

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ© 2025 И.А. Артамонов¹, Е.В. Пантюхина², С.А. Васин²¹Московский авиационный институт, г. Москва, Россия²Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Статья поступила в редакцию 10.10.2025

В статье рассматривается необходимость разработки для управления качеством инфраструктурных проектов специализированной модели, которая позволит оценить и отелные аспекты качества, так и интегральное качество по заданным показателям. Представлена разработанная функциональная модель процессов управления качеством инфраструктурных проектов, позволяющая выявить и отразить их взаимосвязи с остальными областями управления проектом, а ее представление в графическом виде позволяет упростить ее создание, поддержку в актуальном виде и последующие модификации. Разработанная методика позволяет повысить достоверность принятия решений о внесении изменений в проект, обеспечивая тем самым решение задачи адаптации проекта к постоянно изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Описанный обобщенный метод повышения эффективности качества проекта позволяет уменьшить риски несоответствия ожиданиям участников проекта и поставленным требованиям на различных этапах выполнения проекта.

Ключевые слова: управление качеством инфраструктурного проекта, модель качества, обобщенная модель качества.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-187-191

EDN: PTZISV

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей при управлении качеством инфраструктурных проектов является устранение несоответствий применяемых методов особенностям инфраструктурных проектов. Критическими для успеха инфраструктурных проектов несоответствиями, особенно важными для государственных организаций, являются следующие три.

Во-первых, это наличие одной или нескольких внешних целей за границами проекта на фазе инициации проекта, что усложняет формирование содержания проекта, поскольку внесение изменения в содержание должно обязательно их учитывать. Вторым таким несоответствием является задание жестких ограничений по времени и финансам, а не изменяемых элементов в процессе балансировки «тройного ограничения проекта», поскольку единственным вариантом договорных отношений является контракт с фиксированной ценой, а качество может меняться только за счет управления содержанием проекта. В-третьих, существенное влияние оказывают особенности содержания типичного инфраструктурного проекта, формируемое из набора не уникальных, а типовых решений. Это может сыграть ключевую роль в достижении необходимого качества, поскольку успех проекта зависит от интегрируемости в единое решение при заданных ограничениях.

Решением данной задачи может послужить модель, лежащая в основе управления качеством, которая помогла бы при принятии решений, уменьшающих вероятность возникновения несоответствий при выполнении этапов проекта. Данная модель должна обладать возможностями согласования метрик на этапе формирования требований и на этапе приемки и структурирования (желательно в иерархическую схему), метрик и показателей, характеризующих как отдельные элементы и составные части проекта, так и проект в целом.

Основными подходами по возможности совместного применения стандартов управления качеством и стандартов управления проектами являются перенос элементов действующей системы менеджмента качества (СМК) на проекты и создание собственной СМК. В СМК проектов используются два основных метода: использование отдельных инструментов качества общего и специального назначения и создание окружения управления качеством.

Артамонов Игорь Михайлович, старший преподаватель. E-mail: artamonovim@mai.ru

Пантюхина Елена Викторовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Промышленная автоматика и робототехника». E-mail: e.v.pant@mail.ru

Васин Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры «Технология машиностроения». E-mail: vasin_sa53@mail.ru

Подход с использованием существующей СМК уровня предприятия для проектов неэффективен. Требуется либо адаптация существующей СМК, либо исключение из нее системы управления проектами с созданием для нее параллельной СМК. В настоящее время не существует общего мнения о количестве и составе этапов, из которых в действительности состоит процесс выработки решений в проектах. Главная причина этого заключается в различии обстоятельств, в которых проходят конкретные процессы, из-за чего многочисленным этапам процесса выработки решений в разных случаях придается многообразное значение. Методы принятия решений и программные продукты поддержки принятия решений на российском рынке не ориентируются полностью на использование в СМК проектов.

Одним из типовых вариантов инфраструктурных проектов является разработка и внедрение программных и информационных систем (ИС). Применение разработанных для них методов улучшения качества в проектах и задачах других типов является общепринятой практикой. Так, создание и формализация каскадной модели разработки ИС [1] оказало заметное влияние на последующие стандарты управления проектами и качеством, особенно в части управления и отслеживания требований на всех этапах проекта.

Более современным и широко применяемым вариантом каскадной модели является V-модель [2]. Основной задачей при разработке V-модели являлось одновременное улучшение как эффективности процесса разработки, так и надежности создаваемой ИС. С этой целью «нисходящая» часть, отвечающая за разработку и близкая к каскадной модели, дополнена параллельной «восходящей» частью, отвечающей за тестирование и выявление несоответствий на параллельном уровне разработки (рис.1, левая часть).

В дальнейшем было предложено несколько вариантов улучшения такой модели для повышения её эффективности, реализующих различные элементы управления качеством. Так, для сокращения избыточной работы по кодированию предлагалось дополнить спецификацию модуля фазой дополнительной инспекции с целью проверки возможности эффективной диагностики и/или контроля модуля после его реализации в соответствии со спецификаций [3]. Однако, данный подход затрагивал только один из этапов разработки и не позволял сохранить сквозной контроль управлением качеством проекта в целом.

ВЫРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ УПРАВЛЯТЬ КАЧЕСТВОМ ПРОЕКТА НА ВСЕХ ФАЗАХ ЕГО СУЩЕСТВОВАНИЯ

Обобщенная модель качества инфраструктурного проекта, основанная на совмещении модифицированной модели каскадной разработки – V-модели, с иерархией метрик по уровням этой модели представлена на рис. 1.

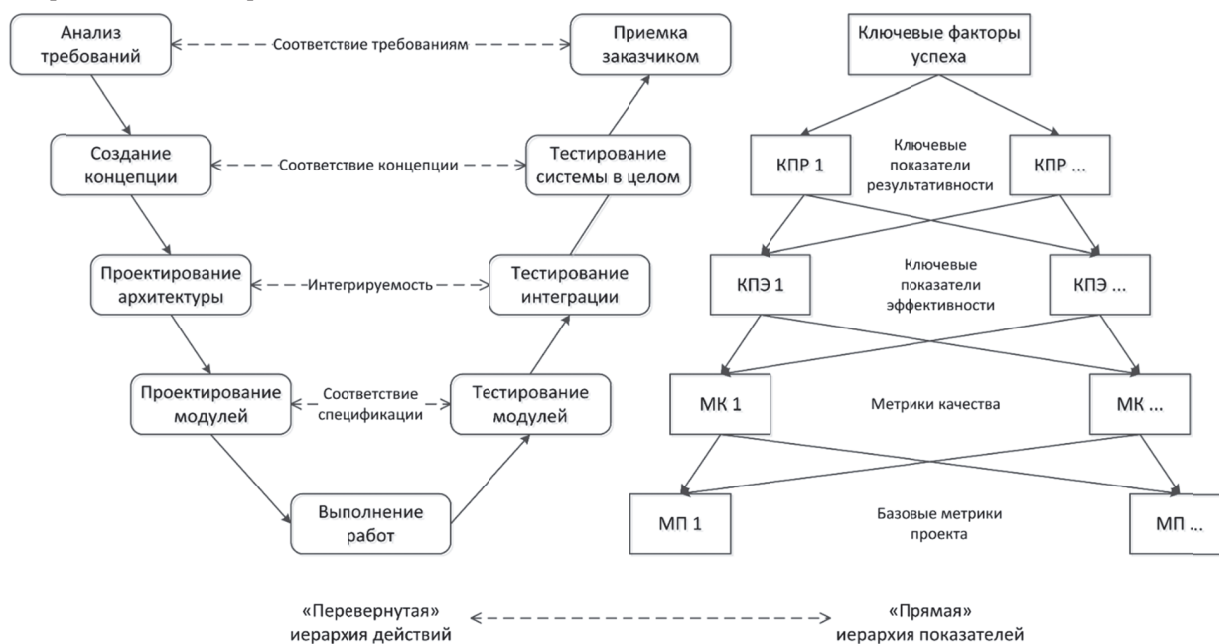


Рис. 1. Связанная с системой показателей V-модель

Для практического применения модели важной частью является простота вычисления результирующего показателя. Это может быть достигнуто путем применения детерминированной фак-

торной модели [8], обеспечивающей однозначную функциональную связь фактора с показателем. Единственным условием корректных вычислений в такой модели является отсутствие рекурсивных вычислений, которые могут привести к появлению повторного учета части факторов. Выполнение этого условия возможно путем приведения графа к ациклическому виду. Наиболее простым способом для этого является разрыв связей в цикле методом добавления новой вершины со связями, исключающими повторное возникновение цикла (рис. 2). При этом многократное выполнение одной операции разворачивается в последовательность размноженной нужное количество раз вершины.

Существует также способ разрыва связей в цикле методом добавления новой вершины со связями, исключающими повторное возникновение цикла (рис. 2).

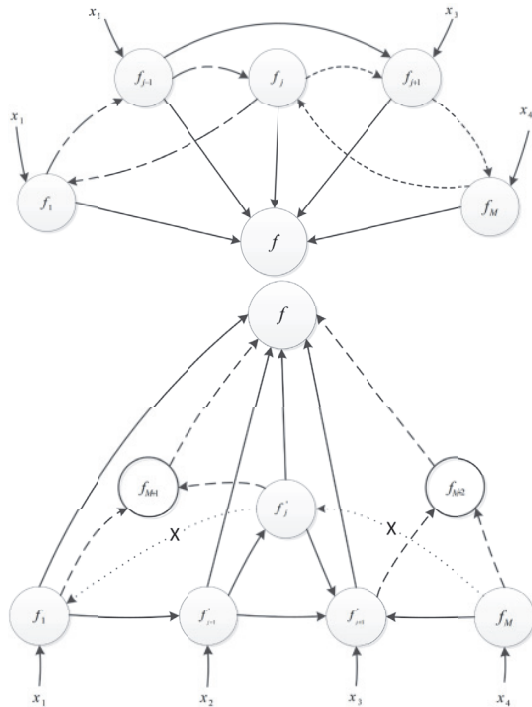


Рис. 2. Преобразование графа факторной модели к ациклическому виду

определяемую на основе экспертных оценок; метод допускает построение модели качества, позволяющей сравнивать различные варианты решения по единому интегральному показателю; модель имеет разумную сложность.

Метод анализа иерархий качественно моделирует сложные проблемы на основе данных критериев. На вершине иерархии, применяемо к случаю модели качества инфраструктурного проекта, помещается главная цель проекта, а элементы нижнего уровня, в свою очередь, представляют множество вариантов альтернатив. Элементы промежуточных уровней соответствуют критериям или факторам, которые связывают цель с альтернативами.

Для упрощения задачи взвешивание «силы» мнения экспертов из рассмотрения целесообразно считать все мнения равнозначными, что позволяет определять относительные веса в ходе совещаний или консультаций. Поэтому берется упрощенный метод попарных сравнений Коггера.

На переходном этапе между фазами проекта в основу выбора интегральных показателей качества на основе предложенной модели качества инфраструктурного проекта лучшим вариантом будет считаться стремление к максимально точной оценке не столько значений результирующих показателей, сколько соблюдению постоянного соотношения между ними до и после модернизации. Так, если K_i^o – это измеренное значение i -го показателя до модернизации, K_i' – оценка его значения после модернизации, а K_i – точное значение, полученное по итогам эксплуатации, то основной задачей в процессе прогнозирования является стремление к выполнению следующего соотношения (критерия):

$$\forall i : \frac{K_i}{K_i'} = const.$$

Выбор данного критерия основывается на двух особенностях предлагаемого метода: движение в правильном направлении считается более важным, чем абсолютный размер движения; соотношение между показателями качества и ограниченным числом первичных параметров после модернизации предсказать проще, чем получить точное значение.

Для оценки метрик при модернизации предприятия производство «достоверность и значимость» может рассматриваться как универсальная характеристика метрики.

При предположении проектом модернизации инфраструктуры, с помощью модели можно оценить различные затраты (стоимость) этапа. Самым удобным способом для осуществления данной операции будет формирование матрицы перехода состояния проекта.

Если $a_i, i = 1, \dots, m$ – это элемент, подлежащий замене или обновлению («старый»), а $b_j, j = 1, \dots, n$ – элемент после выполнения модернизации («новый»), то ячейка p_{ij} матрицы перехода P формируется по следующим правилам: если a_i должен меняться на b_j , то $p_{ij} = 1$; если a_i не должен меняться на b_j , то $p_{ij} = 0$.

Далее экспертом формируются векторы стоимостей перехода C размерности n , где для каждого нового элемента указывается стоимость перехода на него, и если e – единичный вектор размерности m , а $c > 0$ – целочисленная константа, обозначающая количество заменяемых элементов, то получить можно несколько оценок: $C^P = PC$; $e^T C^P = e^T PC$; cC^P ; $ce^T C^P = ce^T PC$.

Такая матрица для утвержденного варианта переходного процесса может быть актуализирована, уточнена и использована в будущем при выполнении работ и создании документов, основывающихся на имеющейся в ней информации, что положительно сказывается на моделировании.

Для реализации нужной структуры проекта используется один из алгоритмов комбинаторной оптимизации, например, полный перебор, метод ветвей и границ, эмпирические методы. При управлении качеством в реальных проектах, за исключением случаев особенно крупных проектов, при реализации на практике стоит учесть, что использование РП программного обеспечения маловероятно. Поэтому предполагается, что будет сравниваться ограниченное число вариантов.

Возможно расширение приведенной методики для расчета стоимости интеграции нескольких элементов и подсистем, чтобы матрица для ИТС в целом, равно как и матрицы показателей, не стали громоздкими, что изображено на рис. 3.

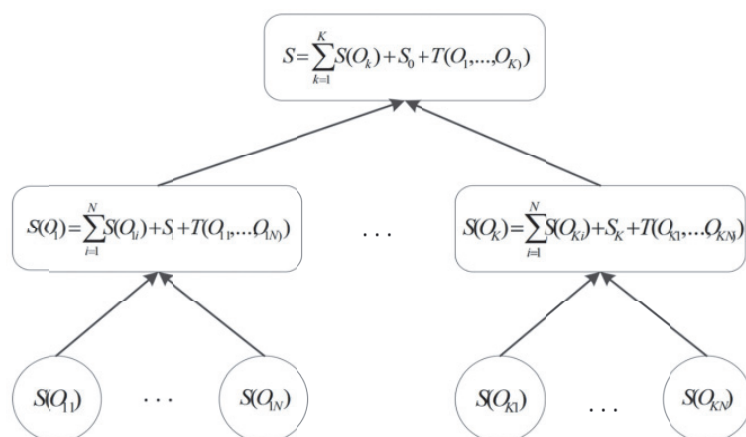


Рис. 3. Суммирование затрат по нескольким подсистемам

Матрица в данном случае дополняется суммированием стоимости нижележащих элементов или подсистем с добавлением стоимости создания самой подсистемы. Расчет стоимости интеграции определяется экспертами на основе анализа предметной области и в рамках предлагаемой методики используется, как заданное значение. Для получения оптимальной структуры проекта можно использовать один из алгоритмов комбинаторной оптимизации, такие как полный перебор, метод ветвей и границ, контролируемого отжига и др.

Предложенная модель допускает широкие возможности модернизации. Так, она может быть расширена за счет введения вероятностной составляющей параметров для интеграции с рисковыми моделями проекта [9]. В этом случае её характеристики могут быть исследованы с применением метода Монте-Карло. Другим вариантом расширения является возможность использования в качестве как входных, так и контрольных данных автоматически сформированных с применением языковых спецификаций из требований к ИС, лежащих в основе SMART- стандартов [10]. В тех проектах, где такое решение возможно и/или допустимо, оно может повысить как скорость реализации проекта, так и его качество за счет перехода к машиннопонимаемым спецификациям на всех или некоторых из его этапов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты апробации представленных методов в СМК инфраструктурного проекта, а именно создание высокопроизводительной системы моделирования физических процессов в Московском

авиационном институте и подготовка к сертификации СМК МАИ [7], позволили выявить особенности применения данной методики в условиях реального проекта. Применение методики позволило ускорить процесс принятия решений на каждой фазе проекта, определить организационные и технические мероприятия, позволяющие эффективно осуществлять поиск и реализацию решения в проблемных ситуациях, а полученные результаты подтвердили корректность разработанных моделей и предложенных методов. При этом результаты практического применения показали заметный экономический эффект, к которому можно отнести сокращение вероятности возникновения несоответствий в процессе выполнения проекта, уменьшение стоимости интеграции результатов выполнения проекта в эксплуатационное окружение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. W. W. Royce. 1987. Managing the development of large software systems: Concepts and techniques. In Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering, 1987. IEEE Computer Society Press, Monterey, California, USA, 328–338.
2. Rook P. Controlling Software Projects. Software Engineering Journal, 1986; Vol. 1, pp. 7–16.
3. Durmuş, Mustafa Seçkin ; Üstoglu, İlker ; Yu. Tsarev, Roman et al. / Enhanced V-model. In: Informatica (Slovenia). 2018 ; Vol. 42, No. 4. pp. 577–585.
4. Burakov V. V., Borovkov A. I. Advanced metric analysis tool for Java source code. Informatsionno-upravliaiushchie sistemy [Information and Control Systems], 2023, no. 1, pp. 17–28.
5. Бойцов, Б.В. Технологическая модернизация информационно-телекоммуникационных систем на основе интегральных показателей качества / Б.В. Бойцов, И.М. Артамонов, Ю.И. Денискин // Труды МАИ. – 2011. – № 49. – С. 52.
6. Артамонов, И.М. Обеспечение единства и согласованности информации как инструмент управления качеством / И.М. Артамонов, Ю.И. Денискин, А.Р. Денискина // Качество и жизнь. – 2017. – № 4 (16). – С. 13–17.
7. Балаева, Т.П. Особенности подготовки к сертификации системы менеджмента качества вуза в сжатые сроки на примере МАИ / Т.П. Балаева, И.М. Артамонов // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – № 3 (82). – С. 13–17.
8. Артамонов, И.М. Применение методов детерминированного факторного анализа для управления качеством инфраструктурных проектов / И.М. Артамонов // Вестник Московского авиационного института. – 2012. – Т. 19. – № 2. – С. 198–202.
9. Артамонов, И.М. Метод распространения рисков в управлении качеством поздних стадий проекта / И.М. Артамонов // В сборнике: Вестник Тульского государственного университета. Автоматизация: проблемы, идеи, решения. сборник научных трудов Национальной научно-технической конференции с международным участием. – Тула, 2024. – С. 282–286.
10. Пантюхина, Е.В. Оценка применимости SMART-стандартов при разработке дизайна системной архитектуры / Е.В. Пантюхина, И.М. Артамонов, С.А. Васин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 5. – С. 162–170.

PECULIARITIES OF QUALITY MANAGEMENT OF INFRASTRUCTURE PROJECTS IN STATE ORGANIZATIONS

© 2025 I.M. Artamonov¹, E.V. Pantyukhina², S.A. Vasin²

¹ Moscow Aviation University, Moscow, Russia

² Tula State University, Tula, Russia

The article considers the need to develop a specialized model for quality management of infrastructure projects, which will allow assessing both individual quality aspects and integral quality according to the specified indicators. A developed functional model of infrastructure project quality management processes is presented, which allows identifying and reflecting their interrelationships with other areas of project management, and its presentation in graphic form allows simplification of its creation, maintenance and subsequent modifications. The developed methodology makes possible to increase the reliability of making decisions on making changes to the project, thereby providing a solution to the problem of adapting the project to constantly changing conditions of the external and internal environment. The described generalized method of improving the quality of the project reduces the risks of non-compliance with the expectations of the project participants and the set requirements at various stages of the project.

Keywords: infrastructure project quality management, quality model, generalized quality model.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-187-191

EDN: PTZISV

REFERENCES

1. W. W. Royce. 1987. Managing the development of large software systems: Concepts and techniques. In Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering, 1987. IEEE Computer Society Press, Monterey, California, USA, 328–338.

2. Rook P. Controlling Software Projects. Software Engineering Journal, 1986; Vol. 1, pp. 7-16.
3. Durmuş, Mustafa Seçkin ; Üstoğlu, İlker ; Yu. Tsarev, Roman et al. / Enhanced V-model. In: Informatica (Slovenia). 2018 ; Vol. 42, No. 4. pp. 577–585.
4. Burakov V. V., Borovkov A. I. Advanced metric analysis tool for Java source code. Informatsionno-upravliaiushchie sistemy [Information and Control Systems], 2023, no. 1, pp. 17–28.
5. Bojczov, B.V. Teknologicheskaya modernizatsiya informacionno-telekommunikacionnykh sistem na osnove integral'nykh pokazatelej kachestva / B.V. Bojczov, I.M. Artamonov, Yu.I. Deniskin // Trudy MAI. – 2011. – № 49. – P. 52.
6. Artamonov, I.M. Obespechenie edinstva i soglasovannosti informacii kak instrument upravleniya kachestvom / I.M. Artamonov, Yu.I. Deniskin, A.R. Deniskina // Kachestvo i zhizn'. – 2017. – № 4 (16). – pp. 13–17.
7. Balaeva, T.P. Osobennosti podgotovki k sertifikacii sistemy menedzhmenta kachestva vuza v szhaty'e sroki na primere MAI / T.P. Balaeva, I.M. Artamonov // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. – 2012. – № 3 (82). – pp. 13–17.
8. Artamonov, I.M. Primenenie metodov determinirovannogo faktornogo analiza dlya upravleniya kachestvom infrastrukturnykh projektov / I.M. Artamonov // Vestnik Moskovskogo aviacionnogo instituta. – 2012. – T. 19. – № 2. – pp. 198–202.
9. Artamonov, I.M. Metod rasprostraneniya riskov v upravlenii kachestvom pozdnikh stadij projekta / I.M. Artamonov // V sbornike: Vestnik Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Avtomatizatsiya: problemy, idei, resheniya. sbornik nauchnykh trudov Nacional'noj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny'm uchastiem. – Tula, 2024. – pp. 282–286.
10. Pantyukhina, E.V. Ocenka primenimosti SMART-standartov pri razrabotke dizajna sistemnoj arkhitektury / E.V. Pantyukhina, I.M. Artamonov, S.A. Vasin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 5. – pp. 162–170.

Igor Artamonov, Senior Lecturer. E-mail: artamonovim@mai.ru

Elena Pantyukhina, Doctor of Technical, Associate Professor, Professor of the Department of Industrial Automation and Robotics. E-mail: e.v.pant@mail.ru

Sergey Vasin, Doctor of Technical, Professor, Professor-Consultant of the Department of Engineering Technology. E-mail: vasin_sa53@mail.ru