



УДК 681.322

**ОПИСАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ СЛОЖНОГО
ИННОВАЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ
КОМПОНЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА**

**DESCRIPTION OF THE PROJECT LIFECYCLE FOR CREATION THE COMPLEX
INNOVATION PRODUCTS ON THE BASIS OF THE COMPONENT-ORIENTED
APPROACH**

И.С. Константинов, С.А. Лазарев, Ю.И. Сергеева
I.S. Konstantinov, S.A. Lazarev, J.I. Sergeeva

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: konstantinov@bsu.edu.ru, lazarev_s@bsu.edu.ru, sergeeva_yu@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены научно-прикладные основы и возможности компонентной технологии в управлении проектами по созданию сложных инновационных изделий машиностроения с применением компонентов повторного использования. Рассмотрены и раскрыты основные стадии жизненного цикла компонентов и взаимосвязь между ними в рамках проекта. Применение компонентной технологии в управлении проектами позволяет существенно снизить стоимость, сроки и риски реализации проекта, а также рационализировать процесс выбора состава участников проекта, выбор наиболее оптимальных управленческих и технологических решений на всех стадиях жизненного цикла проекта с большей долей инновационных решений.

Resume. The article considers scientific application and capabilities of component technology in the management of projects for creation of complex innovative products using reuse components. The reuse components of the project enable to use in the project ready and approved basic solutions (organizational measures). The main stages of the components lifecycle and their interrelation within the project are considered and explored. The component structure includes functionality that controls the component at each stage of its lifecycle. Component technology application in project management enables to significantly reduce the cost, time and risk of the project, as well as to streamline the selection process of project implementers, to choose the best management and technological solutions at all stages of the project lifecycle with a high degree of innovative solutions.

Ключевые слова: компонент повторного использования (КПИ), жизненный цикл проекта, техническое задание, детали или сборочной единицы (ДСЕ), этапы проектирования.

Key words: reuse component, project lifecycle, requirements specification, parts and assembly units, design stages.

Введение

Современные условия развития общества, которые в значительной мере определяются темпами развития науки и техники, динамично меняющимися требованиями к уровню производимой и потребляемой продукции, непрерывно обостряющейся конкуренцией между производителями, вполне однозначно определили ключевые тенденции развития инновационной деятельности в сфере высокотехнологичной и наукоемкой продукции [1].

Общая тенденция к сокращению жизненного цикла промышленных изделий диктует противоречивые требования на этапах их разработки, производства и эксплуатации. В первую очередь, это касается существенного сокращения сроков выпуска новых изделий, одновременного снижения их себестоимости до конкурентоспособного уровня, повышения технического уровня, обеспечения их качества и надежности [2]. Очевидно, что одновременное выполнение этих требований является трудноразрешимой задачей, особенно если изделие является в значительной степени инновационным.

Постановка задачи

На основе проведенного анализа современного состояния теоретических и практических аспектов управления жизненным циклом изделия в условия инновационной деятельности, рассмотрены основные проблемы инновационной деятельности производственных предприятий, которые заключаются в неопределенности рисков, сроков, стоимости, выборе состава участников проекта, выборе наиболее оптимальных управленческих и технических решений на всех этапах жизненного цикла изделия с большой долей инновационных решений [3-5].

Несмотря на внедрение и освоение новых методов расчета и проектирования, новых конструкционных материалов, производственного оборудования и средств его автоматизации, на сегодняшний день является очевидным, что решение перечисленных проблем инновационной деятельности в сфере высокотехнологичной и наукоемкой продукции является невозможным без примене-



ния эффективных, рациональных и надежных методов управления жизненным циклом изделия на всех его этапах [6].

Основная часть

Если представить проект как процесс получения конечного продукта, а конечный продукт – как иерархию структурных элементов создаваемого сложного изделия, то можно выделить проектные решения, связанные с каждым элементом создаваемого продукта [7]. Очевидно, что элемент изделия и компонент проекта неразрывно связаны между собой, точнее, компонент проекта подчинен цели создания элемента изделия, детали или сборочной единицы (ДСЕ). Далее под компонентом проекта понимается совокупность управленческих, организационно-технических и производственных мероприятий, направленных на реализацию конкретного структурного элемента изделия. Таким образом, компонент проекта представляет собой процесс, связанный с определенным объектом, являющимся составной частью другого объекта-контейнера, что вполне естественно для компонентно-объектной модели.

Двойственность компонента проекта заключается в том, что он одновременно характеризует объект как структурный элемент продукта и связанный с ним процесс как составляющую проекта. Компонент проекта в данном представлении является элементарной информационной единицей проекта. В то же время, компонент проекта является законченным микропроектом со всеми этапами в рамках глобального проекта. Такая информационная структура четко и однозначно связывает структуру продукта и структуру проекта по его созданию.

Наиболее наглядно достоинства компонентной модели можно продемонстрировать на примере жизненного цикла проекта [8]. Жизненный цикл проекта, построенного на основе компонентной модели, можно представить следующим образом.

По окончании этапа внешнего проектирования формируется техническое задание (ТЗ), являющееся основой для всех последующих этапов выполнения проекта. В него входит необходимая документация по изделию, технические требования к нему, оговариваются основные условия выполнения проекта. На данном этапе заказчиком предварительно оцениваются сроки и стоимость выполнения проекта, что дает ему основания для выбора исполнителей на конкурсной основе [9].

Опираясь на имеющиеся в ТЗ данные, исполнитель приступает к этапу внутреннего проектирования, результатом которого будет являться качественная реализация проекта в заданные директивные сроки. На рисунке 1 представлен данный процесс.

Первым этапом реализации проекта является разработка концепции проекта в заданные директивные сроки. На этом этапе анализируются сведения, содержащиеся в ТЗ, и на их основе определяется архитектура изделия. Структурные элементы изделия (ДСЕ) в дальнейшем являются основой для выявления и формирования компонентов проекта в соответствии с приведенным ранее определением компонента проекта. Правильная структуризация изделия является гарантией правильного представления проекта в виде иерархического дерева компонентов проекта.

На этом этапе на основе дерева компонентов формируется команда исполнителей с учетом их специализации и накопленного опыта. В конечном итоге по окончании этапа разработки концепции дерево структуры изделия, построенное на основе ТЗ и спецификаций на изделие, трансформируется в дерево компонентов проекта, причем компоненты определенным образом распределяются между участниками проекта. При этом имеющиеся в изделии связи между ДСЕ, за выполнение которых отвечают разные исполнители в составе кооперации, не разрываются, а преобразовываются в межкомпонентные связи (показаны пунктиром на рис. 1), роль которых заключается в синхронизации действий по выполнению компонентов проекта.

Начиная со следующего этапа проекта – планирования работ по компонентам – вся работа по созданию элементов изделия в соответствии с результатами предыдущего этапа выполняется исполнителями самостоятельно до окончательной реализации изделия.

На этом этапе основное внимание уделяется четкому планированию сроков окончания работ исполнителями по реализации компонента (компонентов) и своевременной передаче результатов главному исполнителю. Основная идея заключается в том, что проектный компонент не может быть реализован позже назначенного срока, так как это приведет к существенным задержкам при реализации всего проекта, непредвиденным затратам и финансовым рискам. С другой стороны, досрочная реализация компонента проекта приведет к простоему исполнителя компонента, что также может привести к снижению экономической эффективности действий проектировщиков. Помимо этого, досрочная реализация проектного компонента потребует хранения элемента изделия до тех пор, пока он окажется востребованным, т.е. наличие складских помещений, а значит, дополнительных лишних затрат. В этой связи особое значение имеет точное планирование сроков реализации проектного компонента и своевременная поставка элемента изделия основному исполнителю «с колес», исключая складское хранение как негативный фактор.

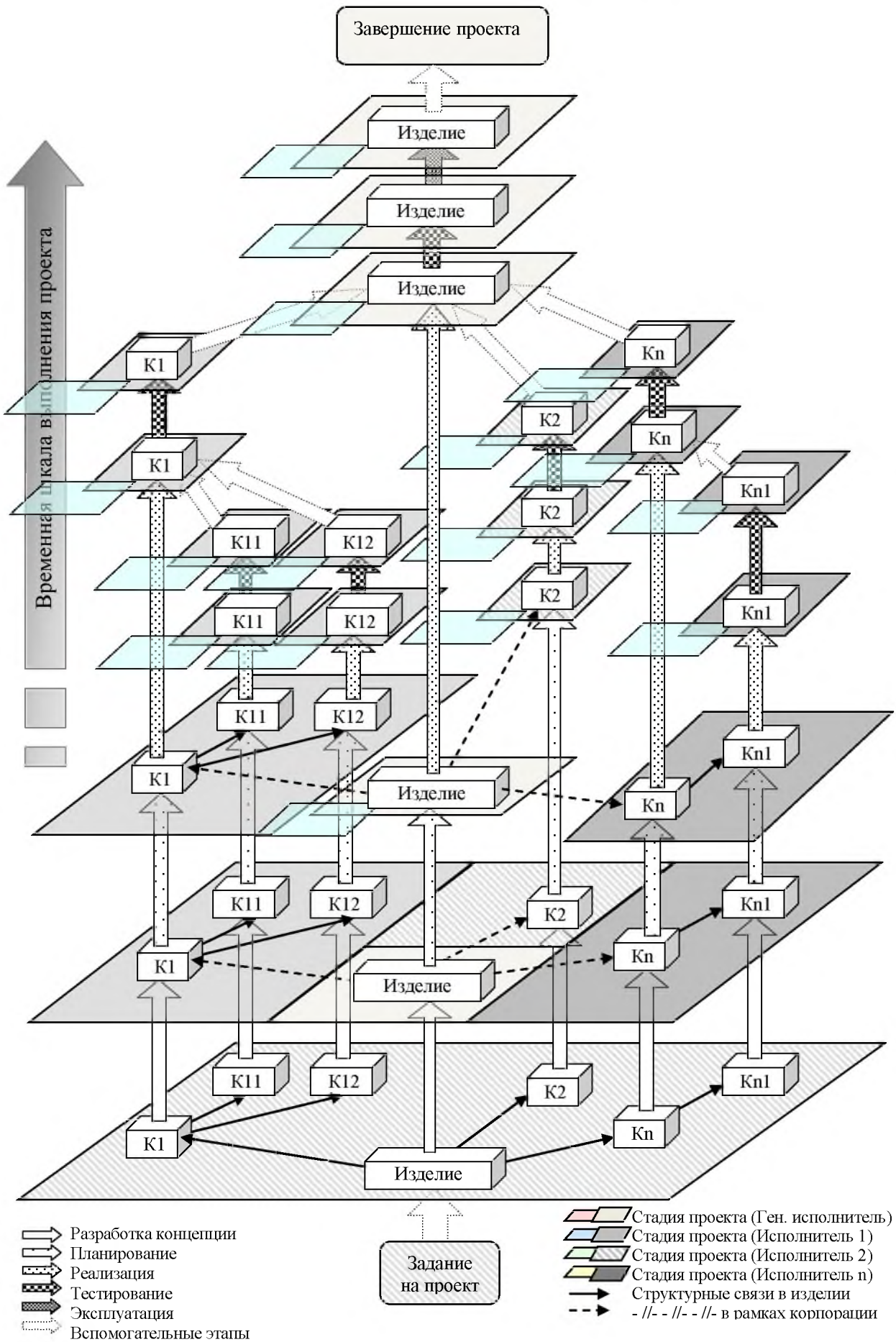


Рис. 1. Компонентная декомпозиция жизненного цикла проекта
Fig. 1. Component decomposition of the project life cycle



Большое значение при этом имеет методика планирования «сверху вниз», т.е. планирование сроков путем обратного отсчета от конечного срока работ над проектом в целом. Это дает возможность определения сроков окончания работ по отдельным компонентам проекта с учетом необходимых сроков поставки элементов, комплектации и тестированию в составе изделия с учетом его иерархической структуры. Принципиальная важность такого планирования состоит в том, что конечный исполнитель может оценить для себя срок начала работ по реализации компонента с учетом его своевременного окончания. Это дает ему возможность так планировать свою деятельность, чтобы обеспечить полную загрузку своих мощностей, например, участвуя в других проектах.

На рисунке 1 представлена динамика развития компонентного проекта. Стрелками обозначены различные последовательные этапы реализации проектных компонент и изделия в целом. Плоскостями, перпендикулярными временной шкале, обозначены конечные состояния компонентов и изделия. Условно плоскость представляет собой переход между этапами реализации компонентов – окончание предыдущего и начало последующего этапов.

Необходимо отметить, что моменты начала и окончания основных этапов для различных проектных компонентов и субкомпонентов могут не совпадать, важно лишь то, чтобы соответствующий компонент после окончания этапа его выполнения и обязательного тестирования элемента изделия (контроля качества) своевременно был передан основному исполнителю для комплектации и тестирования изделия в целом с последующей его передачей на стадию эксплуатации.

Таким образом, особенность компонентной модели проекта состоит в том, что для нее нельзя заранее определить моменты перехода между основными этапами проекта, кроме первого и заключительного этапов, поскольку для различных компонентов, составляющих проект, эти моменты разнесены во времени.

Этап планирования приобретает особую важность еще и в связи с тем, что иерархия исполнителей не ограничивается схемой, представленной на рисунке 1, а может быть неограниченной сложности. При этом, например, для компонента K1 и его субкомпонентов K11 и K12 могут быть выбраны различные исполнители. Здесь проявляется отношение «предок-потомок», характерное для объектных моделей, причем вложенность таких отношений не имеет ограничений.

По окончании следующего этапа – реализации – обязательным является этап тестирования ДСЕ, на котором выявляются возможные несоответствия с требованиями ТЗ, с чем связаны основные проектные риски. Дополнительные риски могут быть оценены путем отслеживания межкомпонентных связей на предыдущих этапах, до окончания выполнения компонента. Задача минимизации рисков, определяемых межкомпонентными связями, возлагается на основного исполнителя.

Заключительным этапом является ввод в эксплуатацию готового изделия, на котором, с помощью сервисных центров, осуществляется гарантийное регламентное обслуживание, ремонт, а также транспортирование и хранение изделия.

Этап реализации конечного изделия завершается только после того, как все входящие в него составляющие реализованы и протестированы, а само изделие полностью укомплектовано в соответствии с представленной в ТЗ структурой. Далее изделие (или изделия) переходит на этап общего тестирования, по окончании которого начинается стадия ввода в эксплуатацию. На данном этапе изделие передается заказчику и проект завершает свой жизненный цикл.

Представляет интерес жизненный цикл отдельного компонента проекта.

На рисунке 2 представлен жизненный цикл компонента K_n, входящего в состав проекта, изображенного на рисунке 1. В соответствии со всем сказанным ранее, первый этап жизненного цикла компонента (разработка концепции) имеет длительность, одинаковую для всех компонентов проекта, поскольку его планирование и выполнение не могут начаться до тех пор, пока не будет определен исполнитель и не приняты все основные проектные решения, характерные для этого этапа.

Этап планирования работ по выполнению проектного компонента позволяет определить сроки его реализации, тестирования и передачи элемента изделия, причем при проектировании путем обратного отсчета, как говорилось ранее, можно определить срок начала работ по реализации компонента, чтобы элемент изделия был передан для комплектации изделия в нужный момент времени, без задержек, но и не преждевременно. Таким образом, в распоряжении исполнителя оказывается период времени от начала планирования работ до момента передачи результатов работ главному исполнителю.

Учитывая то, что срок реализации проекта зависит от срока выполнения отдельного компонента, на который затрачивается наибольшее количество времени, остальные исполнители проекта окажутся недогруженными. Здесь возможно два взаимно не исключающих варианта:

- дополнительная загрузка недостаточно загруженных исполнителей за счет других, не связанных с данным проектом задач;
- сокращение сроков реализации наиболее критичного с точки зрения сроков реализации компонента.

Очевидно, что первый вариант, хотя и возможен, но сопряжен с рядом недостатков. В первую очередь, он лишает исполнителя гибкости в принятии экономических решений. Кроме того, срок вы-

полнения проекта, в котором участвует исполнитель, оказывается более длительным, что также негативно сказывается на экономических показателях исполнителя.

Второй вариант является наиболее приемлемым, тем более что для его реализации имеется два способа, причем возможно их совместное применение. Во-первых, возможно совместное выполнение наиболее критичного с точки зрения сроков компонента несколькими исполнителями.

Во-вторых, наиболее эффективным и не исключающим первый указанный способ, является применение компонентов повторного использования (КПИ).

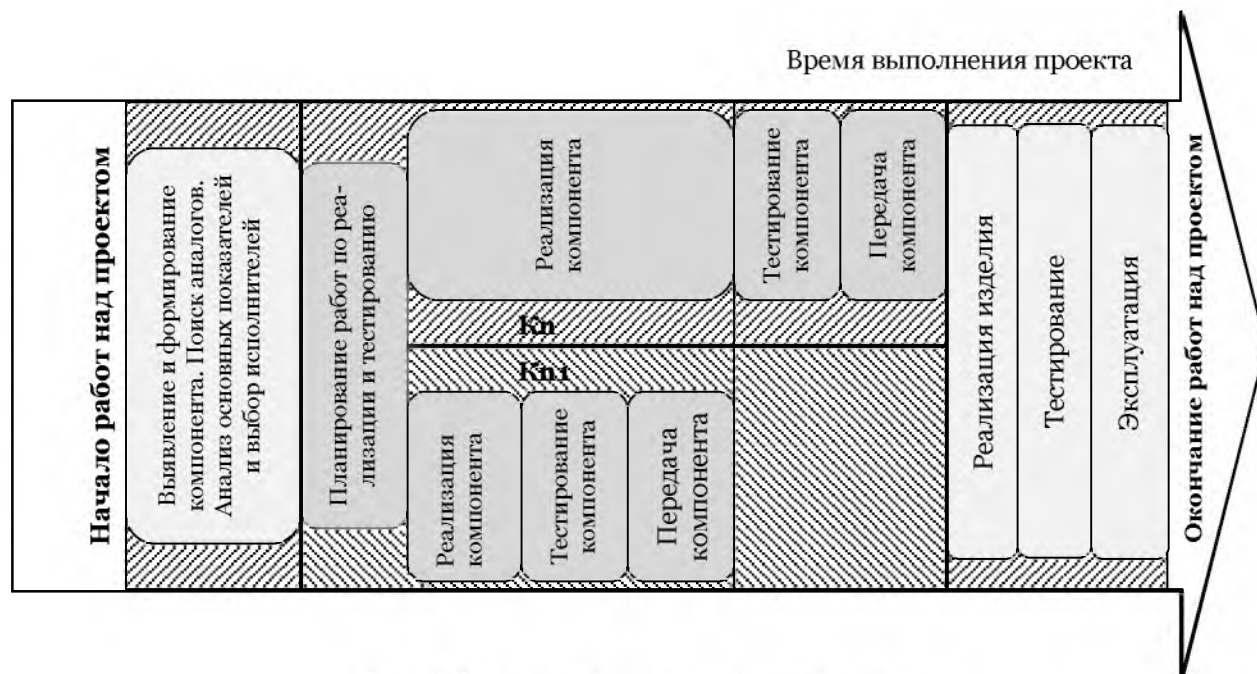


Рис. 2. Жизненный цикл компонента проекта
Fig. 2. The lifecycle of a project component

Суть повторного используемых компонентов проекта заключается в том, что они позволяют применить в проекте уже готовые и проверенные на практике базовые решения (организационно-технические мероприятия), позволяющие существенно сократить сроки реализации компонента и снизить риск при его реализации. Очевидно, что для компонента K_p и его субкомпонента K_{p1} (рисунок 2) такой подход позволит сократить длительность этапов от планирования компонента до его передачи, тем самым сократив срок выполнения всего проекта. Понятие КПИ предполагает специализацию исполнителей в определенной области деятельности и наличие определенного опыта у исполнителя, что упрощает их выбор.

Для структурных составляющих изделия с большой долей инноваций, которые по какому-либо признаку или ряду признаков не вполне соответствуют существующим компонентам повторного использования, выбираются компоненты на основе расширенного конструктивно-производственно-технологического классификатора. В дальнейшем данные компоненты частично модифицируются, дополняются недостающим функционалом и в дальнейшем могут использоваться как полноценные КПИ. Отличие от выше рассмотренного случая состоит в том, что такие показатели, как надежность техпроцесса, себестоимость, риски любой природы и прочие показатели для такого компонента в случае его первого применения будут известны не в полной мере, а частично. Соответственно, структурные единицы изделия, связанные с такими компонентами, будут нести в себе большую неопределенность и риски, чем в случае использования полноценного КПИ.

ДСЕ, которые по своей конструкции или технологии являются абсолютно уникальными, изначально не могут быть связаны с готовым КПИ или с КПИ, подлежащим модификации, как в первых двух случаях. Для таких структурных единиц, являющихся абсолютно инновационными, компоненты создаются впервые, и как следствие, основные проектные риски, возможные экономические издержки, конструктивные и производственные ошибки будут сосредоточены именно в этих компонентах. Но уже при повторном использовании этих компонентов все их показатели будут иметь количественную оценку что позволит сделать риски и все возможные издержки контролируемыми и предсказуемыми. Обычно для инновационных проектов доля таких компонентов все же относительно невелика, и согласно теории развития инженерных знаний не превышает 10–15% [10].

Безусловно, что КПИ не являются статичными. Внедрение любой новой технологии может и должно быть отражено в компоненте, как в существующем, так и во вновь создаваемом в качестве одного из альтернативных решений. Те проектные, технологические или управленческие решения, ко-



торые по каким-либо признакам оказываются устаревшими, могут быть удалены из компонента. Таким образом, поддерживается постоянная актуальность компонента повторного использования.

В состав компонента закладывается функционал, реализующий управление компонентом на каждой стадии его ЖЦ. Как уже упоминалось, структура изделия, а, следовательно, и декомпозиция изделия на компоненты повторного использования реализуются на основе сведений о составе изделия (спецификации). Для каждой структурной единицы изделия выбирается наиболее близкий по конструктивным признакам компонент. На начальном этапе этому КПИ ставятся в соответствие исходные данные о конструкции объекта, условиях производства и т.д. Специфика, как проектирования, так и технологической подготовки производства такова, что наполнение компонента свойствами выполняется исключительно последовательно, от одного уровня детализации к другому, основываясь на том логико-математическом аппарате, который функционирует на данном этапе ЖЦ, позволяя перейти на новый этап по мере детализации сведений о компоненте.

В целях обеспечения полноценного функционирования при таких условиях, компонент представлен двойственной структурой.

С одной стороны, последовательность этапов ЖЦ с учетом межкомпонентных взаимодействий описывается формализмом сетей Петри и теорией графов [11].

На рисунке 3 описана динамика развивающегося процесса, представляющего собой жизненный цикл компонента K_n и двух вложенных в него подчиненных компонентов (K_{n1} , K_{ni}). Каждое событие сети Петри представляет собой совокупность свойств, характеризующих состояние объекта ci и выполняемых в данном состоянии процедур Zi . Каждой выполняемой процедуре Zi соответствует условие перехода Xi , что в равной степени относится как к переходам внутри компонента, так и к межкомпонентным связям Wi . Достоинством такого описания является неизменная структура базового элемента с регулярным описанием состояния.

Математическое представление графов такого типа положено в основу внутреннего строения КПИ и проекта в целом. Сети Петри позволяют естественным образом объединить отдельные компоненты в полномасштабный проект за счет введения межкомпонентных связей, а также наложить на протекающие в различных КПИ параллельные процессы дополнительные условия блокировки и синхронизации. Подобным образом может быть описана логика развития процессов практически неограниченной сложности.

С другой стороны, на каждом из этапов ЖЦ функционал компонента представлен на основе объектно-ориентированного подхода (ООП) [12]. Это позволяет широко использовать при реализации КПИ такие достоинства ООП, как наследование, инкапсуляция и полиморфизм, делая КПИ предельно гибким в использовании. При этом понятия переходов в ориентированных графах тесно связываются с понятиями событий, свойств и методов в терминах ООП, а событийный аппарат ООП представляет широкие возможности для организации и реализации межкомпонентных связей в графах.

Сформулируем объектно-ориентированные свойства КПИ:

Инкапсуляция – возможность эффективно изолировать характеристики компонента и комплекс организационно-технических мероприятий от всего остального проекта. Разработав однажды КПИ, протестировав правильность, надежность и стабильность связанных с ним мероприятий и характеристик, определяющих состояние компонента, реакций на изменение внешних для КПИ условий (по сути – классических свойств, методов и событий), исполнитель может уверенно применять их в дальнейшем, минимизировав сроки реализации, затраты и риски. Побочный эффект заключается в том, исполнитель изолирует процессы, происходящие с КПИ, от остального проекта, тем самым повышая его стабильность.

Наследование – это возможность создания новых компонентов на базе существующих. При этом новые КПИ наследуют характеристики и решения базовых компонент, расширяя их возможности. Данное свойство позволяет снизить риск ошибочных действий при модификации КПИ.

Полиморфизм – позволяет многократно определять альтернативные управленческие решения для компонент, расширяя их функциональность и область применения, причем то, какое решение будет принято, зависит от используемой версии компонента.

Таким образом, компоненты проекта повторного использования в полной мере соответствуют классическим понятиям, принятым для компонентно-объектных моделей.

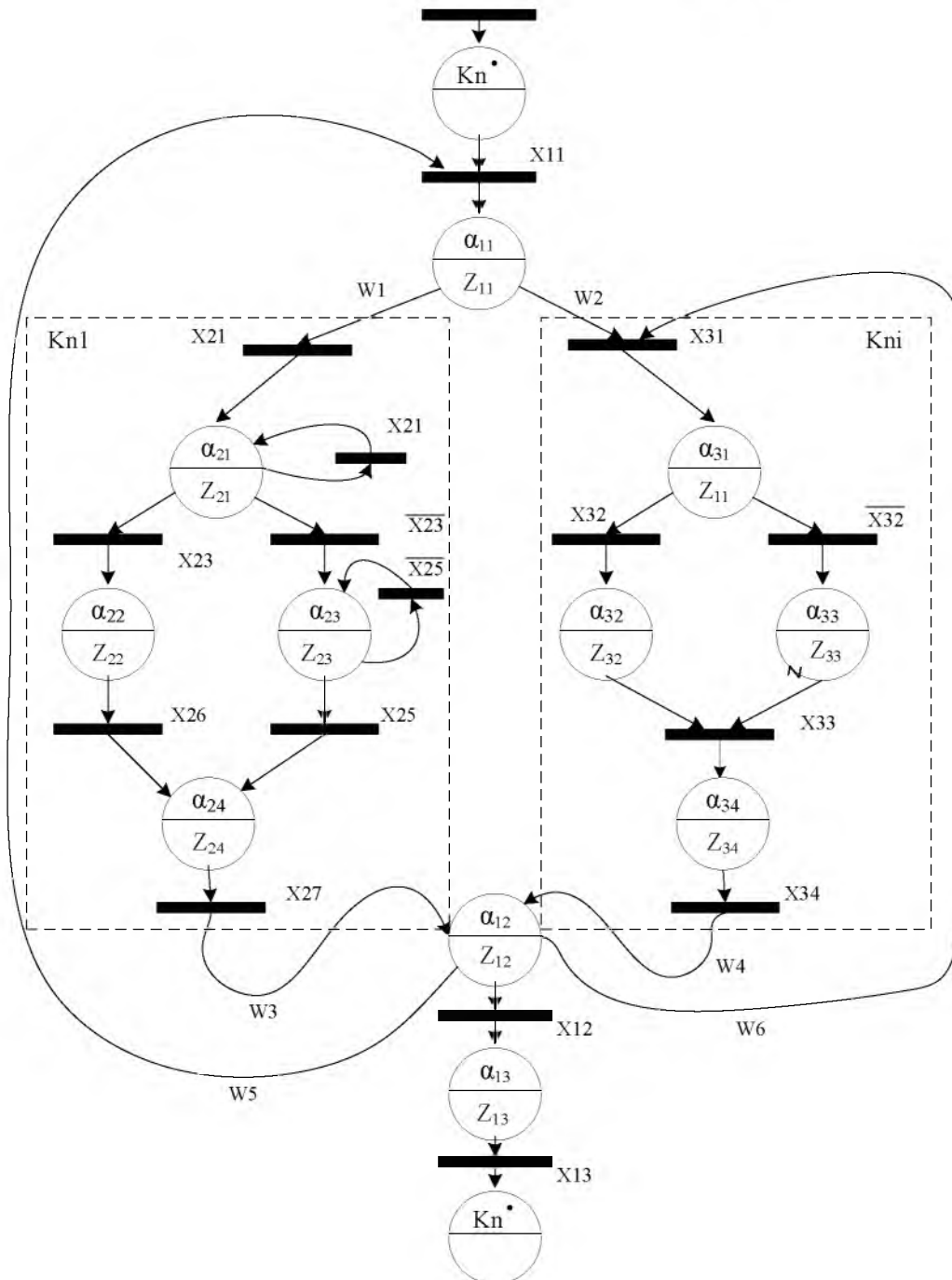


Рис. 3. Представление ЖЦ компонента и межкомпонентных связей с помощью формализма сетей Петри

Fig. 3. Lifecycle of the component and inter-component links with the aid of Petri nets formalism

Заключение

Актуальность компонентной модели проекта и использование в проекте компонентов повторного использования определяется следующими достоинствами: сокращением сроков реализации проекта в целом, связанным с планируемыми затратами и возможными рисками, возможностью обоснованного выбора состава исполнителей, естественной приспособленностью компонента для корпоративных проектов. Однозначная связь компонента проекта с конкретным структурным элементом изделия снижает вероятность ошибок на этапах планирования проекта. Кроме того, проект может быть с большей легкостью расширен уже в процессе реализации путем изменения структуры изделия и связанных с этим мероприятий, также представленных в виде компонента, либо прочих мероприятий, например, обучения персонала или проведения рекламных кампаний, связанных с проектом, что обеспечивается за счет гибкости компонентной модели проекта.

**Список литературы**
References

1. Бакланова Ю.О. 2012. Эволюция подхода к проектному управлению инновациями: инициатива, проект, программа, портфель. Современные технологии управления. 3 (15). № гос. рег. статьи 0421200170. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sovman.ru>.
Baklanova Ju.O. 2012. Jevoljucija podhoda k proektnomu upravljeniju innovacijami: iniciativa, proekt, programma, portfel' [Approach evolution to project management innovation: the initiative, project, program, portfolio]. Sovremennye tehnologii upravlenija. 3 (15). № gos. reg. stat'i 0421200170. [Electronic resource]. - URL: <http://sovman.ru>. (in Russian).
2. Грачева Н.В. 2009. Управление циклом создания нового продукта как бизнес-процессом. Брянский государственный университет. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 7(62). Вып.10/1: 55–61.
Gracheva N.V. 2009. Upravlenie ciklom sozdanija novogo produkta kak biznes-processom. Brjanskij gosudarstvennyj universitet [Cycle control to create a new product as the business process]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 7(62). Vyp.10/1: 55–61. (in Russian)
3. Turner J.R., Ledwith A., Kelly, J.F. 2010. Project management in small to medium-sized enterprises: matching processes to the nature of the firm. International Journal of Project Management. 28(8): 744–55.
4. Bowers J., Khorakian A. 2014. Integrating risk management in the innovation project. European Journal of Innovation Management. 17(1): 25–40.
5. Wenfa Hu, Xinhua He. 2014. An Innovative Time-Cost-Quality Tradeoff Modeling of Building Construction Project Based on Resource Allocation. The Scientific World Journal, 2014, Article ID 673248.
6. Шевченко С.Ю. 2008. Управление жизненным циклом инновационного продукта. Креативная экономика. 1(13): 20–29.
Shevchenko S.Ju. 2008. Upravlenie zhiznennym ciklom innovacionnogo produkta [Lifecycle Management Product Innovation]. Kreativnaja jekonomika. 1(13): 20-29. (in Russian)
7. Iakovleva A. Iu. 2014. Methodological aspects of project techniques selection for innovation project management. Basic research program, working papers, series: management. National Research University Higher School of Economics.
8. PMBOK. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. 2008. 4-е изд. Пер. с англ. PMI., Inc., Pennsylvania. (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition. 2008. Project Management Institute, Inc., Pennsylvania.).
PMBOK. Rukovodstvo k Svodu znanij po upravljeniju proektami [A Guide to the Project Management Body of Knowledge]. 2008. 4-e izd. PMI, Inc., Pennsylvania. (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition. 2008. Project Management Institute, Inc., Pennsylvania.).
9. Биннер Хартмут. 2010. Управление организациями и производством. От функционального менеджмента к процессному. Альпина Паблишер, 282.
Binner Hartmut. 2010. Upravlenie organizacijami i proizvodstvom. Ot funkcional'nogo menedzhmenta k processnomu [Corporate and manufacturing management. From functional management to process]. Al'pina Pablisher, 282. (in Russian)
10. Дыгынченко П.Н., Чудинов С.М., Ройко Г.А. 2013. Информационное обеспечение отбора инновационных проектов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 15(158). Вып.27/1: 179-185.
Dutytenko P.N., Chudinov S.M., Rojko G.A. 2013. Informacionnoe obespechenie otbora innovacionnyh proektov [Information support for selection innovative projects]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 15(158). Vyp.27/1: 179–185. (in Russian).
11. Питерсон Дж. 1984. Теория сетей Петри и моделирование систем. Пер. с англ., М., Мир, 264. (Peterson Dzh. 1981. Petri Net Theory And The Modeling Of Systems. Prentice Hall, 290.).
Piterson Dzh. 1984. Teorija setej Petri i modelirovanie system [Petri Net Theory And The Modeling Of Systems]. М., Mir, 264. (Piterson Dzh. 1981. Petri Net Theory And The Modeling Of Systems. Prentice Hall, 290.).
12. Jian Wang. 2001. Object-Oriented Analysis Methodology. Information Systems Analysis Section G01, School of Business Administration University of Missouri-St. Louis.