

# Машиностроение и машиноведение

УДК 004.4:69

doi: 10.18698/0536-1044-2023-3-3-13

## Цифровая технология выбора и трансформации информации для управления и поддержки жизненного цикла изделия

О.В. Бурлаченко, О.В. Оганесян

Волгоградский государственный технический университет

## Digital Technology in Information Selection and Transformation to Control and Support the Product Lifecycle

O.V. Burlachenko, O.V. Oganessian

Volgograd State Technical University

Рассмотрены возможности цифровых технологий для управления каждой стадией жизненного цикла изделия. Приведены основные программные системы, используемые для управления жизненным циклом изделия на различных стадиях. На основе анализа научных публикаций дана оценка степени внедрения таких программных продуктов на каждой стадии жизненного цикла изделия, указаны их достоинства. Отмечено, что лидером применения соответствующих цифровых технологий является такая отрасль промышленности, как машиностроение. В других отраслях имеет место адаптация разработанных ранее технологий к конкретным условиям производственного процесса. Однако некоторые вопросы использования современных цифровых технологий, в частности блокчейн-технологий, применительно к отдельным стадиям жизненного цикла изделия до сих пор остаются недостаточно изученными. Разработана основа новой цифровой технологии для управления и поддержки жизненного цикла изделия — технология выбора и трансформации необходимой информации в цифровую среду изделия, в частности, машиностроительной продукции. Кратко изложена суть предлагаемой технологии. Перечислены ее основные отличия от существующих блокчейн-технологий, касающиеся эффективности (так как происходит постоянное обновление программного обеспечения более передовыми версиями) и неполной доступности данных, что обусловлено поддержанием необходимого уровня безопасности.

**Ключевые слова:** стадии жизненного цикла, программные системы, унифицированные информационные блоки, доступность данных

The paper considers possibilities of the digital technologies to control and manage each stage of the product lifecycle. The main software systems used to control and manage the product lifecycle at various stages are provided. Based on analyzing a number of scientific publications, assessment was made of the implementation level of such software products at

each stage of the product lifecycle, and advantages of their introduction are presented. It is noted that mechanical engineering is the leader in implementing the appropriate digital technologies. The other industries are just adapting the previously developed technologies to specific conditions of the production process. However, certain issues of using modern digital technologies, in particular the blockchain, in relation to separate stages of the product lifecycle are still insufficiently studied. The basis of a new digital technology to control, manage and support the product lifecycle was developed, i.e. technology for selecting and transforming the necessary information into the product digital environment, in particular, in the mechanical engineering products in general. The essence of the proposed technology is briefly stated. Main differences from the existing blockchain technologies are listed regarding efficiency (since the software is constantly updated with more advanced versions) and incomplete data availability, which is due to maintaining the required level of security.

**Keywords:** lifecycle stages, software systems, unified information blocks, data availability

Во многих научных публикациях, включая [1–3], отмечено огромное значение цифровизации основных отраслей экономики, в том числе машиностроения. Цифровой прорыв открывает новые возможности повышения уровня конкурентоспособности не только отдельных предприятий, но и отрасли в целом, чего можно достичь созданием надежных в эксплуатации изделий и деталей. В работах [4–6] подчеркнута важность цифровизации отдельных стадий жизненного цикла (ЖЦ) как для всей машиностроительной продукции, так и для отдельных составных частей (узлов, изделий, деталей).

В научных публикациях [7–9] дан обзор CAD/CAM/CAE-систем для автоматизированного проектирования и моделирования машиностроительного оборудования, входящих в состав общей системы цифровых технологий (ЦТ). Так, в статье [8] исследована степень внедрения CAD/CAM/CAE-технологий в машиностроительную отрасль, приведена классификация соответствующих программных продуктов, предлагаемых на отечественном рынке, и проанализированы направления их дальнейшего развития.

Авторы работы [9], посвященной перспективам применения CAD/CAM/CAE-систем в сфере машиностроения, отмечают, что благодаря таким информационным технологиям сокращается период внедрения нового изделия в производство, а готовый продукт становится более качественным и надежным, вследствие чего значительно повышается конкурентоспособность.

Вместе с тем существуют труды, в которых показана необходимость совершенствования современных ЦТ, используемых в машиностроении. Например, в публикации [10] отмечено, что для развития так называемой системы

управления ЖЦ продукта (Product Life-Cycle Management — PLM) необходимо на стадиях проектирования и производства создавать оптимальные рабочие условия для его наиболее нагруженных частей.

По мнению авторов этой публикации, существенного повышения эксплуатационных характеристик выпускаемого изделия можно добиться, если уже на стадии формирования структуры технологического процесса и проектирования механической обработки заготовки принять во внимание специфику параметров сопротивления изнашиванию функциональных поверхностей деталей.

Эта проблема решаема, так как значительные потенциальные возможности информатики, появление и усовершенствование баз и библиотек данных позволили их накопить, систематизировать и эффективно использовать при реализации современных технологий, обеспечивая необходимое взаимодействие между разработчиком, заказчиком, конструктором и технологом на ранней стадии проектирования новейшей техники.

Согласно действующему в Российской Федерации стандарту [11], ЖЦ продукции обусловлен совокупностью взаимосвязанных процессов создания, использования (эксплуатации) и ликвидации (с избавлением от отходов путем их утилизации и/или удаления). Стадии ЖЦ представляют собой условно выделяемые части, имеющие характерные специфические направления, начиная с момента проектирования и кончая утилизацией продукции.

Если адаптировать приведенное в работе [12] определение цифровой экономики к машиностроительной отрасли, то ЦТ машиностроения — это технологии, в которых главным фактором производства продукции являются

данные, представленные в цифровом виде. В отличие от традиционных технологий ЦТ обеспечивают высокую эффективность процессов, выполняемых на каждой стадии ЖЦ. Однако для этого необходима оперативная обработка и последующий анализ значительных объемов данных.

В статье [13] дано более конкретизированное определение цифрового машиностроительного производства. Согласно авторскому подходу, это совокупность условий, в которых осуществляется работа предприятия (т. е. производственная среда), управление которым реализуется благодаря функционированию специальной информационно-коммуникационной системы, представляющей собой интегрированную совокупность программно-информационных систем, предназначенных для цифровой реализации, а также цифрового сопровождения каждого этапа в рамках производственного процесса, выполняемых автоматизировано либо автоматически, а именно для сбора, создания, обработки, передачи и хранения информации в цифровом виде, в том числе с учетом этапов проектирования изделий, которые будет выпускать предприятие, разработки соответствующих технологических процессов, оперативного управления каждым технологическим процессом в отдельности и производством в целом.

Существуют фундаментальные научные исследования и разработки российских ученых, связанные с ЦТ, которые предназначены для управления ЖЦ изделия (ЖЦИ) и его поддержки [14–16].

В научных публикациях [17, 18] отмечено, что главная идея четвертой промышленной революции (или Индустрии 4.0) состоит в формировании производств, где реализован комплексный подход к использованию технологий цифрового моделирования и проектирования не только изделий, но и производственных процессов, т. е. так называемых цифровых производств, благодаря чему значительно возрастают показатели эффективности и достигается высокий уровень качества производства.

На современном этапе развития ЦТ машиностроения особый интерес представляют разработанные российскими специалистами интеллектуальная система проектирования технологических процессов СПРУТ-ТП и система оперативно-календарного планирования и диспетчеризации производства СПРУТ-ОКП, в основе которых лежат принятые в Рос-

сийской Федерации стандарты и методы управления.

Колоссальные изменения в машиностроительной промышленности, которые можно назвать революционными, стали импульсом к разработке и внедрению новых технологий. Например, использование вместо 3D-принтеров роботов и станков с числовым программным управлением (ЧПУ), во-первых, снимает (при наличии необходимого инструмента) проблему с размерами, а во-вторых, благодаря механической обработке решает проблему точности.

Таким образом, многие разработки российских ученых для управления некоторыми стадиями ЖЦИ превосходят зарубежные технологии. Например, в отечественной и зарубежной промышленности все более активно используют систему программирования станков с ЧПУ и роботов SprutCAM, зарекомендовавшую себя в мировой практике как одну из лучших среди аналогов. SprutCAM представляет собой новейшую профессиональную систему разработки и моделирования управляющих программ для обработки деталей на станках с ЧПУ, поддерживающих различное количество координат: 2; 2,5; 3 [19].

Также заслуживает внимания нашедшая широкое применение в промышленности российская система автоматизированного проектирования и технически обоснованного нормирования технологических процессов СПРУТ-ТП-Нормирование, предназначенная для автоматизации нормирования технологических операций [20].

Цель работы — рассмотрение ЦТ, поддерживающих этапы ЖЦИ, и разработка модифицированной ЦТ с учетом основных преимуществ блокчейн-технологий, которая позволит гибко управлять ЖЦИ, в частности машиностроительной продукции.

**Новизна, методы исследования.** Для достижения поставленной цели изучены ранее используемые в машиностроительной отрасли ЦТ, выявлены их особенности и отмечены возможности адаптации ЦТ из других отраслей применительно к машиностроительной отрасли.

Машиностроение занимает ведущее место по использованию современных ЦТ, в других же отраслях разработанные ранее ЦТ адаптированы к конкретным условиям производственного процесса.

Анализ научных публикаций показал, что тема применения блокчейн-технологий, относящихся к новым ЦТ, на отдельных стадиях ЖЦИ является недостаточно изученной.

Между тем в публикациях [21, 22] отмечено, что внедрение блокчейнов повышает «безопасность данных, конфиденциальность, анонимность, отслеживаемость, подотчетность, целостность, прозрачность, надежность и аутентификацию», открывает новые возможности Индустрии 4.0 [23], создает условия для формирования долговременной надежности, устойчивости и достижения более высокого уровня результативности всей отрасли [24]. Актуальность применения блокчейн-технологий в качестве одного из компонентов ЦТ машиностроения также отмечена в статье [21].

В трудах [22, 25, 26] помимо перечисленных в работах [23, 24] достоинств указана возможность экономии затрат, повышения качества выполнения работ на отдельных стадиях ЖЦИ применительно к использованию блокчейнов практически во всех отраслях, что в итоге способствует устойчивому развитию мировой экономики.

Указывая на явные преимущества технологии перед аналогами, авторы статьи [26] отмечают, что, когда речь идет о блокчейн-технологиях, на первый план выходит так называемая распределенная база данных, содержащая сведения о показателях надежности эксплуатируемого продукта. Кроме того, имеются условия для формирования особого реестра, включающего в себя такие показатели, как стоимость, качество, продолжительность процессов технического обслуживания и материального снабжения.

К основным недостаткам блокчейн-технологий относятся значительный объем финансовых вложений, необходимые при их внедрении и применении, а также анонимность выполняемых операций и доступность данных для неограниченного круга лиц, что может стать причиной незаконных операций различного рода [27, 28]. Таким образом, некоторые достоинства блокчейн-технологий делают процесс их реализации уязвимым и сопряженным с различными трудностями.

Анализ перечисленных публикаций по блокчейн-технологиям показал, что они должны сопровождать все виды информационных технологий на каждой стадии ЖЦ машиностроительной продукции. Однако это лишь теоретическое понимание технологии. Каким образом ее ре-

ализуют в машиностроительном производстве, не рассмотрено ни в одной из указанных публикаций, и на современном уровне понимания данной технологии не все понятно.

Модифицированные блокчейн-технологии для машиностроительной отрасли с учетом некоторых достоинств блокчейна, нашедшие практическое применение в банковской, образовательной, медицинской и других сферах экономики, должны быть основаны на экономическом, технологическом, организационном и экологическом выборе необходимой информации, трансформации в цифровую среду управления ЖЦ с учетом характерных особенностей и показателей выпускаемой продукции.

Новизна работы заключается в том, что на базе существующих блокчейн-технологий разработан модифицированный вариант, позволяющий оперативно управлять ЖЦИ, в частности машиностроительной продукции.

Предлагаемый вариант представляет собой технологию выбора и трансформации необходимой информации (далее ВиТИ) в цифровую среду ЖЦ продукции, которая должна иметь эффективное практическое применение.

Являясь частью тяжелой промышленности, машиностроительная отрасль выпускает широкую номенклатуру продукции и, естественно, стадии ЖЦ техники общего назначения или ее составных частей отличаются от стадий ЖЦ оборонной техники.

Кроме того, этапы инжинирингового цикла при создании и внедрении новой машиностроительной продукции или при восстановлении существующей, повышении остаточного ресурса находящихся в эксплуатации машин и оборудования [29] также влияют на условное количество стадий ЖЦ.

Например, в работе [5] этапами ЖЦ машиностроительной продукции являются «проектирование, разработка технологий, оформление конструкторско-технологической документации, создание прототипов, проведение тестовых испытаний, производство, складирование, отгрузка, утилизация и другие необходимые мероприятия».

Стадии ЖЦ машиностроительной продукции зависят от ее вида, сложности и функционального назначения, от фазы ЖЦ (новая продукция или существующая, но нуждающаяся в совершенствовании). Так, в статье [30] отмечено, что ЖЦ машиностроительной продукции военного назначения имеет свои особенности,

так как практически все его этапы осуществляются на различных предприятиях, имеющих соответствующую специализацию.

При всем разнообразии мнений и рассуждений есть стадии ЖЦ, которые относятся ко всем изделиям. На основе анализа работы [31] составлена модифицированная схема ЖЦ машиностроительной продукции с описанием основных процессов некоторых стадий (рис. 1).

Как видно из рис. 1, существуют две фазы ЖЦ, что соответствует как классической (предложенной в 1931 г. О. Клеппнером), так и современной (разработанной в 1965 г. Т. Левиттом) концепции ЖЦ продукции. В состав первой фазы ЖЦ входят стадии № 1–7 и 9. После стадии эксплуатации № 7 принимают соответствующие решения по утилизации или капитальному ремонту и модернизации продукции (изделия).

Если принято решение об утилизации, то ЖЦ продукции завершается, что соответствует так называемому разомкнутому ЖЦ, что в управленческом отношении является неэффек-

тивным [32]. Если же в результате замены существующих составных частей (двигателя, рамы, некоторых деталей и т. д.) улучшаются технические и эксплуатационные характеристики изделия (в том числе благодаря нововведениям) продукция входит во вторую фазу ЖЦ и после восьмой стадии сразу переходит к стадиям № 1–7 (см. рис. 1), т. е. имеет место замкнутый ЖЦ продукции [32].

Часто в исследованиях рассматривают четыре, пять или шесть стадий ЖЦ продукции, но это не означает, что некоторые приведенные на рис. 1 стадии ЖЦ отсутствуют. Например, маркетинговые исследования и составление технического задания входят в единую стадию проектирования; подготовка производства, изготовление и поставка (реализация) изделия — в стадию производства и т. д., т. е. рассматривают укрупненные стадии ЖЦИ.

**Сущность технологии выбора и трансформации необходимой информации в цифровую среду ЖЦИ.** Рассмотрим укрупненные стадии



Рис. 1. Схема ЖЦ машиностроительной продукции (изделия) с описанием основных процессов некоторых стадий

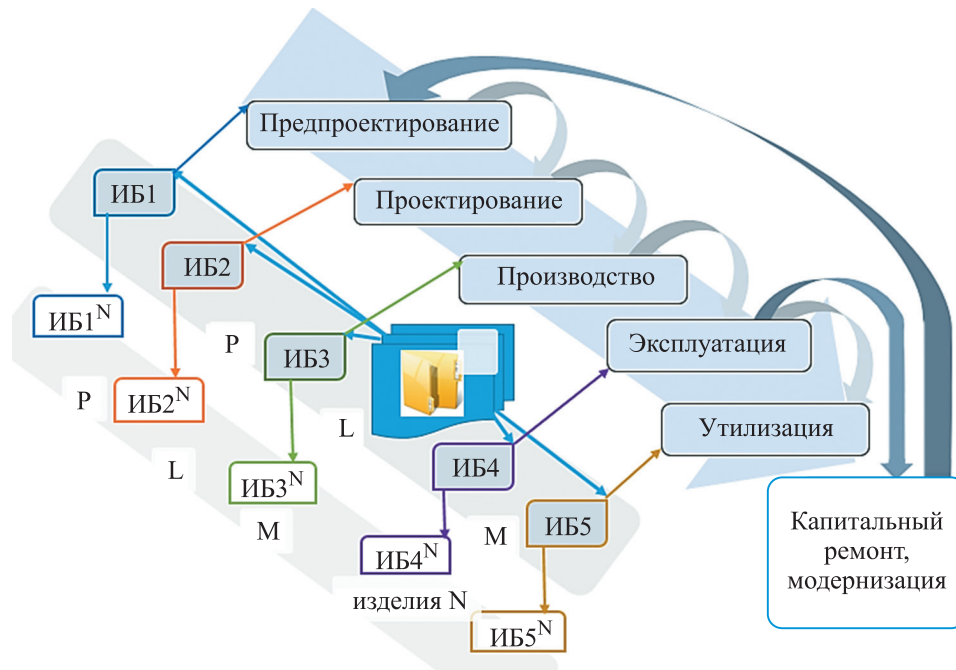


Рис. 2. Схема ЖЦИ с привязкой информационных блоков для каждой стадии

ЖЦИ (рис. 2), где в виде отдельной папки 1 условно представлены наиболее распространенные программные системы (CAD, CAM, CAE, PDM, SCM, MRP-2, ERP, CRC, MES, SCADA, CNS, CRM, IETM и др.), функциональное назначение и возможности которых приведены в работах [5, 7, 8, 33–35], а также AM (Additive Manufacturing) [36], GIS-технологии и др., используемые при управлении отдельными стадиями ЖЦ (PLM).

При извлечении необходимой информации из папки 1 для каждой стадии ЖЦИ создаются отдельные информационные блоки ИБ1–ИБ5, в состав которых входят соответствующие программные системы. Например, для стадии проектирования в информационный блок ИБ2 трансформируют программные системы CAD, CAM, CAE, PDM, в блок ИБ3 — SCM, MRP-2, ERP, CRC, MES, SCADA, CNS, CRM, AM, IETM и др., в блок ИБ4 — AM, IETM и др., в блок ИБ5 — GIS и др. Информационные блоки ИБ1–ИБ5 совместно являются платформой системы управления ЖЦИ.

Так как программные системы каждой стадии ЖЦИ, включенные в состав отдельных информационных блоков ИБ1–ИБ5, реализуются несколькими программными обеспечениями различной сложности, необходимо для конкретных машиностроительных изделий создать свою платформу системы управления ЖЦ.

Как видно из рис. 2, для блоков ИБ1–ИБ5 созданы подчиненные информационные блоки ИБ1<sup>N</sup>–ИБ5<sup>N</sup> для конкретного изделия N. Это означает, что в зависимости от целевого назначения и сложности изделия N (нового или восстановленного) выбирают необходимые варианты программного обеспечения для каждой стадии: AutoCAD (или Compas-3D и др.) для проектирования, SolidCAM (или Edgcam и др.) для производства и т. д.

Такой подход к созданию или восстановлению конкретного машиностроительного изделия более эффективен с точки зрения управления. Пакет программ системы управления ЖЦ изделия N сохраняется для дальнейшего применения, и при разработке с возможностью внедрения более совершенных программных обеспечений он обновляется с извлечением устаревших и их заменой новыми.

Эта особенность отличает предлагаемую технологию от существующих блокчейн-технологий, где при загрузке новых программ старые не извлекают. Таким образом, можно создавать отдельные унифицированные информационные блоки для каждого конкретного изделия, которые со временем можно усовершенствовать.

Доступ к таким блокам должен быть ограниченным, что можно реализовать и на коммерческой основе, в чем заключается еще одно от-

личие технологии ВиТИ от существующих блокчейн-технологий.

## Выводы

1. Внедрение технологии ВиТИ позволит более эффективно и гибко управлять каждой стадией ЖЦИ, в частности машиностроительной продукции. Позиции развития и внедрения этой технологии, интегрированной с другими ЦТ на различных стадиях ЖЦ, должны быть направлены на обеспечение таких показателей, как прочность, живучесть, надежность и безопасность машин и оборудования и их состав-

ных частей, а также на повышение остаточного ресурса.

2. Технология ВиТИ отличается от существующих блокчейн-технологий: она должна быть основана на эффективных в применении и передовых программных обеспечениях, что достигается путем извлечения старых программ и своевременным обновлением унифицированных информационных блоков. В целях обеспечения безопасности управления ЖЦИ технология не является общедоступной.

3. Результаты исследования будут использованы для разработки системы управления технологией ВиТИ.

## Литература

- [1] Глезман Л.В., Буторин С.Н., Главацкий В.Б. Цифровизация промышленности как фактор технологического развития региональной пространственно-отраслевой структуры. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1555–1570, doi: <http://doi.org/10.18334/vin.ec.10.3.110762>
- [2] Балашова Е.С., Майорова К.С. Analysis of directions of digital technologies introduction into industrial complex. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 2020, т. 13, № 2, с. 18–29, doi: <http://doi.org/10.18721/JE.13202>
- [3] Кутин А.А., Ивашин С.С. Прогноз развития цифровых машиностроительных производств. *Инновации*, 2016, № 8, с. 9–12.
- [4] Дубровина Н.А. Инновационные технологии в машиностроении. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2021, т. 12, № 1, с. 108–115, doi: <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-1-108-115>
- [5] Огородникова О.М. Исследовательская роль программ CAE в сквозных технологиях CAD/CAE/CAM. *Вестник машиностроения*, 2012, № 1, с. 25–31.
- [6] Булавин В.Ф., Яхричев В.В., Степанов А.С. Политика цифровых технологий на малых машиностроительных предприятиях. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2019, № 9, с. 35–45, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/0536-1044-2019-9-35-45>
- [7] Беднаржевский В.С., Добротина Г.Б. Обзор CAD/CAM/CAE-систем для моделирования и проектирования энергомашиностроительного оборудования. *Известия АлтГУ*, 2002, № 5, с. 118–121.
- [8] Паночевный П.Н., Некрасов В.Р. Применение CAD/CAM/CAE технологий в современном машиностроении. *Научно-практические исследования*, 2018, № 3, с. 128–132.
- [9] Девжеева Т.Г., Калинин А.К. Актуальность применения системы автоматизированного проектирования SPRUT-технология. *Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института*, 2015, т. 13, № 1, с. 271–276.
- [10] Stupnytskyy V., Hrytsay I. Comprehensive analysis of the product's operational properties formation considering machining technology. *Arch. Mech. Eng.*, 2020, vol. 67, no. 2, pp. 149–167, doi: <http://doi.org/10.24425/ame.2020.131688>
- [11] ГОСТ Р 53791–2010. *Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения*. Москва, Стандартинформ, 2011. 8 с.
- [12] Якутин Ю.В. Российская экономика: стратегия цифровой трансформации (к конструктивной критике правительственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»). *Менеджмент и бизнес-администрирование*, 2017, № 4, с. 27–52.
- [13] Холопов В.А., Каширская Е.Н., Кушнир А.П. и др. Развитие цифрового машиностроительного производства в концепции индустрии 4.0. *Проблемы машиностроения и надежности машин*, 2018, № 4, с. 97–103, doi: <https://doi.org/10.31857/S000523100000603-7>

- [14] Евгеньев Г.Б., Кокорев А.А., Пиримяшкин М.В. Разработка интеллектуальной системы трехмерного проектирования деталей. Часть 2. *Инженерный вестник*, 2016, № 2. URL: <http://www.ainjournal.ru/doc/834324.html>
- [15] Евгеньев Г.Б. *Основы автоматизации технологических процессов и производств*. Т. 1. Информационные модели. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 441 с.
- [16] Евгеньев Г.Б. Индустрия 5.0 как интеграция интернета знаний и интернета вещей. *Онтология проектирования*, 2019, т. 9, № 1, с. 7–23, doi: <http://doi.org/10.18287/2223-9537-2019-9-1-7-23>
- [17] Ингеманссон А.Р. Анализ современной научной проблемы создания цифровых производственных систем для машиностроительного производства. *Известия Волгоградского государственного технического университета*, 2019, № 8, с. 18–21.
- [18] Ingemansson A.R. Characteristics, composition, mechanisms of function and modern aspects of implementation of digital production systems in mechanical engineering industry. In: *ICIE 2019*. Springer, 2020, pp. 1167–1174, doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1\\_124](http://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_124)
- [19] Универсальные и инструментальные системы компании «СПРУТ-Технология». *mashportal.ru: веб-сайт*. <http://www.mashportal.ru/solutions-163.aspx> (дата обращения: 15.10.2022).
- [20] Система автоматизированного проектирования и технически обоснованного нормирования технологических процессов «СПРУТ-ТП-Нормирование». Свид. о гос. рег. прогн. для ЭВМ 2016615083 РФ. Заявл. 22.03.2016, опубли. 16.05.2016.
- [21] Li J., Greenwood D., Kassem M. Blockchain in the built environment and construction industry: a systematic review, conceptual models and practical use cases. *Autom. Constr.*, 2019, vol. 102, pp. 288–307, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
- [22] Ko T., Lee J., Ryu D. Blockchain technology and manufacturing industry: real-time transparency and cost savings. *Sustainability*, 2018, vol. 10, no. 11, art. 4274, doi: <http://doi.org/10.3390/su10114274>
- [23] Javaid M., Haleem A., Pratap Singh R. et al. Blockchain technology applications for Industry 4.0: a literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, 2021, vol. 2, no. 4, art. 100027, doi: <http://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100027>
- [24] Fraga-Lamas P., Fernández-Caramés T.M. A review on blockchain technologies for an advanced and cyber-resilient automotive industry. *IEEE Access*, 2019, vol. 7, pp. 17578–17598, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895302>
- [25] Sree K. Blockchain technology and digital engineering. *Int. Conf. on Sustainability*, 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325677392\\_Blockchain\\_technology\\_and\\_Digital\\_engineering](https://www.researchgate.net/publication/325677392_Blockchain_technology_and_Digital_engineering) (дата обращения: 14.07.2022).
- [26] Бром А.Е., Терентьева З.С. Использование технологии блокчейн в управлении жизненным циклом продукции. *Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева*, 2018, т. 2, № 1, с. 118–124.
- [27] Информационно-аналитический обзор. Перспективы использования технологии блокчейн в организации железнодорожных перевозок. *ERAJ*, 2018. URL: [https://index1520.com/upload/medialibrary/e7b/Blockchain\\_2019\\_12\\_12.pdf](https://index1520.com/upload/medialibrary/e7b/Blockchain_2019_12_12.pdf) (дата обращения: 14.07.2022).
- [28] Zareiyan V., Korjani M. Blockchain technology for global decentralized manufacturing: challenges and solutions for supply chain in fourth industrial revolution. *Int. J. Adv. Robot. Autom.*, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, doi: <http://doi.org/10.15226/2473-3032/3/2/00135>
- [29] Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Оганесян О.В. и др. Роль цифровых технологий при строительстве и повышении остаточного ресурса промышленной и строительной продукции. *Вестник ВолгГАСУ. Сер. Строительство и архитектура*, 2020, № 4, с. 429–437.
- [30] Кухарь В.Д., Маликов А.А., Сабина А.Л. и др. Способы организации жизненного цикла машиностроительной продукции. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2012, № 12–2, с. 302–314.
- [31] Доросинский Л.Г., Зверева О.М. *Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия*. Ульяновск, Зебра, 2016. 243 с.
- [32] Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х. *Организация жизненного цикла изделий машиностроения*. Томск, Изд-во ТПУ, 2012. 200 с.



- [33] Судов Е.В. *Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции*. Москва, МВМ, 2003. 264 с.
- [34] Дуданов Е. Применение автоматизированных систем распределенного проектирования конструкторско-технологической документации на предприятиях машиностроения. *САПР и графика*, 2019, № 1, с. 48–49.
- [35] Евгеньев Г.Б., Кузьмин Б.В., Рубахина В.И. Методы и средства управления жизненным циклом изделий машиностроения. *Системы управления, связи и безопасности*, 2015, № 4, с. 198–216.
- [36] Чемодуров А.Н. Применение аддитивных технологий в производстве изделий машиностроения. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2016, № 8–2, с. 210–217.

## References

- [1] Glezman L.V., Butorin S.N., Glavatskiy V.B. Digitalization of industry as a factor of technological development of the regional spatial and industrial structure. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki* [Russian Journal of Innovation Economics], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 1555–1570, doi: <http://doi.org/10.18334/vin.ec.10.3.110762> (in Russ.).
- [2] Balashova E.S., Mayorova K.S. Analysis of directions of digital technologies introduction into industrial complex. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics], 2020, vol. 13, no. 2, pp. 18–29, doi: <http://doi.org/10.18721/JE.13202> (in Russ.).
- [3] Kutin A.A., Ivashin S.S. Forecast for development of digital engineering industries. *Innovatsii* [Innovations], 2016, no. 8, pp. 9–12. (In Russ.).
- [4] Dubrovina N.A. Innovative technologies in machinery. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* [Vestnik of Samara University. Economics and Management], 2021, vol. 12, no. 1, pp. 108–115, doi: <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-1-108-115> (in Russ.).
- [5] Ogorodnikova O.M. Research function of SAE programs in the open-end SAE/CAD/SAE/CAM technologies. *Vestnik mashinostroeniya*, 2012, no. 1, pp. 25–31. (In Russ.).
- [6] Bulavin V.F., Yakhrichev V.V., Stepanov A.S. Policy of digital technologies in small machine-building enterprises. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [BMSTU Journal of Mechanical Engineering], 2019, no. 9, pp. 35–45, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/0536-1044-2019-9-35-45> (in Russ.).
- [7] Bednarzhevskiy V.S., Dobrotina G.B. Review CAD/CAM/CAE-systems for modeling and designing a machine-building equipment. *Izvestiya AltGU* [Izvestiya of Altai State University], 2002, no. 5, pp. 118–121. (In Russ.).
- [8] Panochevnyy P.N., Nekrasov V.R. Application of CAD/CAM/CAE technologies in modern machine building. *Nauchno-prakticheskie issledovaniya*, 2018, no. 3, pp. 128–132. (In Russ.).
- [9] Devzheeva T.G., Kalinkin A.K. Relevance of application of information technologies in mechanical engineering. *Uchenye zapiski Almet'yevskogo gosudarstvennogo neftyanogo instituta*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 271–276. (In Russ.).
- [10] Stupnytskyy V., Hrytsay I. Comprehensive analysis of the product's operational properties formation considering machining technology. *Arch. Mech. Eng.*, 2020, vol. 67, no. 2, pp. 149–167, doi: <http://doi.org/10.24425/ame.2020.131688>
- [11] GOST R 53791–2010. *Resursosberezhenie. Stadii zhiznennogo tsikla izdeliy proizvodstvenno-tekhnicheskogo naznacheniya. Obshchie polozheniya* [State standard GOST R 53791–2010. Resources saving. Stages of products technological cycle. General principles]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 8 p. (In Russ.).
- [12] Yakutin Yu.V. The Russian economy: a strategy for digital transformation (constructive criticism of the government programme "Digital economy of the Russian federation"). *Menedzhment i biznes-administririrovanie* [Management and Business Administration], 2017, no. 4, pp. 27–52. (In Russ.).
- [13] Kholopov V.A., Kashirskaya E.N., Kushnir A.P. et al. Development of digital machine-building production in the industry 4.0. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*,

- 2018, no. 4, pp. 97–103, doi: <https://doi.org/10.31857/S000523100000603-7> (in Russ.). (Eng. version: *Concept. J. Mach. Manuf. Reliab.*, 2018, vol. 47, no. 4, pp. 380–385, doi: <https://doi.org/10.3103/S1052618818040064>)
- [14] Evgenev G.B., Kokorev A.A., Pirimyashkin M.V. Development of intelligent 3d system for design of elements. Part 2. *Inzhenernyy vestnik* [Engineering Bulletin], 2016, no. 2. URL: <http://www.ainjournal.ru/doc/834324.html> (in Russ.).
- [15] Evgenev G.B. *Osnovy avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv*. T. 1. Informatsonnye modeli [Basics of technological processes and production. Vol. 1. Information models]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2015. 441 p. (In Russ.).
- [16] Evgenev G.B. Industry 5.0 as an integration of the internet of knowledge the internet of things. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Designing], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 7–23, doi: <http://doi.org/10.18287/2223-9537-2019-9-1-7-23> (in Russ.).
- [17] Ingemansson A.R. The analysis of modern scientific problem of creation of digital production systems for mechanical engineering industry. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Izvestia Volgograd State Technical University], 2019, no. 8, pp. 18–21. (In Russ.).
- [18] Ingemansson A.R. Characteristics, composition, mechanisms of function and modern aspects of implementation of digital production systems in mechanical engineering industry. In: *ICIE 2019*. Springer, 2020, pp. 1167–1174, doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1\\_124](http://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_124)
- [19] Universalnye i instrumentalnye sistemy kompanii “SPRUT-Tekhnologiya” [Universal and tool systems of “SPRUT-technology company”]. *mashportal.ru: website*. <http://www.mashportal.ru/solutions-163.aspx> (accessed: 15.10.2022). (In Russ.).
- [20] *Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya i tekhnicheskii obosnovannogo normirovaniya tekhnologicheskikh protsessov «SPRUT-TP-Normirovanie»* [SPRUT-TP-Normirovanie system for automated design and reasonable process standardization]. Svid. o gos. reg. progr. dlya EVM 2016615083 [Software registration certificate 2016615083]. Appl. 22.03.2016, publ. 16.05.2016. (In Russ.).
- [21] Li J., Greenwood D., Kassem M. Blockchain in the built environment and construction industry: a systematic review, conceptual models and practical use cases. *Autom. Constr.*, 2019, vol. 102, pp. 288–307, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
- [22] Ko T., Lee J., Ryu D. Blockchain technology and manufacturing industry: real-time transparency and cost savings. *Sustainability*, 2018, vol. 10, no. 11, art. 4274, doi: <http://doi.org/10.3390/su10114274>
- [23] Javaid M., Haleem A., Pratap Singh R. et al. Blockchain technology applications for Industry 4.0: a literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, 2021, vol. 2, no. 4, art. 100027, doi: <http://doi.org/10.1016/j.bcr.2021.100027>
- [24] Fraga-Lamas P., Fernández-Caramés T.M. A review on blockchain technologies for an advanced and cyber-resilient automotive industry. *IEEE Access*, 2019, vol. 7, pp. 17578–17598, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895302>
- [25] Sree K. Blockchain technology and digital engineering. *Int. Conf. on Sustainability*, 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325677392\\_Blockchain\\_technology\\_and\\_Digital\\_engineering](https://www.researchgate.net/publication/325677392_Blockchain_technology_and_Digital_engineering) (accessed: 14.07.2022).
- [26] Brom A.E., Terentyeva Z.S. Use of the blockchain technology in product lifecycle management. *Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishcheva* [Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatischev], 2018, vol. 2, no. 1, pp. 118–124. (In Russ.).
- [27] [Information and analytical review. Prospects of using blockchain technology in the organization of railway transportation]. *ERAI*, 2018. URL: [https://index1520.com/upload/medialibrary/e7b/Blockchain\\_2019\\_12\\_12.pdf](https://index1520.com/upload/medialibrary/e7b/Blockchain_2019_12_12.pdf) (accessed: 14.07.2022). (In Russ.).
- [28] Zareiyani B., Korjani M. Blockchain technology for global decentralized manufacturing: challenges and solutions for supply chain in fourth industrial revolution. *Int. J. Adv. Robot. Automn.*, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, doi: <http://doi.org/10.15226/2473-3032/3/2/00135>
- [29] Abramyani S.G., Burlachenko O.V., Oganesyani O.V. et al. Role of digital technologies in construction and in increasing the residual resource of industrial and construction products. *Vestnik VolgGASU. Ser. Stroitelstvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, no. 4, pp. 429–437. (In Russ.).

- [30] Kukhar V.D., Malikov A.A., Sabinina A.L. et al. The ways of machine - building production life cycle organization. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [News of the Tula State University. Technical Sciences], 2012, no. 12–2, pp. 302–314. (In Russ.).
- [31] Dorosinskiy L.G., Zvereva O.M. *Informatsionnye tekhnologii podderzhki zhiznennogo tsikla izdeliya* [Information technologies to support the product life cycle]. Ulyanovsk, Zebra Publ., 2016. 243 p. (In Russ.).
- [32] Petrushin S.I., Gubaydulina R.Kh. *Organizatsiya zhiznennogo tsikla izdeliy mashinostroeniya* [Life cycle organization of mechanical engineering products]. Tomsk, Izd-vo TPU Publ., 2012. 200 p. (In Russ.).
- [33] Sudov E.V. *Integririvannaya informatsionnaya podderzhka zhiznennogo tsikla mashinostroitel'noy produktsii* [Integrated information support of a lifecycle of machine building products]. Moscow, MVM Publ., 2003. 264 p. (In Russ.).
- [34] Dudanov E. Application of automated systems for distributed design of design and technological documentation at mechanical engineering enterprises. *SAPR i grafika*, 2019, no. 1, pp. 48–49. (In Russ.).
- [35] Evgenev G.B., Kuzmin B.V., Rubakhina V.I. Methods and tools for product lifecycle management in mechanical engineering. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti* [Systems of Control, Communication and Security], 2015, no. 4, pp. 198–216. (In Russ.).
- [36] Chemodurov A.N. The use of additive technologies in the production of engineering products. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [News of the Tula State University. Technical Sciences], 2016, no. 8–2, pp. 210–217. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 19.10.2022

## Информация об авторах

**БУРЛАЧЕНКО Олег Васильевич** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии строительного производства», заместитель директора по научной работе Института архитектуры и строительства. Волгоградский государственный технический университет (400005, Волгоград, Российская Федерация, пр. им. Ленина, д. 28, e-mail: oburlachenko@yandex.ru).

**ОГАНЕСЯН Оганес Валерьевич** — аспирант кафедры «Технологии строительного производства» Института архитектуры и строительства. Волгоградский государственный технический университет (400005, Волгоград, Российская Федерация, пр. им. Ленина, д. 28, e-mail: ogoganesyan@mail.ru).

## Information about the authors

**BURLACHENKO Oleg Vasilyevich** — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Department of Constructional Production Technologies, Deputy Director for Scientific Research, Institute of Architecture and Civil Engineering. Volgograd State Technical University (400005, Volgograd, Russian Federation, Lenin Ave., Bldg. 28, e-mail: oburlachenko@yandex.ru).

**OGANESYAN Oganis Valeryevich** — Postgraduate, Department of Constructional Production Technologies, Institute of Architecture and Civil Engineering. Volgograd State Technical University (400005, Volgograd, Russian Federation, Lenin Ave., Bldg. 28, e-mail: ogoganesyan@mail.ru).

### Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Бурлаченко О.В., Оганесян О.В. Цифровая технология выбора и трансформации информации для управления и поддержки жизненного цикла изделия. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 3, с. 3–13, doi: 10.18698/0536-1044-2023-3-3-13

### Please cite this article in English as:

Burlachenko O.V., Oganesyanyan O.V. Digital Technology in Information Selection and Transformation to Control and Support the Product Lifecycle. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2023, no. 3, pp. 3–13, doi: 10.18698/0536-1044-2023-3-3-13