов каждый раз, когда хотел бы сказать что-то. Вероятно, он никогда не доходил бы до тех фраз, которые хотел сказать, и точно не смог бы сказать что-нибудь, что выражало глубокие чувства или значения. Правила русского языка отваживают своего носителя от огромного числа бессмысленных предложений и направляют к меньшему (но также весьма обширному) пространству предложений, в которых есть смысл. Человек при этом может направить свои усилия на поиск лучшего

оттенка смысла. Если бы правил русского языка не было, то человек тратил все свое время, пытаясь сказать что-нибудь вообще.

Язык паттернов делает то же. Если конструктор думает обо всех комбинациях балок, подшипников, зубчатых колес, корпусов и болтов, то большинство из них бессмысленно. Число бессмысленных комбинаций существенно больше тех, что имеют значение (приносят пользу людям). Человек с неразвитым языком вынужден перебирать множество комбинаций в поисках хотя бы одной конструкции, имеющей значение. И он, вероятно, никогда не придет к той утонченности, которая делает конструкцию эффективно используемой.

Все когда-либо созданные человеком машины — традиционные или впервые разработанные, построенные тысячу лет назад или сегодня, спроектированные профессионалом или дилетантом, в соответствии с руководствами или нет, многими людьми или в одиночку — получили свою конструкцию из языка, который использовали их создатели. Языки паттернов — начала всех структур в рукотворном мире.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M. *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction* (Center for Environmental Structure Series). — New York: Oxford University Press, 1977. — 1171 с.
2. Alexander C. *The Timeless Way of Building* (Center for Environmental Structure Series). — New York: Oxford University Press, 1979. — 552 с.
3. Гамма Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. — Спб.: Питер, 2008. — 366 с.

Статья поступила в редакцию 05.10.2012