

УДК 658.012.23

Е.А. ДРУЖИНИН, Е.А. КОВРИКОВА, А.Д. БОЛГАРОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ЦИКЛА ИСПРАВЛЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ СОЗДАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

Описано применение модели цикла исправлений в управлении проектами создания сложной техники на этапе их планирования и реализации. Представлены случаи выполнения проекта без учета влияния фактора риска, связанного с дефектами и несоответствиями качества результатов работ заданным требованиям и с учетом таких факторов. Рассмотрено влияние исправлений (доработок) на срок выполнения, бюджет и на другие параметры проекта. Показано, что применение предложенной модели в управлении проектами обеспечивает контроль качества выполненной работы, эффективность использования ресурсов, улучшение качества продукции, удовлетворение требований заказчика, тем самым, повышая устойчивость проектов.

Ключевые слова: *проект создания сложной техники, несоответствие качества результатов работ заданным требованиям, доработка, модель цикла исправлений, устойчивость проекта, невыявленная доработка, неустраненный дефект.*

Введение

Создание новой техники всегда является сложным и трудоемким процессом, при выполнении которого требуется оперирование большим объемом работ и ресурсов.

Проекты, реализующие процесс создания технических систем всегда выполняются в условиях неопределенности и подвержены влиянию различных факторов риска. Практика управления проектами показывает, что при планировании сроков и бюджета проекта часто бывает сложно промоделировать и объективно оценить затраты, связанные с обеспечением качества в проекте.

Многолетний опыт создания сложных технических систем показал, что доработки, связанные с устранением *несоответствий качества результатов работ заданным требованиям* составляют значительную часть трудозатрат (и расходов) при реализации комплексных инновационных проектов. Количество и частота возникновения подобных несоответствий в значительной мере изменяется от проекта к проекту, но все же дело редко ограничивается единичным возвратом к какой-нибудь конкретной работе.

Напротив, процесс работы над проектом на разных стадиях его жизненного цикла включает в себя несколько повторов, которые часто значительно смещены во времени относительно первоначально запланированного расписания проекта. Практически всегда меняется и содержание проектных ра-

бот: устранение дефектов и несоответствий производится путем повторения ряда работ, процессов и процедур разработки, производства.

Соответственно, для успешного достижения целей проекта в заданные сроки и в рамках существующих финансовых ограничений, план проекта должен предусматривать *удлинение сроков реализации проекта* вследствие включения в проект дополнительных работ по восстановлению качества. А бюджет проекта должен быть сформирован таким образом, чтобы учитывать так называемую «стоимость качества» (Cost of Quality) [1], а именно сформировать *минимальный страховой резерв*, необходимый для снижения вероятности проявления и ликвидации последствий проявления риска снижения качества работ проекта.

При подписании договора с заказчиком и инвестором проекта одной из наиболее трудных оказывается задача обоснования затрат времени и ресурсов на работы, которых по сути еще «нет» в проекте, а именно циклов доработок.

Актуальность поставленной проблемы заключается в необходимости разработки научно обоснованных методов и моделей учета фактора неопределенности в деятельности организаций для повышения степени их адаптации к внешней среде.

Практическая значимость результатов исследования состоит в возможности повышения устойчивости функционирования организации, реализующей проект путем учета фактора неопределенности при планировании сроков и бюджета проекта.

1. Постановка задачі и анализ последних исследований и публикаций

Мировые стандарты, такие как основные положения технологической зрелости предприятия, разработанные Питсбургским институтом программной инженерии в виде серии стандартов CMM [2], ISO 9000 [3, 4], а также Свод знаний по управлению проектами [1] предусматривают постоянное совершенствование качества процессов.

Для успешного управления сложным инновационными проектами просто необходимо придерживаться рекомендаций по совершенствованию качества в проекте, причем надо учитывать как качество результатов продукта, так и качество результатов управления проектом (исполнения стоимости и сроков) [1]. В [1] одним из «выходов» контроля качества являются так называемые *доработки* (*rework*) – действия, предпринимаемые для того, чтобы привести несогласующийся объект в соответствие с требованиями или спецификациями, а также отмечено, что доработки, особенно непредвиденные, часто бывают причиной выхода проекта за рамки бюджета или сроков во многих сферах применения, и команда проекта должна предпринимать все возможные усилия для их минимизации. Аналогичный термин можно встретить и у других американских авторов [5], только «*rework*» представлено и как *доработка*, и как *исправление*.

В предлагаемом исследовании примерами комплексных инновационных проектов служат *проекты создания новой техники*, а именно проекты по разработке аэрокосмической, пилотируемой и беспилотной авиационной техники, процесс создания которой многовариантный и расходящийся. Такие проекты являются долгосрочными и на стадии их планирования параметры работ большинства этапов жизненного цикла (ЖЦ) являются индикативными. Для проектов создания новой техники наименее долгим и затратным является этап научно-исследовательских работ (НИР), однако не стоит недооценивать этот этап ЖЦ, так как на нем принимаются наиболее важные решения по дальнейшей работе над проектом, (непосредственно создание технического изделия). Риски несоответствия качества результатов работ, допущенные на этапе НИР, могут иметь катастрофические последствия для проекта, а именно необходимость повторения всего цикла разработки и производства изделия. Поэтому в случае долгосрочных проектов коррекция планов и формирование страховых резервов для устранения последствий проявления факторов риска формируются обычно по результатам наиболее ответственных этапов или отдельных работ на протяжении всего ЖЦ проекта.

Практическую значимость приобрела проблема разработки универсального инструментария оценки и разработки программы управления рисками предприятия, которым мог бы пользоваться любой руководитель или специалист. Например, для оценки риска промышленного предприятия в [8] была разработана методика определения наиболее значимых факторов риска. Она основывается на использовании экспертных методов оценки рисков. Источником информации являлась разработанная для опроса экспертов анкета. Каждый эксперт, заполняя анкету, даёт оценку значимости факторов независимо. Оценки сводятся в обобщённую характеристику. Такой подход, однако, не применим к инновационным проектам, так как информация о них еще не накоплена, и на этапах планирования такие проекты характеризуются высоким уровнем неопределенности.

Учет факторов неопределенности при планировании проекта подробно рассмотрен в теории устойчивости проектов, которая является частью риск-ориентированного подхода. С точки зрения риск-ориентированного подхода проект характеризуется показателем устойчивости [6]:

$$U = \frac{Res_{i\min} + Res_{нал.страх.}}{Res_{i\min} + Res_{мод.страх.}} \geq 1 \text{ при Risk} \neq \emptyset, \quad (1)$$

где $Res_{i\min}$ – минимальный запас ресурсов в идеальном случае, когда проект не подвергается факторам риска; $Res_{нал.страх.}$ – максимальный запас ресурсов, имеющихся в наличии; $Res_{мод.страх.}$ – максимальный страховой запас ресурсов, который обеспечивает устойчивость проекта.

Выполнение условия $U \geq 1$ предполагает, что проект устойчив.

Таким образом, *устойчивость проекта* определяется с позиций достижения заданных технических результатов, соблюдения директивных сроков выполнения проекта при заданных финансовых ограничениях. Под *устойчивым* понимается проект, для реализации которого:

- имеются минимально необходимые объемы обеспечивающих ресурсов и запасы (страховые резервы), необходимые для снижения вероятности проявления и ликвидации последствий проявления факторов риска;
- разработаны механизмы снижения вероятности проявления и устранения последствий проявления факторов риска при определении сроков реализации проекта;
- распределена ответственность (прежде всего финансовая) между основными участниками проекта – Заказчиком, Инвестором, Исполнителем – на все случаи проявления факторов риска, определены

объемы, источники и динамика финансирования реализации всех вышеперечисленных процессов.

Зачастую проекты по разработке аэрокосмической, пилотируемой и беспилотной техники выполняются на крупных предприятиях, имеющих систему качества, которую необходимо рассматривать как составную часть производственной системы, элементы которой обеспечивают мониторинг производственного процесса, контроль и испытания изделия и его основных частей. Структура изделия сложной техники имеет иерархический вид (рис.1). При этом, деталесборочную единицу (ДСЕ) любого уровня с позиций теоретико-множественного представления можно формализовано представить как результат объединения: ДСЕ нижних уровней, деталей, составляющих ДСЕ (произведенных технологическими цехами непосредственно на данном предприятии), покупных изделий и крепежа [7]:

$$DS^i = \{DS_j^{i+1}\} \cup \{D_k\} \cup \{P_m\} \cup \{K_n\}, \quad (2)$$

где DS^i – сборка i -го уровня; DS_j^{i+1} – j -я сборка $i+1$ уровня; D_k – k -ая деталь, изготовленная на предприятии; P_m – m -ое изделие; K_n – n -й элемент крепежа.



Рис. 1. Представление деталесборочной единицы

В [7] приведена также классификация несоответствий качества в зависимости от изменений в конструкции изделий:

- элементарное несоответствие - несоответствие, которое исправляется путем повторения отдельного технологического процесса или операции;
- второстепенное - несоответствие, которое исправляется путем повторения всех работ в рамках одного этапа жизненного цикла;

- головное несоответствие - несоответствие, которое приводит к необходимости повторения всего процесса разработки, начиная с макетного образца.

Процесс повторения работ легко себе представить на примере первого выпуска проектных чертежей и их последующего многократных исправлений (для тех компаний или проектных команд, которые действительно отслеживают подобную информацию).

Компании, имеющие опыт работы над комплексными проектами, ожидают подобного развития событий и обычно располагают простыми практическими методами учета затрат в случае двукратного или трехкратного пересмотра параметров изделия.

Но даже в этом случае подобные расчеты редко находят полное отражение в методах планирования и управления, которые не предусматривают учета таких поправок. Хуже всего бывает в тех случаях, когда подобный цикл исправлений не был предвиден заранее и не отслеживался должным образом. Это не просто работа с линейкой без мерных делений, но еще и работа с закрытыми глазами. Поэтому необходим другой взгляд на такие проекты, который бы учитывал и планировал возможные исправления, наблюдал бы за ними и позволял уменьшить их объемы и сроки осуществления, то есть

$$Res_{\text{мод.страх.}} \rightarrow \min$$

согласно (1) при обеспечении устойчивости проектов.

Целью предпринимаемого исследования является поиск путей повышения устойчивости функционирования организации, реализующей проект с учетом риска несоответствия качества результатов работ заданным требованиям при планировании сроков и бюджета проекта. При управлении проектами создания новой техники необходимы модели и методы, в большей мере отражающие стратегическое видение проектов; учитывающие качество выполненной работы, причины изменения производительности труда и необходимость устранения дефектов; позволяющие отчетливо видеть, как изменения внешних условий и действия руководителей влияют на эффективность работы персонала и на цикл выполнения доработок, и как это все сказывается на устойчивости проекта и на результатах проекта в целом.

Нужна новая система взглядов, применяемая к широкому кругу научно-технических проектов и отражающая и общие, и индивидуальные особенности каждого из них. Только так возможно более последовательно и четко извлекать, усваивать и применять знания, которые обеспечивают совершенствование процессов управления и качество выполняемых работ.

2. Описание применения модели цикла исправлений в управлении проектами создания сложной техники

Новая модель, *модель цикла исправлений*, возникла в результате опыта по применению методов динамического моделирования систем к различным инновационным проектам [5]. Она рассматривает проект как поток работ, в котором встречаются многочисленные циклы исправлений. Эта модель учитывает количество затраченных человеко-часов, выполненные работы, продолжительность работ и многое другое.

Модель цикла исправлений может не только точно описать зафиксированную историю проекта, но и обеспечить руководителю возможность прогнозировать и искать ответы на вопрос «а что если?...». В основе модели находится новое, но достаточно простое представление работы – представление, учитывающее существование циклов исправлений. Важно также отметить, что в теории сетевого планирования даются следующие определения: *событие* – момент времени, когда происходит начало или окончание выполнения какой-либо работы (работ); *работа* – неделимая часть комплекса действий, необходимых для решения некоторой задачи. Поэтому в предлагаемом исследовании под «*работой*» также следует понимать неделимую часть комплекса действий, необходимых для решения некоторой задачи, в рамках которой (при проверке качества ее результатов и в случае нахождения несоответствий) происходит цикл исправления. Иначе говоря, в процессе контроля качества результатов работы при обнаружении элементарного несоответствия необходимо повторить одну (элементарную) работу, при обнаружении второстепенного несоответствия осуществляется повтор работ в рамках этапа жизненного цикла создания техники (возврат на начало этапа) и при наличии головного несоответствия необходимо повторить весь комплекс работ, начиная с макетного образца.

Многочисленное применение этой более реалистичной модели доказало ее логическую обоснованность и способность обеспечить достаточно точные результаты. Компании (*Ford, Hughes Aircraft, AT&T, Northrop*), использовавшие эту модель, получили значительные выгоды, размер которых в некоторых случаях достигал нескольких миллиардов долларов [5]. Это простое усовершенствование традиционного представления о проектах обеспечило значительное расширение возможностей диагностики и управления.

2.1 Традиционный взгляд на проект

На рис. 2 традиционным образом представлены работы проекта (или его этапы): те, которые должны быть сделаны, те, которые находятся на стадии выполнения или уже завершены. Они представлены в виде непрерывного потока работ.

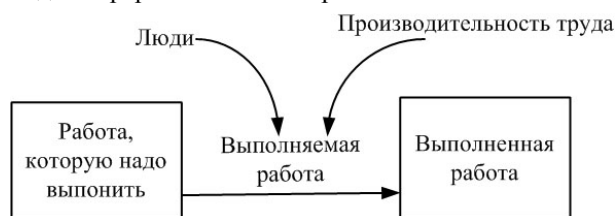


Рис. 2. Процесс работы над проектом

Количество работ, которые должны быть выполнены, со временем сокращается, так что к моменту завершения проекта их не остается вовсе – они все в числе завершенных.

Работы выполняют люди, работающее с определенной (переменной) производительностью труда.

Варьируя число занятых людей или влияя на их производительность труда, можно изменить темпы выполнения работ.

На рис. 3 приведены графики изменения основных показателей работы над проектом, рассматриваемых с традиционной точки зрения.



Рис. 3. Графики изменения параметров работы над проектом при традиционном подходе

На этих графиках показано изменение *объема работы*, которую предстоит выполнить, *количество работников*, занятых в реализации проекта (или его этапа), и *процентная доля выполненной работы*. Все показатели рассчитаны с помощью модели, структура которой дана на предыдущем рисунке.

Эти графики показывают, как планируют в проекте действия, другими словами, они соответствуют общему представлению об ожидаемом развитии событий. Однако в действительности проекты почти никогда не осуществляются подобным образом.

2.2. Реальная картина относительно выполнения проекта

Более совершенный подход основан на том, чтобы признать существование циклов исправлений. Качество выполненной работы (рис. 4) нужно рассматривать как своего рода клапан, регулирующий соотношение объемов работ, которые потребуются и не потребуются переделывать.

Показанная на рис. 4 структура напоминает бассейн, в котором накапливается работа, и трубы, по которым поток работ движется нетрудно заметить, что показатель «качества» (который может изменяться во времени от 0 до 1,0) регулирует направление большей или меньшей части сделанной работы на доработку. До тех пор пока показатель качества не превышает 1,0, часть выполняемой (или переделываемой) работы будет направлена на повторное выполнение. Работа, которую необходимо переделать из-за несоответствия ее результатов заданным требованиям, требует от персонала дополнительных усилий – изменений, исправлений или завершения отдельных изделий.

Показанное различие между производительностью труда и качеством весьма существенно. Персонал может демонстрировать высокую «производительность» труда, но выполнять работу с невысоким качеством, в результате чего возникает потребность в доработке. В этих условиях чистый выход реально выполненной работы будет низким.

Наконец, для той части выполняемой работы, качество результатов которой неудовлетворительно, существует остановка на критическом пути, где элементы повторно выполняемых работ задерживаются до того времени, пока не будут признаны, требующими исправлений.

Такая остановка на критическом пути называется *невывявленной доработкой*. Невывявленная доработка – это работы или изделия, которые имеют пока еще не обнаруженные дефекты или недостатки и поэтому воспринимаются (и значатся в отчетах) как полностью завершенные [5].

Изменение основных показателей реализации инновационных проектов, полученное с помощью модели цикла доработок (исправлений), показано на рис. 5.

Конкретные цифры объемов работы и сроков для разных проектов будут, разумеется, разными, однако общий вид графиков одинаков: по мере приближения начального цикла работы к завершению, ранее не выявленные ошибки становятся очевидными.

Это требует привлечения дополнительного персонала на большой срок.

Результаты отчетов заметно снижаются по мере роста объема исправлений, а после выявления последнего элемента, требующего устранения недостатков, – усилия, прилагаемые для завершения проекта, возрастают.

Основная часть недоработок выявляется на последующих этапах работы или в ходе проверок, но иногда, чтобы обнаружить некоторые дефекты, требуются месяцы или даже годы. В течение этого времени реальная работа готового проекта проходит с ошибками или с техническими отклонениями, чтобы затем войти в свой цикл доработок. Чем более напряженным является график работ и чем больше этих работ выполняется в параллельном режиме, тем сильнее это сказывается на последующих циклах исправлений.

Не обнаруженные вовремя дефекты – ошибка в программном обеспечении, неточность в расчетах и т. п. – снижают производительность труда, приводят к временным задержкам и увеличивают объем доработок в будущем.

Невыявленные недостатки – наиболее важный источник роста затрат и нарушения сроков исполнения работ. Это основная причина краха многих проектов, однако, ни одна традиционная система не признает их существования.

Конкретное техническое содержание невыявленных дефектов неизвестно в любой момент реализации программы.

Однако для успеха управления проектом необходимо наличие следующего:

- методы и модели составления планов и расписания, учитывающих негативный эффект от внезапного обнаружения невыявленных дефектов;
- комплекс мероприятий, направленный на «раннее» выявление несоответствий качества результатов работ и отдельных этапов, а также (при проведении каждого последующего цикла доработки) на повышение качества. Важно не наказывать специалистов, выявивших неисправности, а напротив, поощрять как можно более раннее выявление технических проблем.

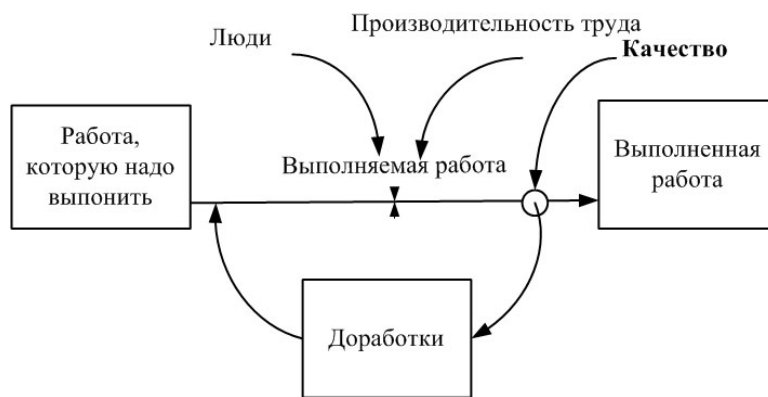


Рис. 4. Цикл доработок (исправлений)

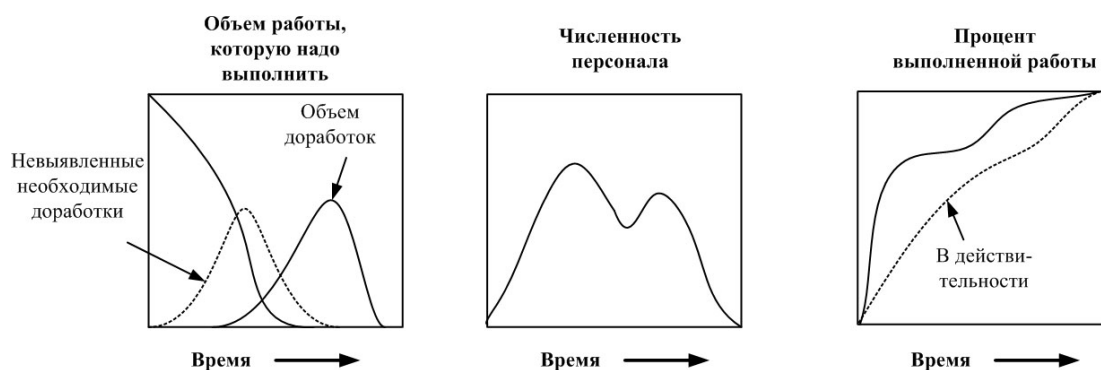


Рис. 5. Графики изменения параметров работы над проектом с учетом цикла доработок

Заключение

В заключении необходимо отметить, что разработка комплексного плана устранения дефектов посредством использования модели цикла исправлений приводит к постоянному усовершенствованию процессов планирования и разработки новой техники, что регламентировано многими международными стандартами. Наличие руководства поведения менеджеров проекта и команды проекта описывает правила идентификации несоответствий качества результатов работ заданным требованиям в инновационном проекте.

Таким образом, применение предложенной модели в управлении проектами для обеспечения их устойчивости существенно повышает уровень технологической зрелости проектов с управляемого до оптимизируемого, на котором не просто проводится менеджмент качества процессов, а производится их постоянное усовершенствование, а именно предупреждение дефектов, управление изменениями в технологиях и процессах [2].

Модель цикла исправлений также как и модель системы управления качеством в соответствии с ДСТУ ISO 9001:2001 и ДСТУ ISO 9004:2001 [3, 4], в основу которой положен процесс, позволяет использовать процессный подход, направленный на постоянное улучшение основных составляющих

результатов процессов, например, качество проектирования, эффективность использования ресурсов, качество продукции, удовлетворение требований заказчика, учет несоответствий при разработке новой техники.

Новая модель отражает стратегическое видение проектов, учитывает качество выполненной работы, причины изменения производительности труда и необходимость устранения дефектов, при этом обеспечивая устойчивость проектов.

Литература

1. Guide to the project management body of knowledge: PMBOK guide. – USA: PMI Inc., 2004 – 421 p.
2. Mark C. Paulk. Capability. Maturity Model SM for Software / Mark C. Paulk, Bill Curtis, Mary Beth Chrissis, Charles V. Weber. –Pittsburgh: Software Engineering Institute, 1996. – 83 p.
3. ДСТУ ISO 9001:2001 Системи управління якістю. Вимоги. – На заміну ДСТУ ISO 9004-1-95; чинний з 2001-06-27. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 22 с.
4. ДСТУ ISO 9004:2001 Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності.– На заміну ДСТУ ISO 9003-95; чинний з 2001-06-27 – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 44 с.
5. Пинто Дж. К. Управление проектами: пер. с

англ. / Дж. К. Пинто. – СПб.: Питер, 2004. – 464 с.

6. Дружинін Є.А. *Методологічні основи ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проектів і програм розвитку техніки: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.13.22 / Дружинін Євген Анатолійович; Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».* – Х., 2006. – 34 с.

7. Сіора О.А. *Методи і моделі управління якістю проектів створення автоматизованої системи безпеки в атомній енергетиці: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Сіора Олександр Андрі-*

йович; Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Х., 2004. – 20 с.

8. Капустина Н.В. *Новая методика оценки рисков деятельности предприятия / Н.В. Капустина, О.Г. Крюкова, Р.Н. Федосова, М.В. Наянова // Менеджмент в России и за рубежом.* – 2008. – № 4. – С. 42-50.

9. Багриновский К.А. *Методы моделирования и анализа свойств механизмов инновационного развития / К.А. Багриновский, М.А. Бендинов // Экономика и математические методы.* – 2007. – Т. 43, вып. 3. – С. 28-35.

Поступила в редакцию 1.09.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ЦИКЛУ ВИПРАВЛЕНЬ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ СТВОРЕННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЇХНЬОЇ СТІЙКОСТІ

Є.А. Дружинін, Є.А. Коврікова, О.Д. Болгаров

Описано застосування моделі циклу виправлень в управлінні проектами створення складної техніки на етапі їхнього планування та реалізації. Представлено випадки виконання проекту не враховуючи вплив фактора ризику, пов'язаного з дефектами й невідповідностями якості результатів робіт заданим вимогам і з урахуванням таких факторів. Розглянуто вплив виправлень (доробок) на строк виконання, бюджет і на інші параметри проекту. Показано, що застосування запропонованої моделі в управлінні проектами забезпечує контроль якості виконаної роботи, ефективність використання ресурсів, поліпшення якості продукції, задоволення вимог замовника, тим самим, підвищуючи стійкість проектів.

Ключові слова: проект створення складної техніки, невідповідність якості результатів робіт заданим вимогам, доробка, модель циклу виправлень, стійкість проекту, невиявлена доробка, неусунутий дефект.

USING OF THE REWORKS CYCLE MODEL IN MANAGEMENT COMPLEX TECHNOLOGY CREATION PROJECT AT MAINTENANCE OF THEIR PERSISTENCE

E.A. Druzhinin, E.A. Kovrikova, A.D. Bolgarov

Described using of the reworks cycle model in management complex technology creation project during their planning and realization. Cases of performance of the project without influence of the risk factor connected with defects and discrepancies of quality of results of works to set requirements and taking into account such factors are presented. Influence of reworks for the time of performance, the budget and on other parameters of the project is considered. It is shown that using of the offered model in management of projects provides quality assurance of the performed work, efficiency of project resources, improvement of quality of production, satisfaction of the customer requirements, thereby, raising project persistence.

Key words: complex technology creation project, discrepancy of quality of results of the work given to requirements, completion, reworks cycle model, project persistence, not revealed completion, not eliminated defect.

Дружинин Евгений Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий проектирования летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: druzhinin@xai.edu.ua.

Коврикова Евгения Анатольевна – аспирант кафедры информационных технологий проектирования летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Болгаров Александр Дмитриевич – аспирант кафедры информационных технологий проектирования летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.