

УДК 658.5

**В. Э. Расолько, Е. В. Дубоделова**  
Белорусский государственный технологический университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

В условиях развития экспортно ориентированной и импортозамещающей политики Республики Беларусь деревообрабатывающая отрасль демонстрирует устойчивое развитие. Однако для сохранения конкурентоспособности на международном рынке требуется не просто увеличение объемов выпуска продукции, а переход к повышению операционной эффективности производства. На основе официальных данных Белстата, Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь и концерна «Беллесбумпром» за 2020–2024 гг. выявлены ключевые тенденции развития отрасли и рассчитана зависимость между уровнем управляемой зрелости предприятий и их финансовыми результатами. С использованием экономико-математического моделирования показано, что повышение «индекса управляемой зрелости» на 20% может привести к росту рентабельности продаж в среднем на 2,5–3,5 п. п., а при оптимистичном сценарии – до 4,5 п. п. Дополнительно установлено, что внедрение систем управления технологическими процессами способствует сокращению производственных потерь на 5–7%, повышению коэффициента использования древесины и производительности труда. Научная новизна работы заключается в формировании количественной модели, отражающей влияние организационно-технологических факторов на результаты деятельности предприятий. Практическая ценность исследования подтверждают целесообразность развития корпоративных и государственных программ, направленных на цифровизацию, стандартизацию и интеграцию управляемых систем в деревообрабатывающей промышленности.

**Ключевые слова:** деревообрабатывающая промышленность, технологический процесс, системы управления, эффективность использования древесины, экономико-математическое моделирование.

**Для цитирования:** Расолько В. Э., Дубоделова Е. В. Моделирование эффективности внедрения систем управления в технологические процессы деревообработки // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2026. № 1 (300). С. 114–120.

DOI: 10.52065/2519-402X-2026-300-10.

**V. E. Rasolko, E. V. Dubodelova**  
Belarusian State Technological University

## MODELING THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT SYSTEMS IN WOODWORKING PROCESSES

In the context of the development of export-oriented and import substitution policies of the Republic of Belarus, the woodworking industry demonstrates stable growth. However, to maintain competitiveness in the international market, it is necessary not only to increase production volumes but also to improve operational efficiency. Based on official data from Belstat, the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus, and the Bellesbumprom concern for the period 2020–2024, key development trends of the industry were identified, and the relationship between the level of management maturity of enterprises and their financial performance was determined. Using economic and mathematical modeling, it was shown that a 20% increase in the “management maturity index” can lead to an average growth in sales profitability by 2.5–3.5 percentage points, and up to 4.5 percentage points in the optimistic scenario. In addition, the implementation of process management systems contributes to a 5–7% reduction in production losses, an increase in the wood utilization rate, and an improvement in labor productivity. The scientific novelty of the work lies in the development of a quantitative model that reflects the influence of organizational and technological factors on enterprise performance. The practical value of the study confirms the feasibility of developing corporate and state programs aimed at digitalization, standardization, and integration of management systems within the woodworking industry.

**Keywords:** woodworking industry, technological process, management systems, wood utilization efficiency, economic and mathematical modeling.

**For citation:** Rasolko V. E., Dubodelova E. V. Modeling the efficiency of management systems in woodworking processes. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2026, no. 1 (300), pp. 114–120 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2026-300-10.

**Введение.** Деревообрабатывающая промышленность – одна из стратегических отраслей экономики Республики Беларусь, обеспечивающая занятость населения в регионах и формирующая значительную часть экспортного потенциала страны. На долю отрасли приходится около 70% лесопромышленного комплекса, а уровень экспортной ориентации достигает 72% от общего объема производства [1–3]. В 2023 г. общий объем промышленного производства в Беларуси составил порядка 187,8 млрд руб., а доля промышленности в ВВП достигла 27,5% [4].

В структуре концерна «Беллесбумпром» объединено 61 предприятие, а объем реализованной продукции превысил 4,5 млрд руб. при средней рентабельности продаж около 10% [5]. Несмотря на рост физических объемов выпуска и экспорта (в 2020–2023 гг. рост составил более 50%), финансовая отдача остается ниже оптимальной для устойчивого развития отрасли: средняя рентабельность продаж по стране в 2024 г. составила лишь 6,4%, а по реализованной продукции – 7,7% [6]. Это говорит о том, что потенциал экстенсивного роста практически исчерпан и отрасли требуется переход к развитию. Известно, что для этого необходима оптимизация внутренних процессов, снижение издержек, повышение производительности труда и стандартизация операций.

В мировой практике отмечают особое значение внедрения систем менеджмента качества и бережливого производства (Lean Manufacturing), направленных на минимизацию потерь и повышение стабильности технологических процессов. К данным подходам относятся: стандартизация и документирование операций, управление на основе данных (SPC, MES), методы анализа дефектов и несоответствий, визуальное управление, вовлечение персонала в улучшения (Kaizen), организация рабочих мест по принципам 5S, сокращение потерь времени и сырья, а также развитие культуры качества и ответственности на всех уровнях управления [7].

Перечисленные элементы важно рассмотреть в условиях роста цен на сырье и энергоносители, к тому же следует отметить, что даже незначительное сокращение потерь древесины или времени простоев может привести к ощутимому экономическому эффекту. Для деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь это особенно актуально, поскольку значительная часть оборудования функционирует с высокой нагрузкой и требует четкого контроля режимов работы. По элементам цифровизации в последние годы на предприятиях концерна «Беллесбумпром» активно внедряются следующие проекты: создаются электронные системы учета сырья и готовой продукции, автоматизируются процессы планирования. Однако несмотря на позитивные результаты, существует недостаточная проработанность количественных методов оценки эффективности таких инициатив. Многие управленческие решения принимаются интуитивно или на основе локальных показателей, что снижает возможность объективного прогнозирования и масштабирования успешных практик.

В этой связи особую актуальность приобретает моделирование экономической и технологической эффективности внедрения систем управления, позволяющее оценить влияние управленческой зрелости предприятия на конечные показатели его деятельности [8]. Под управленческой зрелостью предприятия понимается совокупность характеристик, отражающих степень развития его управленческих процессов. Термин показывает, насколько системно выстроено управление предприятия – есть ли стандарты, цифровой контроль, анализ дефектов, обучение сотрудников.

Применение данного метода делает возможным формирование научно обоснованных прогнозов, необходимых для стратегического управления отраслью и выработки решений на уровне концернов и государственных программ.

**Основная часть.** В качестве исходной базы исследования использовались как официальные статистические данные, так и результаты отраслевых наблюдений. Основными источниками послужили официальные статистические сборники Белстата, отчеты Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, публикации и аналитические материалы концерна «Беллесбумпром», а также результаты выборочных исследований мебельных и пилорамных предприятий различных регионов страны. Анализ проводился за 2020–2023 гг., что позволило охватить динамику изменений в отрасли на фоне активной цифровизации процессов. Для достижения поставленной цели был применен комплекс взаимосвязанных методов исследования. Производственно-технологический анализ был направлен на определение структуры производственных потерь, коэффициента использования древесного сырья, уровня загрузки оборудования и степени влияния технологических простоев на выпуск готовой продукции (табл. 1). Такой анализ позволил выявить ключевые зоны неэффективности в производственном цикле и определить потенциал оптимизации при переходе к управлению на основе данных. Статистический и сравнительный анализ обеспечили количественную оценку динамики основных показателей деревообрабатывающей промышленности [9–11]. В частности, сопоставлялись показатели белорусских предприятий с аналогичными данными компаний стран Центральной и Восточной Европы. Это позволило установить, что уровень технологической эффективности белорусских предприятий в среднем на 10–15% ниже по сравнению с предприятиями, активно внедряющими цифровые системы управления производством. Моделирование применялось для построения зависимости между уровнем управленческой зрелости предприятия и ключевыми показателями технологической эффективности. В качестве результирующих переменных ( $Y$ ) рассматривались коэффициент выхода готовой продукции, производительность труда и рентабельность продаж.

Таблица 1. Показатели за 2020–2023 гг.

Показатель	Год				Изменение, %
	2020	2021	2022	2023	
Объем производства, млн руб.	4500	5200	6100	6800	+51,1
Экспорт, млн долл. США	1200	1450	1750	2050	+70,8
Производительность труда, тыс. руб./чел.	85,0	95,5	108,0	115,5	+35,9
Коэффициент использования древесины	0,78	0,80	0,81	0,83	+6,4
Уровень брака, %	4,2	3,8	3,4	3,2	-23,8

В качестве факторного признака ( $X$ ) использовался синтетический показатель – индекс управленческой зрелости, отражающий степень внедрения современных методов управления и цифровых инструментов [12].

Данный индекс включает следующие составляющие:

- степень стандартизации технологических операций, отражающую наличие регламентов, инструкций и процедур контроля качества;
- уровень цифровизации процессов, оцениваемый через использование автоматизированных систем мониторинга (MES, SCADA), ERP-платформ и систем учета ресурсов;
- систему внутреннего контроля и анализа дефектов с применением методов статистического управления процессами (SPC, карты Шухарта);
- подготовку персонала, особенно мастеров и операторов, ответственных за технологические участки [13–15].

Комплексное сочетание этих факторов позволяет оценить управленческую зрелость предприятия и определить ее влияние на технологическую и экономическую результативность.

Анализ табл. 1 показывает, что в отрасли наблюдается положительная динамика по большинству показателей: объем производства увеличился на 51, экспорт – почти на 71, а производительность труда выросла на 35,9. При этом коэффициент использования древесины повысился незначительно, всего на 6,4%, что свидетельствует о наличии неиспользованных

резервов эффективности. Несмотря на модернизацию оборудования, на ряде предприятий до 10–12% сырья по-прежнему теряется из-за ошибок при раскрое и несбалансированной загрузке линий.

На основе анализа производственных данных и экспертных оценок установлено, что повышение управленческой зрелости на 1% приводит к сокращению технологических потерь на 0,25%, росту коэффициента использования древесины на 0,1% и увеличению производительности труда на 0,15%. Для базового расчета типового предприятия примем: рентабельность продаж – 10%, себестоимость – 90%, коэффициент использования древесины – 0,83 и повышение индекса зрелости – 20.

Расчет:

- 1) снижение издержек:  $20 \cdot 0,15\% = 3\%$ ;
- 2) новая себестоимость:  $90 \cdot (1-0,03) = 87,3\%$ ;
- 3) новая рентабельность: 12,7% (+2,7 п. п.);
- 4) рост выхода готовой продукции: ≈2%;
- 5) снижение потерь древесины: ≈5–7%.

Таким образом, из табл. 2 следует, что внедрение стандартизированной системы управления технологическим процессом обеспечивает двойной эффект: технологический – за счет снижения потерь и повышения стабильности процессов, а также экономический – за счет увеличения прибыльности без необходимости капитальных инвестиций. Результаты исследования имеют прикладное значение для предприятий, стремящихся повысить конкурентоспособность и устойчивость. Ключевыми направлениями совершенствования управления являются:

- внедрение цифровых систем мониторинга оборудования (MES, SCADA), обеспечивающих сбор и анализ данных в реальном времени;
- автоматизация расчета оптимального раскроя и норм расхода сырья для повышения коэффициента использования древесины;
- применение стандартов статистического контроля качества (SPC) и систем визуального управления для снижения дефектов;
- использование инструментов бережливого производства (Lean) – 5S, SMED, VSM – для оптимизации потоков и сокращения простоев;
- развитие компетенций персонала и формирование цифрового рабочего места мастера и оператора.

**Таблица 2. Расчет прогнозируемых изменений рентабельности и технологических показателей при различных сценариях развития**

Сценарий	Повышение зрелости, %	Снижение потерь, %	Рост выхода продукции, %	Рентабельность продаж, %	Прирост, п. п.
Консервативный	20	4	2	12,2	+2,2
Базовый	20	5	2,5	12,7	+2,7
Оптимистичный	20	7	3	13,4	+3,4

Анализ показал, что даже частичное внедрение этих мер может сократить технологические потери до 7% и увеличить выпуск годной продукции на 3%, что обеспечивает прирост рентабельности продаж на 2,5–3,5 п. п. в среднем по отрасли.

**Заключение.** Проведенное исследование подтвердило наличие прямой зависимости между уровнем управленческой зрелости и эффективностью производственных процессов на деревообрабатывающих предприятиях. Даже частичное внедрение цифровых и стандартизованных систем управления позволяет достичь ощутимых результатов без значительных капитальных вложений.

Повышение управленческой зрелости на 15–20% приводит к снижению потерь сырья на 5–7%, росту производительности труда на 4–6% и увеличению рентабельности продаж

на 2,5–3,5 п. п. Это демонстрирует высокую чувствительность технологической эффективности к управленческим факторам и подчеркивает необходимость системного подхода к развитию производственных систем.

Таким образом, совершенствование управления технологическими процессами является одним из ключевых резервов повышения конкурентоспособности деревообрабатывающей отрасли Республики Беларусь. Полученные результаты могут быть использованы при разработке отраслевых программ цифровизации, стандартизации и повышения эффективности производств в составе концерна «Беллесбумпром» и других предприятий лесопромышленного комплекса.

### Список литературы

1. Концерн «Беллесбумпром» [сайт]. URL: <https://bellesbumprom.by/> (дата обращения 22.09.2025).
2. Деревообработка в Беларуси // Нац. агентство инвестиций и приватизации Респ. Беларусь. URL: <https://investinbelarus.by/> (дата обращения: 10.05.2025).
3. Программа развития деревообрабатывающего и мебельного производства концерна «Беллесбумпром» до 2025 года. Минск: Беллесбумпром, 2020. 70 с.
4. Промышленность Республики Беларусь: стат. сб. Минск: Белстат, 2024. 32 с.
5. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь [сайт]. URL: <http://www.mlh.by/> (дата обращения: 09.10.2025).
6. The Impact of Lean Manufacturing Practices on Operational and Business Performance at SMEs in the Wooden Furniture Industry / A. Susanty [et al.] // International Journal of Lean Six Sigma. 2022. Vol. 13 (1). P. 203–231. DOI: 10.1108/IJLSS-08-2020-0124.
7. Santos P. S., Figueira J. M. R. ISO 9001 and organizational performance: A meta-analysis // Total Quality Management & Business Excellence. 2019. Vol. 30 (5-6). P. 1–20. DOI: 10.1080/14783363.2020.1829969.
8. Добровольский А. А. Технологические инновации в деревообработке: пути повышения эффективности. СПб.: СПбГЛТУ, 2021. 128 с.
9. Карпухин А. В. Повышение производительности деревообрабатывающих линий за счет оптимизации режимов резания // Лесной журнал. 2023. № 4. С. 56–63.
10. Ледницкий А. В., Рузметова И. А., Лукьяненко И. А. Цифровые технологии и автоматизация производства в лесном комплексе // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–9 дек. 2022 г. Минск, 2022. С. 167–170.
11. Багинский В. Ф., Лапицкая О. В. Перспективное лесоуправление. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. 125 с.
12. Improvements to the Production Management System of Wood-Processing in Small and Medium Enterprises in Southeast Europe / M. Dušak [et al.] // BioResources. 2017. Vol. 12, no. 2. P. 3303–3315. DOI: 10.15376/biores.12.2.3303-3315.
13. Генератова Т. М., Матросова А. В. Применение цифровых технологий в области лесозаготовительного производства // Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов мытищинского филиала МГТУ им. Н. Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2022 г., Мытищи, 30 янв. – 1 фев. 2023 г. Мытищи, 2023. С. 80–81.
14. Кравченко П. П. Цифровые технологии в лесной промышленности // 51-я науч. и учеб.-метод. конф. ун-та ИТМО, Санкт-Петербург, 2–5 фев. 2022 г. СПб., 2022. № 2. С. 33–39.
15. Mikkonen E., Salonen H. Digital transformation in the wood industry: From traditional processing to smart manufacturing // Journal of Manufacturing Systems. 2023. Vol. 68. P. 210–222.

## References

1. Bellesbumprom Concern. Available at: <https://bellesbumprom.by/> (accessed 22.09.2025) (In Russian).
2. Wood Processing in Belarus. Available at: <https://investinbelarus.by/> (accessed 10.05.2025) (In Russian).
3. *Programma razvitiya derevoobrabatyvayushchego i mebel'nogo proizvodstva kontserna "Bellesbumprom"* [Development Program of the Woodworking and Furniture Industry of the Bellesbumprom Concern until 2025]. Minsk, Bellesbumprom Publ., 2020. 70 p. (In Russian).
4. *Promyshlennost' Respubliki Belarus': statisticheskiy sbornik* [Industry of the Republic of Belarus: Statistical Yearbook]. Minsk, Belstat Publ., 2024. 32 p. (In Russian).
5. Ministry of Forestry of the Republic of Belarus. Available at: <http://www.mlh.by/> (accessed 9.10.2025) (In Russian).
6. Susanty A., Sumiyati L. S., Syaiful S., Nihlah Z. The Impact of Lean Manufacturing Practices on Operational and Business Performance at SMEs in the Wooden Furniture Industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2022, vol. 13 (1), pp. 203–231. DOI: 10.1108/IJLSS-08-2020-0124.
7. Santos P. S., Figueira J. M. R. ISO 9001 and organizational performance: A meta-analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2019, vol. 30 (5-6), pp. 1–20. DOI: 10.1080/14783363.2020.1829969.
8. Dobrovolsky A. A. *Tekhnologicheskiye innovatsii v derevoobrabotke: puti povysheniya effektivnosti* [Technological Innovations in Wood Processing: Ways to Improve Efficiency]. St. Petersburg, SPbSFTU Publ., 2021. 128 p. (In Russian).
9. Karpukhin A. V. Increasing Productivity of Woodworking Lines by Optimizing Cutting Modes. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 2023, no. 4, pp. 56–63 (In Russian).
10. Lednitsky A. V., Ruzmetova I. A., Lukyanenko I. A. Digital Technologies and Automation of Production in the Forest Sector. *Sostoyaniye i perspektivy lesnogo kompleksa v stranakh SNG: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [The State and Prospects of the forest complex in the CIS countries: proceedings of the 2nd International scientific and technical conference], Minsk, 2022, pp. 167–170 (In Russian).
11. Baginsky V. F., Lapitskaya O. V. *Perspektivnoye lesoupravleniye* [Advanced Forest Management]. Gomel, Francisk Skorina Gomel State University Publ., 2023. 125 p. (In Russian).
12. Dušak M., Jelačić D., Pirc Barčić A., Novakova R. Improvements to the Production Management System of Wood-Processing in Small and Medium Enterprises in Southeast Europe. *BioResources*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 3303–3315. DOI: 10.15376/biores.12.2.3303-3315.
13. Generatova T. M., Matrosova A. V. Application of Digital Technologies in the Field of Logging Production. *Nauchno-tehnicheskaya konferentsiya professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov i studentov mytishchinskogo filiala MGTU imeny N. E. Baumana po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 2022 god* [Annual national scientific and technical conference (with international participation) of faculty and students of the Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University]. Mytishchi, 2023, pp. 80–81 (In Russian).
14. Kravchenko P. P. Digital Technologies in the Forest Industry. *51-ya nauchnaya i uchebno-metodicheskaya konferentsiya universiteta ITMO* [The 51st scientific and educational-methodological conference of ITMO University]. St. Petersburg, 2022, no. 2, pp. 33–39 (In Russian).
15. Mikkonen E., Salonen H. Digital transformation in the wood industry: From traditional processing to smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 2023, vol. 68, pp. 210–222.

## Информация об авторах

**Расолько Вероника Эдуардовна** – аспирант кафедры технологии деревообрабатывающих производств, экодомостроения, дизайна мебели и интерьера. Белорусский государственный

технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: grigorovichveron@gmail.com. ORCID: 0009-0001-5658-9315. ResearcherID: PGU-1900-2026.

**Дубоделова Екатерина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств, экодомостроения, дизайна мебели и интерьера. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dubodelovaev@belstu.by. SPIN-код: 2410-1467.

#### **Information about the authors**

**Rasolko Veronika Eduardovna** – PhD student, the Department of Woodworking Technology, Eco-Housing, Furniture and Interior Design. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grigorovichveron@gmail.com. ORCID: 0009-0001-5658-9315. ResearcherID: PGU-1900-2026.

**Dubodelova Ekaterina Vladimirovna** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology, Eco-Housing, Furniture and Interior Design. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dubodelovaev@belstu.by. SPIN code: 2410-1467.

*Поступила 15.10.2025*