

АЛГОРИТМ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

Скибин Станислав Алексеевич

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет
1376746@bsuedu.ru

ALGORITHM OF THE EXPERT SYSTEM FOR QUALITY CONTROL OF STEEL PIPE MANUFACTURING

S. Skibin

Summary. This article addresses the issue of improving quality control efficiency in steel pipe production, which is currently hindered by a fragmented approach to quality assurance at different stages of production. This approach complicates the formation of a holistic view of the product quality and leads to increased time and labor costs due to the necessity of manual inspections. To address this problem, an algorithm was developed to automate the quality control process, integrating all stages of production. The algorithm reduces the time required for inspections and enhances the accuracy of quality assessment. The effectiveness evaluation of the algorithm's implementation demonstrated a significant reduction in inspection time and a 21.3 % improvement in labor productivity. This indicates a positive impact of automating the quality control process and opens opportunities for further improvement and optimization of steel pipe production.

Keywords: quality, quality control, steel pipes, algorithm, automation, production process, labor productivity, time costs, optimization.

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения эффективности контроля качества при производстве стальных труб, связанная с фрагментированным подходом к обеспечению качества на отдельных этапах производства. Этот подход осложняет получение целостного представления о качестве продукции, а также приводит к увеличению временных затрат и трудоёмкости из-за необходимости проведения ручных проверок. В связи с этим был предложен и разработан алгоритм, который автоматизирует процесс проверки качества, обеспечивая интеграцию всех этапов производства. Алгоритм позволяет сократить время, необходимое для проведения контроля, и повысить точность оценки качества продукции. Оценка эффективности внедрения алгоритма показала значительное сокращение времени выполнения проверок и повышение производительности труда на 21,3 %. Это свидетельствует о положительном эффекте от автоматизации процесса контроля качества и открывает возможности для дальнейшего улучшения и оптимизации производства стальных труб.

Ключевые слова: качество, контроль качества, стальные трубы, алгоритм, автоматизация, производственный процесс, производительность труда, временные затраты, оптимизация.

Введение

На современном этапе организации трубопрокатного производства характерен фрагментированный подход к обеспечению качества: каждый участок отвечает за параметры продукции исключительно в пределах своей технологической операции. Такая модель управления затрудняет формирование целостного представления о качестве изделия на всём производственном маршруте. Более того, ряд дефектов — в частности, внутренние повреждения и микротрещины — остаются незамеченными до заключительных этапов контроля. В результате значительно возрастает нагрузка на специалистов по качеству, которым приходится проводить детальные ручные проверки, сопряжённые с высокой трудоёмкостью и временными затратами. Это, в свою очередь, увеличивает продолжительность производственного цикла и снижает объективность оценки [5, с. 305].

Дополнительно, отсутствие единой цифровой платформы, объединяющей производственные звенья, снижает скорость обработки информации и затрудняет оперативное выявление причин отклонений. Учитывая

высокую стоимость трубной продукции и её применение в технологически ответственных секторах — таких как нефтегазовая и энергетическая промышленность — возрастает потребность в точных и своевременных методах контроля. В связи с этим становится актуальной разработка инструментов, обеспечивающих непрерывную и комплексную оценку качества на всех этапах изготовления [2, с. 111].

Объектом исследования является процесс проверки качества изготовления стальных труб.

Предметом исследования алгоритм экспертной системы проверки качества изготовления стальных труб.

Цель исследования заключается в уменьшении временных затрат на процессы контроля качества при производстве стальных труб.

Материалы и методы

В ходе исследования был реализован алгоритм проверки качества изготовления стальных труб, направленный

ный на устранение недостатков существующей системы контроля.

Актуальность разработки обусловлена необходимостью повышения оперативности, объективности и достоверности оценки качества продукции в условиях трубопрокатного производства. Проведённый анализ показал, что действующие подходы, базирующиеся преимущественно на ручной проверке и децентрализованной ответственности, не обеспечивают должной эффективности в условиях современного производства и цифровой трансформации.

В рамках поставленных задач был сформирован алгоритм (рис. 1), позволяющий систематизировать процедуру контроля качества на всех этапах производствен-

ного цикла. Данный алгоритм охватывает как входной контроль документации, так и техническую проверку геометрических и механических характеристик труб, а также автоматизирует принятие решений по результатам испытаний. Особенностью предложенного подхода является интеграция экспертной системы, использующей predetermined rules and accumulated data for conclusions on compliance of the product with established requirements.

Применение разработанного алгоритма способствует снижению вероятности пропуска дефектов, уменьшению времени на проведение контрольных операций и повышению прозрачности процессов. Кроме того, созданная система может быть адаптирована под различные типы трубной продукции и расширена за счёт

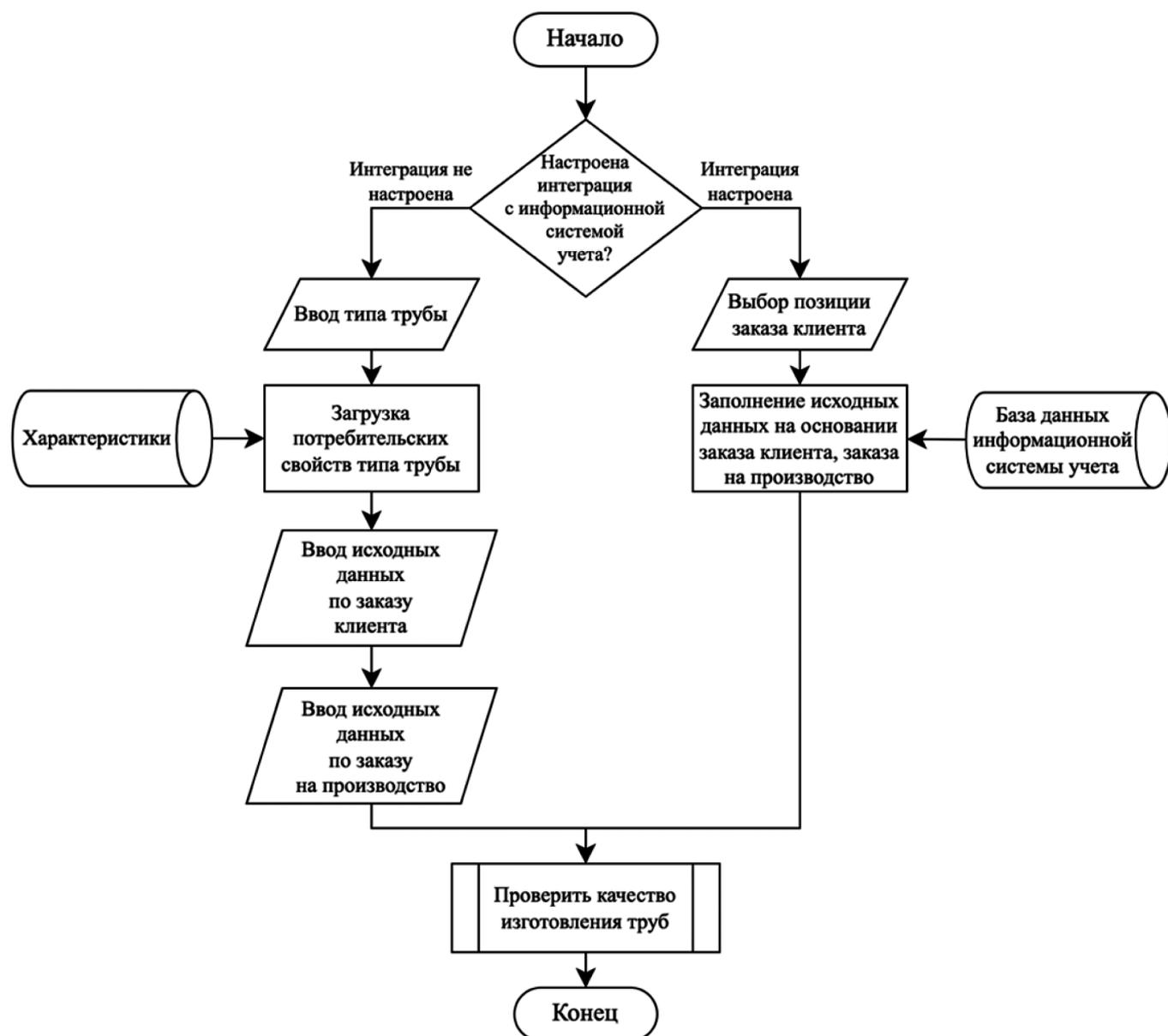


Рис. 1. Алгоритм проверки качества изготовления стальных труб

включения новых критериев оценки, что делает её универсальным инструментом в рамках цифровизации трубопрокатного производства [6, с. 323].

На рисунке 1 представлена логическая схема алгоритма подготовки исходной информации, служащей основой для проведения контроля качества стальных труб. Алгоритм охватывает этап предварительной инициализации данных, обеспечивая корректное и полное формирование входной информации до начала аналитических и экспертных процедур.

Процесс запускается с проверки состояния интеграции с корпоративной информационной системой (КИС), обеспечивающей автоматизированный обмен данными между производственными и управленческими уровнями. Если интеграция активна, пользователю достаточно выбрать конкретную позицию из реестра клиентских заказов, после чего система автоматически извлекает связанный производственный заказ, потребительские характеристики, нормативные требования и другие параметры, необходимые для анализа. Такой подход минимизирует участие человека, устраняет дублирование ввода и снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором [4, с. 134].

В случае отсутствия интеграции с КИС система переходит в режим ручного ввода. Пользователь поэтапно задаёт следующие параметры:

- тип и назначение трубы, включая предполагаемые условия эксплуатации (например, агрессивная среда, повышенное давление и т.д.);
- потребительские требования, выдвигаемые заказчиком (механические свойства, допустимые отклонения, стандарты качества);
- производственные параметры, отражающие особенности изготовления (марка стали, способ формовки, режим термообработки, виды контроля).

После завершения ввода — вне зависимости от способа получения данных (автоматического или ручного) — формируется единый структурированный массив исходной информации, необходимый для последующей многоуровневой проверки качества.

Завершающим этапом алгоритма является передача сформированных данных в модуль экспертной системы, где происходит сопоставление фактических характеристик труб с заданными критериями. Это обеспечивает целостный подход к оценке соответствия продукции требованиям, заявленным как со стороны заказчика, так и внутренними регламентами предприятия.

Таким образом, представленный алгоритм выполняет функцию интеллектуального фильтра, который обеспечивает актуальность, непротиворечивость и полноту

исходных данных, что критически важно для достоверного и эффективного контроля качества в условиях современного трубопрокатного производства.

Алгоритм модуля экспертной системы представлен на рисунке 2.

Процесс контроля качества стальных труб начинается с инициализации процедуры проверки. На начальном этапе система определяет наличие активного подключения к корпоративной информационной системе. Если обмен данными настроен, система автоматически извлекает все необходимые дополнительные требования к продукции, связанные с конкретным заказом. При отсутствии связи пользователь вручную вводит недостающие параметры, включая специальные требования клиента и условия эксплуатации [7, с. 865–866].

Следующим шагом осуществляется автоматическая загрузка нормативно-технической документации, регулирующей параметры трубной продукции. В качестве источников используются базы стандартов и база знаний, включающая актуальные версии ГОСТ, ТУ и внутренних нормативов предприятия. На основе этих данных выполняется предварительная верификация — сопоставление информации о продукции с нормативными требованиями и параметрами заказа. Если имеются расхождения, система прекращает дальнейшую проверку и генерирует акт несоответствия по документальному контролю [3, с. 145].

При положительном результате документальной проверки контроль переходит в практическую часть. Первым этапом здесь является визуальный осмотр труб. С использованием базы эталонных дефектов производится оценка состояния поверхности: наличие трещин, вмятин, следов коррозии и иных отклонений. При обнаружении дефектов, не допускаемых нормативами, система автоматически формирует акт выбраковки по результатам визуального контроля [8, с. 2509].

Если внешний осмотр не выявил нарушений, проверка продолжается оценкой геометрических характеристик труб. Контролируются ключевые параметры, включая внешний и внутренний диаметр, толщину стенки, длину, овальность, прямолинейность и другие показатели. Все данные сравниваются с нормативными значениями, и при наличии несоответствий оформляется соответствующий акт [1, с. 54].

Финальным этапом служит проверка механических свойств трубной продукции. Выполняются испытания на прочность, пластичность, твёрдость, ударную вязкость, устойчивость к коррозии и другие характеристики в соответствии с техническим заданием. При обнаружении несоответствий системе поручается оформить

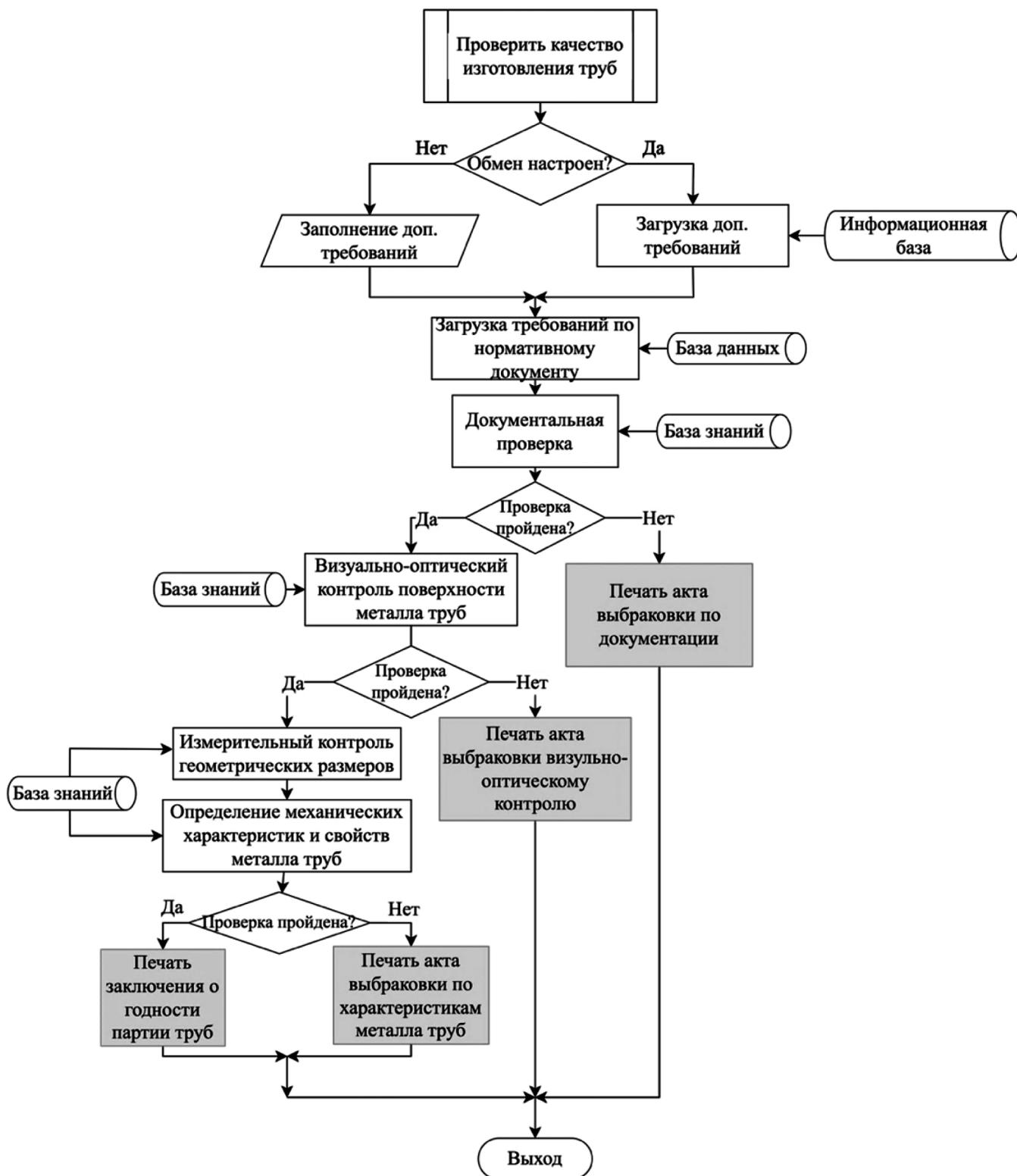


Рис. 2. Алгоритм модуля экспертной системы

акт выбраковки по физико-механическим параметрам [9, с. 83].

Если трубная продукция успешно проходит все этапы контроля, формируется итоговое заключение о соответ-

ствии. Этот документ подтверждает пригодность партии к дальнейшему использованию, включая отгрузку или передачу на следующий этап технологической цепочки [10, с. 95].

Таким образом, алгоритм представляет собой детализированную пошаговую систему, обеспечивающую комплексную оценку трубной продукции на всех уровнях. Внедрение автоматических актов несоответствия на каждом этапе позволяет существенно повысить точность, прозрачность и воспроизводимость контроля, а также сократить влияние субъективного человеческого фактора.

Результаты и обсуждения

Для оценки эффективности внедрённого решения были использованы показатели, позволяющие зафиксировать изменения в затратах времени и уровне задействования трудовых ресурсов при выполнении операций, связанных с контролем качества изготовления стальных труб.

После проведения контрольного запуска системы была выполнена сравнительная оценка до и после внедрения. Основное внимание уделялось анализу временных затрат сотрудников на стандартные этапы проверки: от получения исходной информации до формирования итогового заключения. Ключевым индикатором послужил прирост производительности труда — показатель, демонстрирующий, насколько быстрее и с меньшими трудовыми затратами выполняется та же объёмная работа после внедрения новой системы. Этот параметр позволяет наглядно определить эффективность изменений, выраженную в сокращении времени и повышении объёма выполненных задач за единицу времени.

Результаты оценки эффективности алгоритма представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Оценка эффективности

№ п/п	Вид работ	Среднее время на проверку одной партии труб на смену на одного сотрудника, минут		Экономия времени за смену	Повышение производительности труда, %
		До внедрения	После внедрения		
1	Проверка качества изготовления стальных труб	170	130	40	23,5
2	Составление документации	200	170	30	15
3	Формирование отчетов	164	120	44	26,8
ИТОГО		534	420	114	21,3 %

Расчёты, представленные в таблице 1, основаны на следующих исходных данных:

- сотрудник отдела технологического контроля тратит 80 % рабочего времени на выполнение трёх ключевых операций, указанных в таблице;
- продолжительность одной производственной смены составляет 720 минут (12 часов);
- все сотрудники выполняют указанные операции за одинаковое количество времени.

До внедрения разработанного алгоритма среднее суммарное время, затрачиваемое на выполнение трёх основных видов работ в течение одной смены, составляло 534 минуты. После внедрения — 420 минут. Это свидетельствует о снижении трудозатрат на 114 минут на одного сотрудника в смену.

Заключение

Внедрение разработанного алгоритма для проверки качества изготовления стальных труб стало важным шагом в решении проблем фрагментированного подхода к контролю качества на трубопрокатных предприятиях. Отсутствие единой цифровой платформы и ручные проверки, требующие значительных временных и трудовых затрат, негативно сказывались на оперативности и точности контроля, что приводило к увеличению производственного цикла и снижению объективности оценок.

Реализованный алгоритм обеспечил систематизацию процесса проверки качества на всех этапах производственного цикла, начиная от входного контроля документации до испытаний на механические характеристики труб. Автоматизация этих процессов позволила значительно сократить время, затрачиваемое на проверки, повысив точность и объективность принятия решений.

Эффективность внедрения системы была подтверждена расчетами, которые показали сокращение времени, затрачиваемого на проверку качества, на 21,3 % за одну производственную смену. Это результат улучшения взаимодействия между различными участками производства и автоматизации ключевых операций, что позволило снизить нагрузку на специалистов по качеству и повысить их производительность.

Таким образом, внедрение экспертной системы, на основании разработанного алгоритма стало значительным вкладом в повышение оперативности и точности контроля качества стальных труб. Это решение отвечает требованиям современной цифровизации производства и может служить основой для дальнейших улучшений в области качества продукции на трубопрокатных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров А.В. Оценка качества муфтовой заготовки для насосно-компрессорных труб / А.В. Владимиров, Г.А. Орлов // Технология металлов. — 2020. — № 8. — С. 52–56. — DOI 10.31044/1684–2499-2020-0-8-52-56. — EDN UYFKDQ.
2. Зубарева А.Д., Мельников А.С., Озеров С.Л., Захаров А.К. Теоретические аспекты понятия качество продукции и управление качеством продукции как показателей экономической эффективности предприятия / А.Д. Зубарева, А.С. Мельников, С.Л. Озеров, А.К. Захаров // Импульс организационных инноваций: Сборник научных работ 2 межвузовского конкурса студентов, магистрантов и аспирантов. Том 2. — Москва: ООО «Паблит», 2021. — С. 110–122. — EDN GAETL.
3. Полецков П.П. Проблемы в области производства и эксплуатации магистральных труб Северного исполнения / П.П. Полецков, Д.Ю. Алексеев // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 22–26 апреля 2019 года. Том 1. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2019. — С. 145. — EDN PXNOAF.
4. Скородумов С.В. Исследование влияния факторов, определяющих качество материала труб, на надежность объектов трубопроводного транспорта нефти / С.В. Скородумов, П.В. Пошибаев, Н.К. Габдуллин // Нефтяное хозяйство. — 2023. — № 9. — С. 133–136. — DOI 10.24887/0028-2448-2023-9-133-136. — EDN SNOPBM.
5. Стахеева Л.М. Показатели и методы повышения производительности труда / Л.М. Стахеева // Социально-гуманитарное образование: новые подходы и тренды: Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, Екатеринбург, 13 октября 2023 года. — Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. — С. 304–308. — EDN LVLHPU.
6. Сунгатулина З.А. Методы оценки взаимосвязи между уровнем качества продукции и экономическими показателями / З.А. Сунгатулина // Техника и технология современных производств: Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 13–14 мая 2024 года. — Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. — С. 322–325. — EDN ENKJQL.
7. Трифанов В.И. Технологическое обеспечение качества изготовления каналов труб волноводов из ферромагнитных материалов / В.И. Трифанов, Т.А. Пчелкина, Ю.Ф. Басов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики: в 3 томах, Красноярск, 12–16 апреля 2021 года / Под общей редакцией Ю. Ю. Логинова. Том 2. — Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2021. — С. 865–866. — EDN GSAARG.
8. Чедайкин В.М. Методы, цели и показатели для оценки качества продукции / В.М. Чедайкин // Проспект Свободный — 2023: Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 24–29 апреля 2023 года. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. — С. 2508–2510. — EDN YMDIEM.
9. Чернильник А.А. Способы повышения качества поверхности водопроводных труб / А.А. Чернильник, М.И. Онищук, К.К. Евсюков // СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУКИ: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Самара, 18 марта 2019 года. — Самара: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2019. — С. 83–84. — EDN ZAFKJN.
10. Шайбакова Л.Ф. Оценка тенденций и проблем развития производства стальных труб в Российской Федерации / Л.Ф. Шайбакова, А.В. Курдюмов, Н.С. Громова // Общество: политика, экономика, право. — 2023. — № 12(125). — С. 90–98. — DOI 10.24158/rep.2023.12.11. — EDN CVSYIP.

© Скибин Станислав Алексеевич (1376746@bsuedu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»