УДК 519.876.2

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ПОТЕНЦИАЛЕ

© 2026 А.Э. Петрунина, Н.С. Цыганков

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Статья поступила в редакцию 24.03.2026

В условиях современной структурной трансформации экономики и перехода к модели технологического суверенитета ключевым вызовом становится обеспечение качества высокотехнологичной продукции при жестких ресурсных ограничениях исполнителя. Особую остроту проблема приобретает в проектах с высокой степенью неопределенности, где целевые показатели качества формируются итеративно при активном участии заказчика, а наращивание потенциала организационной системы в рамках проекта невозможно. Существующие подходы – автоматизация систем менеджмента качества, математическая оптимизация распределения бюджета, управление рисками – решают отдельные задачи, но не предлагают целостной методологии, объединяющей формализацию требований заказчика, диагностику реальных возможностей исполнителя и учет допустимого уровня риска. Цель настоящего исследования – разработка и практическая реализация алгоритмического подхода к оптимизации качества технологической ценности, учитывающего активную роль заказчика и жесткие ограничения потенциала исполнителя. В результате предложен девятишаговый алгоритм, объединенный в три логических блока: формализация требований, диагностика потенциала и активности организационной системы, расчет и согласование достижимого качества. Сформулирована оптимизационная задача максимизации средневзвешенного относительного качества при ограничении на вероятность успешного завершения проекта в заданный срок с допустимым уровнем риска. Решение получено методом множителей Лагранжа, что позволило не только определить вектор оптимальных значений параметров, но и ввести показатель λ, характеризующий чувствительность системы к ужесточению требований. Разработанная BPMN-модель процесса наглядно отражает активную роль заказчика на всех этапах и итеративный характер согласования. Практическая значимость состоит в возможности использования алгоритма руководителями проектов для обоснованного выбора достижимых уровней качества, оценки реалистичности требований заказчика и минимизации рисков срыва сроков.

Ключевые слова: организационная система, технологическая ценность, оптимизация качества, потенциал, принятие решений.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-136-146
EDN: GYJYQH

ВВЕДЕНИЕ

При управлении качеством в высокотехнологичных отраслях ключевой проблемой становится разрыв между растущими требованиями заказчика и реальными возможностями исполнителя. Особенно остро эта проблема проявляется в проектах с высокой степенью неопределенности, где показатели качества не регламентированы на старте и требуют совместной, итеративной формализации.

В целом разрешение проблемы оптимизации качества технологической ценности в организационной системе при ограниченном потенциале можно разделить на три направления, каждое из которых частично решает указанную проблему.

Первое направление связано с автоматизацией и формализацией процессов менеджмента качества. Авторы, в том числе работы [1] справедливо отмечают проблему излишне формального подхода к внедрению систем менеджмента качества (СМК) и недостаточной ориентации на потребителя. Предлагаемое авторами решение при использовании автоматизированных систем повышает эффективность сбора данных, однако оставляет открытым вопрос о методологии согласования целевых показателей с реальным потенциалом системы и уровнем риска. В развитие этого направления в работе [2] предложен алгоритм поэтапного внедрения СМК, ориентированный на оптимизацию бизнес-процессов, что позволяет организациям самостоятельно выстраивать систему качества, но не затрагивает математические аспекты оптимизации параметров продукции. Если в работе [1] акцент сделан преимущественно на инструментальном аспекте управления качеством, то в иссле-

Петрунина Анастасия Эдуардовна, старший преподаватель кафедры экспериментальной физики и инновационных технологий. E-mail: akasimova@sfu-kras.ru
Цыганков Никита Сергеевич, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры экспериментальной физики и инновационных технологий. E-mail: cyganikita@yandex.ru

довании [3] проблема рассматривается системно: авторы проводят комплексный анализ проблем управления качеством на современных промышленных предприятиях, выявляя устойчивые разрывы между требованиями потребителей и производственными возможностями их реализации. Общие резервы повышения качества технической продукции на разных стадиях жизненного цикла рассматриваются в [4], где акцентируется значимость технологических факторов, однако методология согласования требований с возможностями исполнителя остается за рамками работы.

Данный анализ подтверждает, что даже при наличии формально внедренных СМК сохраняется проблема интеграции требований заказчика в операционную деятельность предприятия, что обосновывает необходимость поиска новых методов, обеспечивающих согласование целевых показателей с реальными ограничениями исполнителя.

Второе направление – математическая оптимизация параметров качества. Анализ проблем в управлении качеством на современных промышленных предприятиях, изложенный в [5] закладывает теоретическую основу для балансировки требований и ресурсов через аппарат оптимизационных задач. Более строгая математическая модель представлена в [6], где решается задача распределения ограниченного бюджета между независимыми параметрами качества. В этом же русле находятся исследования по применению теории латентных переменных и нестационарных марковских процессов для принятия управленческих решений в условиях временных ограничений [7], а также модели оптимизации внутрикорпоративного планирования в промышленных кластерах, учитывающие синергетический эффект от кооперации [8]. Значительный интерес представляет работа [9], в которой авторы на основе эмпирического анализа подтверждают, что практики управления качеством, особенно социальные (межфункциональное сотрудничество, обучение, долгосрочные отношения с поставщиками), положительно связаны с инновационной активностью, тогда как технические практики не имеют прямой связи с инновациями, но опосредованно влияют через развитие социальных аспектов.

Полученные в [5-9] результаты важны с теоретической точки зрения, но, к сожалению, обладают ограничениями для практики управления, так как не учитывают динамику изменения кадрового и научного потенциала исполнителя, что усложняет формализацию итеративного согласования требований с заказчиком, который на практике часто является источником неопределенности. Методы дискретной оптимизации, применяемые для выбора мероприятий в работе [10], эффективны для выбора готовых альтернатив, но не предполагают синтеза нового решения под параметрически заданные требования заказчика.

Управление проектами в условиях неопределенности и учет рисков – третье направление, которое активно обсуждается в научной литературе. Методика поддержки принятия решений, предложенная в [11] для ОПК, успешно решает задачу выбора корректирующих действий, но не затрагивает этап формирования исходных требований. В работе [12] предложен алгоритм выбора управленческих решений на основе векторной оптимизации и принципа Парето, позволяющий учитывать многокритериальность при ресурсных ограничениях. Методологические аспекты оценки трудоемкости и стоимости разработки новых технических систем с использованием вероятностных моделей (COCOMO II, марковские процессы) рассматриваются в [13,14], что позволяет учитывать неопределенность на ранних стадиях проектирования. В работе [15] предлагается модель согласования предпочтений в системе «поставщик–заказчик», однако она ориентирована на стратегический, макроэкономический уровень и не содержит механизмов оперативного управления проектом с учетом ограниченного потенциала. Обобщение зарубежного опыта [16] подтверждает, что взаимосвязь между управлением качеством и инновациями остается дискуссионной: одни исследования фиксируют положительную связь, другие – нейтральную или даже отрицательную, что подчеркивает необходимость учета контекстуальных факторов и разработки методов, учитывающих специфику конкретной организационной системы.

Несмотря на существенный объем исследований в области менеджмента качества и оптимизации, целостного подхода, позволяющего формализовать активную роль заказчика и жесткие ограничения потенциала исполнителя в едином алгоритме, до сих пор не предложено. Каждый из них успешно решает отдельную задачу – автоматизацию сбора данных, математическую оптимизацию распределения ресурсов или управление отклонениями, – однако ни один не предлагает целостной процессной методологии, объединяющей активное участие заказчика в формализации требований, системную диагностику внутреннего потенциала исполнителя, оценку проектных рисков и итоговую оптимизацию достижимого качества. Особую актуальность этот методологический пробел приобретает в ситуации, когда наращивание внутреннего потенциала исполнителя в рамках проекта невозможно, а альтернативные подрядчики на рынке отсутствуют. Именно эта специфическая, но часто встречающаяся на практике ситуация, определяет научную задачу данного исследования.

В отличие от работ, где ищется оптимальное распределение ресурсов между множеством исполнителей или мероприятий, в настоящем исследовании решается задача определения максимально дости-

жимого уровня качества одной организационной системой с заданным уровнем уверенности. Гипотеза исследования заключается в том, что интеграция модели вероятности преодоления барьеров достижения уровня качества на различных стадиях жизненного цикла, обоснованной в наших предыдущих работах [17-19], с процедурами приоритезации требований и диагностики потенциала позволит создать алгоритм, переводящий теоретическую оптимизацию в плоскость практического управления.

Следовательно, **целью настоящего исследования является разработка и практическая реализация алгоритмического подхода к оптимизации качества технологической ценности, учитывающего активную роль заказчика и жесткие ограничения потенциала исполнителя.**

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методологической базой исследования выступает системный подход, который позволяет рассматривать производство как совокупность взаимосвязанных элементов, включая анализ требований заказчика, процессов преобразования продукции и получение выходных результатов. В рамках данного подхода применены следующие методы исследования.

Теоретико-методологическую основу исследования составили общенаучные методы анализа и синтеза, позволившие декомпозировать проблему управления качеством на составляющие элементы и обобщить полученные результаты.

Математический аппарат работы базируется на методах теории вероятностей, в частности на аппарате экспоненциальных распределений для моделирования времени преодоления организационной системой последовательных барьеров уровня качества на различных стадиях жизненного цикла. Вероятностное моделирование позволило формализовать оценку рисков недостижения целевых показателей. Для решения оптимизационной задачи максимизации качества при ограничении на допустимый уровень риска использован метод множителей Лагранжа в сочетании с численными методами решения систем нелинейных уравнений.

Визуализация разработанного алгоритма и формализация взаимодействия участников выполнены с использованием методов процессного моделирования в нотации BPMN, что позволило отразить активную роль заказчика на всех этапах и точки итеративного возврата при невыполнимости требований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших предыдущих работах [17-19] предложна модель определения вероятности $p_n(t, W)$ (1) достижения системой необходимых параметров качества W:

$$p_n(t,W) = \int_0^t \dots \int_0^\infty \prod_{k=1}^n \nu_k e^{-\nu_k \Delta t_k} \rho(W_k)\, \delta(t - \sum_{k=1}^n \Delta t_k) dt_k dW_k, \quad (1)$$

где ν_k – частота попыток осуществления перехода через барьер с номером k, определяется по формуле (2), $t_k = t_k - t_{k-1}$ – время, затрачиваемое на обеспечение технологического объекта необходимым уровнем качества для удовлетворения условия перехода на следующую стадию в организационной системе.

$$\nu = \nu_0 \exp\left(-\frac{W}{A}\right), \quad (2)$$

где W_k – общий объем работы, которую должна произвести система, определяется по формуле (3), A – активность организационной системы, ν_0 – частота попыток технологического объекта совершить переход на следующую стадию жизненного цикла при отсутствии каких-либо требований к качеству, формирующих данный барьер.

$$W = W_0 - W', \quad (3)$$

где W_0 – массив параметров, количественно характеризующих требуемый уровень качества, который необходимо достичь на каждой стадии жизненного цикла: $\{W_0^1, W_0^2, \dots W_0^n\} \in W_0$, n – количество стадий жизненного цикла, W' – количественная мера затрат, необходимая для преодоления технологическим объектом барьера, т.е. потенциал организационной системы.

Для внедрения в практику предложенной в наших предыдущих работах модели определения вероятности $p_n(t, W)$ достижения системой необходимых параметров качества W и перевода теоретических принципов в плоскость практического управления разработан пошаговый алгоритм, состоящий из девяти последовательных шагов, объединенных в три логических блока: подготовка и формализация входных данных; диагностика организационной системы; расчет и согласование достижимого качества.

Блок 1. Формализация требований и ограничений проекта. На первом этапе требования заказчика формализуются в виде целевых показателей (шаг 1). Номенклатура требований, сохраняя

инвариантность для конкретного технологического решения, варьируется в зависимости от отраслевой специфики. Далее требования классифицируются (шаг 2), а также сопоставляются с технологическими пределами, определяемыми по патентным данным (шаг 3).

Вводится следующая классификация параметров качества по степени жесткости требований:

- детерминированные (жесткие): обязательные к выполнению в полном объеме, не допускают отклонений;
- интервальные (гибкие): задаются допустимым диапазоном, служат основным объектом оптимизации;
- второстепенные (мягкие): имеют широкий диапазон допустимых значений, используются для ресурсного маневрирования.

Технологический предел предлагается оценивать на основе анализа открытых источников и патентных данных, с ориентацией на экспериментально подтвержденные предельные показатели, обеспечивающие работоспособность технической системы. Таким образом, определяются такие значения параметров, которые не нарушают функциональную целостность системы и согласованы с ее другими характеристиками.

На основе двух массивов данных – ранжированного заказчиком списка требований к качеству и установленных предельных значений показателей – вычисляется относительный показатель качества по формуле (4) для последующей интеграции в математическую модель.

$$W_{0,отн} = \sum_{i=1}^{p} \left(s_p \frac{w_{0,p}}{w_{0,max,p}} \right), \quad (4)$$

где $W_{0,отн}$ – относительный показатель качества, s_p – вес каждого показателя качества, рассчитывается на основе установленных заказчиком рангов значимости на шаге 2 алгоритма, $\sum_{i=1}^{n} s_p = 1$, $w_{0,p}$ – целевое значение $p-$го показателя качества, установлено заказчиком на шаге 1 алгоритма, $w_{0,max,p}$ – максимально достижимое при существующем технологическом и производственном уровне значение $p-$го показателя качества, определяется на шаге 3 алгоритма.

Следующий шаг алгоритма связан с формализацией допустимого уровня риска. Инновационная природа разработки технологических решений объективно порождает вероятность отклонения от целевых показателей. В этой связи критически важным является установление порога рискованности, который исполнитель готов принять в рамках взятых обязательств.

Ключевым фактором, детерминирующим величину данного порога, выступает институциональный контекст проекта, а именно тип заказчика и источник финансирования. Для коммерческих структур характерна пониженная толерантность к рискам (рекомендуемый уровень 5–7%), что объясняется прямыми финансовыми потерями и репутационными издержками в случае невыполнения контрактных условий. В противоположность этому, проекты с грантовым финансированием демонстрируют повышенную рискоемкость (допустимый уровень 15–20%) в силу высокой неопределенности результатов исследований и отсутствия имущественной ответственности при соблюдении регламентных процедур.

Блок 2. Диагностика потенциала и активности организационной системы. Шестой шаг алгоритма посвящен оценке потенциала организационной системы. В условиях отсутствия универсальной методики его измерения предлагается применение сравнительного подхода, реализуемого через следующие процедуры.

Первоначально формируется система показателей, инвариантная для большинства отраслей, несмотря на их специфику. Базовыми компонентами выступают кадровый, материально-технический, научный, финансовый и информационный потенциалы [20]. Для получения интегральной оценки используется взвешенное агрегирование значений по идентифицированным показателям.

Ключевым элементом методики является построение нормативного диапазона на основе анализа показателей отраслевых лидеров и аутсайдеров. Верхняя граница при этом соответствует уровню лидера, нижняя – данным аутсайдера, что позволяет избежать некорректного использования нулевых значений, не встречающихся в экономической практике. Результатом оценки становится относительный показатель потенциала, выражаемый в процентах в рамках установленного диапазона.

Седьмой шаг алгоритма предполагает количественную оценку активности организационной системы, интерпретируемой как скорость трансформации ее потенциала. Для расчета данного параметра требуется анализ динамики потенциала в ретроспективе. Рекомендуемый период наблюдения составляет 3-5 лет, что соответствует среднему темпу обновления в технологических процессах.

Посредством применения процедуры, описанной на шаге 6, к ретроспективным данным о потенциале организации за выбранный период, определяется темп его роста, выступающий количе-

ственной мерой активности организационной системы. Оценивается традиционным образом по формуле (4):

$$A = \frac{W'_{\text{текущее}}}{W'_{\text{ретроспективное}}} * 100\% \ , \tag{5}$$

где $W'_{\text{текущее}}$ – значение потенциала организации на момент оценки (получено на шаге 6 алгоритма), $W'_{\text{ретроспективное}}$ – значение потенциала организационной системы в ретроспективе 3-5 лет.

Блок 3. Расчет, оптимизация и согласование результата. На основе показателей уровня качества и потенциала, установленных на шагах 4 и 6, определяется нормативный объем работ, подлежащих реализации организационной системой, в соответствии с выражением (3).

Заключительный, девятый шаг алгоритма, подразумевает решение оптимизационной задачи и согласование достижимого качества. С помощью методологии, представленной в данном исследовании, была сформулирована оптимизационная задача управления качеством технологической ценности в условиях ограниченного потенциала организационной системы, содержание которой в общем виде приведено в табл. 1.

Таблица 1. Постановка задач оптимизации качества технологической ценности

Параметр	Значение параметра
Формулировка задачи	При создании технологической ценности требуется найти максимально достижимый вектор выходных параметров качества W_0, обеспечивающий выполнение проекта в заданный срок t_0 с допустимым уровнем риска r_{max}, при фиксированных потенциале W' и активности A организационной системы
Критерий оптимальности	Минимизация средневзвешенного отклонения достижимого качества от требований заказчика, прошедших фильтрацию по классификации (детерминированные, интервальные, мягкие)
Целевая функция и ограничения	$\Phi(W_0) = \sum_{i=1}^{p} s_p \left(\frac{w_{0,p}}{w_{0,max,p}}\right) \to max$ (6) $W_0 \to max$ при $\begin{cases} p_n(W', W_0, t, A) \geq 1 - r_{max} \\ t \leq t_0 \\ W' \in (W'_{min}, W'_{max}) \end{cases}$
Балансируемые параметры	Значения гибких (интервальных) и второстепенных (мягких) параметров качества $w_{0,p} \in W_0$. Детерминированные параметры фиксированы.
Метод решения	Метод множителей Лагранжа $\mathcal{L}$ для задачи с ограничением-равенством $p_n(W_0, t) = 1 - r_{max}$ Численное решение системы уравнений: $\begin{cases} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial W_0} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = 0, \end{cases}$ (7) где $\mathcal{L}(W_0, \lambda) = \Phi(W_0) + \lambda[p_n(W_0, t) - (1 - r_{max})]$
Результат решения	1. Вектор оптимальных значений качества W_0 2. Оценка наиболее вероятного времени выполнения t 3. Величина λ – показатель чувствительности системы к ужесточению требований. 4. Область невыполнимых требований (если решение не существует).

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Результатом решения оптимизационной задачи (6)–(7) является не только оптимальный вектор качества W_0, но и значение множителя Лагранжа λ, которое имеет глубокую содержательную интерпретацию, важную для понимания свойств организационной системы и принятия управленческих решений.

Из условия оптимальности $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_0} = 0$ получаем, что:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial w_0} + \lambda \frac{\partial p_n}{\partial w_0} = 0 \Rightarrow \lambda = -\frac{\partial \Phi / \partial w_0}{\partial p_n / \partial w_0}. \quad (8)$$

Поскольку $\partial p_n / \partial W_0 < 0$ (рост требований снижает вероятность успеха), а $\partial \Phi / \partial W_0 > 0$ (рост требований увеличивает целевую функцию качества), то $\lambda > 0$.

Данный параметр количественно выражает предельную чувствительность системы. Он показывает, насколько изменится максимально достижимое качество при незначительном изменении допустимого уровня риска r_{max}.

Высокие значения λ ($\lambda > 1$) свидетельствуют о том, что система функционирует вблизи границы своих возможностей, и дальнейшее повышение требований к качеству приведет к резкому увеличению риска, делая такие требования практически нереализуемыми. Напротив, низкие значения λ ($\lambda < 1$) указывают на наличие резервов, позволяющих повышать качество без существенной потери надежности. Таким образом, λ служит индикатором «напряженности» системы и может использоваться для обоснования реалистичности требований в ходе переговоров с заказчиком.

Можно обратить внимание на рисунок 1, где представлен график зависимости вероятности успеха p от качества W_0 вычисленный в соответствии с выражением (1) для частного случая ($n = 3$, $W' = 0.5$, $A = 0.5$) при фиксированном времени t_0. λ пропорционален тангенсу угла наклона касательной к кривой $p(W_0)$ в точке оптимума. Чем круче падает вероятность при росте качества, тем больше λ.

Также результатом решения задачи оптимизации является план согласования, который содержит оптимальные (максимально возможные) значения для гибких параметров, область заведомо невыполнимых требований, и прогноз наиболее вероятного времени выполнения проекта по созданию технологической ценности.

Данный план становится предметом итогового обсуждения с заказчиком. В случае его принятия происходит формальное утверждение проекта и выделение ресурсов. Если требования заказчика попадают в область невыполнимых, итерационный процесс возвращается к шагу 1 для корректировки условий.

Для наглядного представления логики процесса, ролей участников и точек принятия решений, алгоритм визуализирован в виде процессной модели в нотации BPMN (рисунки 2, 3, 4). Это позволяет явно отразить активную роль заказчика как со-создателя требований на ключевых этапах, что устраняет один из выявленных в обзоре литературы пробелов.

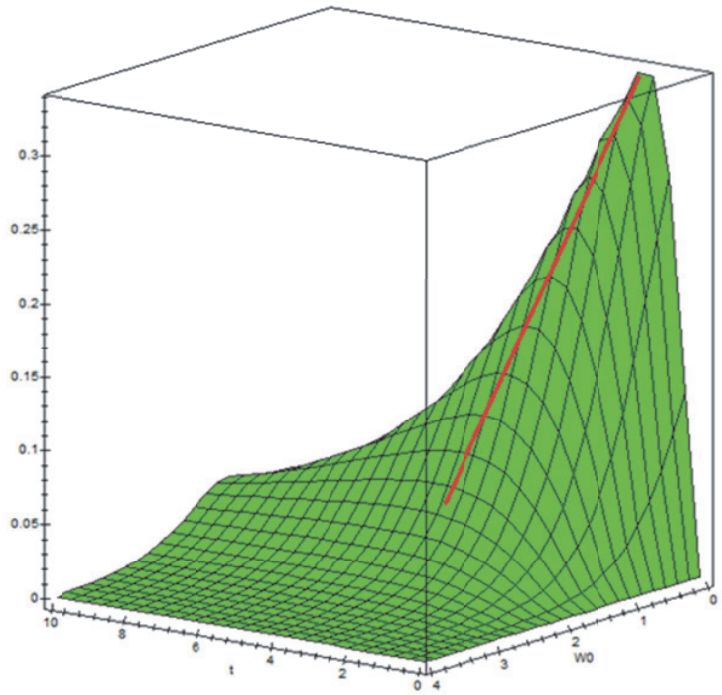

Рис. 1. Динамика распределения вероятности успешного прохождения трех стадий проекта при заданных ограничениях потенциала (W') и активности (A) системы

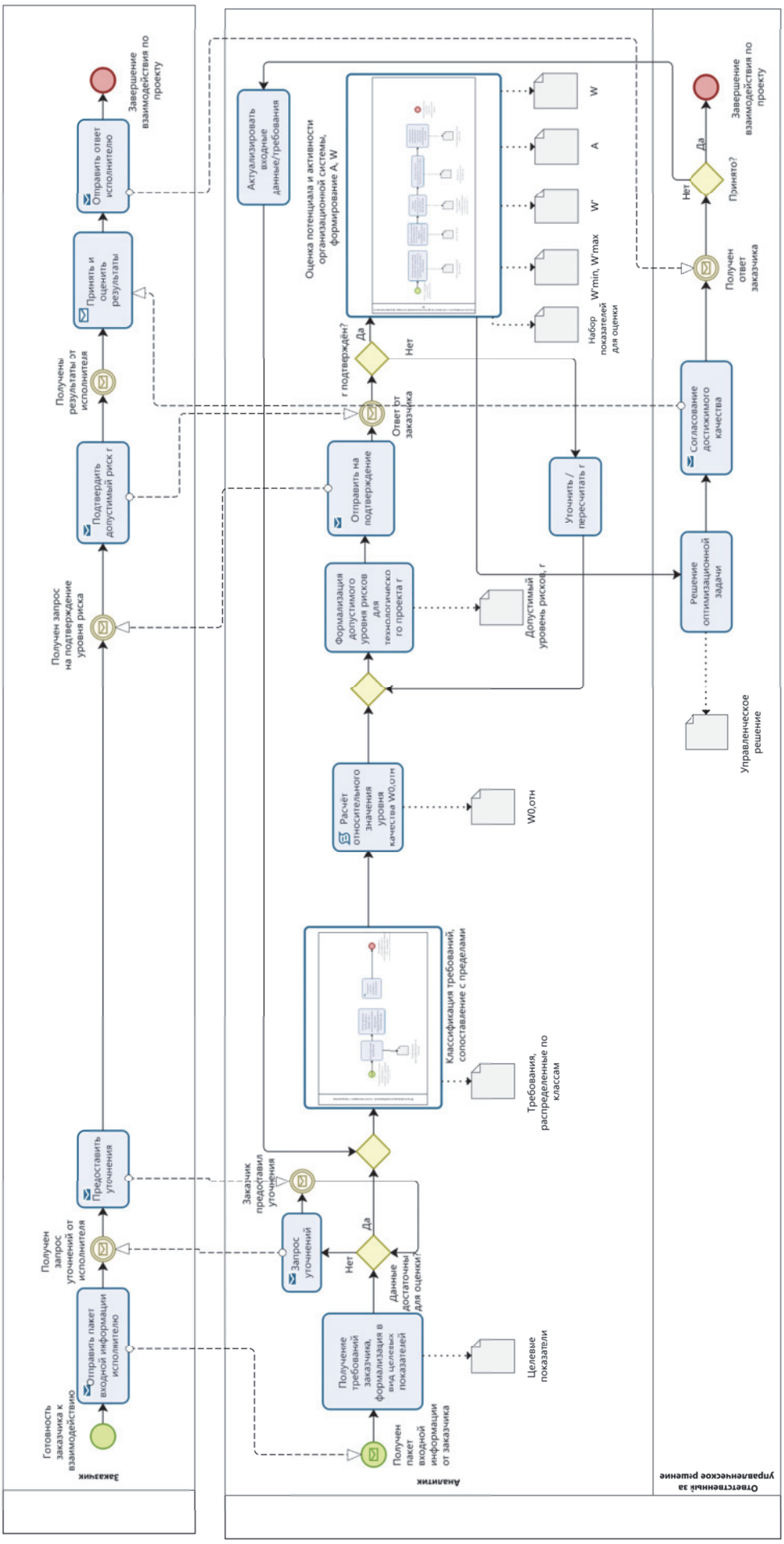

Рис. 2. Процессная модель алгоритма оптимизации качества технологической ценности в нотации BPMN

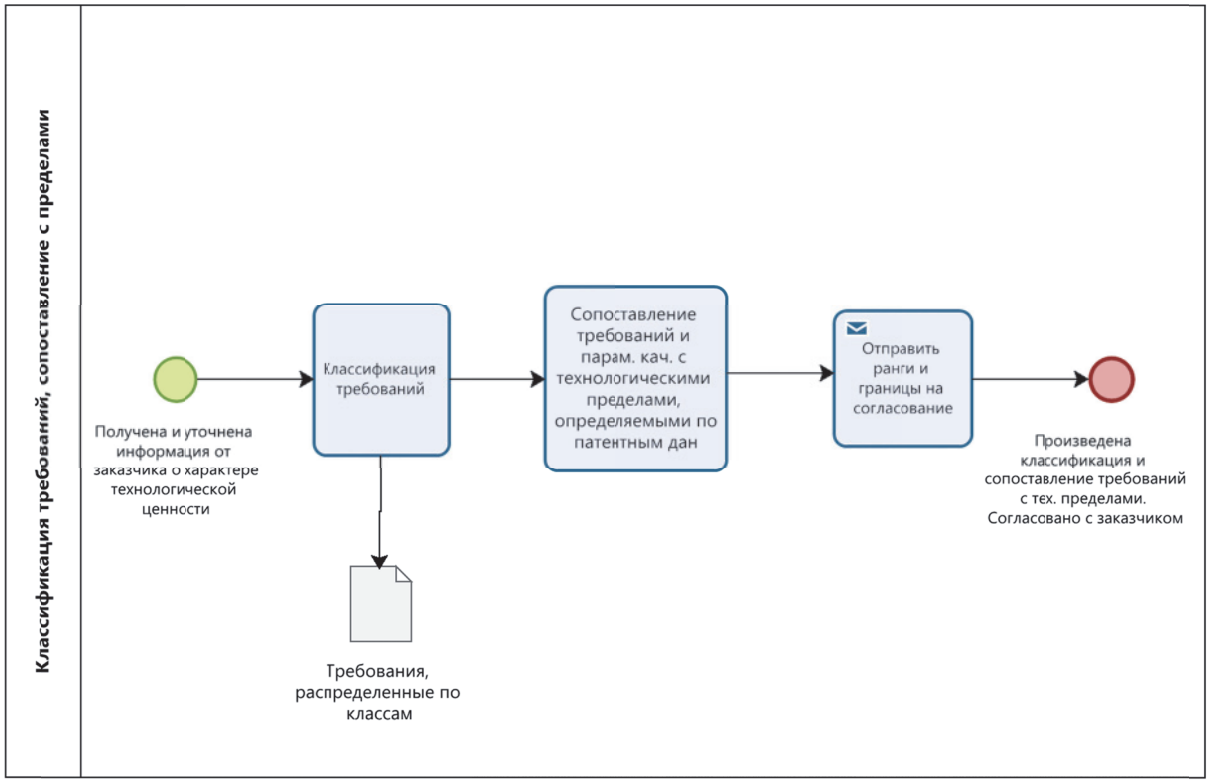

Рис. 3. Ранжирование показателей и определение границ допустимых значений, согласование с заказчиком

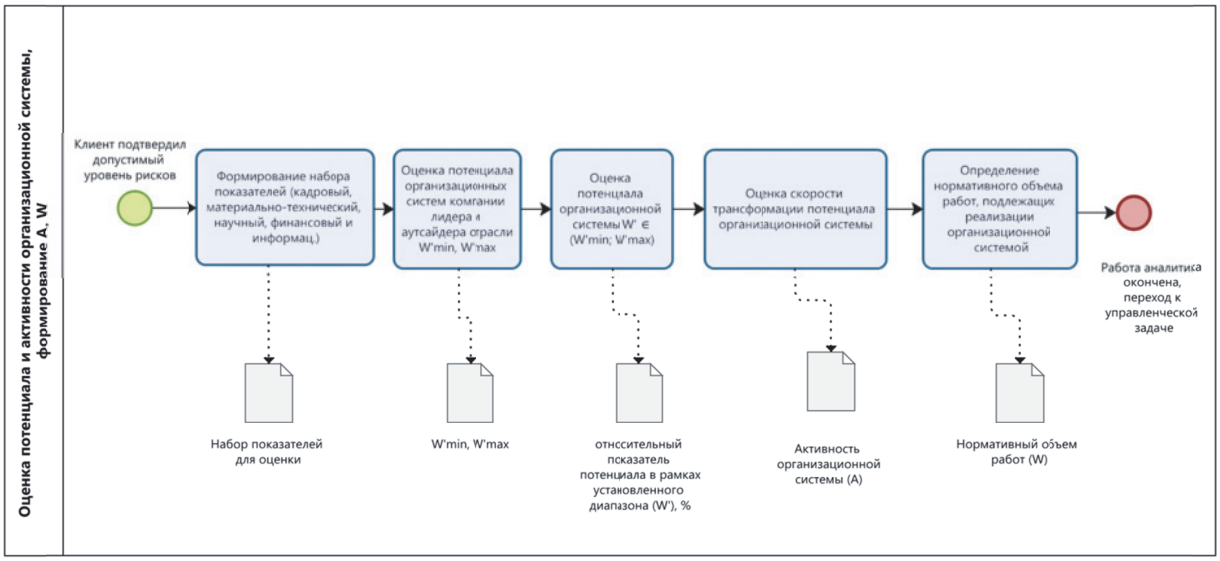

Рис. 4. Оценка потенциала и активности организационной системы, формирование *A, W, P*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданный алгоритм, интегрирующий модель вероятности преодоления барьеров уровня качества с процедурами приоритезации требований и диагностики потенциала, переводит теоретическую оптимизацию в плоскость практического управления организационной системой создания наукоемкой продукции.

Предложенный подход концептуально соответствует современным требованиям, предъявляемым к управлению качеством в высокотехнологичных отраслях, в части идентификации ключевых характеристик продукции, планирования деятельности с учетом рисков и управления изменениями. При этом разработанный алгоритм не ограничивается нормативными предписаниями, а наполняет их конкретным инструментальным содержанием, позволяя перейти от качественных ориентиров к количественным оценкам и формализованным процедурам принятия решений.

Алгоритм начинается с этапа активного вовлечения заказчика в формализацию и приоритезацию требований, что обеспечивает их реалистичность и согласованность. Отдельным шагом вводится оценка интегрального потенциала организационной системы, что позволяет планировать достижимые уровни качества, а не только желаемые. Явная формализация допустимого уровня риска в зависимости от контекста проекта добавляет в модель необходимое измерение неопределенности. Таким образом, наш подход не заменяет, а дополняет и надстраивает существующие оптимизационные модели и управленческие методики, интегрируя их в целостный процессный алгоритм, который ведет управление организационной системой от постановки задачи с заказчиком до обоснованного плана ее реализации с учетом всех системных ограничений и рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ратникова, Е. А.* Влияние управления информационными ресурсами на качество продукции высокотехнологичных предприятий авиастроительной отрасли в условиях рисков и повышенных требований экономической и информационной безопасности / *Е. А. Ратникова, Т. В. Щеулина, Е. А. Кругляева, Е. Н. Мирошникова* // Вестник Академии знаний. – 2023. – № 2 (55). – С. 181–192.
2. *Артемьева, С. И.* Разработка модельных решений по оптимизации бизнес-процессов при внедрении системы менеджмента качества / С. И. Артемьева, О. В. Кублашвили // Омский научный вестник. Серия: Общество. История. Современность. – 2024. – Т. 9, № 3. – С. 171–178. – DOI: 10.25206/2542-0488-2024-9-3-171-178.
3. *Леонов А. В.* Обеспечение качества при планировании создания высокотехнологичной продукции / *А. В. Леонов, А. Ю. Пронин* // Компетентность. – 2024. – № 2. – С. 27–35. – DOI: 10.24412/1993-8780-2024-2-27-35.
4. *Литвинова, А. В.* О повышении качества технической продукции на предпроизводственной, производственной и эксплуатационной стадиях / А. В. Литвинова, В. О. Мосейко, Л. С. Верещагина // Вестник СГСЭУ. – 2014. – № 5 (53). – С. 59–63.
5. *Бочарова, С. В.* Анализ проблем в управлении качеством на современных промышленных предприятиях / *С. В. Бочарова, Л. Ф. Попова, М. Н. Яшина* // Вестник СГСЭУ. – 2018. – № 4 (73). – С. 63–70.
6. *Буравлев, А. И.* Задача оптимизации качества изделия при заданном уровне затрат на его обеспечение / *А. И. Буравлев* // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1 (38). – С. 45–48.
7. *Баркалов, С. А.* Алгоритм и методы принятия управленческих решений на основе теории латентных переменных в условиях временных ограничений / *С. А. Баркалов, А. В. Ананьев, К. С. Иванников, С. И. Моисеев* // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 106–116. – DOI: 10.14529/ctcr220310.
8. *Титов, В. В.* Промышленный кластер как основа платформы оптимизации стратегического управления развитием высокотехнологичного бизнеса / В. В. Титов, Д. А. Безмельницын // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2018. – Т. 11, № 4. – С. 230–241. – DOI: 10.18721/JE.11418.
9. *Kim D. Y., Kumar V., Kumar U.* Relationship between quality management practices and innovation // Journal of Operations Management. – 2012. – Vol. 30, No. 4. – P. 295–315. – DOI: 10.1016/j.jom.2012.02.003.
10. *Алфимов, С. М.* Формирование рационального состава программных мероприятий межведомственной комплексной программы (МКП) в сфере фундаментальных, поисковых и прикладных исследований / *С. М. Алфимов, В. В. Горбунов, В. Л. Лясковский* // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1 (38). – С. 4–11.
11. *Печалин, Н. Д.* Анализ проблематики повышения эффективности реализации проектной деятельности на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / *Н. Д. Печалин* // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2025. – № 2. – С. 134–146. – DOI: 10.21685/2227-8486-2025-2-11.
12. *Печалин, Н. Д.* Принципы, механизмы и инструменты управления проектами на предприятиях оборонно-промышленного комплекса в условиях рисков и корпоративных процедур / Н. Д. Печалин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 4. – С. 133–148. – DOI: 10.21685/2227-8486-2024-4-11.
13. *Титов, В. В.* Оптимизация планирования инновационного процесса от разработки новой продукции до ее реализации / В. В. Титов, С. К. Напреева // Регион: экономика и социология. – 2017. – № 4 (96). – С. 285–306. – DOI: 10.15372/REG20170413.
14. *Садовский, И. Д.* Применение модели COCOMO-II для оценки разработки программного обеспечения в Windows-проектах / И. Д. Садовский // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 10-2 (68). – С. 103–106.
15. *Гречников, Ф. А.* Разработка методов управления качественными предпочтениями в системе «поставщик – заказчик» для повышения конкурентоспособности продукции / *Ф. А. Гречников, И. Н. Хаймович* // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2024. – Вып. 9. – С. 160–161. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-9-160-161.
16. *Pinto C. M. L., Romero F. C.* The relationship between quality management and innovation // China-USA Business Review. – 2020. – Vol. 19, No. 5. – P. 145–156. – DOI: 10.17265/1537-1514/2020.05.002.
17. *Петрунина, А. Э.* Управление цепочками поставки ценности в организационных системах промышленных предприятий / *А. Э. Петрунина* // Проспект Свободный–2025 : материалы XXI Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 21–26 апреля 2025 г. : в 4 ч. – Красноярск : СФУ, 2025. – Ч. I : Естественные науки. – С. 209–211. – URL: https://bik.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/b72/free/i-859311473.pdf (дата обращения: 10.12.2025). – ISBN 978-5-7638-5170-0.
18. *Петрунина, А. Э.* Модель управления устойчивостью организационной системы промышленного предприятия / *А. Э. Петрунина, А. К. Москалев* // Управление инновациями в условиях цифровой трансформации :

сб. науч. тр. Всерос. студенческой учеб.-науч. конф., 11–12 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 105–110. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-290. – URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/id25-290.pdf (дата обращения: 10.12.2025).
19. *Петрунина, А. Э.* Формирование модели цепочки поставки ценности в организационных системах промышленных предприятий / *А. Э. Петрунина, А. К. Москалев* // Инновации. – 2025. – № 2 (304). – С. 55-61.
20. Механизмы управления : учебное пособие / под ред. *Д. А. Новикова*. – М.. : УРСС, 2011. – 87 с. – (Умное управление). – ISBN 978-5-397-01718-0.

ALGORITHM FOR OPTIMIZING THE QUALITY OF TECHNOLOGICAL VALUE IN AN ORGANIZATIONAL SYSTEM WITH LIMITED POTENTIAL

© 2026 A.E. Petrunina, N.S. Tsygankov

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

In the context of the current structural transformation of the economy and the transition towards a technological sovereignty model, ensuring the quality of high-tech products under rigid resource constraints of the executor becomes a key challenge. The problem is particularly acute in projects with a high degree of uncertainty, where target quality indicators are formed iteratively with the active participation of the customer, and enhancing the potential of the organizational system within the project framework is impossible. Existing approaches – automation of quality management systems, mathematical optimization of budget allocation, risk management – solve individual tasks but do not offer a holistic methodology that unifies the formalization of customer requirements, diagnostics of the executor's actual capabilities, and consideration of the acceptable risk level. The aim of this study is to develop and practically implement an algorithmic approach to optimizing the quality of technological value, taking into account the active role of the customer and the rigid constraints of the executor's potential. As a result, a nine-step algorithm is proposed, combined into three logical blocks: formalization of requirements, diagnostics of the potential and activity of the organizational system, and calculation and coordination of achievable quality. An optimization problem is formulated to maximize the weighted average relative quality under the constraint on the probability of successful project completion within a given timeframe with an acceptable risk level. The solution is obtained using the Lagrange multiplier method, which allowed not only to determine the vector of optimal parameter values but also to introduce an indicator λ characterizing the system's sensitivity to tightening requirements. The developed BPMN process model visually reflects the active role of the customer at all stages and the iterative nature of coordination.

Keywords: organizational system, technological value, quality optimization, potential, decision-making.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-136-146
EDN: GYJYQH

REFERENCES

1. *Ratnikova, E. A.* Vliyanie upravleniya informacionnymi resursami na kachestvo produkcii vysokotekhnologichnyh predpriyatij aviastroitel'noj otrasli v usloviyah riskov i povyshennyh trebovanij ekonomicheskoj i informacionnoj bezopasnosti / E. A. Ratnikova, T. V. Shcheulina, E. A. Kruglyaeva, E. N. Miroshnikova // Vestnik Akademii znanij. – 2023. – № 2 (55). – S. 181–192.
2. *Artem'eva, S. I.* Razrabotka model'nyh reshenij po optimizacii biznes-processov pri vnedrenii sistemy menedzhmenta kachestva / S. I. Artem'eva, O. V. Kublashvili // Omskij nauchnyj vestnik. Seriya: Obshchestvo. Istoriya. Sovremennost'. – 2024. – T. 9, № 3. – S. 171–178. – DOI: 10.25206/2542-0488-2024-9-3-171-178.
3. *Leonov A. V.* Obespechenie kachestva pri planirovanii sozdaniya vysokotekhnologichnoj produkcii / A. V. Leonov, A. Yu. Pronin // Kompetentnost'. – 2024. – № 2. – S. 27–35. – DOI: 10.24412/1993-8780-2024-2-27-35.
4. *Litvinova, A. V.* O povyshenii kachestva tekhnicheskoj produkcii na predproizvodstvennoj, proizvodstvennoj i ekspluatacionnoj stadiyah / A. V. Litvinova, V. O. Mosejko, L. S. Vereshchagina // Vestnik SGSEU. – 2014. – № 5 (53). – S. 59–63.
5. *Bocharova, S. V.* Analiz problem v upravlenii kachestvom na sovremennyh promyshlennyh predpriyatiyah / S. V. Bocharova, L. F. Popova, M. N. Yashina // Vestnik SGSEU. – 2018. – № 4 (73). – S. 63–70.
6. *Buravlev, A. I.* Zadacha optimizacii kachestva izdeliya pri zadannom urovne zatrat na ego obespechenie / A. I. Buravlev // Vooruzhenie i ekonomika. – 2017. – № 1 (38). – S. 45–48.
7. *Barkalov, S. A.* Algoritm i metody prinyatiya upravlencheskih reshenij na osnove teorii latentnyh peremennyh v usloviyah vremennyh ogranichenij / S. A. Barkalov, A. V. Anan'ev, K. S. Ivannikov, S. I. Moiseev // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika. – 2022. – T. 22, № 3. – S. 106–116. – DOI: 10.14529/ctcr220310.
8. *Titov, V. V.* Promyshlennyj klaster kak osnova platformy optimizacii strategicheskogo upravleniya razvitiem vysokotekhnologichnogo biznesa / V. V. Titov, D. A. Bezmel'nicyn // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki. – 2018. – T. 11, № 4. – S. 230–241. – DOI: 10.18721/JE.11418.

9. *Kim D. Y., Kumar V., Kumar U.* Relationship between quality management practices and innovation // Journal of Operations Management. – 2012. – Vol. 30, No. 4. – P. 295–315. – DOI: 10.1016/j.jom.2012.02.003.
10. *Alfimov, S. M.* Formirovanie racional'nogo sostava programmnyh meropriyatij mezhvedomstvennoj kompleksnoj programmy (MKP) v sfere fundamental'nyh, poiskovyh i prikladnyh issledovanij / S. M. Alfimov, V. V. Gorbunov, V. L. Lyaskovskij // Vooruzhenie i ekonomika. – 2017. – № 1 (38). – S. 4–11.
11. *Pechalin, N. D.* Analiz problematiki povysheniya effektivnosti realizacii proektnoj deyatel'nosti na predpriyatiyah oboronno-promyshlennogo kompleksa / N. D. Pechalin // Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve. – 2025. – № 2. – S. 134–146. – DOI: 10.21685/2227-8486-2025-2-11.
12. *Pechalin, N. D.* Principy, mekhanizmy i instrumenty upravleniya proektami na predpriyatiyah oboronno-promyshlennogo kompleksa v usloviyah riskov i korporativnyh procedur / N. D. Pechalin // Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve. – 2024. – № 4. – S. 133–148. – DOI: 10.21685/2227-8486-2024-4-11.
13. *Titov, V. V.* Optimizaciya planirovaniya innovacionnogo processa ot razrabotki novoj produkcii do ee realizacii / V. V. Titov, S. K. Napreeva // Region: ekonomika i sociologiya. – 2017. – № 4 (96). – S. 285–306. – DOI: 10.15372/REG20170413.
14. *Sadovskij, I. D.* Primenenie modeli COCOMO-II dlya ocenki razrabotki programmnogo obespecheniya v Windows-proektah / I. D. Sadovskij // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. – 2020. – № 10-2 (68). – S. 103–106.
15. *Grechnikov, F. A.* Razrabotka metodov upravleniya kachestvennymi predpochteniyami v sisteme «postavshchik – zakazchik» dlya povysheniya konkurentosposobnosti produkcii / F. A. Grechnikov, I. N. Hajmovich // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2024. – Vyp. 9. – S. 160–161. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-9-160-161.
16. *Pinto C. M. L., Romero F. C.* The relationship between quality management and innovation // China-USA Business Review. – 2020. – Vol. 19, No. 5. – P. 145–156. – DOI: 10.17265/1537-1514/2020.05.002.
17. *Petrunina, A. E.* Upravlenie cepochkami postavki cennosti v organizacionnyh sistemah promyshlennyh predpriyatij / A. E. Petrunina // Prospekt Svobodnyj–2025 : materialy XXI Mezhdunar. nauch. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Krasnoyarsk, 21–26 aprelya 2025 g. : v 4 ch. – Krasnoyarsk : SFU, 2025. – Ch. I : Estestvennye nauki. – S. 209–211. – URL: https://bik.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/b72/free/i-859311473.pdf (data obrashcheniya: 10.12.2025). – ISBN 978-5-7638-5170-0.
18. *Petrunina, A. E.* Model' upravleniya ustojchivost'yu organizacionnoj sistemy promyshlennogo predpriyatiya / A. E. Petrunina, A. K. Moskalev // Upravlenie innovaciyami v usloviyah cifrovoj transformacii : sb. nauch. tr. Vseros. studencheskoj ucheb.-nauch. konf., 11–12 aprelya 2025 goda. – Sankt-Peterburg, 2025. – S. 105–110. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-290. – URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/id25-290.pdf (data obrashcheniya: 10.12.2025).
19. *Petrunina, A. E.* Formirovanie modeli cepochki postavki cennosti v organizacionnyh sistemah promyshlennyh predpriyatij / A. E. Petrunina, A. K. Moskalev // Innovacii. – 2025. – № 2 (304). – S. 55-61.
20. Mekhanizmy upravleniya : uchebnoe posobie / pod red. D. A. Novikova. – M.. : URSS, 2011. – 87 s. – (Umnoe upravlenie). – ISBN 978-5-397-01718-0.

Anastasia Petrunina, Senior Lecturer at the Department of Experimental Physics and Innovative Technologies.
E-mail: akasimova@sfu-kras.ru
Nikita Tsygankov, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics and Innovative Technologies. E-mail: cyganikita@yandex.ru