

УДК 65.018.2

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ВСЕОБЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЧАСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИЙ КАЧЕСТВА

© 2025 Ю.С. Ключков, С.Б. Ермаков, А.М. Тверяков, Н.О. Коваль

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Статья поступила в редакцию 21.09.2025

На сегодняшний день на предприятиях отработаны подходы к применению методов управления качеством каждого по отдельности. Но остаются проблемы их совместного использования. В статье показана возможность интеграции методов управления рисками и развертывания функций качества. Такая интеграция позволяет на значительно более продвинутом уровне использовать методы менеджмента качества. Кроме того, показано, что каждый конкретный метод менеджмента качества имеет свои ограничения обладает валидностью по отношению к целям контроля качества, объекту производства, способам сбора информации и механизмам оценки результатов применения методов менеджмента качества. Оценка валидности каждого метода менеджмента качества позволяет понять насколько сама система применения методов менеджмента качества результативна и соответствует целям и задачам мониторинга.

Ключевые слова: всеобщее управление качеством, валидность, методы контроля качества, FMEA, QFD.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-14-20

EDN: LKUNKT

Благодарность. Работа выполнена в рамках гранта РНФ по Соглашению между Российским научным фондом, руководителем проекта и организацией о представлении гранта на проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований № 25-19-00898 от 27.05.2025.

Интеграция QFD и FMEA. Интеграция Дома качества [1, 2] с другими методами менеджмента качества позволяет выйти на новый уровень управления системой обеспечения качества продукции, так как позволяет эффективно и результативно использовать преимущества различных методов менеджмента качества для решения задач обеспечения качества продукции.

Для интеграции QFD [9, 10] и FMEA разработаем матрицу связи показателей качества, установленных в Доме качества и результатами проведенного FMEA [4, 5]. Для этого в так называемом «подвале» Дома качества разместим представленную на рисунке таблицу.

QFD	Что	Как	Характеристики продукции
	Требования потребителей		Связи
FMEA			Целевые значения
	Результаты FMEA и мониторинга качества	пЧРн	Результаты
		пЧР*	
		Код несоответствия	
		Код причины	
		Код последствия	
		Код мероприятий	
		Метод МК	
		% брака	

Рисунок 1. Интеграция QFD и FMEA

Ключков Юрий Сергеевич, доктор технических наук, доцент, и.о. ректора. E-mail: y.kloch@mail.ru

Ермаков Сергей Борисович, кандидат технических наук, директор Центра технологических инициатив.

E-mail: ermakovsb@tyuiu.ru

Тверяков Андрей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры станков и инструментов.

E-mail: tveryakov@mail.ru

Коваль Никита Олегович, ассистент-стажер. E-mail 79312662323@ya.ru

Таким образом, Дом качества [3] (табл 1), который интегрирован с результатами FMEA становится интерактивным инструментом обеспечения качества продукции. Это обеспечивается тем, что процедура FMEA [6, 7] носит интерактивный характер. А кроме того, заполнение информации об уровне брака, эффективности применяемых методов и состояний продукции основывается на постоянно обновляемой информации.

Таблица 1. Дом качества

Дополнение Дома качества	Причины внедрения	Механизм интеграции
ПЧРн	Для понимания уровня риска, связанного с рассматриваемой характеристикой продукции	Автоматизированная вставка результатов расчета, с указанием значений оценок значимости последствий, возможности обнаружения и вероятности возникновения
ПЧР*	Для оценки важности мероприятий по снижению ранее расчетного уровня риска	Автоматизированная вставка результатов расчета, с указанием значений оценок значимости последствий, возможности обнаружения и вероятности возникновения
Несоответствия	Для понимания какие несоответствия могут возникнуть при процедурах изготовления продукции	Гиперссылка на протокол FMEA к конкретным несоответствиям, связанным с рассматриваемой характеристикой продукции
Причины несоответствия	Для разработки планов устранения несоответствий в случае их возникновения	Гиперссылка на протокол FMEA к конкретным причинам несоответствий, связанным с рассматриваемой характеристикой продукции
Последствия	Для понимания какие последствия еще могут возникнуть и для возможной корректировки результатов FMEA [8]	Гиперссылка на протокол FMEA к конкретным последствиям, к которым связаны с несоответствиями рассматриваемой характеристики продукции
Корректирующие мероприятия	Для анализа эффективности и результативности предпринятых действий, учета в дальнейшей практике	Гиперссылка на протокол FMEA к конкретным мероприятиям, которые связаны с устранением несоответствий либо причин возникновения несоответствий, связанных с рассматриваемой характеристикой продукции
Применяемые методы менеджмента качества	Для оценки того, насколько система обеспечения качества гарантирует достижение показателей характеристики продукции, установленной на этапе проектирования	Автоматизированная вставка с плана качества процесса производства, либо ручной ввод информации по тем методам менеджмента, либо контроля качества, которые направлены на рассматриваемую характеристику продукции
% брака	При мониторинге данного показателя становится возможным оценить эффективность и результативность методов менеджмента или контроля качества	Автоматизированная вставка по результатам процедуры контроля качества процесса изготовления продукции, где указан выявленный брак по рассматриваемой характеристике продукции
Причины брака	Позволяет провести анализ между указанными в FMEA причинами и реально произошедшими. Установить тем самым почему реальные причины ранее не были выявлены, либо почему предпринятые предупреждающие действия оказались неэффективными	Автоматизированная вставка по результатам процедуры контроля качества процесса изготовления продукции, где указаны причины выявленного брака по рассматриваемой характеристике продукции
Предпринятые мероприятия для устранения брака, последствий и его причин	Для оценки перспектив развития QFD и FMEA методов, формирования базы данных принятых мероприятий и оценки их эффективности и результативности	Автоматизированная вставка по результатам процедуры контроля качества процесса изготовления продукции, где указаны предпринятые мероприятия по выявленному браку по рассматриваемой характеристике продукции

Качество мониторинга процессов производства продукции. Основным вопросом современного анализа качества является обеспечение адекватной, надежной, качественной информации для мониторинга, анализа и принятия решений. Так как методы менеджмента качества достаточно гибкие, проработанные, то основная проблема заключается в том, как поступает информация и продукции или процессах, имеет ли место потери информации. Исходя из практики применения методов менеджмента качества, можно предложить следующую классификацию потерь информации о качестве продукции и процесса:

- Методические:
 - ✓ по причине группирования данных (например, при построении гистограмм, контрольных карт Шухарта);
 - ✓ по причине аппроксимации результатов исследования (например, приведение к нормальному закону распределения);
 - ✓ по причине применения методов управления качеством массового производства к процессам производства единичной продукции или малым партиям (например, расчет $\bar{C}_p$ и $\bar{C}_{pk}$, построение контрольных карт Шухарта для процессов производства уникальной продукции, где характеристики доводятся до требуемых индивидуально);
- Управленческие:
 - ✓ по причине ограниченного применения результатов исследования (например, результаты расчетов $\bar{C}_p$ и $\bar{C}_{pk}$ используются к конкретной продукции, но не привязаны к оборудованию);
 - ✓ по причине слабого или недостаточного использования ретроспективной информации;
- Контрольные:
 - ✓ по причине ограничений метода контроля или испытаний продукции;
 - ✓ по причине ограничений инструментов и средств измерений и контроля.

Таблица 2. Контрольный листок [11]

Номинал	Отклонение	Замеры			Частота
*	-3	x			1
	-2	x	x		2
	-1	x	x		2
8,3	0	x	x	x	3
	1	x	x		2
	2	x			1
*	3	x			1
		Итого			12

Если мы рассмотрим классический контрольный листок (<https://studfile.net/preview/597294/page:2/>), то следует выделить его основные недостатки:

- в данном контрольном листке потеряна информация о порядке изготовления продукции. То есть невозможно установить, какого размера была первая изготовленная продукция, какого вторая и так далее;
- по данному контрольному листку невозможно построить карту Шухарта, по причине отсутствия информации о порядке изготовления продукции.

Кроме того, анализируя не только конкретный применяемый контрольный листок, но и оценивая результаты использования других методов управления качеством, например, FMEA в совокупности с данным листком в случаях, когда оценка возможности обнаружения несоответствия приемлемая, можно подставить под сомнение адекватность процедуры FMEA, так как часть информации, как мы видим, контрольный листок теряет. Таким образом, интеграция нескольких методов в единое исследование уровня качества производимой продукции позволит оценивать соответствие применения методов, их результативность и эффективность, а также обоснованность и адекватность полученных результатов.

Фактически можно ввести понятие валидность метода управления качеством, которое будет отвечать за обоснованность и пригодность применения методов и результатов исследования в конкретных условиях. Валидность – мера соответствия метода и результатов исследования поставленным задачам [<https://ru.wikipedia.org/wiki/Валидность>].

С точки зрения развертывания функций качества выбор метода управления качеством будет зависеть от оцениваемой, установленной при построении Дома качества характеристики (ее важность, которая определена в комнате потребителя может играть роль в формировании тре-

бований к методу управления качеством, чем выше требовательность потребителя, тем выше требования к достоверности, валидности метода управления качеством). Таким образом конкретная характеристика продукции и применяемый метод управления качеством образуют своего рода систему мониторинга качества продукции. Исходя из этого можно установить следующую классификацию валидности.

Внешняя валидность – насколько результаты применения метода управления качеством можно распространить на другие процессы или продукцию, насколько результаты могут быть обобщены.

Операционная валидность – частный случай внешней валидности, а именно насколько результаты могут быть применимы для этих же процессов производства, но на следующей итерации, к следующему изделию на исследуемом этапе жизненного цикла.

Можно утверждать, что индексы воспроизводимости обладают высокой операционной валидностью (в случаях если настройки процесса изготовления и материал не меняются), а контрольные карты Шухарта обладают низкой операционной валидностью и должны повторяться от партии к партии.

Конструктивная валидность – в случаях, когда очень сложно определить, как измерять характеристику продукции выбирается метод управления качеством на основе теоретических знаний или пониманий изменения параметров рассматриваемой характеристики продукции. Достаточный уровень конструктивной валидности может быть достигнут за счет применения нескольких методов управления качеством. Возможно, для практического решения вопроса, необходимо рассматриваемую характеристику продукции разделить на несколько более простых характеристик.

Методическая валидность – при достаточном уровне методической валидности метода управления качеством исследователь уверен, что результаты, полученные при применении метода управления качеством, непосредственно связаны с характеристикой продукции, а не с каким-нибудь другим неконтролируемым фактором. Если отсутствует возможность непосредственного измерения установленной при развертывании функции качества характеристики, то применяются косвенные измерения и нужно быть уверенным, что отсутствуют другие факторы, влияющие на изменение показателей измерений, несвязанных с рассматриваемой характеристикой.

Инкрементная валидность – это возможность точного отнесения продукции, по результатам исследования ее характеристики, к соответствующей категории (например, годной или негодной продукции, к исправимому или неисправимому браку).

Приведем таблицу (табл.3) экспертного мнения по оценке валидности семи методов контроля качества [12].

Таблица 3. Оценка валидности методов контроля качества

	валидности				
	Внешняя	Операционная	Конструктивная	Методическая	Инкрементная
Контрольный листок	низкая	низкая	высокая	высокая	средняя
Диаграмма Исикавы	высокая	высокая	средняя	высокая	средняя
Диаграмма Парето	низкая	средняя	высокая	высокая	высокая
Гистограмма	низкая	низкая	средняя	высокая	высокая
Стратификация	средняя	высокая	средняя	высокая	средняя
Диаграмма разброса	низкая	низкая	высокая	высокая	высокая
Контрольная карта	низкая	низкая	средняя	высокая	средняя

Принимая во внимание технологический изготовления продукции и дополнив его применяемыми методами менеджмента качества становится возможным оценить проблемы мониторинга качества выпускаемой продукции, которые связаны с уровнем валидности конкретного метода менеджмента качества. Тем самым становится возможным оценить качество самого мониторинга производственных процессов, что в значительной степени улучшит процедуры технологического аудита качества выпускаемой продукции.

Приведем короткий пример изготовления зубьев ковша. Выбор данного примера обусловлен несколькими факторами:

- на многолетних мерзлых грунтах и зимой – вскрывают и измельчают породы взрывом, снег и лед тают, но пока до отвала доходит техника – породы смерзаются. Погрузка льдистых пород – одна из самых тяжелых операций добычи, на экскавацию пород приходится до 50% объема работ по добычи;

- процесс производства кажется простым и понятным, методы отработаны, но качество производимой продукции остается нестабильным.

Этапы производства и методы менеджмента качества, применяемые на данных этапах [13,14]:

1.1. Расчет и чертежи литейной формы и модели зуба, литниковой системы и определяются габариты опок на основе чертежа готовой коронки для обеспечения качественного заполнения всех полостей металлом и достижения высокой производительности. При разработке чертежа модели определяются такие ее параметры, как: минимальный диаметр литых отверстий, положение отливки в форме, поверхность разъема формы и класс размерной точности с последующим назначением допусков и припусков на отливку с учетом литейной усадки стали.

На данном этапе применяют методы менеджмента качества, такие как QFD и FMEA, которые в основном используют экспертные подходы.

1.2. Процесс изготовления модели и стержней по разработанной конструкторской документации. Изготовление стержней в стержневых ящиках, как правило, осуществляется по Альфасет- или Бетасет-процессу за счет быстрого цикла отверждения стержней в стержневых ящиках.

Тут используются контрольные листки и гистограммы, ведется расчет индексов воспроизводимости S_p и S_{pk} .

1.3. Изготовление литейной формы, с учетом разработанной конструкторской документации в формовочно-заливочно-выбивном отделении литейного цеха.

Применяются контрольные карты по качественному признаку, стратификация.

1.4. Подготовка металла к разливу в плавильных агрегатах. Наиболее часто применяемые марки сталей: классическая сталь Гатфильда и ее аналоги. Сталь 110Г13 – 1.1% углерода и 13 % марганца; сталь 110Г18 с повышенным до 18% марганца, Quard 450 NLMK – Europe, и HARDOX 450 SSAB (около 0,2% углерода, молибден, титан), 30X2C2MT (0,25-0,3% углерода, до 2% хрома и кремния) – эти марки часто встречаются в коронках и зубьях Volvo, Caterpillar, Matsumoto. У нас либо сталь Гатфильда, либо стали того же типа, что у Volvo и Caterpillar.

Выбор плавильного агрегата зависит от типа используемых шихтовых материалов и конечной марки стали. При наличии большого количества вредных примесей в шихтовых материалах и невозможности рассчитать количество лома, чтобы получать в готовой стали требуемое содержание углерода, необходимо осуществлять выплавку в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) с основной футеровкой с применением двухшлакового процесса для дефосфорации и окисления углерода. Также если при плавке в ДСП в конечном продукте содержание серы будет больше 0,02 масс. %, то необходимо проводить дополнительную операцию в виде внепечной обработки стали, например, в агрегате «ковш-печь». После расплавления и доведения химического состава до целевых значений, с применением необходимых легирующих элементов с учетом угара, производится раскисление стали.

На практике часто используют индексы воспроизводимости и контрольные карты по количественному признаку, что неэффективно согласно описанным выше особенностям технологического процесса, так как данные методы рассчитаны на механическую обработку материалов и результаты расчетов и построений не так важны, важно соответствие требованиям ГОСТа.

Выбивка отливок из форм. Как правило, он происходит в два этапа. На первом этапе производится извлечение отливок вместе со смесью из опок. На втором этапе отливку отделяют от смеси. Отделенную отработанную смесь направляют на регенерацию, а отливки на следующие финишные операции:

- отрезка прибылей и литниковой системы от отливок с применением газовых резаков;
- очистка (возможна обдирка) отливок от окалина и пригара, а также для удаления стержней из отливки с применением щеток, зубил, абразивных кругов, а также установок дробеструйной или дробеструйной очистки.

Далее происходят такие процессы как термическая обработка, поверхностное упрочнение и так далее. Для данного типа производственных процессов применение методов менеджмента качества ограничено, так как во-первых, фактически осуществляется единичное производство, во-вторых, управлять в данном случае правильнее технологическими режимами оборудования, а не показателями качества продукции. Оценка показателей качества продукции должна быть связана с анализом технологических режимов и этапов, иначе данная оценка не имеет смысла с точки зрения повышения качества выпускаемой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы менеджмента качества прочно вошли в технологические и производственные процессы. Но оценка самих методов менеджмента качества, особенно в части их совместного применения практически не проводится. Для решения этой задачи в статье предложены пять оценок валидности метода менеджмента качества относительно целей мониторинга и объекта исследования. Такая оценка позволила понять грамотность применения конкретного метода исследования.

Механизмом совершенствования методов менеджмента качества с точки зрения их применимости следует рассматривать интеграцию методов друг с другом, что позволяет решить целый ряд их ограничений, а самое главное организовать последовательную передачу необходимой информации для системного сопровождения производственных и технологических процессов. Интеграция QFD и FMEA позволила решить задачу обеспечения связности требований конструктора, возможностей производителя и ограничения методов контроля и оценки соответствия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. QFD Application In Cross-border E-commerce Third Party Logistics Provider Selection // Systemic Analytics. – 2024. – Vol. 2, No. 1. – DOI 10.31181/sa21202412.
2. Research on Improved Design Method of Intelligent Pharmacy Based on KANO/AHP/QFD and FBS Modeling / X. Lu, P. Lin, Yu. Qi, K. Kim // Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research. – 2025. – Vol. 59, No. 2. – P. 550-562. – DOI 10.5530/ijper.20256761.
3. Klochkov, Yu. Improving the QFD Methodology / Yu. Klochkov, A. Gazizulina, M. Ostapenko // Strategic System Assurance and Business Analytics. – Singapore : Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2020. – P. 445-460.
4. PFDA-FMEA, an Integrated Method Improving FMEA Assessment in Product Design / P. A. García Aguirre, L. Pérez-Domínguez, D. Luviano-Cruz [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, No. 4. – P. 1406. – DOI 10.3390/app11041406.
5. Widyantoro, M. Analisis Penyebab Cacat Cekung Profil Aluminium Bangladesh Window Dengan Metode FMEA / M. Widyantoro // Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi. – 2021. – Vol. 7, No. 1. – P. 1. – DOI 10.35308/jmkn.v7i1.3555.
6. Клочков, А. Е. Методология FMEA для анализа рисков в системе АИСМК / А. Е. Клочков // Стандарты и качество. – 2024. – № 10. – С. 86-89.
7. Абдусаломов, А. Г. у. Применения FMEA-анализа на металлургических предприятиях / А. Г. у. Абдусаломов // Качество и жизнь. – 2025. – № 1(45). – С. 54-60.
8. Касторская, Л. В. Метод FMEA: предупреждения, которые нужно «услышать» / Л. В. Касторская, М. И. Розно, Е. В. Чулкина // Методы менеджмента качества. – 2025. – № 7. – С. 40-41.
9. Даниелян, А. С. Метод QFD: от Индустрии 3.0 к Индустрии 4.0. Часть 2 / А. С. Даниелян, Е. И. Хунузиди // Контроль качества продукции. – 2025. – № 4. – С. 62-64.
10. Остапенко, М. С. Разработка онлайн-приложения для автоматизации построения «дома качества» при проведении QFD-анализа / М. С. Остапенко, У. Ш. Холбоева, А. М. Тверяков // Архитектура, строительство, транспорт. – 2024. – № 4(110). – С. 114-124. – DOI 10.31660/2782-232X-2024-4-114-123.
11. Зинина, А. И. Методы и инструменты контроля качества реализации авиационных проектов / А. И. Зинина, Ю. И. Денискин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 7. – С. 56-59. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-7-56-57.
12. Зубарев, А. С. Инструменты качества при производстве настроечных образцов для неразрушающего контроля на основе бережливости и синергетики / А. С. Зубарев // Качество. Инновации. Образование. – 2024. – № 5(193). – С. 36-45. – DOI 10.31145/1999-513x-2024-5-35-45.
13. Ермаков, Б. С. Эксплуатационные свойства полимерных композиционных материалов в условиях арктического и Субарктического регионов РФ / Б. С. Ермаков, О. В. Швецов // Технологии обустройства нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений : Сборник тезисов VII научно-технической конференции, Томск, 24–25 сентября 2024 года. – Томск: АО «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», 2024. – С. 224-230.
14. Ермаков, Б. С. Влияние качества литой структуры на работоспособность режущего инструмента оборудования горнодобывающей техники / Б. С. Ермаков, О. В. Швецов, С. Б. Ермаков // Целостность и ресурс в экстремальных условиях: сборник материалов и докладов Всероссийской конференции, приуроченной к 75-летию ЯНЦ СО РАН, Якутск, 19–23 сентября 2024 года. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2024. – С. 213-217. – DOI 10.24412/cl-37269-2024-1-213-217.

DEVELOPING TOTAL QUALITY MANAGEMENT METHODOLOGY BY INTEGRATING RISK MANAGEMENT AND QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT

© 2025 Yu. S. Klochkov, S. B. Ermakov, A. M. Tveryakov, N. O. Koval

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Nowadays enterprises have developed and implemented approaches to applying individual quality management methods in isolation. However, the integration of methods and their combined use remain a problem to be addressed. This paper demonstrates the possibility of integrating risk management methods and Quality Function Deployment (QFD) that allows for the use of quality management methods at a significantly more advanced level. Furthermore, the research shows that each specific quality management method has its own limitations and is valid only in relation to the objectives of quality control, the manufactured product, data collection methods, and the methods for assessing the results of applying quality management methods. Validity assessment of each quality management method allows to understand how effective the overall quality management system is as well as the extent to which it aligns with the goals and objectives of monitoring.

Keywords: Total Quality Management (TQM), validity, quality control methods, FMEA, QFD.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-14-20

EDN: LKUNKT

Acknowledgements. This research was funded by the Russian Science Foundation (Agreement No. 25-19-00898, May 27, 2025, between the Russian Science Foundation, the project leader and the organization, for the provision of a grant for fundamental and exploratory scientific research).

REFERENCES

1. QFD Application In Cross-border E-commerce Third Party Logistics Provider Selection // Systemic Analytics. – 2024. – Vol. 2, No. 1. – DOI 10.31181/sa21202412.
2. Research on Improved Design Method of Intelligent Pharmacy Based on KANO/AHP/QFD and FBS Modeling / X. Lu, P. Lin, Yu. Qi, K. Kim // Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research. – 2025. – Vol. 59, No. 2. – P. 550-562. – DOI 10.5530/ijper.20256761.
3. Klochkov, Yu. Improving the QFD Methodology / Yu. Klochkov, A. Gazizulina, M. Ostapenko // Strategic System Assurance and Business Analytics. – Singapore : Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2020. – P. 445-460.
4. PFDA-FMEA, an Integrated Method Improving FMEA Assessment in Product Design / P. A. García Aguirre, L. Pérez-Domínguez, D. Luviano-Cruz [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, No. 4. – P. 1406. – DOI 10.3390/app11041406.
5. Widyantoro, M. Analisis Penyebab Cacat Cekung Profil Aluminium Bangladesh Window Dengan Metode FMEA / M. Widyantoro // Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi. – 2021. – Vol. 7, No. 1. – P. 1. – DOI 10.35308/jmkn.v7i1.3555.
6. Klochkov, A. E. Metodologiya FMEA dlya analiza riskov v sisteme AISMK / A. E. Klochkov // Standarty i kachestvo. – 2024. – № 10. – S. 86-89.
7. Abdusalomov, A. G. u. Primeneniya FMEA-analiza na metallurgicheskikh predpriyatiyah / A. G. u. Abdusalomov // Kachestvo i zhizn'. – 2025. – № 1(45). – S. 54-60.
8. Kastorskaya, L. V. Metod FMEA: preduprezhdeniya, kotorye nuzhno «uslyshat» / L. V. Kastorskaya, M. I. Rozno, E. V. Chuklina // Metody menedzhmenta kachestva. – 2025. – № 7. – S. 40-41.
9. Danielyan, A. S. Metod QFD: ot Industrii 3.0 k Industrii 4.0. Chast' 2 / A. S. Danielyan, E. I. Hunuzidi // Kontrol' kachestva produkcii. – 2025. – № 4. – S. 62-64.
10. Ostapenko, M. S. Razrabotka onlajn-prilozheniya dlya avtomatizatsii postroeniya «doma kachestva» pri provedenii QFD-analiza / M. S. Ostapenko, U. Sh. Holboeva, A. M. Tveryakov // Arhitektura, stroitel'stvo, transport. – 2024. – № 4(110). – S. 114-124. – DOI 10.31660/2782-232X-2024-4-114-123.
11. Zinina, A. I. Metody i instrumenty kontrolya kachestva realizatsii aviacionnykh proektov / A. I. Zinina, Yu. I. Deniskin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 7. – S. 56-59. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-7-56-57.
12. Zubarev, A. S. Instrumenty kachestva pri proizvodstve nastroechnykh obrazcov dlya nerazrushayushchego kontrolya na osnove berezhlivosti i sinergetiki / A. S. Zubarev // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. – 2024. – № 5(193). – S. 36-45. – DOI 10.31145/1999-513x-2024-5-35-45.
13. Ermakov, B. S. Ekspluatatsionnye svoystva polimernykh kompozitsionnykh materialov v usloviyakh arkticheskogo i Subarkticheskogo regionov RF / B. S. Ermakov, O. V. Shvecov // Tekhnologii obustrojstva neftyanykh, gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenij : Sbornik tezisev VII nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Tomsk, 24–25 sentyabrya 2024 goda. – Tomsk: AO «Tomskij nauchno-issledovatel'skij i proektnyj institut nefti i gaza», 2024. – S. 224-230.
14. Ermakov, B. S. Vliyanie kachestva litoj struktury na rabotosposobnost' rezhushchego instrumenta oborudovaniya gornodobyvayushchej tekhniki / B. S. Ermakov, O. V. Shvecov, S. B. Ermakov // Celostnost' i resurs v ekstremal'nykh usloviyakh: sbornik materialov i dokladov Vserossiyskoj konferencii, priurochennoj k 75-letiyu YaNC SO RAN, Yakutsk, 19–23 sentyabrya 2024 goda. – Kirov: Mezhtselevoj tsentr innovatsionnykh tekhnologij v obrazovanii, 2024. – S. 213-217. – DOI 10.24412/cl-37269-2024-1-213-217.

Yury Klochkov, Dr. Habil. in Engineering, Associate Professor, rector. E-mail: y.kloch@mail.ru

Sergey Ermakov, Candidate of Technical Sciences, Director of the Center for Technological Initiatives of Tyumen Industrial University. E-mail: ermakovsb@tyuiu.ru

Andrey Tveryakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machine Tools and Tools of Tyumen Industrial University. E-mail: tveryakov@mail.ru

Nikita Koval, trainee assistant of the Department of Machine Tools of Tyumen Industrial University.

E-mail: 79312662323@ya.ru