

Адаптивное управление производством посредством использования цифровой платформы

Коряжкин А.А., Маковецкий М.Ю.

Процесс адаптации производителей наукоемкой продукции к динамично изменяющимся условиям рынка напрямую определяет экономическое развитие Российской Федерации. Современные цифровые сервисы позволяют существенно повысить производительность производства и снизить себестоимость производимой продукции, обеспечивая гибкость и устойчивость технологических цепочек. В ходе реализации государственной стратегии цифровой трансформации экономики Российской Федерации усиливается конкурентоспособность отечественных предприятий на глобальном рынке, обеспечивается повышение качества выпускаемой продукции, создаются необходимые условия для устойчивого экономического роста на инновационной основе и достижения технологического суверенитета. Кроме того, цифровые сервисы поддерживают внедрение передовых методик контроля качества, мониторинга оборудования в режиме реального времени и адаптивного обслуживания, что снижает риски технологических сбоев и обеспечивает более надежное протекание сложных наукоемких процессов.

Целью проведенного исследования является разработка рекомендаций по повышению эффективности адаптивного управления производственным предприятием, которое представляется возможным на основе применения цифровой платформы. Объектом исследования является инструментальное производство, предметом исследования выступает процесс применения цифровизации и реорганизации инструментального производства. В статье выделены ключевые направления функционирования системы адаптивного управления и сформулированы рекомендации по ее совершенствованию для повышения эффективности производственных предприятий на основе интеграции цифровых сервисов, позволяющих в онлайн режиме предоставлять информацию, являющуюся основанием для оптимизации продукта, ценового предложения, плана производства без непосредственного участия человеческого ресурса.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Коряжкин А.А., Маковецкий М.Ю. Адаптивное управление производством посредством использования цифровой платформы // Дискуссия. – 2025. – № 5 (138). – С. 277–284.

ГОСТ 7.1-2003

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Адаптивное управление, инновационный продукт, управление, цифровая платформа, технология разработки, оптимизация продукта, бизнес-модель, цифровой менеджмент.

Adaptive production management through the use of a digital platform

Koryazhkin A.A., Makovetsky M.Yu.

The process of adaptation of manufacturers of high-tech products to dynamically changing market conditions directly determines the economic development of the Russian Federation. Modern digital services can significantly increase production productivity and reduce the cost of production, providing flexibility and stability of technological chains. In the course of the implementation of the state strategy for digital transformation of the economy of the Russian Federation, the competitiveness of domestic enterprises in the global market is strengthened, the quality of products is improved, and the necessary conditions are created for sustainable economic growth on an innovative basis and the achievement of technological sovereignty. In addition, digital services support the implementation of best practices for quality control, real-time equipment monitoring and adaptive maintenance, which reduces the risk of technological failures and ensures more reliable performance of complex knowledge-intensive processes.

The purpose of the study is to develop recommendations for improving the efficiency of adaptive management of a manufacturing enterprise, which is possible through the use of a digital platform. The object of research is instrumental production, the subject of research is the process of applying digitalization and reorganization of instrumental production. The article highlights the key areas of operation of the adaptive management system and formulates recommendations for its improvement to improve the efficiency of production enterprises based on the integration of digital services that allow online provision of information that is the basis for optimizing the product, price offer, production plan without the direct participation of a human resource.

FOR CITATION

Koryazhkin A.A., Makovetsky M.Yu. Adaptive production management through the use of a digital platform. *Diskussiya [Discussion]*, № 5 (138), 277–284.

APA

KEYWORDS

Adaptive management, innovative product, management, digital platform, development technology, product optimization, business model, digital management.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективным направлением повышения экономической эффективности предприятий производственного сектора экономики является применение оперативной адаптации к быстременяющимся условиям рынка и темпам технологического развития, в том числе к изменению требований к продукту; изменению спроса на продукт;

изменению рентабельности продуктовой линейки и т.д., что в свою очередь влияет на предположительные значения цен, объемов производства, величину прибыли и другие параметры производственно-хозяйственной деятельности.

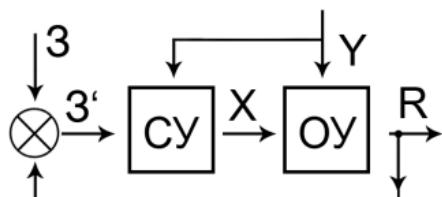
С термином «адаптация» обычно связывают понятия адаптивного управления и адаптивной системы. Адаптация – это процесс изменения

параметров и структуры системы, а возможно, и управляющих воздействий на основе текущей информации с целью достижения определенного, обычно оптимального, состояния системы при начальной неопределенности в изменяющихся условиях работы. Адаптивной считают систему, которая может приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних условий. Адаптивная система сохраняет работоспособность при не-предвиденных изменениях свойств управляемого объекта.

В свою очередь, адаптивное управление – это подход к управлению системами, при котором системы автоматически подстраивают свои параметры и поведение в реальном времени в ответ на изменения условий внешней среды или внутреннего состояния. Чтобы поддерживать желаемые характеристики работы (например, стабильность, скорость, качество), адаптивное управление изменяет управляющие воздействия на объект регуляции без ручной перенастройки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Адаптивное управление базируется на предсказании поведения управляемого объекта по-средством использования математических моделей либо баз данных. Адаптивные системы эффективны, когда параметры объекта управления меняются во времени, это открытые системы, применяемые к сложным динамическим объектам, работающим в условиях неопределенности (рисунок 1) [1].

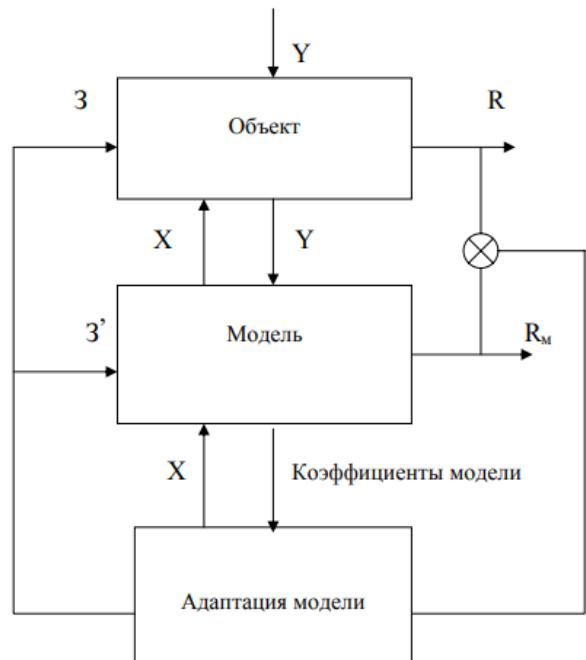


Условные обозначения: 3 – задание, 3' – задание с поправкой, X – управляющее воздействие, Y – возмущающее воздействие, R – результат работы системы [1].

Рисунок 1. Адаптивная система управления

В публикации О. А. Крюковой и А. Н. Ильченко процесс принятия решения предлагается представить в виде схемы (рисунок 2) [1]. При этом модель адаптивного управления выражается в виде линейной регрессии, прогноз уровня цен на ресурсы проводится уравнением линейной регрессии $y = b_0 + b_1$, где b_1 показывает, на сколько рублей в год изменяется стоимость единицы ресурса, коэффициент b_0 показывает, какова была стоимость единицы ресурса в нулевом году. С помощью данной

модели представляется возможным рассчитать предположительные значения цен, объемов производства, спрогнозировать величину прибыли. Вместе с тем остаются открытыми вопросы адаптации к изменению кадровой ситуации, к динамике спроса и предложения, к требованиям рынка [1].



Условные обозначения: 3 – задание, 3' – задание с поправкой, X – управляющее воздействие, Y – возмущающее воздействие, R – результат работы системы [1].

Рисунок 2. Схема функционирования модели

В публикации В. В. Кузьменко и Д. В. Гришина рассмотрено адаптивное управление предприятием, функционирующим в аграрном секторе, на основе замены плановых показателей прогнозными. Предложена модель, позволяющая учесть отклонение параметров окружающей среды от среднегодовых значений и спрогнозировать показатели урожайности, спрос на продукцию, прибыль предприятия [2]. В ряде научных публикаций [3], [4], [5] предложено учесть показатели инновационной, технической, кадровой резуль-тативности предприятия, применение которых позволяет принимать управленческие решения. Адаптивность обеспечивается своевременным обновлением ассортимента, внедрением новых технологий, решением кадровых проблем, оптимизацией структуры управления.

В качестве значимого фактора адаптивности к потребностям рынка рассматривается инновационная гибкость, в том числе своевременное

внедрение результатов научных исследований в новый конкурентоспособный продукт, при этом не в полной мере раскрыт вопрос, каким образом обеспечивается удовлетворенность клиента, в том числе оперативное получение обратной связи либо информации об удовлетворенности клиента в онлайн режиме. Не рассмотрен вопрос, каким образом эксплуатационные свойства продукта, в том числе срок службы, могут повлиять на спрос со стороны заказчика. Наиболее актуально данные вопросы стоят в инструментальном производстве. Целесообразность цифровизации и реорганизации инструментального производства, итогом которой станет независимость отечественного машиностроения от зарубежного инструмента, обосновывается в исследовании В. В. Истоцкого и С. В. Юдина [6].

В публикации В. Г. Антонова и М. В. Самосудова, посвященной анализу проблем применения цифрового менеджмента, авторы указывают, что на текущий момент принципиально не решаются вопросы автоматизированного адаптивного управления – основной акцент делался на получении разнообразных данных, как следствие существующие программные продукты и ERP системы относятся не к управляющим, а к информационным [7].

Таким образом, проанализировав существующие подходы к построению системы адаптивного управления и тенденции применения цифрового менеджмента, можно сделать вывод, что в на-

стоящий момент дальнейшее развитие системы адаптивного управления производственного предприятия представляется возможным осуществить на основе интеграции цифровых сервисов, позволяющих в режиме онлайн предоставлять информацию, являющуюся основанием для оптимизации продукта, ценового предложения, плана производства без участия человеческого ресурса.

В контексте данного исследования на примере АО «Новые инструментальные решения» при управлении проектом «Адаптивное управление инструментальным производством» был проведен анализ эффективности применения цифровой платформы при адаптивном автономном управлении производством.

При построении цифровой платформы в рамках данного проекта был прежде всего произведен анализ цепочки создания инструмента (рисунок 3) и произведена оцифровка задействованных процессов.

В результате удалось произвести слияние четырех информационных потоков: станок – инструмент – деталь – режимы работы, позволяющее на основе анализа статистических данных построить цифровой образ инструмента и управлять эффективностью процесса изготовления инструмента и обработки детали посредством данного инструмента.

Далее в контексте нашего исследования рассмотрим направления деятельности производ-

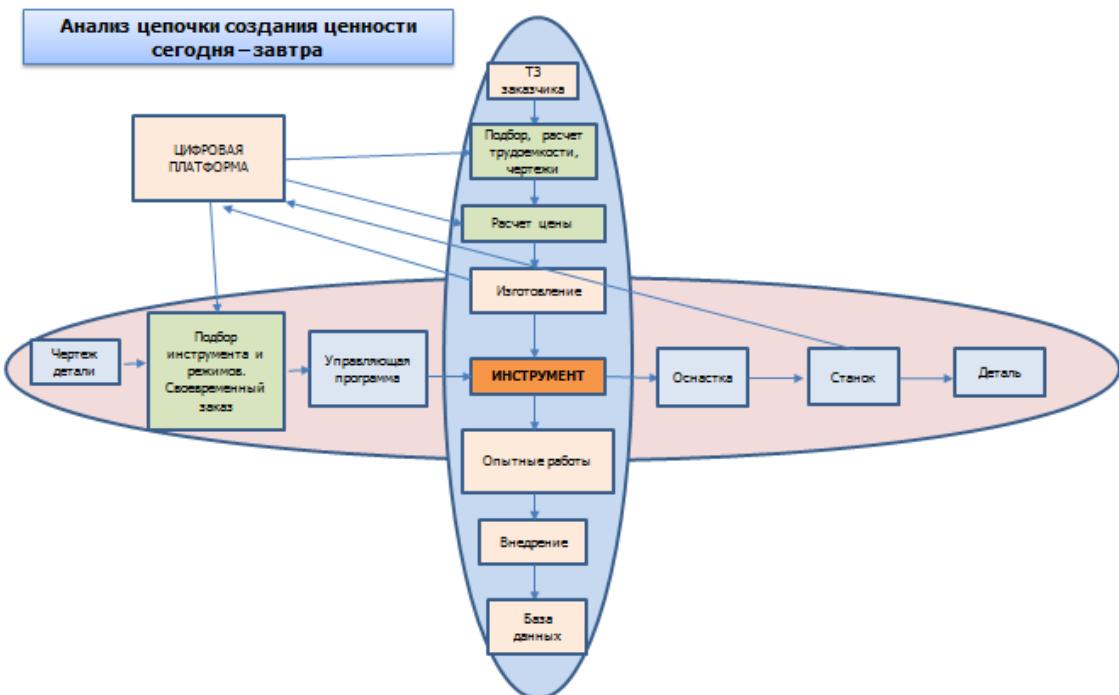


Рисунок 3. Анализ цепочки разработки инструмента в рамках цифровой платформы

ственного предприятия, по которым представляется возможным использование адаптивного управления.

1. Оптимизация системы оценки заказов

Потенциальный объем размещенных заказов на инструментальную продукцию зависит от ряда существенных факторов: объем собственного производства у заказчика инструментальной продукции, эксплуатационные свойства инструментальной продукции в сравнении с конкурентной продукцией, ценовое предложение в сравнении с ценами конкурентов. Данные параметры имеют нестационарный характер и могут варьироваться в широких диапазонах. В качестве примера: объем заказов у потребителя инструментальной продукции существенно зависит от количества выигранных лотов на тендерной площадке; достижение лидерских позиций по эксплуатационным свойствам зависит от своевременного внедрения технологических новшеств и состояния развития конкурентов; ценообразование на продукт зависит от себестоимости и намерений придерживаться демпинга.

Автоматизированную (онлайн) адаптацию предлагается осуществлять в следующей последовательности.

На первом этапе необходимо провести торги между заказчиком и различными поставщиками инструментальной продукции по единичным расценкам, это позволит исключить формирование излишних обязательств и замораживания средств.

На втором этапе, используя цифровую платформу, производится обоснование целесообраз-

ности применения инструмента у конкретного поставщика на основе оценки количества изготовленных деталей и расхода инструмента, в том числе с учетом его стоимости (рисунок 4).

На третьем этапе специализированное программное обеспечение заказчика формирует разовые спецификации с учетом наличия буферного запаса на складе и сроков поставки, производится заказ у поставщика, имеющего наилучшее рыночное предложение.

На четвертом этапе осуществляется переход на бизнес-модель, когда приобретается не продукт, а время использования (заказчик платит за результат использования инструмента). В этом случае поставщик инструмента использует цифровую платформу для сбора необходимой статистики, ежедневный расход по различным шифрам, условия использования, результат работы различных инструментальных материалов, геометрий, покрытий и т.д.

2. Адаптивное управление производственным планом посредством использования цифровых технологий

Важным аспектом достижения своевременных результатов является отслеживание и адаптивное управление выполнения плана. Обычно работы, предусмотренные к выполнению в конкретный период времени, делятся на дискретные объемы, которые необходимо произвести в рабочие смены. Главным недостатком является отсутствие возможности и механизма онлайн перепланирования для последующих смен в случае невыполнения плана предыдущими сменами.

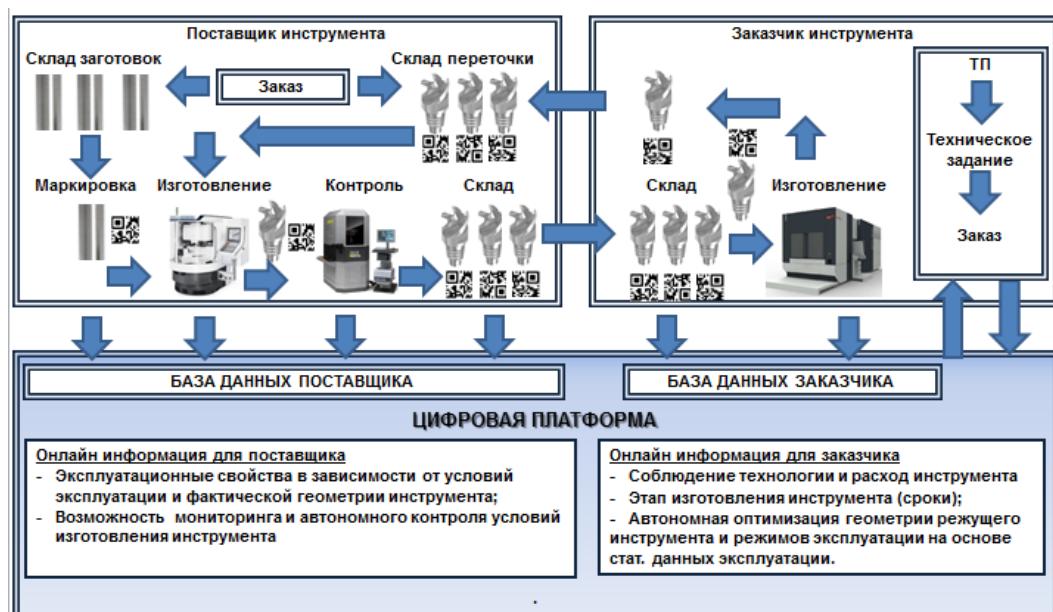


Рисунок 4. Структурная схема цифровой платформы

Современные цифровые технологии «умного» завода позволяют подчинить алгоритм формирования сменного суточного задания необходимости устранения отставания от целевого значения на текущую дату, за счет управления человеческим ресурсом [8], [11], [12]. Данное адаптивное управление базируется на алгоритмах «оцифровки» данных о навыках и компетенциях каждого сотрудника; применении цифровых систем управления информацией.

Цифровые технологии позволяют нивелировать зависимость от квалификации сотрудников, убирать из процессов уникальные навыки и компетенции, заменить их на типовые, адаптированные к обучению в сжатые сроки. В результате представляется возможным в автономном онлайн режиме определять и удовлетворять потребность в необходимом количестве персонала исходя из требуемого объема нормо-часов, за счет привлечения членов рабочей группы к сверхурочным работам, дополнительным рабочим сменам либо своевременно ставиться вопрос об расширении рабочей группы на основе предиктивной аналитики, учитывающей возможности каждого работника [12].

3. Адаптация к вариации производственных условий использования инструмента

Как свидетельствует мировая практика, только часть инновационных технических решений получают положительный результат апробации. В большинстве случаев отрицательный результат внедрения связан с ситуациями, когда имеет место непонимание и / или неудовлетворение потребностей потребителя, которые в том числе выражаются в адаптации к конкретным производственным условиям.

Производитель инструментального продукта старается разработать универсальное решение, которое смогло бы закрыть широкий круг технических задач различных заказчиков. При этом отсутствует обратная связь от заказчика при эксплуатации прототипов инновационного продукта; правильная эксплуатация продукта. Исключить подобные недостатки представляется возможным за счет внедрения цифровых технологий в процесс взаимодействия поставщика с заказчиком, а также цифровизации процесса непосредственного изготовления и апробации продукта в рамках функционирования «умных» производственных сред на основе применения цифровой платформы [8], [11], [12].

В настоящий момент получило развитие, внедрение в процесс управления и производства

специализированных программ, позволяющих проводить автономную адаптацию к изменениям экономических и / или входных производственных условий [8], [9], [10]. Это позволяет учесть и при необходимости нивелировать негативные последствия непредвиденных отклонений входных условий применения инструментального продукта.

4. Адаптация к вариации себестоимости

Производственные компании часто сталкиваются с проблемой обеспечения планируемой себестоимости по причине варьирования курса валюты, изменения цен на материал, использование альтернативных технологий. Разработанная цифровая платформа, включающая в себя систему диагностики, ERP, MES, IoT, позволяет разработчику и поставщику продукта: значительно расширить возможности по повышению качества продукции, контролю эффективности и надежности всех элементов производственной цепочки; оперативно внедрять в производство инструмент новой или усовершенствованной конструкции; в режиме онлайн предоставлять потребителям актуальную информацию о возможности применения той или иной продуктной линейки инструмента для серийной обработки деталей; снижать себестоимость инструмента за счет применения цифровых сервисов взамен ручной работы и тем самым нивелировать повышение себестоимости вследствие варьирования курса валюты, изменения цен на материалы, использование альтернативных технологий.

Представляется возможным получение дополнительной экономии за счет снижения удельного веса накладных расходов, чего можно достичь посредством расширения объема выручки за счет расширения объема поставок при использовании новых бизнес-моделей [9], [11], [12]. Заказчик при использовании цифровой платформы получает возможность: внедрить эффективную систему управления режущим инструментом, исключающую все неэффективные звенья; вести прямой взаимовыгодный онлайн-диалог с поставщиком инструмента, открывающий путь к ускоренному инновационному развитию; значительно повысить эффективность использования режущего инструмента; сократить издержки производства.

5. Адаптивное цифровое управление послепродажным обслуживанием

Повысить экономическую привлекательность инновационного продукта представляется возможным за счет конкурентного предложения по после продажному обслуживанию и сервису. Для монолитного твердосплавного инструмента

в качестве такого предложения могут быть рассмотрены услуги по переточке, восстановлению и ремонту инструмента (восстановление режущей способности). Затраты на производство нового продукта и восстановление его эксплуатационных свойств могут отличаться в несколько раз, тем самым появляется существенный резерв снижения стоимости времени эксплуатации инструмента.

На практике данный процесс требует трудоемких высококвалифицированных операций визуального контроля и оценки допустимости выполнения данных услуг на инструменте, подготовленном под выполнение сервисных работ по восстановлению эксплуатационных свойств, как следствие до 30% от обменного фонда может быть возвращено по причине невозможности восстановления в связи с поломкой и крупными сколами. Данные повреждения обусловлены не правильными управлеченческими решениями в отношении рационального применения используемого инструмента, что приводит к трудностям в оценке обеспеченности инструментом и необходимости выдачи дополнительных заявок.

Исключить ошибочные управлеченческие решения представляется возможным за счет применения цифровых двойников инструмента и сравнения с оцифрованными граничными условиями в рамках использования цифровой платформы [9]. В рамках функционирования цифровой платформы при автономном анализе инструмента будет вырабатываться адаптивный сигнал в виде дополнительной заявки на новый инструмент на основе оценки наличия на складе, наличия в производстве, наличия у поставщика (под восстановление), с учетом сроков восстановления и изготовления нового инструмента.

Совершенствование адаптивного управления процессом послепродажного обслуживания инновационного продукта путем интеграции

цифровой платформы позволило перейти к созданию добавленной стоимости с использованием автономных от непосредственного участия человека производственных и бизнес-процессов, имеющих свойство адаптивности (самооптимизации), основанное на использовании математических моделей, описывающих взаимосвязи метрик этих процессов, с преимущественно прямым получением первичных данных непосредственно в местах их возникновения [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы и обобщения. Существенно повысить эффективность адаптивного управления производственным предприятием представляется возможным за счет применения цифровой платформы, позволяющей алгоритмизировать взаимодействие участников платформы в процессе изготовления, апробации, оптимизации и эксплуатации осевого твердосплавного инструмента.

Подключение к единому информационному пространству поставщика и заказчика инструментальной продукции посредством использования цифровой платформы, позволило принимать автономно без участия человеческих ресурсов управлеченческие решения, касающиеся заказа инструмента, снабжения, оптимизации продукта, управления кадровой обстановкой.

Применение цифровой платформы позволяет нивелировать зависимость от квалификации сотрудников, убирать из процессов уникальные навыки и компетенции, заменить их на типовые, адаптированные к обучению в сжатые сроки. Эффективное адаптивного управления, имеющее в своей основе применение современных цифровых технологий, несомненно, становится ключевым фактором для достижения целей устойчивого развития в организации.

Список литературы

1. Ильченко, А. Н. Адаптивные методы управления многопрофильными предприятиями / А. Н. Ильченко, О. А. Крюкова // Региональная экономика: теория и практика. – 2007. – № 7. – С. 71-74. – EDN HZZTLR.
2. Гришин, Д. В. Концепция адаптивного управления аграрным сектором / В. В. Кузьменко, Д. В. Гришин // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Серия «Экономика». – 2004. – Вып. 1. – С. 32-36.
3. Городилов, А. Б. Формирование адаптивной системы управления научноемким производством / А. Б. Городилов // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2010. – № 2-3. – С. 64-68. – EDN MVUPXX.
4. Городилов, А. Б. Машиностроение: адаптивная система управления научноемким производством. Формирование адаптивной системы управления научноемким производством на основе современных информационных технологий / А. Б. Городилов // Российское предпринимательство. – 2010. – № 10-2. – С. 112-116. – EDN NBLQD.
5. Городилов, А. Б. Обеспечение экономической устойчивости предприятия на основе адаптивного управления / А. Б. Городилов // Актуальные проблемы экономики и права. – 2011. – № 3. – С. 91-97. – EDN NYLQHD.
6. Истоцкий, В. В. Инструментальное производство: проблемы и пути решения / В. В. Истоцкий, С. В. Юдин // Известия

- Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 3. – С. 219-226. – EDN MEKIYF.
7. Антонов, В. Г. Проблемы и перспективы развития цифрового менеджмента / В. Г. Антонов, М. В. Самосудов // E-Management. – 2018. – Т. 1, № 2. – С. 38–48. – DOI 10.26425/2658-3445-2018-2-38-48. – EDN ZHUVJE.
 8. Коряжкин, А. А. Тенденции развития электрохимической и механической обработки лопаток компрессора в рамках реализации «умного» производства / А. А. Коряжкин, А. А. Орлов, С. А. Пичужкин // Вестник РГАТА имени П. А. Соловьева. – 2018. – № 4 (47). – С. 90–96. – EDN YUEBHF.
 9. Коряжкин, А. А. Проект «Цифровая платформа жизненного цикла инструмента» / А. А. Коряжкин // Управление производством. – 2020. – № 3. – С. 59–70.
 10. Волков, Д. И. Разработка программного обеспечения для реализации управления производительностью обработки

References

1. Ilchenko, A. N. Adaptive methods of management of multidisciplinary enterprises / A. N. Ilchenko, O. A. Kryukova // Regional economics: theory and practice. – 2007. – № 7. – Pp. 71–74. – EDN HZZTLR.
2. Grishin, D. V. The concept of adaptive management of the agricultural sector / V. V. Kuzmenko, D. V. Grishin // Bulletin of the North Caucasus State Technical University. "Economics" series. – 2004. – Issue 1. – Pp. 32–36.
3. Gorodilov, A. B. Formation of an adaptive management system for high-tech production / A. B. Gorodilov // Economic Bulletin of the Republic of Tatarstan. – 2010. – № 2-3. – Pp. 64–68. – EDN MVUPXX.
4. Gorodilov, A. B. Mechanical engineering: adaptive management system for high-tech production. Formation of an adaptive system for managing high-tech production based on modern information technologies / A. B. Gorodilov // Russian entrepreneurship. – 2010. – № 10-2. – Pp. 112–116. – EDN NBLKQD.
5. Gorodilov, A. B. Ensuring the economic stability of the enterprise based on adaptive management / A. B. Gorodilov // Actual problems of economics and law. – 2011. – № 3. – Pp. 91–97. – EDN NYLQHD.
6. Istotsky, V. V. Instrumental production: problems and solutions / V. V. Istotsky, S. V. Yudin // Izvestia of Tula State University. Technical sciences. – 2021. – № 3. – Pp. 219–226. – EDN MEKIYF.
7. Antonov, V. G. Problems and prospects for the development of digital management / V. G. Antonov, M. V. Samosudov // E-Management. – 2018. – Vol. 1, № 2. – Pp. 38–48. – DOI 10.26425/2658-3445-2018-2-38-48. – EDN ZHUVJE.
8. Koryazhkin, A. A. Trends in the development of electrochemical and mechanical processing of compressor blades as part of the implementation of smart production / A. A. Koryazhkin, A. A. Orlov, S. A. Pichuzhkin // Vestnik RGATA named after P. A. Solovyov. – 2018. – № 4 (47). – Pp. 90–96. – EDN YUEBHF.
9. Koryazhkin, A. A. Project "Digital Platform of the Instrument Life Cycle" / A. A. Koryazhkin // Production Management. – 2020. – № 3. – Pp. 59–70.
10. Volkov, D. I. Development of software for the implementation of processing performance management during belt grinding of the airfoil profile of gas turbine engine blades / D. I. Volkov, A. A. Koryazhkin, A. V. Kurochkin, A. N. Sutyagin // STIN. – 2023. – № 9. – Pp. 15–18. – EDN QIPSIA.
11. Koryazhkin, A. A., Makovetsky, M. Yu. Impact of digitalization on project management methods in the tool industry / Project management in the context of digital transformation / M. Yu. Makovetsky, N. V. Artemyev, E. S. Mityakov [et al.]. – Moscow: Moscow Witte University, 2024. – Pp. 130–143.
12. Koryazhkin, A. A., Makovetsky, M. Yu. Improving the technology of developing and launching innovative products in tool production through the integration of a digital platform for managing the life cycle of a tool // New Russian economy: from adaptation to growth. Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation. – Moscow, 2023. – Pp. 139–148.

Информация об авторах

Коряжкин А.А., доктор технических наук, генеральный директор Акционерного общества «Новые инструментальные решения» (г. Рыбинск, Российская Федерация).

Маковецкий М.Ю., кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансовых рынков и финансового инжиниринга Финансового университета при Правительстве Российской Федерации; доцент кафедры менеджмента Московского университета имени С. Ю. Витте (Москва, Российская Федерация).

© Коряжкин А.А., Маковецкий М.Ю., 2025.

Information about the authors

Koryazhkin A.A., Doctor of Technical Sciences, General Director of the Joint Stock Company New Tooling Solutions (Rybinsk, Russian Federation).

Makovetsky M.Yu., Ph.D. in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Financial Markets and Financial Engineering at the Financial University under the Government of the Russian Federation; Associate Professor of the Department of Management at the Moscow Witte University (Moscow, Russian Federation).

© Koryazhkin A.A., Makovetsky M.Yu., 2025.