

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

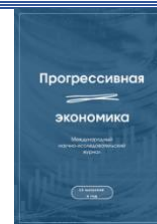
№ 6 / 2026 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/analiz-sovremennyh-podhodov-k-upravleniyu-stoimostyu-zhiznennogo-czikla-v-instrumentalnom-proizvodstve/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3

УДК 658.5

DOI: 10.54861/27131211_2026_6_27



АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ СТОИМОСТЬЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Смирнов Н.П., преподаватель, Московский государственный
технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, Россия
127055, г. Москва, Вадковский переулок, 1
e-mail: zu1uk@yandex.ru*

Аннотация. Целью статьи является изучение условий цифровой трансформации и политики импортозамещения перед российским инструментальным производством, когда остро встает задача повышения экономической эффективности на всех этапах жизненного цикла продукции. Управление стоимостью жизненного цикла выступает ключевым механизмом обеспечения конкурентоспособности, однако системный анализ современных подходов к управлению стоимостью жизненного цикла применительно к инструментальной отрасли России практически отсутствует. Цель настоящей работы заключается в критическом осмыслении новейших методик управления стоимостью жизненного цикла и определении их релевантности для отечественного инструментального производства. В рамках исследования проведен сравнительный анализ четырех подходов: калькуляционного инструмента прогнозирования затрат, методологии клиентоориентированных сервисных систем, индикатора совокупной стоимости владения, а также киберфизической системы умного производства. Оценка выполнялась по единой системе критериев, включающей область рассмотрения, целостность модели данных, систематический сбор, анализ и обработку данных, наличие сценариев применения. Установлено, что ни один из рассмотренных подходов в полной мере не решает задачу управления стоимостью на основе эксплуатационных данных. Наиболее критичным пробелом является отсутствие развитых методов предиктивной аналитики, позволяющих преобразовывать накопленную информацию в прогнозы остаточного ресурса и экономически обоснованные управленческие решения. Выделены конструктивные элементы, пригодные для синтеза нового подхода, и обоснована необходимость разработки методологии, интегрирующей покомпонентный мониторинг состояния оснастки, статистический анализ данных и прогнозное моделирование с учетом специфики российского машиностроения. Дальнейшие исследования автора направлены на разработку

методологии, объединяющей покомпонентный мониторинг состояния оснастки в реальном масштабе времени, статистический анализ накопленных данных и экономико-математическое моделирование, нацеленное на формирование предиктивных управленческих решений.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла, управление затратами, металлорежущий инструмент, инструментальное производство, предиктивная аналитика, жизненный цикл оснастки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Смирнов Н.П. Анализ современных подходов к управлению стоимостью жизненного цикла в инструментальном производстве // Прогрессивная экономика. 2026. № 6. С. 27–39. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_6_27.

Статья поступила в редакцию: 28.04.2026 г. Одобрена после рецензирования: 30.05.2026 г. Принята к публикации: 02.06.2026 г.

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO LIFE-CYCLE COST MANAGEMENT IN TOOL MANUFACTURING

*Smirnov N.P., Lecturer, Moscow State Technological University "STANKIN",
Moscow, Russia
127055, Moscow, Vadkovsky Lane, 1
e-mail: zulu@yandex.ru*

Abstract. The purpose of the article is to study the conditions of digital transformation and import substitution policy facing the Russian tool industry, when the task of increasing economic efficiency at all stages of the product lifecycle is acute. Life cycle cost management is a key mechanism for ensuring competitiveness, however, there is practically no systematic analysis of modern approaches to life cycle cost management in relation to the Russian tool industry. The purpose of this work is to critically comprehend the latest life cycle cost management techniques and determine their relevance for domestic tool manufacturing. As part of the study, a comparative analysis of four approaches was carried out: a cost forecasting tool, a methodology for customer-oriented service systems, an indicator of total cost of ownership, and a cyber-physical smart manufacturing system. The assessment was carried out according to a single system of criteria, including the scope of consideration, the integrity of the data model, systematic collection, analysis and processing of data, and the availability of application scenarios. It has been established that none of the considered approaches fully solves the problem of cost management based on operational data. The most critical gap is the lack of developed predictive analytics methods that allow converting accumulated information into forecasts of the remaining resource and economically sound management decisions. The design elements suitable for the synthesis of a new approach are highlighted, and the need to develop a methodology that integrates component-by-component monitoring of the condition of tooling, statistical data analysis and predictive modeling, taking into account the specifics of Russian engineering is substantiated. Further research by the author is aimed at developing a methodology that combines component-by-

component monitoring of the state of tooling in real time, statistical analysis of accumulated data, and economic and mathematical modeling aimed at forming predictive management decisions.

Keywords: life cycle cost, cost management, metal cutting tools, tool manufacturing, predictive analytics, tooling lifecycle.

JEL classification: M21, L20, L26.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

For citation: Smirnov N.P. (2026). Analiz sovremennykh podkhodov k upravleniyu stoimost'yu zhiznennogo tsikla v instrumental'nom proizvodstve [Analysis of modern approaches to life-cycle cost management in tool manufacturing]. *Progressivnaya ekonomika* [Progressive Economy], 6, 27–39. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_6_27. (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 28/04/2026. Approved after review: 30/05/2026. Accepted for publication: 02/06/2026.

Введение

На фоне возрастающей технологической конкуренции и усиливающихся внешних ограничений перед российской промышленностью остро встает вопрос экономической эффективности на всех этапах создания и эксплуатации продукции. Для сектора инструментального производства эта задача приобретает стратегическое значение. С одной стороны, отрасль демонстрирует рост: доля российских станков и инструментов на внутреннем рынке увеличилась с 23% до 30% за последние пять лет, а к 2030 году планируется удвоить объем выпуска [10]. С другой – предприятия сталкиваются с хроническим дефицитом инвестиционных ресурсов, высоким износом основных фондов и импортозависимостью по ключевым компонентам.

В текущей парадигме управление стоимостью жизненного цикла становится не просто аналитическим инструментом, а критически важным механизмом обеспечения конкурентоспособности. Классическая методология управления стоимостью жизненного цикла позволяет оценить совокупную стоимость владения продуктом: от проектирования и производства до эксплуатации, обслуживания и утилизации [1]. Однако цифровая трансформация промышленности породила спектр новых подходов, интегрирующих в традиционную модель такие технологии, как блокчейн, облачные вычисления, системы прослеживания продукции и предиктивную аналитику на основе больших данных. Эти методы обещают кардинально повысить точность прогнозирования затрат и оптимизировать ресурсный менеджмент на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Несмотря на растущий интерес к проблематике, системный анализ применимости этих современных подходов именно в инструментальном производстве России практически отсутствует. Большинство исследований

либо рассматривают управление стоимостью жизненного цикла в контексте машиностроения в целом без учета специфики инструментальной отрасли, либо фокусируются на отдельных технологических новациях без их комплексной экономической оценки [13].

Таким образом, *целью* исследования является анализ современных подходов к управлению стоимостью жизненного цикла и определении их релевантности для российского инструментального производства.

Научный вклад автора исследования заключается в критическом осмыслении новейших методик управления стоимостью жизненного цикла через призму отраслевых экономических реалий, а также в обосновании направлений их адаптации, способных обеспечить реальное сокращение затрат и повышение инвестиционной привлекательности отечественных производителей инструмента.

Обзор литературы

Традиционные методы оценки затрат на инструмент базируются на расчете себестоимости единицы продукции с учетом стоимости инструмента, его стойкости и режимов резания. В их основе лежат фундаментальные модели, связывающие стойкость инструмента с параметрами обработки, в частности уравнение Тейлора и его модификации. В ряде работ показано, что даже незначительная оптимизация режимов резания способна привести к заметному снижению себестоимости обработки, что в масштабах серийного производства дает существенный экономический эффект [7]. Отечественные исследователи разработали методики расчета экономической стойкости инструмента, учитывающие затраты не только на сам инструмент, но и на его восстановление, количество допустимых переточек, а также основное время обработки [8]. Однако существующие подходы носят фрагментарный характер, фокусируясь либо на расходах в серийном производстве, либо на себестоимости изготовления самого инструмента, игнорируя комплексный анализ его полного жизненного цикла. Доля режущего инструмента в себестоимости изделий машиностроения обычно составляет несколько процентов, что нередко создает иллюзию незначительности этой статьи расходов и приводит к недооценке совокупной стоимости владения инструментом на протяжении всего периода его эксплуатации [13].

Методология стоимости жизненного цикла, первоначально разработанная для сложных технических систем, в последние десятилетия активно адаптируется к задачам инструментального обеспечения машиностроительных производств. Применение стандартизированных подходов к расчету управления стоимостью жизненного цикла, регламентированных международными стандартами, рассматривается как один из ключевых факторов обеспечения прозрачности затрат на всех этапах жизненного цикла инструмента [1]. В публикациях подчеркивается, что

интеграция инструментального производства в процессы заказчика на этапах проектирования, серийного выпуска и технического обслуживания позволяет проводить оптимизацию архитектуры инструмента и дифференциацию ассортиментной линейки [13]. Отдельное направление образуют исследования, посвященные интеграции управления стоимостью жизненного цикла с оценкой жизненного цикла для комплексного учета не только экономических, но и экологических факторов [12]. В недавних работах представлены количественные модели, связывающие управление деградацией инструмента с показателями стоимости жизненного цикла и экологической результативности; показано, что стратегия устойчиво-ориентированного обслуживания способна одновременно снизить совокупную стоимость и сократить выбросы углерода по сравнению с традиционным обслуживанием, ориентированным исключительно на производительность.

Значительный пласт литературы посвящен математическому моделированию затрат с целью выбора оптимальных параметров обработки и стратегий замены инструмента. Предложены интегрированные модели затрат, основанные на времени контакта инструмента с заготовкой и позволяющие непосредственно включать модель стойкости инструмента в расчет себестоимости обработки [11]. Разработаны также динамические модели управления инструментом, учитывающие гетерогенность производственной среды, в которой инструмент выполняет переменные задания в течение срока службы. В таких моделях оптимизация строится на периодической оценке состояния инструмента с применением функции потерь качества Тагучи, что позволяет определить оптимальную экономическую продолжительность его использования. Вероятностные подходы к оценке стоимости жизненного цикла инструмента основываются на стохастической природе износа. Модели, использующие кривые износа для прогнозирования затрат при изменении условий резания, дают возможность экстраполировать расчеты на режимы, для которых накоплено ограниченное количество экспериментальных данных. Оптимизационные модели для многоинструментальных систем учитывают стоимость инструмента, ожидаемые издержки от внеплановых простоев и ущерб от повреждения продукции из-за преждевременного отказа инструмента.

Материалы и методы

Выбор инструментального материала оказывает существенное влияние на совокупную стоимость обработки, и эта проблема активно исследуется в научной литературе. Твердосплавные инструменты на основе карбида вольфрама доминируют на рынке благодаря высоким эксплуатационным характеристикам при относительно умеренной стоимости, однако их цена не отражает в полной мере фактор редкости материала, экологические и социальные издержки производства. В исследованиях последних лет

проведена количественная оценка совокупной стоимости с учетом тройного критерия устойчивости и показано, что изменение стоимости инструмента оказывает минимальное влияние на рентабельность процесса обработки, что открывает перспективы для внедрения более устойчивых, хотя и более дорогих инструментальных материалов [12]. Альтернативные материалы, такие как поликристаллический алмаз и керамика, как правило, имеют более высокую начальную стоимость по сравнению с твердым сплавом, но могут обеспечить более высокую производительность за счет повышенной скорости съема материала. Для поддержки принятия решений при выборе инструмента предложена методология, объединяющая модель стойкости инструмента с моделью соотношения «затраты-производительность», что позволяет проводить комплексную оценку, включающую данные резания, стойкость инструмента, затраты на оснастку, долю брака, доступность процесса, инвестиции в оборудование, персонал и производственные площади [11].

Развитие автоматизированных систем управления производством стимулировало появление исследований, посвященных прогнозированию расхода режущего инструмента с применением информационных технологий. Разработаны методики и алгоритмы автоматизированного прогнозирования расхода инструмента для станков с ЧПУ, включающие формы представления результатов в виде сводных таблиц и диаграмм Ганта [9]. Подчеркивается, что задача своевременного оснащения производства инструментом становится особенно острой при использовании дорогого неперетачиваемого инструмента: избыточные запасы на складе экономически невыгодны, в то время как дефицит инструмента в критические моменты производственного процесса приводит к вынужденным задержкам. Цифровая трансформация инструментального хозяйства связывается с внедрением PLM-систем и информационных систем управления жизненным циклом объекта, которые обеспечивают структурирование и взаимосвязь инженерных данных для различных участников производственного процесса, автоматизацию процедур и управление изменениями. В российской научной литературе отмечается, что внедрение таких систем на импортонезависимой программной платформе приобретает особую значимость в условиях политики импортозамещения в станкоинструментальной отрасли [10; 14].

Российские исследования, посвященные экономике инструментального производства, акцентируют внимание на структурных особенностях отрасли. Отмечается, что реализация Стратегии развития станкоинструментальной промышленности до 2035 года предполагает системную трансформацию сектора, однако на начальных этапах отрасль сталкивается с проблемами фрагментации подходов к оценке эффективности и недоиспользования нематериальных активов [10; 15]. Обеспечение прозрачности затрат на всех этапах жизненного цикла инструмента рассматривается как ключевой фактор

снижения общей себестоимости конечной продукции в условиях импортозамещения [13]. При этом систематизация и актуализация данных о функционировании инструмента в российских производственных условиях остается областью, требующей дальнейшего изучения. Указывается на необходимость более глубокой интеграции инструментального производства в процессы заказчика, что предполагает переход от фрагментарного учета затрат к комплексному анализу полного жизненного цикла инструмента на всех этапах – от проектирования до утилизации.

Анализ современного состояния исследований позволяет выявить несколько значимых противоречий. Существует разрыв между развитием математического аппарата оценки управления стоимостью жизненного цикла и его практической применимостью в производственных условиях. Сложные стохастические и динамические модели требуют значительных объемов исходных данных и вычислительных ресурсов, что ограничивает их внедрение на предприятиях с невысоким уровнем цифровизации. При этом простые инженерные методики расчета затрат не учитывают весь комплекс факторов, влияющих на совокупную стоимость жизненного цикла [11; 13]. Прослеживается также противоречие между краткосрочной логикой закупочных решений, ориентированной на минимальную цену инструмента, и долгосрочной экономической эффективностью, предполагающей минимизацию совокупной стоимости владения. Дешевый инструмент зачастую оказывается самым дорогим при учете полного цикла эксплуатации, однако методология убедительного экономического обоснования этого тезиса применительно к конкретным производственным ситуациям разработана недостаточно полно [13]. Проблема интеграции российского инструментального производства в глобальные методологические рамки управления стоимостью жизненного цикла также остается не до конца решенной: с одной стороны, существуют международные стандарты и подходы, с другой – специфика отечественной производственной среды, включая особенности ценообразования, логистики и доступности материалов, требует их адаптации, методические основы которой пока не сформированы в полном объеме. Наконец, наблюдается дефицит эмпирических исследований, верифицирующих современные модели управления стоимостью жизненного цикла на реальных данных российских машиностроительных предприятий. Большинство публикаций либо носят теоретико-методологический характер, либо опираются на данные зарубежных производств, что ограничивает возможность прямой экстраполяции выводов на отечественную практику.

Результаты и обсуждение

В рамках настоящей работы проведен углубленный анализ четырех современных подходов к управлению стоимостью жизненного цикла инструментальной оснастки, каждый из которых оценивался по единой

системе критериев: область рассмотрения, целостность модели данных, систематический сбор данных, анализ и обработка данных, а также наличие проработанных сценариев применения.

Подход «Низкозатратная оснастка на основе наблюдения за жизненным циклом», предложенный Г. Шухом с соавторами, представляет собой калькуляционный инструмент для прогнозирования затрат на жизненный цикл оснастки, разработанный в рамках проекта «Управление общей эффективностью» [2; 3]. Базой послужила детальная эталонная модель жизненного цикла оснастки, включающая четыре этапа. На основе этой модели авторы выделили три кластера качества – геометрия, материал, поверхность - и семь факторов сложности, после чего установили взаимосвязи между параметрами и статьями издержек. Итоговый инструмент позволяет прозрачно прогнозировать расходы, но не включает механизмов сбора и обработки эксплуатационных данных [2]. С точки зрения области рассмотрения подход ориентирован на единичное и мелкосерийное производство литьевых форм; для штамповой оснастки адаптация требует существенной доработки. Целостность модели данных оценивается как высокая, поскольку охвачены все этапы и детализированы затраты. Вместе с тем систематический сбор данных, анализ, обработка и сценарии применения в подходе отсутствуют. Таким образом, подход Г. Шухова ценен как источник структурированной модели издержек, но не пригоден для построения системы управления на основе предиктивной аналитики.

Подход «Сервисные системы, ориентированные на жизненный цикл», разработанный М. Кюном, предлагает методологию формирования клиентоориентированных сервисных систем для инструментальных предприятий [4]. В центре внимания находится оснастка как основной продукт и дополняющие ее услуги на всех этапах жизненного цикла. Методология включает анализ среды, оценку компетенций, классификацию предприятия, конфигурацию сервисных модулей и их процессное оформление. С точки зрения экономики инструментального производства этот подход полностью соответствует области рассмотрения. Однако целостная модель данных отсутствует: автор упоминает «интеллектуальную оснастку», но не конкретизирует, какие параметры и затраты подлежат сбору [4]. Систематический сбор и анализ данных не проработаны. Напротив, сценарии применения детализированы: процедура типизации и разработки сервисных модулей может быть адаптирована для формирования управленческих альтернатив на основе данных о затратах. Именно эта компонента представляет интерес для дальнейшего синтеза.

Подход «Индикатор совокупной стоимости владения инструментом», разработанный Бреннером с соавторами, предлагает сквозную расчетную логику для определения затрат на режущий инструмент [5]. Модель включает

не только издержки, но и показатели производительности отдельных экземпляров, а также долгосрочные улучшения. Разработана ИТ-архитектура с хранилищем данных для сбора и вычислений. Охвачены все стадии: концепция, проектирование, изготовление, испытания, эксплуатация, утилизация. Результатом является индикатор стоимости жизненного цикла на основе 87 статистических параметров [5]. Анализ показывает, что подход ориентирован на серийное производство режущего инструмента и лишь частично применим к штамповой оснастке; область рассмотрения варьирует от незначительного до полного соответствия в зависимости от типа оснастки. Модель издержек детальна, но данные о самой оснастке (конструкция, материалы, технология) практически не рассматриваются, что снижает целостность модели. Систематический сбор данных предполагается, однако акцент сделан на фазу использования; покомпонентный сбор по каждому экземпляру составляет сильную сторону подхода, хотя реализован не полностью. Анализ и обработка данных представлены фрагментарно: приведены ключевые показатели, но отсутствует методология прогнозирования и выявления причинно-следственных связей. Сценарии применения не проработаны. Несмотря на ограничения, подход ценен для адаптации принципов детализированного учета затрат и покомпонентного сбора информации.

Обобщая результаты сравнительного анализа, следует констатировать, что ни один из проанализированных подходов в полной мере не решает задачу управления стоимостью жизненного цикла оснастки на основе данных. Каждый из них сфокусирован на одном или двух аспектах, оставляя остальные без внимания. Наиболее заметный общий пробел - отсутствие развитых методов анализа и обработки данных. Даже в работах, где предусмотрен сбор информации [5; 6], ее интерпретация и преобразование в прогнозы остаточного ресурса, оптимальных сроков восстановления и ожидаемых совокупных затрат остаются на уровне деклараций. Ни один из подходов не предлагает системной методологии для перехода от массива «сырых» эксплуатационных данных к экономически обоснованным управленческим решениям.

В то же время из проведенного анализа могут быть извлечены конструктивные элементы, пригодные для синтеза в рамках дальнейших исследований. Детальные модели издержек и принципы учета затрат по экземплярам [2; 3; 5] могут быть адаптированы для штамповой оснастки. Методология систематического сбора производственных данных с использованием киберфизических систем [6] применима для мониторинга этапа эксплуатации. Наиболее проработанная процедура формирования сценариев [4] дает основу для построения системы альтернативных решений на основе данных о затратах. Однако ключевое отсутствующее звено –

предиктивная аналитика, позволяющая на основе накопленных данных прогнозировать динамику износа, остаточный ресурс и совокупные затраты, – не представлена ни в одном из рассмотренных подходов. Именно это звено должно стать предметом целенаправленной методической разработки, объединяющей покомпонентный мониторинг состояния оснастки, накопление эксплуатационных данных, их статистический анализ и формирование экономически обоснованных управляющих воздействий на всех стадиях жизненного цикла.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что задача управления стоимостью жизненного цикла инструментальной оснастки сохраняет высокую актуальность для российского машиностроения, особенно в условиях импортозамещения и цифровой трансформации [10]. Классические модели оценки затрат, базирующиеся на нормативном расчете себестоимости и стойкости инструмента, не обеспечивают требуемой полноты и точности в современных динамичных производственных средах. Существующие научные подходы, рассмотренные в литературе, достигли значительного прогресса в математическом моделировании, интеграции экономических и экологических критериев, а также в автоматизации прогнозирования расхода инструмента, однако сохраняются серьезные разрывы между теоретической проработкой и практической реализацией, а также между краткосрочными закупочными и долгосрочными эксплуатационными приоритетами.

Сравнительный анализ четырех новейших методических решений показал, что ни одно из них не обладает полнотой, необходимой для построения целостной системы управления стоимостью на основе данных. Общим недостатком является неразвитость аналитического ядра: механизмы превращения накопленных эксплуатационных данных в прогнозы остаточного ресурса, оптимальных моментов восстановления и совокупных затрат либо отсутствуют, либо носят декларативный характер. Вместе с тем выделены перспективные элементы: структурированные модели издержек, принципы покомпонентного сбора информации, сервисные сценарии и инфраструктура киберфизических систем, которые могут послужить основой для синтеза нового подхода.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методологии, объединяющей покомпонентный мониторинг состояния оснастки в реальном масштабе времени, статистический анализ накопленных данных и экономико-математическое моделирование для формирования предиктивных управленческих решений. Применительно к российскому инструментальному производству такая методология должна учитывать отраслевую специфику, доступность цифровых платформ и требования

импортнезависимости, что позволит замкнуть разрыв между сбором данных и экономически обоснованным управлением жизненным циклом.

Литература

1. ГОСТ Р 58302-2018. Управление стоимостью жизненного цикла. Номенклатура показателей для оценивания стоимости жизненного цикла изделия. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2019.
2. Schuh G., Boos W., Kozielski S.A. Life Cycle Cost-Orientated Service Models for Tool and Die Companies // Industrial Product-Service Systems (IPS2): Proceedings of the 1st CIRP IPS2 Conference. Cranfield: University Press, 2009. P. 249–254.
3. Schuh G., Boos W., Kozielski S.A. «Kostengünstigere» Werkzeuge durch Lebenszykluskostenbetrachtung // wt Werkstattstechnik online. 2013. Vol. 103. No. 11/12. P. 857–862.
4. Kühn T.A. Lebenszyklusorientierte Leistungssysteme im Werkzeugbau : Dissertation. Aachen : Apprimus Verlag, 2016. 219 p.
5. Brenner D. Weber C., Lenz J., Westkaemper E. Total Tool Cost of Ownership Indicator for Holistical Evaluations of Improvement Measures within the Cutting Tool Life Cycle // Procedia CIRP. 2018. Vol. 72. P. 1404–1409.
6. Hwaseop Lee, Kwangyeol Ryu, Youngju Cho. A Framework of a Smart Injection Molding System Based on Real-time Data // Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 11. P. 1004–1011.
7. Петрушин С.И. Экономически обоснованный срок службы режущих инструментов // Справочник. Инженерный журнал. 2006. № 7. С. 28–33.
8. Ерматов А.А., Коваль И.С., Петрушин С.И. Расчет экономической стойкости металлорежущих инструментов // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции. Юрга : ТПУ, 2016. С. 112–115.
9. Методика автоматизированного прогнозирования расхода режущего инструмента для станков с ЧПУ // Программные продукты и системы. 2015. № 3. С. 139–145.
10. Распоряжение Правительства РФ от 05.11.2020 N 2869-р (ред. от 21.10.2024). Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года // Собрание законодательства РФ. 2020. № 46. Ст. 7285.
11. Assessment of Metal Cutting Tools using Cost Performance Ratio and Tool Life Analyses // Procedia CIRP. 2020. Vol. 88. P. 478–483.
12. Cutting tool manufacturing: a sustainability perspective // Procedia CIRP. 2021. Vol. 98. P. 432–437.

13. Обеспечение российской промышленности металлорежущим инструментом в условиях импортозамещения // Журнал промышленного инжиниринга. 2022. № 4. С. 20–28.

14. Чаруйская М.А. Стратегический комплекс средств производства России: анализ текущего состояния и векторы роста // Экономические науки. 2025. № 246. С. 88–100.

15. Чаруйская М.А. Исследование проблем обеспечения технологического суверенитета РФ // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Т. 15. № 10–1. С. 85–98.

16. Багваби Д.Е., Дубровина Т.А. Теории, концепции и особенности жизненного цикла инновационных продуктов в цифровую эпоху // Прогрессивная экономика. 2025. № 7. С. 104–124.

References

1. GOST R 58302-2018. Upravlenie stoimost'yu zhiznennogo tsikla. Nomenklatura pokazatelei dlya otsenivaniya stoimosti zhiznennogo tsikla izdeliya. Obshchie trebovaniya [Life Cycle Cost Management. Nomenclature of Indicators for Product Life Cycle Cost Assessment. General Requirements]. Moscow: Standartinform, 2019. (In Russ.).

2. Schuh G., Boos W., Kozielski S.A. (2009). Life Cycle Cost-Orientated Service Models for Tool and Die Companies. In: Industrial Product-Service Systems (IPS2): Proceedings of the 1st CIRP IPS2 Conference. Cranfield: University Press, 249–254. (In Eng.).

3. Schuh G., Boos W., Kozielski S.A. (2013). «Kostengünstigere» Werkzeuge durch Lebenszykluskostenbetrachtung. wt Werkstattstechnik online, 103(11–12), 857–862. (In Ger.).

4. Kühn T.A. (2016). Lebenszyklusorientierte Leistungssysteme im Werkzeugbau. Dissertation. Aachen: Apprimus Verlag, 219 p. (In Ger.).

5. Brenner D., Weber C., Lenz J., Westkaemper E. (2018). Total Tool Cost of Ownership Indicator for Holistical Evaluations of Improvement Measures within the Cutting Tool Life Cycle. Procedia CIRP, 72, 1404–1409. (In Eng.).

6. Lee H., Ryu K., Cho Y. (2017). A Framework of a Smart Injection Molding System Based on Real-time Data. Procedia Manufacturing, 11, 1004–1011. (In Eng.).

7. Petrushin S.I. (2006). Ekonomicheski obosnovannyi srok sluzhby rezhushchikh instrumentov [Economically justified service life of cutting tools]. Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal [Handbook. Engineering Journal], 7, 28–33. (In Russ.).

8. Ermatov A.A., Koval' I.S., Petrushin S.I. (2016). Raschet ekonomicheskoi stoikosti metallorzhushchikh instrumentov [Calculation of the economic durability of metal-cutting tools]. Progressivnye tekhnologii i ekonomika

v mashinostroenii: sbornik trudov VII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Advanced Technologies and Economics in Mechanical Engineering: Proceedings of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference]. Yurga: TPU, 112–115. (In Russ.).

9. Metodika avtomatizirovannogo prognozirovaniya raskhoda rezhushchego instrumenta dlya stankov s ChPU [Methodology for automated forecasting of cutting tool consumption for CNC machines]. (2015). Programmnye produkty i sistemy [Software & Systems], 3, 139–145. (In Russ., abstract in Eng.).

10. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 05.11.2020 No. 2869-r (red. ot 21.10.2024). Strategiya razvitiya stankoinstrumental'noi promyshlennosti na period do 2035 goda [Order of the Government of the Russian Federation No. 2869-r dated November 5, 2020 (as amended October 21, 2024). Strategy for the Development of the Machine Tool Industry until 2035]. Sobranie zakonodatel'stva RF [Collection of Legislation of the Russian Federation], 2020, 46, Art. 7285. (In Russ.).

11. Assessment of Metal Cutting Tools Using Cost Performance Ratio and Tool Life Analyses. (2020). Procedia CIRP, 88, 478–483. (In Eng.).

12. Cutting Tool Manufacturing: A Sustainability Perspective. (2021). Procedia CIRP, 98, 432–437. (In Eng.).

13. Obespechenie rossiiskoi promyshlennosti metallorezhushchim instrumentom v usloviyakh importozameshcheniya [Provision of Russian industry with metal-cutting tools under import substitution conditions]. (2022). Zhurnal promyshlennogo inzhiniringa [Journal of Industrial Engineering], 4, 20–28. (In Russ., abstract in Eng.).

14. Charuiskaya M.A. (2025). Strategicheskii kompleks sredstv proizvodstva Rossii: analiz tekushchego sostoyaniya i vektory rosta [Russia's strategic production assets complex: analysis of the current state and growth vectors]. Ekonomicheskie nauki [Economic Sciences], 246, 88–100. (In Russ., abstract in Eng.).

15. Charuiskaya M.A. (2025). Issledovanie problem obespecheniya tekhnologicheskogo suvereniteta RF [Study of the problems of ensuring technological sovereignty of the Russian Federation]. Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15(10–1), 85–98. (In Russ., abstract in Eng.).

16. Bagvabi D.E., Dubrovina T.A. (2025). Teorii, kontseptsii i osobennosti zhiznennogo tsikla innovatsionnykh produktov v tsifrovuyu epokhu [Theories, concepts and features of the life cycle of innovative products in the digital era]. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy], 7, 104–124. (In Russ., abstract in Eng.).

© Смирнов Н.П., 2026

