УДК 004.946 : 658.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

© 2025 И.В. Кудрявцев[1], А.А. Кутин[2]

[1] МИРЭА - Российский технологический университет, г. Москва, Россия
[2] Московский государственный технологический университет «СТАНКИН, г. Москва, Россия

Статья поступила в редакцию 05.07.2025

В статье рассматривается применение VR-технологий для оптимизации технологической подготовки производства (ТПП) изделий машиностроения, направленное на сокращение времени и снижение ошибок. Проводится анализ проблем традиционных методов ТПП, такие как фрагментированность процессов и зависимость от ручного ввода данных, и предлагает решения с использованием виртуальной реальности для проектирования, планирования и обучения персонала. Приводятся примеры успешного внедрения VR, а также модель оценки эффективности, демонстрирующая потенциальное сокращение времени ТПП на 20–40%. Результаты работы показывают необходимость интеграции VR в гибридную модель ТПП для достижения максимальной эффективности.
Ключевые слова: организация производства, технологическая подготовка производства, цифровые технологии, виртуальная реальность.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3(2)-382-388
EDN: UXRWYQ

ВВЕДЕНИЕ

Технологическая подготовка производства (ТПП) играет ключевую роль в обеспечении требуемых сроков вывода продукции на рынок, оптимизации затрат и повышении качества изделий. Традиционные методы ТПП, связанные с применением разрозненных САПР, всё чаще становятся препятствием в условиях цифровой трансформации промышленности [1,2]. Задержки на этапе ТПП приводят к увеличению сроков разработки, а ошибки, вызванные человеческим фактором, — к значительным финансовым потерям из-за необходимости переработки[3-5]. В этой статье рассматриваются инструменты виртуальной реальности (*VR*) и имитационного моделирования для преодоления этих ограничений.

АНАЛИЗ ТЕКУЩИХ ПРОБЛЕМ ТПП

Современная ТПП включает множество взаимосвязанных этапов: от анализа требований заказчика до разработки и внедрения управляющих программ для оборудования с ЧПУ. В различных источниках указывается [5-7], что значительная часть времени тратится на согласование технической документации между отделами, а также на физические испытания прототипов изделий, которые часто выявляют ошибки, требующие возврата к предыдущим этапам[4,8,9]. Например, типичными проблемами являются несоответствия в документации и некорректные настройки программ для станков с ЧПУ.

ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К ТПП

На рис.1 приведена обобщенная схема технологической подготовки производства.

Процесс технологической подготовки производства начинается с формулирования требований к технологичности изделия, где определяются цели снижения затрат и упрощения сборки с учётом жизненного цикла продукта [8,10]. На этом этапе анализируются нормативы (ГОСТ, *ISO*) и аналоги для выбора ключевых показателей: производственных, конструктивных, эксплуатационных и экономических. Требования согласовываются с отделами и поставщиками, рассчитываются коэффициенты стандартизации и повторяемости, а оптимизация конструкции достигается за счёт согласования требований конструктора и технологических возможностей производства[3,9,11]. Решения

Кудрявцев Илья Владиславович, старший преподаватель кафедры цифровых и аддитивных технологий.
E-mail: Kudryavcev_i@mirea.ru
Кутин Андрей Анатольевич , доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
E-mail: 170455@mail.ru

фиксируются в документации, проверяются на прототипах и итеративно корректируются для баланса между технологичностью, функциональностью и экономической эффективностью.

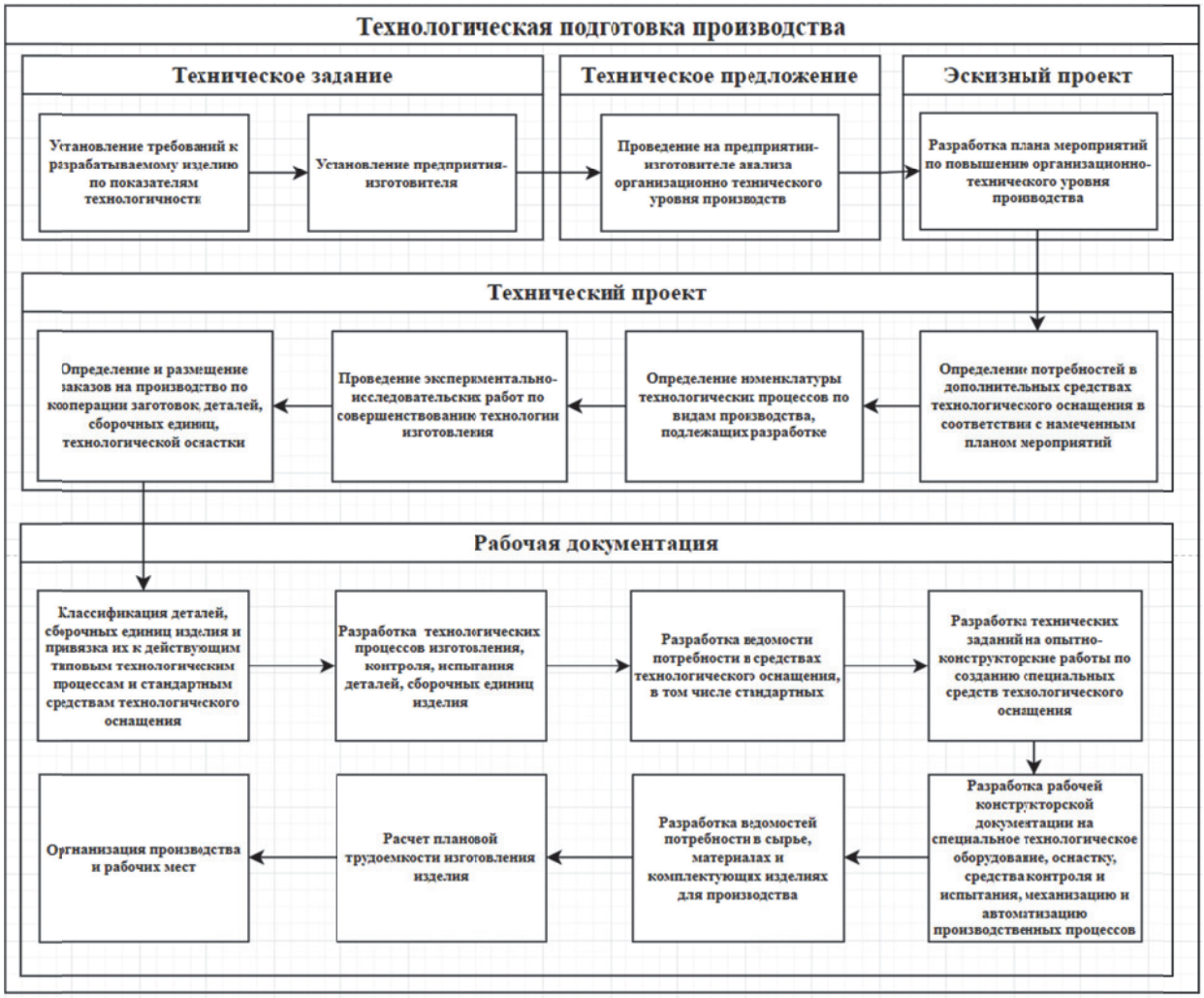

Рис. **1.** Структурная схема технологической подготовки производства

Далее проводится анализ организационно-технического уровня предприятия, включая оценку автоматизации, наличия требуемого оборудования, квалификации персонала и соответствия стандартам качества [2,10,12,13]. Сравнение с отраслевыми эталонами выявляет слабые места — устаревшие технологии, простои, высокие энергозатраты. На основе диагностики формируются рекомендации: модернизация парка станков, внедрение автоматизации (*ERP, PLM*), обучение сотрудников, что оформляется в дорожную карту с оценкой бюджета и сроков.

Эскизный проект конкретизирует план мероприятий, направленных на устранение «узких мест». Это включает внедрение цифровых решений, оптимизацию производственных циклов через *lean*-методы и повышение экологических стандартов[10,12]. Действия детализируются — от закупки оборудования до реорганизации цехов, — синхронизируются с корпоративной стратегией и реализуются поэтапно, начиная с пилотных решений.

В техническом проекте определяется потребность в дополнительном оснащении: анализируются дефицитные ресурсы (станки, ПО), рассчитывается рентабельность инвестиций, составляются ТЗ для закупки. Параллельно разрабатывается номенклатура технологических процессов, группируемых по типам производства (массовое, серийное), с учётом стандартов и экономической целесообразности. Экспериментальные работы (ЭИР) позволяют тестировать новые материалы и режимы обработки, а выявленные решения интегрируются в обновлённые регламенты. Для кооперации оцениваются внутренние мощности, формируются заказы подрядчикам с резервными цепочками поставок и аудитом поставщиков [8,13].

Рабочая документация охватывает классификацию деталей по конструктивно-технологическим признакам, их привязку к типовым процессам для минимизации новых разработок. Создаются технологические маршруты обработки и контроля. Разрабатываются ТЗ на спецоборудование с требованиями к точности и безопасности, проектируется оснастка и специальный инструмент, со-

провождаемые расчётами и тестами прототипов. Ведомости ресурсов формируются с учётом норм расхода и логистики, а расчёт трудоёмкости интегрируется в ERP-системы для планирования загрузки цехов [7,9].

ОСОБЕННОСТИ ТПП ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ *VR* ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение *VR*-технологий ускоряет процесс: интерактивное 3D-моделирование сокращает циклы проектирования, симуляции выявляют коллизии в планировании, а виртуальное обучение снижает риски ошибок операторов. Завершающим элементом становится цифровая информационная модель, объединяющая этапы ТПП в единую платформу, что устраняет фрагментированность данных, снижает зависимость от ручного ввода и обеспечивает сквозную координацию между всеми участниками производства.

Основные причины этих трудностей — фрагментированность процессов, отсутствие единой цифровой платформы для совместной работы и зависимость от ручного ввода данных [1,2]. Даже при использовании современных систем автоматизации многие операции, такие как проверка эргономики или тестирование технологических маршрутов, остаются ресурсоёмкими из-за необходимости создания физических макетов и привлечения большого числа специалистов [4,7].

Виртуальная реальность предлагает инновационные решения для преодоления ключевых ограничений ТПП. На этапе проектирования инженеры могут работать с трёхмерными моделями в интерактивной *VR*-среде, что позволяет оперативно вносить изменения и сокращать количество итераций. Совместная работа в виртуальном пространстве устраняет необходимость многократного согласования чертежей, ускоряя процесс утверждения технических решений [10-12].

На этапе технологического планирования *VR*-симуляции позволяют тестировать работу оборудования и управляющие программы в виртуальной среде. Это помогает выявлять коллизии, оптимизировать производственные маршруты и минимизировать риски ошибок до запуска реальных процессов. Особенно эффективно такое решение для сложных задач, где требуется высокая точность и учёт множества переменных.

Кроме того, *VR*-технологии способствуют ускорению обучения персонала. Операторы могут отрабатывать навыки работы с оборудованием в безопасной виртуальной среде, что сокращает время адаптации и снижает вероятность ошибок на производстве. Удалённые эксперты имеют возможность участвовать в аудите процессов через *VR*-интерфейсы, что уменьшает логистические издержки и повышает оперативность принятия решений.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Для оценки эффективности разработки рабочей документации технологической подготовки производства и оценки влияния внедрения технологий объёмной визуализации была сформирована модель взаимосвязи этапов ТПП (рис. 2).

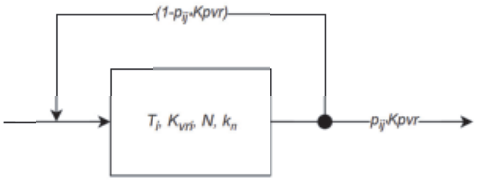

Рис. 2. Модель этапов разработки и взаимосвязей ТПП

В данной модели рассматриваются временные показатели общих затрат времени на разработку T_i, учитываются коэффициенты влияния использования технологий виртуальной реальности $K_{VR\,i}$ и снижения затрат времени при повторной переработке в связи с оптимизацией, усовершенствованием технологии или исправлением ошибок N, $K_{\text{повт}}$.

Таким образом уравнение, описывающее модель, принимает следующий вид:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{M} (T_i \cdot k_{vr\,i}^{t} + T_i \cdot k_{vr\,i}^{t} \cdot N \cdot k_{\text{повт}}) \ .$$

Зависимость временных потерь от повторного прохождения этапа будет напрямую зависит от вероятности возникновения ошибок на этом или последующих стадиях технологической подготовки производства и будет представлена в следующем виде:

$$N = F(p_i, k_{vr_i}^{p}) \ .$$

На основе данной модели была создана схема, описывающая логические и временные взаимосвязи между этапами разработки сборочной документации для мелкосерийного производства изделий (рис. 3).

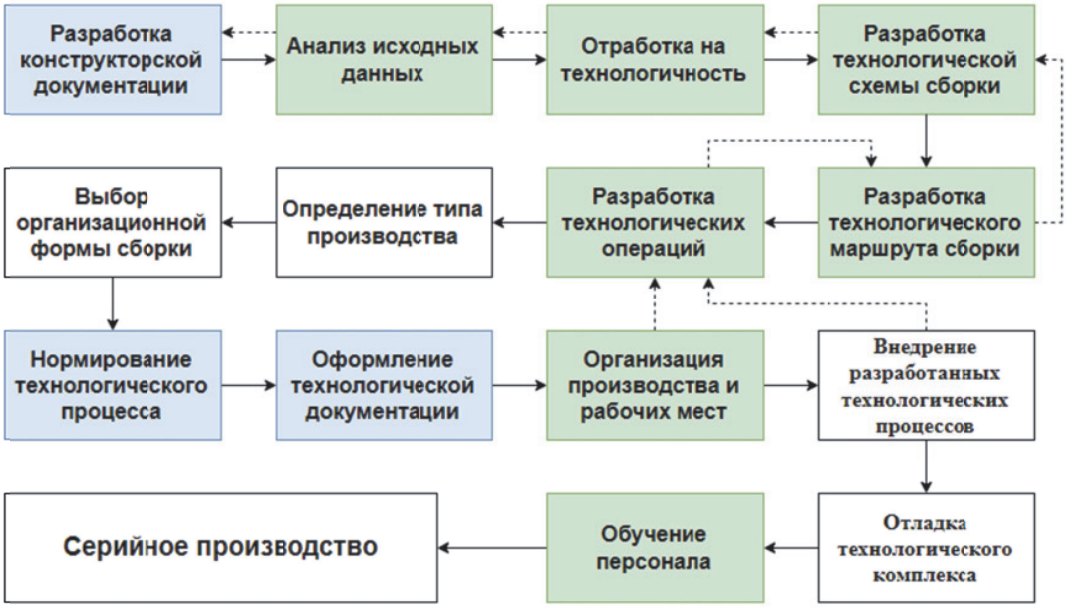

Рис. 3. Схема разработки сборочной документации

Исходя из анализа данной схемы можно сделать вывод о том, что наибольшая трудоёмкость выпадает на этапы отработки на технологичность, разработки схемы, маршрута и технологических операций сборки, а также существенная доля времени затрачивается на организацию производства и обучение персонала. Таким образом внедрение технологии виртуальной реальности на этих этапах обеспечит возможность сокращения времени и повысит эффективность разработки технологической документации для мелкосерийного производства изделий различной номенклатуры.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ *VR* В ПРОЦЕССАХ РАЗРАБОТКИ ТПП

В качестве примера рассматривалась задача проектирования и производства цеха переработки металлических отходов. Основной задачей являлась оценка технологичности сборки основных узлов оборудования и доступность рабочего в зону монтажа.

В процессе разработки участка цеха учитывались габаритные размеры оборудования, маршрут проложенных коммуникаций, вспомогательные элементы, позволяющие осуществлять доступ к оборудованию на разных уровнях. Экспертом оценивались возможности отработки приёмов монтажа и эксплуатации, при необходимости вносились изменения в конструкцию и положение оборудования.

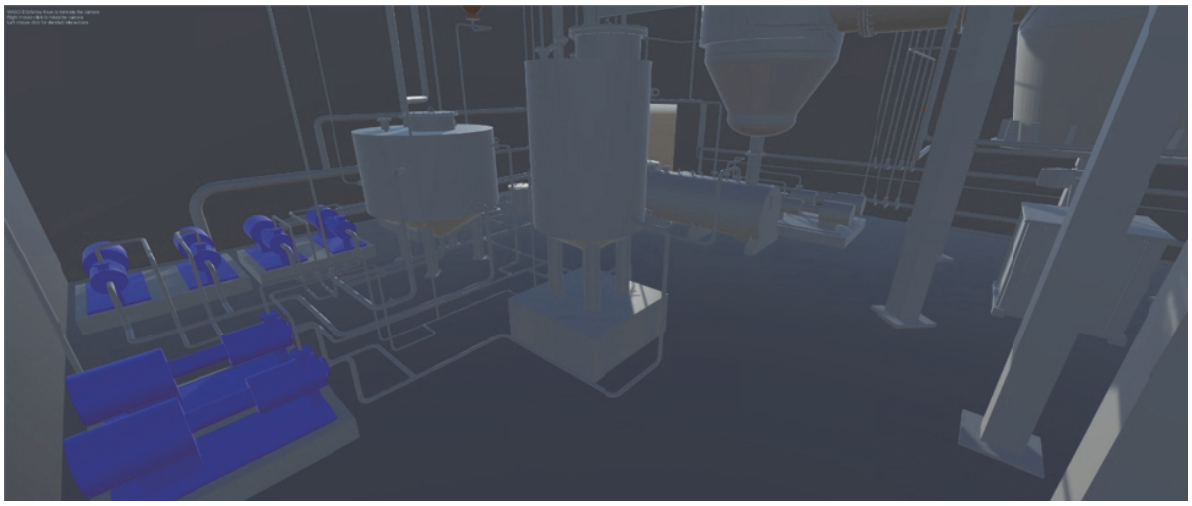

Рис. 4. *VR*-сцена участка цеха

В результате работы были выявлены ошибки размещения основного оборудования, внесены изменения в маршруты прокладываемых коммуникаций, произведены работы по осуществлению доступа рабочих к зонам монтажа и проработаны основные технологические приёмы. Это привело к сокращению времени при сборке и внедрению цеха в производственный цикл предприятия.

ИНТЕГРАЦИЯ *VR* В АРХИТЕКТУРУ ТПП

Для реализации потенциала *VR* необходима трансформация традиционной линейной модели ТПП. Вместо последовательных этапов предлагается гибридная модель с непрерывной обратной связью между проектированием, планированием и внедрением. Данные из *VR*-симуляций могут автоматически интегрироваться в системы автоматизированного проектирования (*CAD*), корректируя 3D-модели, а результаты виртуальных испытаний — передаваться в системы управления производством для оптимизации графиков.

Однако оценить влияние *VR* на общую длительность ТПП с помощью аналитических методов затруднительно. Процессы содержат нелинейные зависимости: задержки на одном этапе могут вызвать каскадные изменения в других, а человеческий фактор вносит элемент стохастичности. Например, время согласований зависит не только от технической сложности проекта, но и от организационных аспектов, таких как загруженность сотрудников или коммуникационные барьеры.

Для объективной оценки эффективности внедрения *VR* необходимы инструменты, учитывающие динамику взаимодействий между участниками ТПП, вероятности ошибок и внешние факторы. Имитационное моделирование позволяет создать цифровой двойник процессов ТПП, где можно проанализировать различные сценарии[6].

Такая модель позволит прогнозировать результаты, оптимизировать распределение ресурсов и принимать обоснованные решения о внедрении новых технологий. Например, имитация может показать, что интеграция *VR* на этапе проектирования снизит количество ошибок, но потребует дополнительных инвестиций в обучение сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеграция *VR* в ТПП — это не просто замена традиционных инструментов на цифровые, а переход к новой логике управления процессами. Виртуальная реальность устраняет разрывы между проектированием и производством, сокращая время на согласования и минимизируя риски дорогостоящих ошибок. Однако для точной оценки эффективности таких решений требуется использование имитационных моделей, которые учитывают как технические, так и организационные аспекты.

Пилотные проекты демонстрируют, что внедрение *VR*-технологий способно сократить время ТПП на 20–40%, а дальнейшая интеграция с искусственным интеллектом и цифровыми двойниками может превратить ТПП в непрерывный адаптивный процесс, синхронизированный с реальным производством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мунтин, А.В.* Цифровизация – важнейший инструмент совершенствования металлургических технологий / А. В. Мунтин, М. Н. Шамшин, А. Г. Зинягин [и др.] // Металлург. – 2022. – № 9. – С. 31-43. – DOI 10.52351/00260827_2022_09_31. – EDN QPVGOW.
2. *Булавин, В.Ф.* Цифровой формат подготовки приборостроительного производства. Ч. I. Конструкторский этап / В. Ф. Булавин, Т. Г. Булавина, В. В. Яхричев, А. С. Степанов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63. – № 3. – С. 242-249. – DOI 10.17586/0021-3454-2020-63-3-242-249. – EDN ESPLPR.
3. *Савицкий, В.В.* О необходимости совершенствования документооборота в технологической подготовке металлообрабатывающего производства / В. В. Савицкий // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2024. – № 1(148). – С. 86-109. – EDN DXJDOC.
4. *Решетникова, Е.П.* Инновационный подход к разработке технологических процессов изготовления изделий в многономенклатурном производстве / Е. П. Решетникова, П. Ю. Бочкарев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2021. – № 2(56). – С. 35-46. – DOI 10.18323/2073-5073-2021-2-35-46. – EDN YSJFHC.
5. *Шашин, А.Д.* Методика определения запуска первоочередных заказов в многономенклатурном механообрабатывающем производстве с учетом времени технологической подготовки производства / А. Д. Шашин // Вестник МГТУ «Станкин». – 2020. – № 1(52). – С. 33-37. – DOI 10.47617/2072-3172_2020_1_33. – EDN GTTLVB.
6. *Григорьев, С.Н.* Имитационное моделирование производственных процессов различных типов машиностроительных производств / С. Н. Григорьев, В. А. Долгов, П. А. Никишечкин [и др.] // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2022. – № 3(142). – С. 84-99. – DOI 10.18698/0236-3941-2022-3-84-99. – EDN EILHCU.

7. *Лушкин, А.А.* Совершенствование методического обеспечения для проектирования технологического процесса узловой сборки летательных аппаратов на основе применения гиперграфов ограничений / А. А. Лушкин, П. В. Круглов, И. А. Болотина // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2023. – № 11(764). – С. 45-52. – DOI 10.18698/0536-1044-2023-11-45-52. – EDN CFQLFG.
8. *Говорков, А.С.* Аспекты моделирования производственных процессов в рамках системы предприятия / А. С. Говорков, Н. В. Подрез // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2024. – № 4. – С. 30-37. – EDN SNKOYU.
9. *Жетесова, Г.С.* Создание автоматизированных рабочих мест на основе формализованной методики проектирования технологических процессов машиностроительных предприятий / Г. С. Жетесова, Т. Ю. Никонова, В. В. Юрченко [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4-1(50). – С. 214-223. – DOI 10.37220/MIT.2020.50.4.030. – EDN LFNIZM.
10. *Богинский, А.И.* Цифровые модели для оптимизации производственно-технологических процессов / А. И. Богинский, А. А. Чурсин // Вестник машиностроения. – 2020. – № 2. – С. 63-67. – EDN IQPJHQ.
11. *Зяблов, О.К.* Концепция автоматизированной подготовки ремонтной документации / О. К. Зяблов, Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4-1(50). – С. 69-74. – DOI 10.37220/MIT.2020.50.4.008. – EDN FMANQD.
12. *Каракозова, И.В.* Методы проектирования рабочих операций в условиях внедрения цифровых технологий в строительстве / И. В. Каракозова, И. М. Лисицын, К. В. Болдышев // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19. – № 8. – С. 1373-1389. – DOI 10.22227/1997-0935.2024.8.1373-1389. – EDN GXBZQY.
13. *Нуралиев, Ф.А.* Цифровые технологии в литейном производстве / Ф. А. Нуралиев, И. А. Иванов // Литейное производство. – 2020. – № 8. – С. 20-22. – EDN QBVHMC.
14. *Татьянин, А.И.* Комплексная цифровизация технологических процессов горного производства / А. И. Татьянин, Д. А. Тютюнник, А. В. Барышев // Горный журнал. – 2021. – № 6. – С. 33-37. – EDN ICWAKM.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANUFACTURING PROCESS PLANNING FOR MACHINE-BUILDING PRODUCTS USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES

© 2025 I.V. Kudryavtsev[1], A.A. Kutin[2]

[1] MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia
[2] Moscow State University of Technology “STANKIN”, Moscow, Russia

The article explores the application of *VR* technologies to optimize the Manufacturing Process Planning (MPP) of machine-building products, aiming to reduce time and minimize errors. It analyzes issues inherent in traditional MPP methods—such as process fragmentation and reliance on manual data entry—and proposes solutions utilizing virtual reality for design, planning, and personnel training. Examples of successful *VR* implementation are provided, along with an efficacy assessment model demonstrating a potential 20–40% reduction in MPP time. The results indicate that integrating *VR* into a hybrid MPP model is essential for achieving maximum efficiency.
Keywords: production organization, manufacturing process planning (MPP), digital technologies, virtual reality

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3(2)-382-388
EDN: UXRWYQ

REFERENCES

1. *Muntin, A.V.* Cifrovizaciya – vazhnejshij instrument sovershenstvovaniya metallurgicheskih tekhnologij / A. V. Muntin, M. N. Shamshin, A. G. Zinyagin [i dr.] // Metallurg. – 2022. – № 9. – S. 31-43. – DOI 10.52351/00260827_2022_09_31. – EDN QPVGOW.
2. *Bulavin, V.F.* Cifrovoj format podgotovki priborostroitel’nogo proizvodstva. Ch. I. Konstruktorskij etap / V. F. Bulavin, T. G. Bulavina, V. V. Yahrichev, A. S. Stepanov // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie. – 2020. – T. 63. – № 3. – S. 242-249. – DOI 10.17586/0021-3454-2020-63-3-242-249. – EDN ESPLPR.
3. *Savickij, V.V.* O neobhodimosti sovershenstvovaniya dokumentooborota v tekhnologicheskoj podgotovke metalloobrabatyvayushchego proizvodstva / V. V. Savickij // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. Seriya Mashinostroenie. – 2024. – № 1(148). – S. 86-109. – EDN DXJDOC.
4. *Reshetnikova, E.P.* Innovacionnyj podhod k razrabotke tekhnologicheskih processov izgotovleniya izdelij v mnogonomenklaturnom proizvodstve / E. P. Reshetnikova, P. Yu. Bochkarev // Vektor nauki Tol’yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2021. – № 2(56). – S. 35-46. – DOI 10.18323/2073-5073-2021-2-35-46. – EDN YSJFHC.
5. *Shashin, A.D.* Metodika opredeleniya zapuska pervoocherednyh zakazov v mnogonomenklaturnom mekhanoobrabatyvayushchem proizvodstve s uchetom vremeni tekhnologicheskoj podgotovki proizvodstva / A. D. Shashin // Vestnik MGTU «Stankin». – 2020. – № 1(52). – S. 33-37. – DOI 10.47617/2072-3172_2020_1_33. – EDN GTTLVB.
6. *Grigor’ev, S.N.* Imitacionnoe modelirovanie proizvodstvennyh processov razlichnyh tipov mashinostroitel’nyh proizvodstv / S. N. Grigor’ev, V. A. Dolgov, P. A. Nikishechkin [i dr.] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. Seriya Mashinostroenie. – 2022. – № 3(142). – S. 84-99. – DOI 10.18698/0236-3941-2022-3-84-99. – EDN EILHCU.

7. *Lushkin, A.A.* Sovershenstvovanie metodicheskogo obespecheniya dlya proektirovaniya tekhnologicheskogo processa uzlovoj sborki letatel'nyh apparatov na osnove primeneniya gipergrafov ogranichenij / A. A. Lushkin, P. V. Kruglov, I. A. Bolotina // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie. – 2023. – № 11(764). – S. 45-52. – DOI 10.18698/0536-1044-2023-11-45-52. – EDN CFQLFG.
8. *Govorkov, A.S.* Aspekty modelirovaniya proizvodstvennyh processov v ramkah sistemy predpriyatiya / A. S. Govorkov, N. V. Podrez // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem. – 2024. – № 4. – S. 30-37. – EDN SNKOYU.
9. *Zhetesova, G.S.* Sozdanie avtomatizirovannyh rabochih mest na osnove formalizovannoj metodiki proektirovaniya tekhnologicheskih processov mashinostroitel'nyh predpriyatij / G. S. Zhetesova, T. Yu. Nikonova, V. V. Yurchenko [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. – 2020. – № 4-1(50). – S. 214-223. – DOI 10.37220/MIT.2020.50.4.030. – EDN LFNIZM.
10. *Boginskij, A.I.* Cifrovye modeli dlya optimizacii proizvodstvenno-tekhnologicheskih processov / A. I. Boginskij, A. A. Chursin // Vestnik mashinostroeniya. – 2020. – № 2. – S. 63-67. – EDN IQPJHQ.
11. *Zyablov, O.K.* Koncepciya avtomatizirovannoj podgotovki remontnoj dokumentacii / O. K. Zyablov, Yu. A. Kochnev, I. B. Kochneva // Morskie intellektual'nye tekhnologii. – 2020. – № 4-1(50). – S. 69-74. – DOI 10.37220/MIT.2020.50.4.008. – EDN FMANQD.
12. *Karakozova, I.V.* Metody proektirovaniya rabochih operacij v usloviyah vnedreniya cifrovyh tekhnologij v stroitel'stve / I. V. Karakozova, I. M. Lisicyn, K. V. Boldyshev // Vestnik MGSU. – 2024. – T. 19. – № 8. – S. 1373-1389. – DOI 10.22227/1997-0935.2024.8.1373-1389. – EDN GXBZQY.
13. *Nuraliev, F.A.* Cifrovye tekhnologii v litejnom proizvodstve / F. A. Nuraliev, I. A. Ivanov // Litejnoe proizvodstvo. – 2020. – № 8. – S. 20-22. – EDN QBVHMC.
14. *Tat'yanin, A.I.* Kompleksnaya cifrovizaciya tekhnologicheskih processov gornogo proizvodstva / A.I. Tat'yanin, D.A. Tyutyunnik, A.V. Baryshev // Gornyj zhurnal. – 2021. – № 6. – S. 33-37. – EDN ICWAKM.

Ilya Kudryavtsev, Senior Lecturer, Department of Digital and Additive Technologies. E-mail: Kudryavcev_i@mirea.ru
Andrey Kutin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Mechanical Engineering Technology. E-mail: 170455@mail.ru