

Краткие сообщения Brief reports

Краткое сообщение

УДК 65.011

DOI: 10.14529/ctcr250108

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ, МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВЫПУСКАЮЩИХ И ИСПОЛЬЗУЮЩИХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЛИСТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Л.Ю. Костылева, kostylevali@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2451-3042>

О.В. Логиновский, loginovskii@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3582-2795>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Вопросы повышения эффективности работы промышленных предприятий и организаций в последние годы приобретают все более важное значение. Необходимость решения подобной задачи становится актуальной как для промышленных предприятий и организаций в целом, так и для предприятий, связанных с выпуском продукции и эксплуатацией технологического оборудования из биметаллических листовых материалов. **Цель исследования.** Учитывая большое количество исследований и разработок, направленных на повышение эффективности функционирования промышленных предприятий, авторы данной статьи стремятся представить наиболее значимые и успешные исследования, посвященные решению этих задач. **Материалы и методы.** Анализ управленческих подходов, средств, технологий и механизмов улучшения работы промышленных предприятий, осуществляющих производство изделий и эксплуатацию конструкций из биметаллических листовых материалов, базируется на значительном объеме научных материалов, представленных в научно-технической литературе. **Результаты.** Представлен набор наиболее существенных мер по совершенствованию работы промышленных предприятий и организаций и сделан акцент на тех предложениях, которые позволят добиться наиболее существенных результатов для предприятий, производящих и использующих биметаллические листовые материалы. **Заключение.** В статье показано, что повышение эффективности функционирования промышленных предприятий, деятельность которых в той или иной степени связана с производством или использованием изделий и конструкций из многослойных биметаллических материалов, должно осуществляться на основе актуальных подходов, средств и механизмов, включая создание методов и алгоритмов подготовки и принятия решений руководителями предприятий по основному направлению их деятельности, разработку современных информационных систем управления, а также развитие новых, перспективных технологий оценки качества продукции.

Ключевые слова: управление промышленными предприятиями, повышение эффективности, механизмы управления, умное управление, технологическое развитие, биметаллы, неразрушающий контроль

Для цитирования: Костылева Л.Ю., Логиновский О.В. Анализ подходов, методов и технологий повышения эффективности функционирования промышленных предприятий, выпускающих и использующих биметаллические листовые материалы // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2025. Т. 25, № 1. С. 99–107. DOI: 10.14529/ctcr250108

ANALYZING APPROACHES, METHODS, AND TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES PRODUCING AND USING BIMETAL SHEET MATERIALS

L.Yu. Kostyleva, kostylevali@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2451-3042>
O.V. Loginovskiy, loginovskiiov@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3582-2795>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. The problems of increasing the efficiency of work of industrial enterprises and organisations have become more and more important in recent years. The necessity of solving such a problem becomes real both for industrial enterprises and organisations as a whole, and for enterprises connected with production and operation of technological equipment made of bimetallic sheet materials. **Aim.** Taking into account a large number of researches and developments aimed at increasing the efficiency of functioning of industrial enterprises, the authors of this article aim to present the most significant and successful studies devoted to solving these problems. **Materials and methods.** The analysis of management approaches, means, technologies and mechanisms for improving the efficiency of industrial enterprises engaged in the production of products and operation of structures from bimetallic sheet materials is based on a significant amount of scientific materials presented in scientific and technical literature. **Results.** A set of the most significant measures for improving the work of industrial enterprises and organisations is presented, and emphasis is placed on those proposals that will achieve the most significant results for enterprises producing and using bimetallic sheet materials. **Conclusion.** The article shows that the increase of efficiency of industrial enterprises functioning, which activity is connected with the production or use of products and constructions from multilayer bimetallic materials, should be carried out on the basis of actual approaches, means and mechanisms, including the creation of methods and algorithms of preparation and decision-making by managers of enterprises in the main direction of their activities, the development of modern information management systems, as well as the development of new, promising solutions for the development of new technologies and technologies in the field of bimetallic materials.

Keywords: industrial enterprise management, efficiency improvement, control mechanisms, smart management, technology development, bimetal, non-destructive testing

For citation: Kostyleva L.Yu., Loginovskiy O.V. Analyzing approaches, methods, and technologies for improving the efficiency of industrial enterprises producing and using bimetal sheet materials. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.* 2025;25(1):99–107. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr250108

Введение

Поиск идей, средств и методов повышения эффективности функционирования промышленных предприятий и организаций осуществляется уже в течение многих десятилетий. Руководители предприятий и организаций, а также ученые и специалисты, разрабатывающие подобные исследования, на сегодняшний день имеют в своем активе множество научных работ и методических разработок на эту тему.

Разумеется, что в рамках отдельной статьи невозможно упомянуть даже значительной части авторов этих исследований. Однако наиболее значимыми работами в этой области, безусловно, являются труды знаменитого Анри Файоля [1] и его современников, Норберта Винера [2], Стаффорда Бира [3], а также более поздних, но тоже весьма известных авторов – Р. Акоффа [4], Г. Минцберга [5], Д. Аакера [6], Дж. Шелдрейка [7], Р. Коха [8], В.Н. Буркова [9–11], Д.А. Новикова [9–12]. Авторами данной статьи также подготовлен ряд публикаций, связанных с этой проблематикой [13–17].

Анализ актуальных методов, подходов и моделей совершенствования управления промышленными предприятиями

Рассматривая конгломерат научных трудов, посвященных вопросам совершенствования концептуальных подходов, методов, моделей и технологий управления промышленными предприя-

тиями, можно констатировать, что на сегодняшний день наиболее используемыми и эффективными средствами из них остаются следующие [17]:

- стратегические методы формирования приоритетов в определенные периоды времени;
- методы всестороннего анализа динамики показателей работы промышленных предприятий в сравнении с предприятиями-конкурентами по соответствующим сферам материального производства;
- методы и модели повышения адаптации промышленного предприятия к постоянно меняющимся условиям хозяйствования;
- методы совершенствования производственной логистики с ориентацией последней на возрастающую динамику рынков готовой продукции;
- методы и технологии оценки внешних, по отношению к предприятию факторов, оказывающих на компанию, возможно, даже большее воздействие, чем изменение факторов внутри предприятия;
- методы формирования современной структуры компании с ее ориентацией на повышение гибкости управления персоналом, обеспечение различного рода ресурсами, эффективного маркетинга исследований и др.;
- методы и технологии создания информационно-вычислительной структуры компании, ориентированные предпочтительно на собственные информационно-вычислительные системы управления, системы стратегического управления, а также оперативного управления и контроля в составе специального программного обеспечения по подготовке и принятию управленческих решений собственниками и руководителями промышленных предприятий;
- методы и модели управления проектами с позиций различных стейкхолдеров [18];
- методы и механизмы сбалансированного технологического развития промышленного предприятия [19].

К перечисленным подходам необходимо добавить также методы и механизмы умного управления [10,17], которые способны кардинально изменить отношение работников к своей деятельности. В первую очередь, благодаря внедрению принципов умного управления сотрудники начинают бережно расходовать ресурсы, что означает не только экономию материалов, но и более осознанное использование времени и усилий, и в конечном итоге приводит к повышению общей продуктивности.

Кроме того, механизмы умного управления способствуют эффективному использованию оборудования. С помощью современных технологий можно проводить мониторинг состояния оборудования в реальном времени. Это позволяет не только избежать простоев, но и своевременно проводить профилактическое обслуживание, что значительно увеличивает срок службы машин и механизмов.

Также стоит отметить, что внедрение методов умного управления формирует у работников стремление применять более эффективные средства производства. В условиях постоянного технологического прогресса, компании, использующие такие подходы, получают доступ к передовым технологиям и инновациям, что, в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности на рынке.

Помимо этого, важным аспектом является внедрение методов и технологий анализа и обработки информации с применением современной информационно-компьютерной техники. Такие технологии позволяют быстро и точно обрабатывать большие объемы данных, что способствует более обоснованному принятию управленческих решений. Это ведет к улучшению планирования и прогнозирования, а также к повышению общей эффективности бизнеса.

Механизмы умного управления можно условно разделить на несколько ключевых групп, каждая из которых имеет свои особенности и предназначение.

К первой группе отнесем неманипулируемые механизмы, или «механизмы честной игры», обеспечивающие отсутствие искажений информации, правдивое отражение работниками результатов своей деятельности. Работники должны иметь выгодные условия для того, чтобы сообщать честные данные о своих потребностях в ресурсах, а также о реальных задачах и достижениях. Ключевое требование к таким механизмам заключается в том, что решения, принимаемые на основе честной информации, не должны негативно сказываться на самих работниках, её сообщаящих.

Во вторую группу объединим советующие механизмы, обеспечивающие выработку рекомендаций для лиц, принимающих решения (ЛПР). Для советующих механизмов существует несколько способов реализации, в том числе через группы экспертов либо автоматизированные экспертные системы. Советующие механизмы пассивного типа предоставляют релевантную информацию, необходимую ЛПР для принятия решения, но при этом не несут ответственности за эффективность своих рекомендаций. Активные советчики, в свою очередь, сравнивают эффективность своих советов с фактическими решениями ЛПР, что позволяет создать систему стимулирования, основанную на результатах.

Следующая группа включает согласованные механизмы, способствующие воспитанию ответственности у исполнителей. При их использовании работникам становится выгодно выполнять принятые обязательства и честно отражать результаты своего труда. Невыполнение плана или искажение информации в данном случае приносит исполнителям меньшую прибыль.

Наконец, развивающие механизмы играют важную роль в стимулировании роста и развития предприятий за счет снижения издержек и внедрения инноваций. Они позволяют организациям адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и повышать свою конкурентоспособность. Для успешной реализации развивающих механизмов необходимо учитывать как внутренние факторы, так и внешнюю среду, что требует комплексного подхода к управлению.

Таким образом, каждая из описанных групп механизмов умного управления имеет свои уникальные особенности и функции. Они обеспечивают эффективное управление ресурсами, способствуют честности и ответственности на всех уровнях, а также стимулируют развитие организаций, что является важным для достижения высоких результатов в условиях современного бизнеса.

Анализ средств и методов совершенствования управления предприятиями, выпускающими продукцию и использующими технологическое оборудование из биметаллических листовых материалов

Глубокий и всесторонний анализ существующих проблем и «узких» мест, которые негативно сказываются на эффективности деятельности компании, является первоочередной задачей руководителей промышленного предприятия. Этот процесс включает в себя не только выявление недостатков, но и понимание их причин, что требует тщательной работы – необходимо проанализировать состав и особенности управления основными факторами производства, которые являются основой функционирования предприятия.

Кроме того, следует обратить внимание на структуру управления, методы и технологии, применяемые в организации, – изучить и оценить организационную структуру, системы контроля, а также подходы к управлению, которые могут варьироваться от традиционных до современных. Полученные в результате такого комплексного анализа результаты дают руководителю возможность увидеть не только отдельные проблемы, но и их взаимосвязь для понимания общей картины функционирования компании.

В результате проведенных работ руководство получает возможность сделать обоснованные выводы о целесообразности различных изменений (структурных, технологических, экономических, организационно-управленческих и др.). На основе полученных данных формируется четкое видение будущего предприятия для разработки концепции стратегического развития, которая должна учитывать как внутренние, так и внешние факторы – изменения в экономике, технологическое развитие и тенденции в управлении. Таким образом, качественный анализ существующих проблем становится неотъемлемой частью процесса стратегического планирования и развития предприятия в целом [19].

Однако для предприятий, связанных с производством и использованием листовых биметаллических материалов, помимо перечисленных средств и методов повышения эффективности крайне важно рассмотреть вопросы совершенствования технологий оценки качества продукции и работоспособности технологического оборудования [20, 21].

Биметаллические материалы требуют строгого контроля на каждом этапе производственного процесса, поскольку качество соединения и обработки металлов существенно влияет на их механические и физико-химические свойства [22–24].

Совершенствование технологий оценки качества включает в себя разработку и внедрение комплексных систем контроля, которые учитывают не только физико-механические свойства

биметаллических листов, но и их эксплуатационные характеристики. Основой подобных систем является применение неразрушающих методов контроля, позволяющих выявлять скрытые дефекты на ранних стадиях производства [25, 26], а также использование актуальных цифровых технологий при проведении вычислительных экспериментов для исследования поведения цифровых двойников объектов контроля с применением современных программных продуктов, в том числе с открытым исходным кодом [27–29].

Кроме того, необходимо уделить внимание систематическому анализу работоспособности технологического оборудования. Регулярные проверки и техническое обслуживание станков и машин обеспечивают стабильность производственного процесса, а также позволяют отслеживать состояние оборудования в реальном времени, что существенно снижает риск поломок и аварий [30, 31].

Обоснование целесообразности внедрения системы контроля качества, базирующейся на современных технологиях, должно быть основано на применении комплексных методов многокритериального выбора среди альтернативных вариантов, которые описываются большим числом количественных и качественных характеристик различной степени значимости [20, 32].

Не менее важным аспектом является создание обратной связи между производственными процессами и отделом качества на основе интеграции системы выявления дефектов продукции с комплексной информационной системой предприятия. Это позволит оперативно реагировать на выявленные проблемы и вносить изменения в технологические процессы, что, в свою очередь, способствует улучшению качества конечной продукции. Оптимизация процессов и внедрение новых технологий помогут значительно снизить производственные затраты, а также увеличить конкурентоспособность компании на рынке [33, 34].

Дальнейшее совершенствование информационных систем для поддержки процессов оценки качества биметаллических листовых материалов с использованием тепловых методов неразрушающего контроля возможно за счет использования методов искусственного интеллекта для классификации дефектов по изображениям термограмм в реальном времени. Автоматизация процессов контроля качества путем внедрения систем машинного зрения и анализа данных на основе искусственного интеллекта может значительно ускорить процесс обнаружения дефектов и снизить влияние человеческого фактора [35, 36]. Такие системы могут обучаться на больших объемах данных, что позволяет им с высокой точностью прогнозировать возможные проблемы и предлагать пути их решения.

Заключение

Обоснованное внедрение инновационных методов контроля, основанных на использовании современных цифровых технологий, играет значительную роль в повышении эффективности и качества промышленных процессов. Для повышения эффективности функционирования предприятий, работающих с биметаллическими материалами, необходимо применять актуальные подходы, средства и механизмы, включая создание методов и алгоритмов подготовки и принятия решений руководителями предприятий по основному направлению их деятельности, разработку современных информационных систем управления, а также развитие новых, перспективных технологий оценки качества продукции. При этом важно не только внедрять современные методы контроля и диагностики, но и постоянно совершенствовать технологии выявления возможных дефектов, обеспечивая тем самым высокое качество продукции и надежность эксплуатируемого оборудования.

Список литературы

1. Файоль А. Общее и промышленное управление: пер. с фр. М.: Центральный институт труда, 1923. 122 с.
2. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине: пер. с англ. М.: Наука, 1983. 344 с.
3. Бир С. Кибернетика и управление производством: пер. с англ. М.: Физматгиз, 1963. 210 с.
4. Акофф Р.Л. Планирование будущего корпорации: пер. с англ. М.: Сирин, 2002. 256 с.
5. Минцберг Г., Альстрэнд Б., Лэмпел Дж. Школы стратегий. Стратегическое сафари: экскурсия по дебрям стратегий менеджмента: пер. с англ. СПб.: Питер, 2002. 336 с.

6. Аакер Д. Стратегическое рыночное управление: пер. с англ. СПб.: Питер, 2002. 544 с.
7. Шелдрейк Дж. Теория менеджмента: от тейлоризма до японизации: пер. с англ. СПб.: Питер, 2001. 352 с.
8. Кох Р. Стратегия: Как создавать и использовать эффективную стратегию: пер. с англ. СПб.: Питер, 2003. 320 с.
9. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами: учеб. М.: Кн. дом «Либроком», 2009. 264 с.
10. Механизмы управления. Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль / В.Н. Бурков, И.В. Буркова, М.В. Губко и др. М.: Ленанд, 2013. 216 с.
11. Теория управления (дополнительные главы) / под ред. Д.А. Новикова. М.: Ленанд, 2019. 552 с.
12. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Ленанд, 2022. 500 с.
13. Логиновский О.В. Управление и стратегии. Оренбург: Изд-во Оренбург. гос. ун-та; Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. 704 с.
14. Логиновский О.В., Максимов А.А. Управление промышленным предприятием: науч. изд. М.: Машиностроение, 2006. Т. 1. 603 с.
15. Логиновский О.В., Максимов А.А. Корпоративное управление: науч. изд. М.: Машиностроение, 2007. Т. 2. 624 с.
16. Методы и модели исследования теплового состояния многослойных материалов: учеб. пособие / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, Л.Ю. Костылева, И.М. Ячиков. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2023. 166 с.
17. Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы: моногр. / О.В. Логиновский, А.А. Максимов, В.Н. Бурков и др. М.: Инфра-М, 2018. 410 с.
18. Гельруд Я.Д., Логиновский О.В. Управление проектами: методы, модели, системы: моногр. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2015. 330 с.
19. Эффективное управление организационными и производственными структурами: моногр. / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко и др. М.: Инфра-М, 2020. 450 с. DOI: 10.12737/1087996
20. Костылева Л.Ю. Применение комплексного подхода к обоснованию выбора системы выявления дефектов многослойных биметаллических материалов методом теплового контроля // Системы управления и информационные технологии. 2024. № 3 (97). С. 38–43.
21. Динамические термографические методы неразрушающего экспресс-контроля [Электронный ресурс] / Д.Ю. Головин, А.И. Тюрин, А.А. Самодуров и др. М.: Техносфера, 2019. 214 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/99112.html> (дата обращения: 01.10.2024).
22. Производство металлических слоистых композиционных материалов / А.Г. Кобелев, В.И. Лысак, В.Н. Чернышев и др. М.: Интернет Инжиниринг, 2002. 496 с.
23. Быков А.А. Развитие производства биметаллов // Металлург. 2009. № 9. С. 61–64.
24. Тепловой метод диагностики расслоений в биметаллах / А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов, А.В. Колмаков, Ю.В. Плужников // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2003. Т. 9, № 2. С. 177–185.
25. Неразрушающий контроль и диагностика: справ. / под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2005. 656 с.
26. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учеб. М.: Машиностроение, 2019. 576 с.
27. Ковтун В.А., Короткевич С.Г. Обзор современных прикладных программных комплексов для проведения исследований композитных изделий // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 1 (65). С. 258–266.
28. Есьман Р.И., Шевцов В.Ф. Компьютерное моделирование тепловых процессов в многослойных композиционных структурах // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2006. № 5. С. 62–67.
29. Аралов М.Н., Барабанов В.Ф. Математические и программные средства моделирования теплового поля твердого тела слоистой структуры // Системы управления и информационные технологии. 2015. № 2 (60). С. 4–8.
30. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. М.: Спектр, 2009. 544 с.

31. Вавилов В.П. Тепловой неразрушающий контроль материалов и изделий (обзор) // Дефектоскопия. 2017. № 10. С. 34–57.
32. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. М.: Макс-Пресс, 2008. 196 с.
33. Thermal tomography characterization and pulse-phase thermography of impact damage in CFRP, or why end users are still reluctant about practical use of transient IR thermography / V.P. Vavilov, S. Marinetti, E.G. Grinzato, P.G. Bison // *Thermosense XX*. SPIE, 1998. Vol. 3361. P. 275–281. DOI: 10.1117/12.304737
34. Vavilov V., Burleigh D. *Infrared Thermography and Thermal Nondestructive Testing*. Springer Nature Switzerland AG, 2020. 610 p. DOI: 10.1007/978-3-030-48002-8
35. Automated defect classification in infrared thermography based on a neural network / Yu. Duan, Sh. Liu, C. Hu, et al. // *NDT & E International*. 2019. Vol. 107. P. 102147. DOI: 10.1016/j.ndteint.2019.102147
36. Automated detection and characterization of defects in composite-metal structures by using active infrared thermography / A.O. Chulkov, V.P. Vavilov, B.I. Shagdyrov et al. // *Journal of Nondestructive Evaluation*. 2023. Vol. 42, no. 1. P. 20. DOI: 10.1007/s10921-023-00929-x

References

1. Fayol H. *Obshchee i promyshlennoe upravlenie* [General and industrial management]. Transl. from French. Moscow: Central Labour Institute Publ.; 1923. 122 p. (In Russ.)
2. Wiener N. *Kibernetika, ili Upravlenie i svyaz' v zhitovnom i mashine* [Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine]. Transl. from Engl. Moscow: Nauka Publ.; 1983. 344 p. (In Russ.)
3. Beer S. *Kibernetika i upravlenie proizvodstvom* [Cybernetics and Management]. Transl. from Engl. Moscow: Fizmatgiz Publ.; 1963. 210 p. (In Russ.)
4. Ackoff R.L. *Planirovanie budushchego korporatsii* [Creating the Corporate Future]. Transl. from Engl. Moscow: Sirin Publ.; 2002. 256 p. (In Russ.)
5. Mintzberg H., Ahlstrand B., Lampel J. *Shkoly strategiy. Strategicheskoe safari: ekskursiya po debryam strategiy menedzhmenta* [Strategy Safari: A Guided Tour Through The Wilds of Strategic Management]. Transl. from Engl. St. Petersburg: Piter Publ.; 2002. 336 p. (In Russ.)
6. Aaker D. *Strategicheskoe rynochnoe upravlenie* [Strategic Market Management]. Transl. from Engl. St. Petersburg: Piter Publ.; 2002. 544 p. (In Russ.)
7. Sheldrake J. *Teoriya menedzhmenta: ot teylorizma do yaponizatsii* [Management Theory: From Taylorism to Japanization]. Transl. from Engl. St. Petersburg: Piter Publ.; 2001. 352 p. (In Russ.)
8. Koch R. *Strategiya: Kak sozdavat' i ispol'zovat' effektivnyuyu strategiyu* [Strategy: How to Create, Pursue and Deliver a Winning Strategy]. Transl. from Engl. St. Petersburg: Piter Publ.; 2003. 320 p. (In Russ.)
9. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. *Vvedenie v teoriyu upravleniya organizatsionnymi sistemami: ucheb.* [Introduction to the organisational systems management theory. Textbook]. Moscow: Librokom Book house; 2009. 264 p. (In Russ.)
10. Burkov V.N., Burkova I.V., Gubko M.V. et al. *Mekhanizmy upravleniya. Upravlenie organizatsiy: planirovanie, organizatsiya, stimulirovanie, kontrol'* [Control Mechanisms. Organisation Management: Planning, Organisation, Stimulation, Control]. Moscow: Lenand Publ.; 2013. 216 p. (In Russ.)
11. Novikov D.A. (Ed.). *Teoriya upravleniya (dopolnitel'nye glavy)* [Control theory (additional chapters)]. Moscow: Lenand Publ.; 2019. 552 p. (In Russ.)
12. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Organisational systems management theory]. Moscow: Lenand Publ.; 2022. 500 p. (In Russ.)
13. Loginovskiy O.V. *Upravleniye i strategii* [Management and Strategies]. Orenburg: Orenburg St. Univ. Publ., Chelyabinsk: South Ural St. Univ. Publ.; 2001. 704 p. (In Russ.)
14. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Upravlenie promyshlennym predpriyatiem: nauch. izd.* [Management at an Industrial Enterprise. Sci. Publ.]. Moscow: Mashinostroenie Publ.; 2006. Vol. 1. 603 p. (In Russ.)
15. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Korporativnoye upravleniye: nauch. izd.* [Corporate Management: Sci. Publ.]. Moscow: Mashinostroenie Publ.; 2007. Vol. 2. 624 p. (In Russ.)

16. Loginovskiy O.V., Holloy A.V., Kostyleva L.Yu., Yachikov I.M. *Metody i modeli issledovaniya teplovogo sostoyaniya mnogosloynnykh materialov: ucheb. posobie* [Methods and models for research of multilayer materials thermal state. Study guide]. Chelyabinsk: South Ural St. Univ. Publ.; 2023. 166 p. (In Russ.)
17. Maksimov A.A., Burkov V.N. et al. *Upravlenie promyshlennymi predpriyatiyami: strategii, mekhanizmy, sistemy: monogr.* [Industrial Enterprise Management: Strategies, Mechanisms, Systems. Monograph]. Moscow: Infra-M Publ.; 2018. 410 p. (In Russ.)
18. Gel'rud Ya.D., Loginovskiy O.V. *Upravlenie proektami: metody, modeli, sistemy: monogr.* [Project Management: Methods, Models, Systems. Monograph]. Chelyabinsk: South Ural St. Univ. Publ.; 2015. 330 p. (In Russ.)
19. Loginovskiy O.V., Gollay A.V., Dranko O.I., Shestakov A.L., Shinkarev A.A. *The effective management of organizational and production structures. Monograph.* Moscow: Infra-M Publ.; 2020. 456 p. (In Russ.) DOI: 10.12737/1087996
20. Kostyleva L.Yu. [Application of an integrated approach to justify the choice of a system for detecting defects in multilayer bimetallic materials by means of thermal testing methods]. *Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii.* 2024;3(97):38–43. (In Russ.)
21. Golovin D.Yu., Tyurin A.I., Samodurov A.A. et al. *Dinamicheskie termograficheskie metody nerazrushayushhego ekspress-kontrolya* [Dynamic thermographic methods of nondestructive express testing]. Moscow: Technosfera Publ.; 2019. 214 p. Available at: <https://www.iprbookshop.ru/99112.html> (accessed 01.10.2024). (In Russ.)
22. Kobelev A.G., Lysak V.I., Chernyshev V.N. et al. *Proizvodstvo metallicheskih sloistyh kompozicionnykh materialov* [Production of metal laminated composite materials]. Moscow: Internet Inzhiniring Publ., 2002. 496 p. (In Russ.)
23. Bykov A.A. [Development of bimetals production]. *Metallurg.* 2009;(9):61–64. (In Russ.)
24. Pudovkin A.P., Chernyshov V.N., Kolmakov A.V., Pluzhnikov Yu.V. Heat Method of Bimetal Separation Diagnostics. *Transactions of the Tambov state technical university,* 2003;9(2):177–185. (In Russ.)
25. Klyuev V.V. (Ed.). *Nerazrushayushhij kontrol' i diagnostika: spravochnik* [Nondestructive Testing and Diagnostics. Handbook]. Moscow: Mashinostroenie Publ.; 2005. 656 p. (In Russ.)
26. Aleshin N.P. *Fizicheskie metody nerazrushayushchego kontrolya svarynykh soedineniy: ucheb.* [Physical methods of nondestructive testing of welded joints. Textbook]. Moscow: Mashinostroenie Publ.; 2019. 576 p. (In Russ.)
27. Kovtyn V.A., Korotkevich S.G. Review of current application programs for research composite products. *Technosphere safety technologies.* 2016;1(65):258–266. (In Russ.)
28. Yesman R.I., Shevtsov V.F. Computer Simulation of Heating Processes in Multi-Layer Composite Structures. *Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations.* 2006;(5):62–67. (In Russ.)
29. Aralov M.N., Barabanov V.F. [Mathematical and software tools for modelling the thermal field of a solid body of a layered structure]. *Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii.* 2015;2(60):4–8. (In Russ.)
30. Vavilov V.P. *Infrakrasnaya termografiya i teplovoy kontrol'* [Infrared Thermography and Thermal Nondestructive Testing]. Moscow: Spektr Publ.; 2009. 544 p. (In Russ.)
31. Vavilov V.P. Thermal nondestructive testing of materials and products: a review. *Russian Journal of Nondestructive Testing.* 2017;53(10):707–730. DOI: 10.1134/S1061830917100072
32. Lotov A.V., Pospelova I.I. *Mnogokriterial'nye zadachi prinjatija reshenij* [Multicriteria decision-making problems]. Moscow: Max-Press; 2008. 196 p. (In Russ.)
33. Vavilov V.P., Marinetti S., Grinzato E.G., Bison P.G. Thermal tomography characterization and pulse-phase thermography of impact damage in CFRP, or why end users are still reluctant about practical use of transient IR thermography. *Thermosense XX. SPIE,* 1998. Vol. 3361. P. 275–281. DOI: 10.1117/12.304737
34. Vavilov V., Burleigh D. *Infrared Thermography and Thermal Nondestructive Testing.* Springer Nature Switzerland AG; 2020. 610 p. DOI: 10.1007/978-3-030-48002-8
35. Duan Yu., Liu Sh., Hu C., et al. Automated defect classification in infrared thermography based on a neural network. *NDT & E International.* 2019;107:102147. DOI: 10.1016/j.ndteint.2019.102147

36. Chulkov A.O., Vavilov V.P., Shagdyrov B.I. et al. Automated detection and characterization of defects in composite-metal structures by using active infrared thermography. *Journal of Nondestructive Evaluation*. 2023;42(1):20. DOI: 10.1007/s10921-023-00929-x

Информация об авторах

Костылева Лилия Юрьевна, старший преподаватель кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kostylevali@susu.ru.

Логиновский Олег Витальевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; loginovskiiov@susu.ru.

Information about the authors

Liliya Yu. Kostyleva, Senior Lecturer of the Department of Informational and Analytical Support of Control in Social and Economic Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kostylevali@susu.ru.

Oleg V. Loginovskiy, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of Informational and Analytical Support of Control in Social and Economic Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; loginovskiiov@susu.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.11.2024

The article was submitted 04.11.2024