

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)
УДК 65.011
DOI: 10.18503/1995-2732-2026-24-1-192-200



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЭТАПЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Амосов А.И.^{1,2}, Кудрявцева С.С.¹, Харитонов Д.В.²

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

² АО «ОНПП „Технология” им. А.Г. Ромашина», Обнинск, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Вопросы перехода к импортозамещению и достижению технологического лидерства обострил вопрос разработки и внедрения технологических инноваций в наукоемких секторах промышленности. Это стало основанием для разработки системных технологических инноваций на наукоемких предприятиях, в том числе на предприятиях по изготовлению керамических изделий. Данная проблема особенно актуальна с низкой или средней технологичностью при значительной степени участия высококвалифицированного человеческого ресурса, где инновационная деятельность является ключевым фактором повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого экономического роста. **Цель работы.** Цель исследования заключается в разработке методики оценки эффективности технологических инноваций, которые позволят усовершенствовать процесс изготовления керамических изделий. **Используемые методы.** В работе применена методика оценки условной производственно-экономической эффективности, основанная на расчете коэффициента вероятных потерь и сопоставлении полученного технического результата с затратами на его достижение. **Новизна.** Предложен комплексный подход к инновационному развитию наукоемкого производства, включающий четыре направления модернизации: оптимизацию процесса входного контроля комплектующих с горизонтальной интеграцией в структуру цеха; усовершенствованную технологию приготовления герметика с использованием диссольвера в условиях вакуума; внедренную методику визуально-оптического неразрушающего контроля; внедренный программный автоматизированный управленческий комплекс для контроля технологических процессов. Новизна разработанных решений подтверждена получением шести патентов на изобретения Российской Федерации. **Результат.** Применение инновационного подхода позволило существенно снизить уровень технологических потерь, повысить качество и надежность выпускаемой продукции, оптимизировать использование ресурсов и обеспечить стабильное выполнение договорных обязательств. **Практическая значимость.** Разработанная методика может быть адаптирована для оценки эффективности технологических инноваций в других отраслях промышленности. Комплексный подход к решению производственных задач, сочетающий технологические инновации с организационными и управленческими решениями, обеспечивает высокую рентабельность инновационных проектов, что особенно актуально в условиях ограниченных финансовых ресурсов предприятий машиностроительной отрасли.

Ключевые слова: технологические инновации, условная производственно-экономическая эффективность, наукоемкая продукция, оптимизация процесса входного контроля комплектующих, усовершенствованная технология приготовления герметика, визуально-оптический контроль, программный автоматизированный управленческий комплекс

© Амосов А.И., Кудрявцева С.С., Харитонов Д.В., 2026

Для цитирования

Амосов А.И., Кудрявцева С.С., Харитонов Д.В. Оценка эффективности технологических инноваций на производственном этапе жизненного цикла наукоемкой продукции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2026. Т. 24. №1. С. 192-200. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-1-192-200>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AT THE PRODUCTION STAGE OF THE HIGH-TECH PRODUCTS LIFE CYCLE

Amosov A.I.^{1,2}, Kudryavtseva S.S.¹, Kharitonov D.V.²

¹ Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

² JSC ONPP Technology named after A.G. Romashin, Obninsk, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). The issues of transition to import substitution and achievement of technological leadership have been aggravated by the issue of development and implementation of technological innovations in knowledge-intensive sectors of industry. This has become the basis for development of systemic technological innovations at knowledge-intensive enterprises including those manufacturing ceramic products. This problem is especially relevant with low or medium technological effectiveness with a significant degree of participation of highly qualified human resources, where innovation activity is a key factor in increasing competitiveness and ensuring sustainable economic growth. **Objectives.** The study is aimed at developing a methodology for assessing the effectiveness of technological innovations that will improve the process of manufacturing ceramic products. **Methods Applied.** The paper uses a methodology for estimating conditional production and economic efficiency based on calculating the coefficient of probable losses and comparing the technical result obtained with the costs of achieving it. **Novelty.** A comprehensive approach to the innovative development of high-tech production is proposed, including four areas of modernization: optimization of the input control of components with horizontal integration into the structure of the workshop; improved technology for preparing sealant using a dissolver under vacuum conditions; an implemented method of visual-optical non-destructive testing; implemented automated management software package for process control. The novelty of the developed solutions is confirmed by the receipt of six patents for inventions of the Russian Federation. **Result.** The use of an innovative approach has made it possible to significantly reduce the level of technological losses, improve the quality and reliability of manufactured products, optimize the use of resources and ensure stable fulfillment of contractual obligations. **Practical Relevance.** The developed methodology can be adapted to assess the effectiveness of technological innovations in other industries. A comprehensive approach to solving production problems, combining technological innovations with organizational and management solutions, ensures high profitability of innovation projects, which is especially relevant in the context of limited financial resources of enterprises in the mechanical engineering industry.

Keywords: technological innovations, conditional production and economic efficiency, high-tech products, optimization of the input control of components, improved technology for the preparation of sealants, visual-optical control, automated management software package

For citation

Amosov A.I., Kudryavtseva S.S., Kharitonov D.V. Assessment of the Efficiency of Technological Innovations at the Production Stage of the High-Tech Products Life Cycle. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2026, vol. 24, no. 1, pp. 192-200. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-1-192-200>

Введение

Современное наукоемкое производство характеризуется высокой конкуренцией и непрерывным изменением внешних влияющих факторов, что требует от предприятий постоянного развития и совершенствования производственных процессов. Данная проблема особенно актуальна для наукоемких предприятий с низкой или средней технологичностью при значительной степени участия высококвалифицированного человеческого ресурса. Для таких предприятий инновационная деятельность является ключевым фактором повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого экономического роста [1].

В условиях развития инновационной деятельности анализ экономической эффективности новых тех-

нических решений и организационных изменений должен проводиться с учетом особенностей конкретного типа производства [2]. Каждый тип производства отличается определенным набором признаков, которые и обуславливают специфику организационных, управленческих и технических решений.

Производство наукоемких керамических изделий предполагает постоянный контроль технологического процесса для обеспечения его стабильности с целью сохранения требуемого уровня качества выпускаемой продукции [3, 4], а постоянно возрастающие требования к качеству и надежности наукоемких керамических изделий обуславливают необходимость генерации и внедрения новых идей, направленных на снижение технологических потерь и повышение эффективности производства [5, 6].

В статье рассматриваются четыре инновационных решения – технологические инновации, позволившие существенно сократить технологические потери и повысить качество выпускаемой продукции [7]. Проведена оценка экономической эффективности, которая является условной и определена в основном содержании, а в качестве основного показателя используется коэффициент вероятных потерь, с помощью которого показана целесообразность применения инновационного подхода в наукоемком производстве.

Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования служит системный подход к анализу эффективности технологических инноваций, предполагающий рассмотрение производственного процесса как единой системы взаимосвязанных элементов. В рамках данного подхода инновационная деятельность рассматривается не как изолированное явление, а как комплекс взаимодополняющих мероприятий, направленных на оптимизацию различных этапов производственного цикла. Центральным методологическим принципом исследования является концепция условной производственно-экономической эффективности.

Под условной производственно-экономической эффективностью следует понимать некоторую количественную характеристику, которая определяется соотношением полученного технического результата к затратам на его достижение. Условная производственно-экономическая эффективность является сравнительным показателем, который характеризует преимущества технологического процесса после внедрения новшеств перед тем же самым процессом без применения инновационного подхода. Следует понимать, что несмотря на то, что такой сравнительный показатель выражен в денежном эквиваленте, он не является прямым источником выгоды и не коррелирует непосредственно с прибылью предприятия в результате применения инновационного подхода. Такой производственно-экономический эффект перераспределяет ресурсы из настоящего в будущее и снижает затраты на изготовление наукоемких изделий в перспективе. Другими словами, ресурсы, которые могли быть израсходованы в текущем производ-

стве в виде технологических потерь, будут направлены на дальнейшее производство в виде доли от запланированных ресурсов для формирования дальнейшего производства. На рис. 1 изображена схема, поясняющая процесс формирования условной производственно-экономической эффективности.

На схеме изображены материальные потоки текущего, дальнейшего и будущего производства, которые соответствуют состоянию процесса без внедрения новшеств и усовершенствованного процесса в результате инновационной деятельности наукоемкого промышленного предприятия. Текущий объем технологических потерь уменьшается и, как следствие, уменьшаются необходимые ресурсы для дальнейшего и будущего производства, что на схеме показано уменьшенным диаметром красной, зеленой и синей окружности соответственно. Производственно-экономический эффект, представленный в работе, достигается за счет полного исключения либо снижения уровня технологических потерь в наукоемком производстве керамических изделий. В общем виде расчет условной производственно-экономической эффективности произведен по формуле

$$S = \sum_{j=ГВИ}^{ГРЭ} K_{вп} \cdot \sum_i V_j^i \cdot S_j^i - S_{и} - \sum_{j=ГВИ}^{ГРЭ} (S_{ни} + S_{ти} + S_{рид}), \quad (1)$$

где j – количество периодов после внедрения инновации; i – количество типов изделий с одинаковыми технологическими потерями;

$K_{вп}$ – коэффициент вероятных потерь;

S_j^i – средняя стоимость изделия одного типа в конкретном периоде;

V_j^i – объем производства одного типа изделия в конкретном периоде;

$S_{и}$ – единовременные затраты на проведение работ по внедрению инновации;

$S_{ни}$ – затраты на поддержание инновации;

$S_{ти}$ – затраты трудоемкости дополнительных операций при внедрении инновации;

$S_{рид}$ – затраты на поддержание результатов интеллектуальной деятельности.

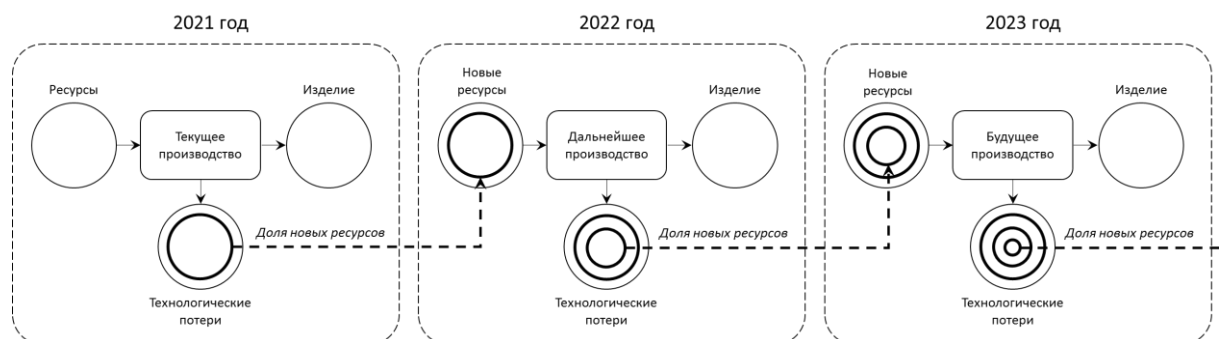


Рис. 1. Схема формирования условной производственно-экономической эффективности (составлено авторами)
 Fig. 1. Scheme of formation of conditional production and economic efficiency (compiled by the authors)

Формула содержит суммарную стоимость гипотетических технологических потерь изделий в период с года внедрения инновации (ГВИ) до года расчета эффективности (ГРЭ), за вычетом стоимости реализации и регулярных затрат на содержание инновационного проекта.

Для оценки условной производственно-экономической эффективности предлагается сопоставление со стоимостью гипотетически разрушенных изделий на окончательном этапе производственного цикла либо в процессе производства, которая рассчитывается с использованием коэффициента вероятных потерь $K_{ВП}$, применяя который представляется возможным рассчитать, какие потери будут при увеличении либо снижении объемов производства, если не принять своевременные меры по устранению причины возникновения потерь.

Коэффициент вероятных потерь можно определить следующим образом:

$$K_{ВП} = \frac{1}{i} \cdot \sum \frac{n_i}{V_i}, \quad (2)$$

где i – количество периодов, принимаемых в расчет до внедрения инновации;

n_i – количество технологических потерь за i -й период;

V_i – количество изготовленных изделий за i -й период.

Коэффициент вероятных потерь $K_{ВП}$ – эмпирическая величина, определяемая экспертным методом путем анализа технологических потерь, вызванных влиянием негативного фактора, на устранение которого направлена внедренная инновация.

Принципиальное отличие данного подхода от традиционных методов оценки экономической эффективности заключается в том, что условная производственно-экономическая эффективность является сравнительным показателем, характеризующим преимущества усовершенствованного технологического процесса перед исходным процессом без применения инновационного подхода.

Основная задача статьи – показать оценку условной производственно-экономической эффективности применения инноваций в наукоемком производстве. В работе рассматриваются одно инновационное организационно-управленческое решение и три основные внедренные инновационные идеи, позволившие существенно сократить технологические потери и повысить качество выпускаемой продукции.

Полученные результаты и их обсуждение

Технологическая инновация 1: оптимизация процесса входного контроля комплектующих. Наукоемкие керамические изделия представляют собой конструкцию из керамического корпуса и металлического каркаса, соединенных посредством слоя специального герметика. Выбор керамики в качестве материала обусловлен ее высокими механическими

характеристиками, эрозионной устойчивостью, термостойкостью и низкой теплопроводностью, что является неоспоримым преимуществом для многих наукоемких предприятий области машиностроения. Металлические каркасы – это закупаемые комплектующие изделия, которые изготавливаются из прецизионного сплава с низким температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), что обеспечивает сохранение геометрических размеров в условиях высоких температур эксплуатации и способствует предотвращению разрушения хрупкого керамического корпуса.

Изначально процесс входного контроля металлических комплектующих, проводимый отделом технического контроля (ОТК), имел ряд проблем: недостаточное техническое оснащение при контроле геометрических параметров, отсутствие необходимого оборудования для контроля герметичности, дефицит производственных площадей, вероятность использования «чужих» комплектующих для сборки изделия, а также непрозрачность и асинхронность производственного и бухгалтерского учета [9].

Для решения этих проблем была проведена комплексная работа, включающая следующие этапы:

1. Организация специализированного участка входного контроля, который был горизонтально интегрирован в структуру цеха по изготовлению изделий.

2. Аprobация и внедрение координатно-измерительной машины для повышения точности и достоверности контроля геометрических параметров.

3. Разработка, изготовление и внедрение нового оборудования для проверки герметичности по заданным критериям.

4. Синхронизация производственного и бухгалтерского учета комплектующих.

Эти меры позволили значительно сократить потери, связанные с избыточной транспортировкой (более 75 ч в год), перемещением работников (более 180 ч в год) и ожиданием (более 40 ч в год) [8, 10]. Но самое значимое было достигнуто в существенном улучшении качества входного контроля металлических комплектующих, что позволило выявлять несоответствие формы и размеров, а также безусловную отбраковку негерметичных каркасов на ранних стадиях, что предотвращает их использование в производстве и, как следствие, исключает технологические потери на окончательных этапах производства. На **рис. 2** изображен логистический процесс изготовления наукоемких керамических изделий с учетом внедренной инновации в формате «как было» и «как стало».

Организация участка входного контроля металлических комплектующих позволила исключить технологические потери, логистические издержки и осуществить прозрачный синхронный учет использования закупаемой продукции, а условный производственно-экономический эффект от внедрения участка входного контроля, полученный из формулы (1), составил ориентировочно от 7 до 9 млн руб. за период с 2018 по 2023 годы.

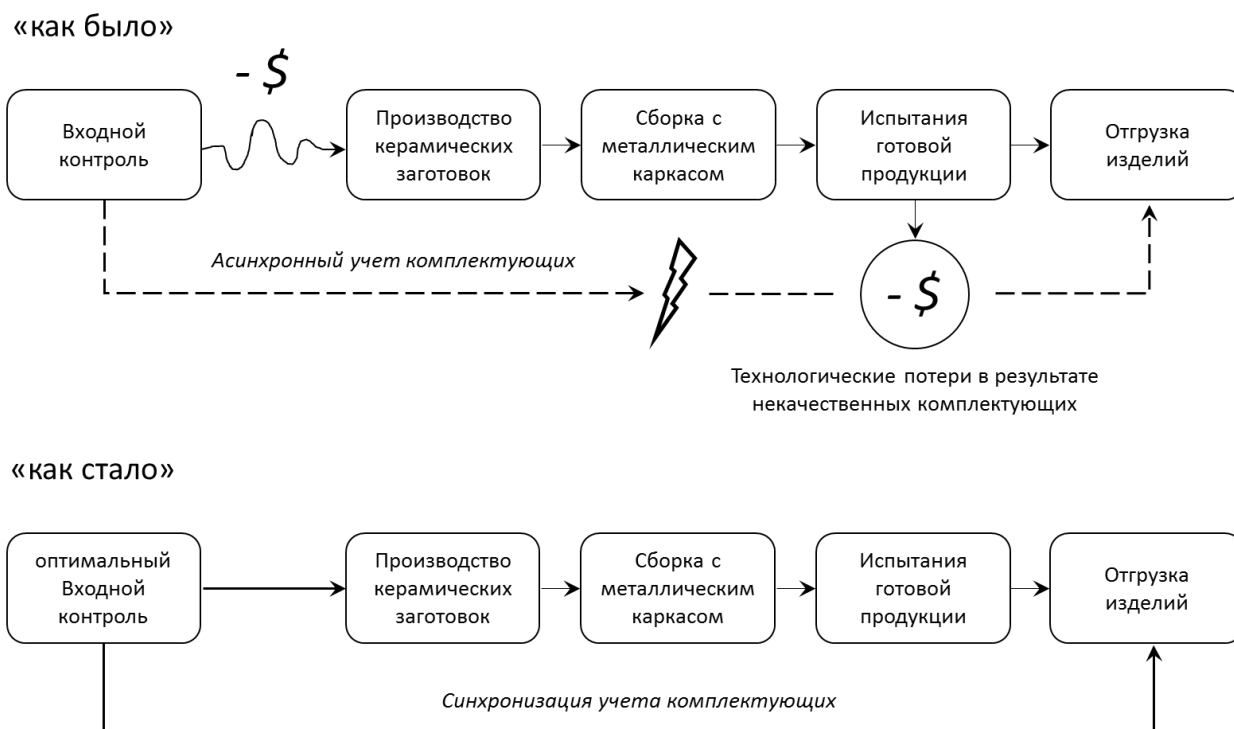


Рис. 2. Схема влияния первой инновации на процесс изготовления изделий (составлено авторами)
 Fig. 2. Scheme of the influence of the first innovation on the manufacturing process (compiled by the authors)

Технологическая инновация 2: усовершенствованная технология приготовления герметика. Соединение керамического корпуса и металлического каркаса происходит через слой эластичного адгезива, в роли которого выступает кремнийорганический герметик. Помимо основной функции соединения, герметик выполняет ряд дополнительных функций: создает полную герметизацию внутреннего объема изделия, обеспечивает прочность, достаточную для сопротивления силовым нагрузкам, и снижает вибродинамические нагрузки благодаря своей эластичности, а также препятствует разрушению изделия в результате давления металлического каркаса при расширении металла под действием высоких температур в случаях несоблюдения поставщиками геометрических размеров [8].

Процесс перемешивания компонентов герметика является ключевым при его приготовлении. Ввиду высокой вязкости пасты и малого количества остальных компонентов, равномерное перемешивание представляет определенные трудности. Неравномерное перемешивание приводит к наличию градиента физико-технических свойств по объему герметика, что может стать причиной снижения надежности клеевого соединения. При ручном способе перемешивания разброс значений прочности клеевого соединения мог

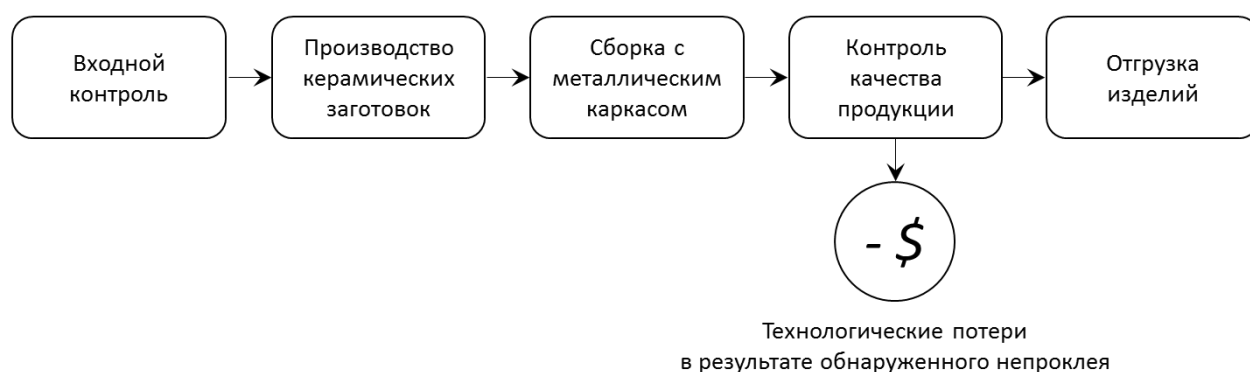
достигать 40%. Также при перемешивании герметика в него попадал воздух, который перерастал в полости в структуре после вулканизации, что значительно снижало прочность соединения.

Для решения этих проблем был внедрен аппарат для автоматического перемешивания герметика в условиях вакуума – диссольвер. Диссольвер не только обеспечил равномерное перемешивание компонентов, но и позволил увеличить прочность клеевого соединения в системе керамика-металл до 17% и уменьшить разброс значений прочности на 37%, а также сократить количество воздушных пузырей в структуре герметика [10]. На **рис. 3** изображен логистический процесс изготовления наукоемких керамических изделий с учетом внедренной инновации в формате «как было» и «как стало».

Для оптимизации процесса перемешивания было исследовано влияние кинематических параметров (скорости и времени) на прочность соединения и подобран оптимальный режим работы диссольвера. Новизна и оригинальность разработанного способа подтверждена патентом РФ №2640778 от 11.01.2018 [8].

Применение усовершенствованной технологии приготовления герметика позволило снизить уровень технологических потерь на окончательном этапе сборки с 3,4 до 0,03%.

«как было»



«как стало»

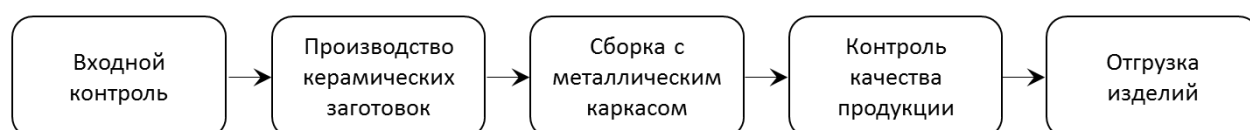


Рис. 3. Схема влияния второй инновации на процесс изготовления изделий (составлено авторами)

Fig. 3. Scheme of the influence of the second innovation on the manufacturing process (compiled by the authors)

Технологическая инновация 3: визуально-оптический контроль. В процессе изготовления наукоемких керамических изделий существует риск образования дефектов на ранних стадиях производства. Особенно критичным является этап механической обработки, когда происходит удаление существенной доли материала керамической заготовки, что может привести к выявлению дефектов, которые образовались в теле заготовки на предыдущих операциях (помол, формование, обжиг).

До внедрения инновации технологический процесс допускал определенный уровень технологических потерь на окончательном этапе изготовления изделия. Это приводило к значительным потерям, особенно с учетом роста объемов производства. Для решения этой проблемы была разработана и внедрена инновационная методика визуально-оптического неразрушающего контроля (ВОК), позволяющая выявлять поверхностные и подповерхностные дефекты значительно меньших размеров и с большей вероятностью, чем при традиционном визуальном осмотре.

Суть метода заключается в пропитывании керамических заготовок водой для повышения степени оптической прозрачности в видимом световом спектре с целью увеличения контрастности и уменьшения размера минимально выявляемого дефекта, а осмотр изделия проводится как в прошедшем, так и в отраженном свете.

Внедрение ВОК позволило исключить случаи разрушения изделий на окончательном этапе подтверждения надежности. Особенно важно отметить своевременность внедрения данной инновации: при трехкратном увеличении объема производства изде-

лий случаи их разрушения на испытаниях прекратились полностью.

Дальнейшим развитием инновации стало внедрение и совершенствование производственного ВОК после операции внутренней механической обработки керамических заготовок. Это позволило исключить экономически неоправданную обработку наружной поверхности для 10,6% керамических заготовок, содержащих внутренние дефекты, что привело к значительной экономии времени работы дорогостоящего оборудования и операторов этого оборудования.

Кроме того, своевременное обнаружение дефектов на внутренней поверхности позволило осуществлять доработку с целью их устранения за счет оставшегося технологического припуска на наружной поверхности. Несмотря на увеличение времени операции механической обработки в среднем на 15%, эффективность устранения выявленных дефектов достигла 80%. При этом технологические потери перераспределились с окончательных испытаний уже собранных изделий, которые прошли все стадии производства на этапе изготовления керамических заготовок, где стоимость технологических потерь значительно ниже (уменьшенный диаметр на схеме).

На рис. 4 изображен логистический процесс изготовления наукоемких керамических изделий с учетом внедренной инновации в формате «как было» и «как стало».

Новизна и оригинальность разработанного способа и его развития подтверждена четырьмя патентами (например, [8, 10]), а условный производственно-экономический эффект от внедрения ВОК за период с 2016 по 2023 годы мог составить от 2,5 до 7 млн руб. в год.



Рис. 4. Схема влияния третьей инновации на процесс изготовления изделий (составлено авторами)
 Fig. 4. Scheme of the influence of the third innovation on the manufacturing process (compiled by the authors)

Технологическая инновация 4: программный автоматизированный управленческий комплекс. С ужесточением требований к расходу комплектующих для изготовления наукоемких керамических изделий возникла необходимость использовать комплектующие только с изделиями в рамках одного договора и ежеквартально проводить сверку их расходования. Для решения этой проблемы был разработан и внедрен специализированный интерфейс программного аппаратного управленческого комплекса (ПАУК).

ПАУК представляет собой программно-аппаратный комплекс для автоматизации управления технологическими процессами на базе ИС и предназначен для получения оперативной информации о результатах работы производственного подразделения. Технически ПАУК реализован в виде установленных на каждом участке и связанных по локальной вычислительной сети терминалов со специальным программным обеспечением, учитывающим все действия и операции в технологическом процессе изготовления наукоемких керамических изделий. Новизна и оригинальность разработанного комплекса подтверждена патентом РФ №2699330 от 06.01.2018 [10].

Использование ПАУКа позволило:

1. Контролировать и управлять технологическими процессами на новом уровне, что привело к сокращению временных затрат на диспетчеризацию и инвентаризацию.
2. Избегать ошибок, обусловленных человеческим фактором, и использовать комплектующие только в рамках договора поставки изделий.
3. Вести полный учет комплектующих и формировать ежеквартальные отчеты.

4. Хранить результаты входного контроля и сопроводительную документацию для каждого металлического каркаса.

5. Дистанционно отслеживать наличие и качество поступивших каркасов.

Особенно важной функцией ПАУКа стала «защита от непреднамеренных ошибок» при сборке изделия с комплектующими из другого договора, с истекшим сроком годности или не прошедшими входной контроль, что позволило исключить брак на окончательном этапе сборки керамического корпуса и металлического каркаса.

Дополнительным преимуществом использования ПАУКа стала возможность реализации металлических каркасов, сохраненных в результате применения других инноваций, для использования в рамках вновь заключенных договоров. Условная производственно-экономическая эффективность от исключения технологических потерь из-за отклонений геометрических параметров металлических каркасов, а также внедрения поштучного учета и реализации сохраненных комплектующих за период с 2018 по 2023 годы могла достигать от 4 до 7 млн руб. ежегодно.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволяет резюмировать следующие выводы.

Проведенная оценка демонстрирует значительную условную производственно-экономическую эффективность технологических инноваций, внедренных в наукоемкое производство керамических изделий на АО «ОИПП „Технология” им. А.Г. Ромашина».

Применение инновационного подхода позволило существенно снизить уровень технологических потерь, повысить качество и надежность выпускаемой продукции, оптимизировать использование ресурсов и обеспечить стабильное выполнение договорных обязательств. Особую ценность представляет комплексный подход к решению производственных задач, сочетающий технологические инновации с организационными и управленческими решениями. Внедрение рассмотренных новшеств позволило достичь значительного повышения эффективности производства наукоемких керамических изделий, а новизна этих решений подтверждается получением шести патентов РФ на изобретения.

Важно отметить, что внедренные технологические инновации не потребовали значительных финансовых затрат, но при этом обеспечили значительное повышение качества и надежности выпускаемой продукции, что подтверждено представленной оценкой условного производственно-экономического эффекта. Такие положительные результаты свидетельствуют о высокой рентабельности инновационных проектов, что особенно актуально в условиях ограниченных финансовых ресурсов многих наукоемких предприятий отрасли машиностроения.

Список источников

1. Миндлин Ю.Б. Настоящее и будущее развития наукоемкого производства Российской Федерации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2021. № 3. С. 35-40.
2. Шинкевич А.И., Барсегян Н.В. Особенности инновационного развития высокотехнологичных секторов в России // Интеллектуальный город: устойчивость, управление, архитектура, реновация, технологии: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Казань: КГАСУ, 2018. С. 60-64.
3. Кудрявцева С.С., Халиулин Р.А. Процессный подход в управлении промышленным предприятием: инструменты индустрии 4.0 // Компетентность. 2022. № 6. С. 36-41.
4. Бережливое производство как адаптационный инструмент ценностного проектного управления экономическим развитием: теория и практика / Дзензелюк Н.С., Баев Л.А., Камалова А.С., Короленко А.Н., Новосад В.М. // Управление риском. 2024. № 4 (112). С. 28-41.
5. Пытьев Н.Н. Бережливое производство: контринтуитивные подходы к повышению операционной эффективности // Лидерство и менеджмент. 2025. Т. 12. № 5. С. 1091-1108.
6. Оптический контроль повреждений грузоподъемных канатов металлургического технологического оборудования / Кульчицкий А.А., Николаев М.Ю., Бригаднов И.А., Русинов Л.А. // Инженерный вестник Дона. 2025. № 3 (123). С. 133-153.
7. Рубцов Ю.В., Мальшев В.Э., Назаренко А.А. Автоматизированный визуальный контроль качества изделий микроэлектроники методом сравнения шаблонов // Радиотехническая электроника: проблемы и их решения. 2024. № 13. С. 18-21.
8. Патент № 2746674 С1 Российская Федерация, МПК G01N 21/93, G01N 21/952, G01N 21/954. Способ визуально-оптического контроля поверхности : № 2020128097 : заявл. 24.08.2020 : опубл. 19.04.2021 / Д. В. Харитонов, А. В. Терехин, А. И. Амосов [и др.] ; заявитель Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие „Технология” им. А.Г. Ромашина».
9. Ахмад А., Ляпунцова Е.В. Визуальный контроль в программно-техническом комплексе для автоматизации встроенных микропроцессорных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 9. С. 179-184.
10. Патент РФ № 2699330. Программно-аппаратный управленческий комплекс, интегрированный в производство керамических изделий / Д.В. Харитонов, А.В. Грошев, А.А. Анашкина, М.Ю. Русин, А.С. Хамниев: опубл. 06.01.2018; заявитель Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие „Технология” им. А.Г. Ромашина».

References

1. Mindlin Yu.B. The present and future of the development of science-intensive production in the Russian Federation. *Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo* [Modern Science: Current issues of theory and practice. Series: Economics and Law]. 2021;(3):35-40. (In Russ.)
2. Shinkevich A.I., Barsegyan N.V. Features of innovative development of high-tech sectors in Russia. *Intellektualniy gorod: ustoychivost, upravlenie, arkhitektura, renovatsiya, tekhnologii: Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Intelligent City: Sustainability, Management, Architecture, Renovation, Technologies. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Kazan: KGASU, 2018;60-64. (In Russ.)
3. Kudryavtseva S.S., Khaliulin R.A. Process approach in industrial enterprise management: tools of Industry 4.0. *Kompetentnost* [Competency]. 2022;(6):36-41. (In Russ.)
4. Dzenzelyuk N.S., Baev L.A., Kamalova A.S., Korolenko A.N., Novosad V.M. Lean production as an adaptation tool for value-based project management of economic development: theory and practice. *Upravlenie riskom* [Risk Management]. 2024;(4(112)):28-41. (In Russ.)
5. Pytev N.N. Lean production: counterintuitive approaches to improving operational efficiency. *Liderstvo i menedzhment* [Leadership and Management]. 2025;12(5):1091-1108. (In Russ.)
6. Kulchitskiy A.A., Nikolaev M.Yu., Brigadnov I.A., Rusinov L.A. Optical inspection of damage to load-bearing ropes in metallurgical process equipment. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2025; (3(123)):133-153. (In Russ.)
7. Rubtsov Yu.V., Malyshev V.E., Nazarenko A.A. Automated visual quality control of microelectronics products using template matching. *Radioelektronnaya otrasl: problema i ikh resheniya* [Radioelectronic Industry: Problems and Their Solutions]. 2024;(13):18-21. (In Russ.)
8. Kharitonov D.V., Terekhin A.V., Amosov A.I. et al. *Sposob vizualno-opticheskogo kontrolya poverkhnosti* [Method of visual-optical surface inspection]. Patent RU, no. 2746674, C1, 2021.

9. Ahmad A., Lyapunsova E.V. Visual inspection in a software and hardware complex for automating embedded microprocessor systems. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of Tula State University. Technical Sciences]. 2024;(9):179-184. (In Russ.).
10. Kharitonov D.V., Groshev A.V., Anashkina A.A., Rusin M.Yu., Khamniev A.S. *Programmo-apparatniy upravlencheskiy kompleks, integrirovanniy v proizvodstvo keramicheskikh izdeliy* [Software and hardware management complex integrated into ceramic products production]. Patent RU, no. 2699330, 2018.

Поступила 18.08.2025; принята к публикации 10.11.2025; опубликована 31.03.2026
Submitted 18/08/2025; revised 10/11/2025; published 31/03/2026

Амосов Алексей Игоревич – аспирант,
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия;
начальник участка,
АО «ОНПП „Технология” им. А. Г. Ромашина», Обнинск, Россия.
Email: tech.amosov@obninsk.ru. ORCID 0009-0004-7613-6999

Кудрявцева Светлана Сергеевна – доктор экономических наук, доцент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.
Email: sveta516@yandex.ru. ORCID 0000-0002-2467-8874

Харитонов Дмитрий Викторович – доктор технических наук, доцент,
заслуженный изобретатель Российской Федерации, заместитель директора научно-производственного комплекса по производственной деятельности – начальник цеха,
АО «ОНПП „Технология” им. А. Г. Ромашина», Обнинск, Россия.
Email: haritonovdv1978@gmail.com. ORCID 0000-0002-5121-6448

Alexey I. Amosov – Postgraduate Student,
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia;
Head of Workshop Section,
JSC ONPP Tekhnology named after A. G. Romashin, Obninsk, Russia.
Email: tech.amosov@obninsk.ru. ORCID 0009-0004-7613-6999

Svetlana S. Kudryavtseva – DrSc (Eng.), Associate Professor,
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
Email: sveta516@yandex.ru. ORCID 0000-0002-2467-8874

Dmitry V. Kharitonov – DrSc (Eng.), Associate Professor, Honored Inventor of the Russian Federation,
Deputy Director of the Scientific and Production Complex for Production Activities – Head of the Workshop,
JSC ONPP Tekhnology named after A. G. Romashin, Obninsk, Russia.
Email: haritonovdv1978@gmail.com. ORCID 0000-0002-5121-6448