

Научная статья

DOI: 10.15593/2224-9397/2022.4.08

УДК. 658.5.012.1

А.Г. Ташкинов^{1,2}, О.Г. Фофанов¹¹АО «Пермский завод «Машиностроитель»», Пермь, Россия²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ИТ-РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В условиях быстрой смены выпускаемой авиационной продукции и малых сроков освоения новых изделий к организационно-техническому уровню инструментального производства постоянно предъявляются требования высокой манёвренности, гибкости, оперативного обеспечения основных цехов авиадвигателестроительных предприятий минимально необходимой, но достаточно эффективной технологической оснасткой. Этот уровень должен способствовать непрерывному совершенствованию операционной эффективности предприятий авиационного двигателестроения. Одним из методов решения, на наш взгляд, являются поиск и внедрение научно обоснованных проектных ИТ-решений функционирования производственной системы на основе информационных технологий. Решение этой задачи качественно повысит операционную эффективность предприятия, что в целом позволит увеличить конкурентоспособность предприятий авиационного двигателестроения. **Цель исследования:** разработка проектного ИТ-решения для управления инструментальным производством в авиадвигателестроительном предприятии. **Методы:** подсистемный и системный методы типового проектирования с использованием принципов бережливого и цифрового производства. **Результаты:** на основании современных подходов в данной области для методологии менеджмента разработана и адаптирована типовая дорожная карта Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов Инструментального производства». Описан метод расчета экономического эффекта от реализации мероприятий проектного ИТ-решения при цифровизации инструментального производства. Показаны фактические результаты, полученные в ходе реализации цифровизации в авиадвигателестроительном предприятии. Кроме того, внедрение проектных ИТ-решений с использованными механизмами ввода первичной информации по месту их возникновения в электронном виде позволило решить конкретные задачи. Таким образом, разработанная дорожная карта Лин-проекта позволяет просматривать не только вероятные сценарии, но и их потенциальную рентабельность, а также выбирать оптимальные пути с точки зрения ресурсной затратности и экономической эффективности. **Практическая значимость:** подтверждается тем, что разработанный Лин-проект «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства» был опробован в производственно-хозяйственной деятельности АО «Пермский завод «Машиностроитель»» и подтвердил целесообразность его применения.

Ключевые слова: бережливое производство, процессы, производственно-экономическая система, информационные технологии, инструментальное производство, проектные ИТ-решения, предприятие авиационного двигателестроения, экономический эффект, цифровизация.

A.G. Tashkinov^{1,2}, O.G. Fofanov¹

¹Perm plant Mashinostroitel, Perm, Russian Federation

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

IMPLEMENTATION OF PROJECT IT-SOLUTIONS FOR MANAGEMENT OF TOOL PRODUCTION IN AN AIRCRAFT ENGINE CONSTRUCTION ENTERPRISE

In the context of a rapid change in aviation-related products and short terms for the development of new products, the organizational and technical level of tool production is constantly subject to the requirements of high maneuverability, flexibility, and prompt provision of the main workshops of aircraft engine-building enterprises with the minimum necessary, but sufficiently effective technological equipment. This level should contribute to the continuous improvement of the operational efficiency of aircraft engine manufacturing enterprises. One of the solution methods, in our opinion, is the search and implementation of scientifically based design IT solutions for the functioning of the production system based on information technology. The solution of this problem will qualitatively increase the operational efficiency of the enterprise, which in general will increase the competitiveness of aircraft engine building enterprises. **The purpose of the study:** the development of a design IT solution for managing tool production in an aircraft engine building enterprise. **Methods:** subsystem and system methods of standard design using the principles of lean and digital manufacturing. **Results:** on the basis of modern approaches in this field for the management methodology, a typical roadmap for the Lean project "Automation of business processes of Tool production" was developed and adapted. A method for calculating the economic effect from the implementation of project IT solution measures in the digitalization of tool production is described. The actual results obtained during the implementation of digitalization in an aircraft engine building enterprise are shown. In addition, the introduction of project IT solutions with the used mechanisms for entering primary information at the place of their occurrence in electronic form made it possible to solve specific problems. Thus, the developed roadmap of the Lean project allows you to view not only the likely scenarios, but also their potential profitability, as well as choose the best ways in terms of resource costs and economic efficiency. **Practical significance:** confirmed by the fact that the developed Lean project "Automation of business processes of tool production" was tested in the production and economic activities of JSC "Perm Plant" Mashinostroitel ", which confirmed the feasibility of its application.

Keywords: lean production, processes, production-economic system, information technology, tool production, project IT solutions, aircraft engine building enterprise, economic effect, digitalization.

Введение

Сегодня в России осуществляется работа по разработке мер государственного участия в развитии гражданского авиационного комплекса. Среди них – Государственная программа авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г., утвержденная распоряжением Правительства РФ от 25 июня 2022 г. № 1693-р [1, 2].

Одной из приоритетных задач, стоящих в настоящее время перед руководством предприятий авиационного двигателестроения в области цифровой экономики и управления промышленным производством, является качественное повышение операционной эффективности пред-

приятый авиационного двигателестроения. Одним из методов решения, на наш взгляд, являются поиск и внедрение научно обоснованных проектных ИТ-решений функционирования производственной системы на основе информационных технологий. Решение этой задачи качественно повысит операционную эффективность предприятия, что в целом позволит повысить конкурентоспособность предприятий авиационного двигателестроения.

В связи с этим исследование, направленное на изучение и нахождение эффективных проектных ИТ-решений, оказывающих влияние на эффективность развития производственной системы предприятия авиационного двигателестроения, является своевременным и актуальным.

Анализ опубликованной научно-практической литературы по вопросам управления инструментальным производством показывает, что проблемы инструментального обеспечения предприятий авиационного двигателестроения находятся в центре внимания научного сообщества и практических работников.

Проектирование изготовления комплекта технологической оснастки по трудоемкости составляет до 80 %, по длительности – 60 % общих затрат на технологическую подготовку производства авиационной продукции [3–5].

Приведенные данные дают представление о том, какую важную роль играет инструментальное производство на предприятии авиационного двигателестроения и, следовательно, какое актуальное значение имеют вопросы его эффективной организации и управления.

Исследование специфических особенностей отрасли авиадвигателестроения

Предприятия авиационного двигателестроения находятся среди наиболее сложных объектов в машиностроении. При этом, если следовать традиционной классификации, здесь присутствуют типы производства от единичного до поточного [4–7].

Проведенное исследование организации производства на предприятии авиационного двигателестроения (авиадвигателестроения) позволило выявить ряд принципиальных специфических особенностей [7–11]:

– при серийном выпуске узлов и компонентов авиационных двигателей для перспективных авиационных двигателей в процессе всего жизненного цикла проводятся научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы;

- при выпуске продукции специального назначения предъявляются особые требования к качеству и надёжности изделий;
- отмечается значительный объём существующей кооперации в цепочке поставок покупных и комплектующих, затрагивающей предприятия с различным уровнем технологий;
- производится выпуск высокотехнологичной продукции;
- специальное назначение продукции: один и тот же авиадвигатель может применяться в гражданской и военной сфере;
- при серийном выпуске деталей двигателей широко используются цифровое производство, ИТ-технологии;
- сильная зависимость от импортных комплектующих для сборки изделий;
- особо важен жизненный цикл продукции.

Опираясь на изложенную выше аргументацию, для обеспечения конкурентоспособности предприятий авиадвигателестроения руководству необходимо использовать проектные ИТ-решения, которые базируются на принципах бережливого и цифрового производства и обеспечивают осуществление организационных изменений как в управлении производством, так и в организации экономики производственных процессов.

Выбор объекта для реализации проектного ИТ-решения для управления инструментальным производством в авиадвигателестроительном предприятии

В работе предлагается рассматривать современное высокотехнологичное предприятие авиадвигателестроения как сложную производственно-экономическую систему, представляющую собой совокупность основных параметров (тип производства и объём выпускаемой продукции специального назначения), иерархии принятия управленческих решений (номенклатурное планирование и управление) и иерархии основных, вспомогательных бизнес-процессов (совокупность технологических процессов, связанных в технологические маршруты основного производства каждого вида продукции). Исследуемая система функционирует в окружении рынков гражданской и специальной продукции.

Создание типового проектного решения (ТПР) для автоматизации систем управления производством сегодня идет по пути применения имеющихся на рынке ERP-решений, охватывающих значительный ком-

плекс взаимосвязанных функций: управление собственно производством, затратами, качеством, финансами, производственными мощностями, персоналом, закупками, продажами, например, российского решения: Галактика, «1С», Гольфстрим и др. Эти решения имеют различные функциональный охват, детализацию автоматизации функций, степень интегрированности и прочее, что позволяет, в зависимости от особенностей объекта и поставленных целей, выбирать вариант, исходя из оценки стоимости владения информационной системой. Существуют различные подходы к формированию ТПР, но в принципе все они определяют ТПР как «проектное решение, представленное в виде проектной документации, включая программные модули, пригодные к многократному использованию» [8, 12–14]. При этом в зависимости от уровня декомпозиции системы выделяют элементный, подсистемный и системный методы типового проектирования.

Рассмотрим пример описания проектного ИТ-решения на примере АО «Пермский завод “Машиностроитель”» (АО «ПЗ «Маш»), которое является высокотехнологичным, инновационным предприятием, одним из передовых, относительно стабильно и динамично развивающихся предприятий оборонно-промышленного комплекса. Сегодня перед заводом стоит задача – увеличить к 2025 г. до 30 % долю продукции гражданского назначения в общем объеме производства. Для её решения предпринимается комплекс мер, связанных с поиском заказов, модернизацией и диверсификацией производства, отработкой новых технологий, использованием цифровых технологий. В настоящее время весомую часть в доле гражданской продукции занимает авиационная тематика. Начиная с 2022 г., АО «ПЗ «Маш» в кооперации с АО «ОДК-Авиадвигатель» продолжил работы по развитию выпуска авиационных двигателей из линейки ПД. Это ПД-8, ПД-14 и ПД-35.

Оценка и выбор объекта инструментального производства АО «ПЗ «Маш» обусловлены тем, что его эффективная организация существенно влияет на производственно-хозяйственную деятельность завода. В общих затратах на технологическую подготовку производства затраты на оснастку доходят до 60 %. Проблематика оснастки: высокая цена, ограниченный круг предприятий-изготовителей, необходимость большого количества дублеров оснастки при серийном производстве, частое изменение, корректировка конструкторской документации на этапе разработки оснастки, предъявляемые высокие требования к качеству оснастки.

От рациональной организации инструментального производства в значительной степени зависит эффективность и качество изготавливаемой оснастки, в частности, такие критерии, как качество продукции, ритмичность работы и рентабельность [14, 15]. В процессе обоснованного выбора объекта работниками Координационно-методического центра внедрения цифровой экономики был проведён анализ общих потерь рабочего времени при выпуске продукции в производственных подразделениях [16].

Таким образом, можно сделать вывод, что основные усилия в производственном процессе необходимо направить на устранение потерь времени, которые составляют 17,80 % от общих потерь рабочего времени. В данном случае это составляет самую большую долю потерь при подготовке инструментального производства, поэтому начинать надо именно с подготовки производства. Суть заключается в том, что подготовка инструментального производства отражается на общем времени при выпуске продукции.

Описание элементов проектного ИТ-решения для управления инструментальным производством в авиадвигателестроительном предприятии

При определении основных задач был проанализирован передовой мировой опыт в области цифровизации инструментального производства, рассмотренный в работах (методология фирмы ZOLLER «Tool Management Solution») и лучшие практики реализации проектных ИТ-решений [15–23].

В бережливом производстве особое значение имеет информационное обеспечение, которое также принимает характер универсального средства, поддерживающего непрерывность информационных и производственных потоков в инструментальном производстве и их эффективность. Для реализации ИТ-решения руководство предприятия выделило необходимые ресурсы. Была сформирована рабочая группа из специалистов. Работа рабочей группы организована в соответствии с «Методическими рекомендациями по формированию рабочих групп в рамках реализации цифровой экономики, проектов бережливого производства». Разработана Дорожная карта и составлен план-график мероприятий Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства».

С учетом данного положения рассмотрим структурно-функциональную схему автоматизированной системы управления инструментальным производством (АСУ ИП) на авиадвигателестроительном предприятии. АСУ ИП является основным результатом предлагаемого интегрированного подхода в виде разработанного проектного ИТ-решения применительно к выбранному объекту исследования (рис. 1).

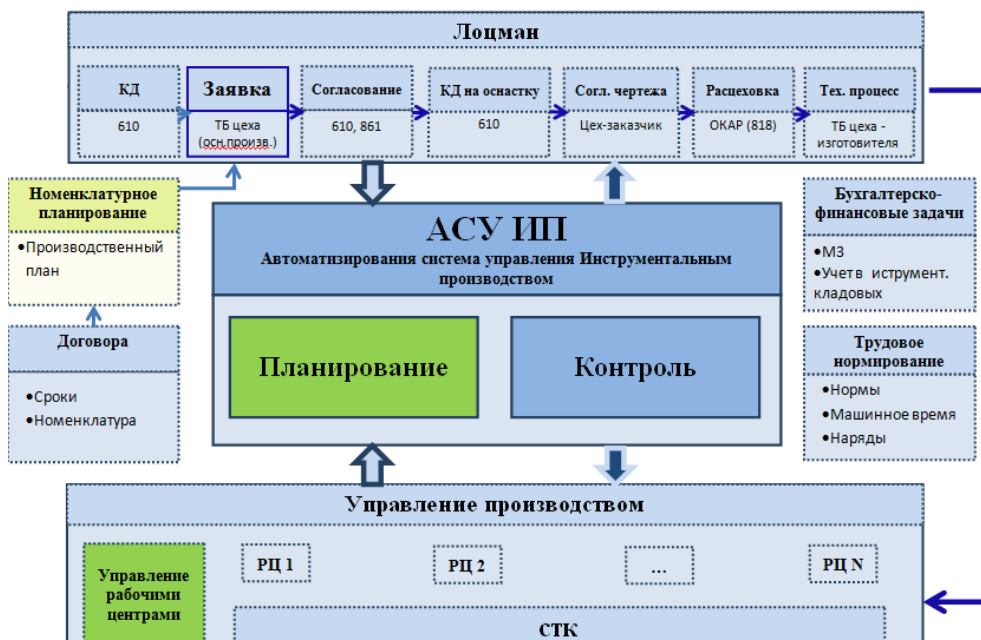


Рис. 1. Структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления инструментальным производством АО «Пермский завод «Машиностроитель»»

АСУ ИП содержит два основных модуля, отдельные взаимосвязи и элементы. *Модуль планирования* позволяет в реальном времени осуществлять планирование работы на уровне исполнительных центров (конструкторское бюро, технологическое бюро, БТЗ) на этапе разработки и на уровне отдельных производственных операций в рабочих центрах (станок, бригада) в процессе изготовления. Время выполнения процессов и операций первоначально устанавливается на основе экспертной оценки и эмпирических данных, в дальнейшем уточняется при разработке техпроцесса и его нормирования. Работа исполнительных и рабочих центров планируется с учетом их реальной производительности на обозримый период. Расчет плана выполняется в соответствии с устанавливаемыми приоритетами. Расчет показывает сроки выполнения

заказов при установленных приоритетах, существующих мощностях, сменности работ. Выделяются заказы, не попадающие в требуемые сроки. Модуль позволяет изменять приоритеты и пересчитывать план, вручную корректировать его с последующим перерасчетом зависимых позиций, в реальном времени утверждать новый вариант плана с автоматическим информированием задействованных работников. На основе утвержденного плана инструментального производства автоматически формируются план цеха, участка, суточные задания рабочим центрам. План инструментального производства – основа плана работы исполнительных центров. *Модуль контроля* собирает информацию о движении заказа в реальном времени (выполненные действия в смежных системах «Лощман», СТК, «Наряды» и т.п.), сопоставляет с планом, позволяет выявлять «узкие места», служит основой для корректировки плана. Он контролирует сроки и сигнализирует об угрозе их срыва, отслеживает актуальность заказа. Данные модуля используются в системе «Номенклатурное планирование» для корректировки сроков запуска ДСЕ.

Таким образом, предлагаемая в работе структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления инструментальным производством на авиадвигателестроительном предприятии АО «ПЗ «Маш» позволит планировать и контролировать разработку и изготовление инструмента и специальной оснастки на протяжении всего цикла – от формирования заявки до сдачи в инструментальную кладовую цеха-заказчика.

При разработке ИТ-решения для управления инструментальным производством был сделан акцент на обеспечение производства максимально возможным объемом информации. Были разработаны и наполнены универсальные технологические справочники, для каждой технологической операции подготовлены справочники применяемого инструмента, оборудования, стандартной и специализированной оснастки. Классификаторы системы содержат информацию о всех ранее выпущенных изделиях авиационной тематики, продукции специального назначения, включая чертежи, маршрутные карты, технологические процессы. При подготовке производства для каждого изделия, узла, детали разрабатываются максимально детализированная спецификация и маршрутная карта. Подготовленный производственный заказ содержит список всех изготавливаемых изделий, список технологических операций в порядке их выполнения и определяет трудоёмкость каждой

операции, а также потребности в покупных, материалах, стандартной и специализированной оснастке, инструменте и оборудовании.

Кроме того, внедрение проектных ИТ-решений с механизмами ввода первичной информации по месту их возникновения в электронном виде позволит решить следующие конкретные задачи:

- ведение сквозного учета инструмента, технологической оснастки в электронном виде от центрального инструментального склада (ЦИС) до карточки производственного работника с привязкой к конкретному рабочему центру. Решение данной задачи позволит в реальном времени получать данные о наличии и местонахождении любой единицы инструмента и технологической оснастки;

- определение потребности в покупном стандартизованном инструменте тремя основными методами: статистическим; методом экспертных оценок и методом прямых расчетов. Совокупное применение всех методов уже на первом этапе внедрения позволит сформировать прогноз потребности в инструменте с точностью 10–15 %. С накоплением информации точность прогнозов будет возрастать. Целевым показателем точности прогноза является значение 5 %;

- определение и поддержание минимального страхового запаса инструмента на рабочих центрах (станок-рабочее место), материальных складах и инструментальных кладовых. Определить размер страхового запаса инструмента на первом этапе в 25 % от потребности в инструменте. По мере совершенствования системы учета и планирования считать целевым показателем страхового запаса значение в 10 %;

- совершенствование планирования и управления инструментальным производством на основе маршрутно-нормативной спецификации (МНС). МНС включает в себя: маршруты движения изделия; состав изделия; нормы расходов основных и вспомогательных материалов; операционное нормирование. Оценивается приоритетность заказов, исходя из производственных возможностей, планируется выполнение заказов собственными силами и при необходимости осуществляется заказ на изготовление оснастки в других цехах завода или силами подрядных организаций.

Инструментальное производство делится на два основных блока. Первый блок включает в себя средства технологического оснащения. Второй блок включает в себя обеспечение производства мерительным и режущим инструментом, которые могут быть либо покупными, либо

собственного изготовления. Эти блоки переходят в систему планирования инструментального производства, которая состоит из собственного производства и планирования закупок.

Далее представим рабочий регламент формирования плана средств технологического оснащения (СТОС). Планирование СТОС осуществляется в цехе №346 начальником производства, плановым бюро с использованием информационной системы (ИС) «Инструментальное производство». Работа осуществляется в полуавтоматическом режиме на основе существующих потребностей основного производства, рассчитанной трудоемкости и циклов изготовления, приоритетов изготовления и производительности цехов (участков, бюро). За потребность производства принимаются заявки основных цехов на оснастку и расчеты номенклатурных планов цехов. Производственно-диспетчерский отдел (ПДО) до 25-го числа месяца, предшествующего планируемому, формирует номенклатурный план завода цехов на месяц на основе: производственного плана завода; составов выпускаемых изделий; маршрута изготовления; обеспеченности сборочных единиц; норм трудозатрат; цикловых графиков (при наличии). Одновременно автоматически формируется предварительный номенклатурный план на весь период изготовления каждого изделия. За плановый срок потребности в СТОС принимается плановая дата поступления в цех – заказчик деталей-сборочных единиц (ДСЕ), для изготовления которой требуется СТОС. Срок может корректироваться при каждом расчете номенклатурного плана. Для дублеров оснастки, нормализованного инструмента, ремонтов инструмента и оснастки, СТОС для разовых заказов и пр. срок потребности указывается при открытии заказа ведущим инженером-технологом по изделию отдела координации анализа работ (ОКАР). Срок может быть изменен по согласованию с цехом заказчикам. Трудоемкость для заказов, не прошедших нормирование, берется среднестатистическая по виду СТОС, по коэффициентам от фактического времени проектирования, написания техпроцесса или на основе экспертной оценки специалистами цеха № 346.

Приоритеты изготовления изначально формируются на основе шифров очередности изготовления СТОС и в дальнейшем корректируются на основе выдаваемой системой картины ожидаемых срывов сроков изготовления заказов начальником производства, плановым бюро цеха 346 методом последовательного приближения к ситуации, когда

выполняется максимальное количество заказов при минимальном ожидании готовой оснастки или при поступлении новых организационно-распорядительных документов.

Производительность рабочих центров рассчитывается на основе графика работы предприятия и среднесписочного состава подразделения, корректируемого перед расчетом плана заместителем начальника цеха по производству. Планирование изготовления СТОС в других цехах предприятия осуществляется ведущим инженером-технологом по изделию ОКАР с использованием информационной системы «Инструментальное производство» в ручном режиме.

ИС «Инструментальное производство» при расчете формирует общий предварительный план изготовления СТОС на время до изготовления последнего заказа. Расчет плана может быть выполнен в течение месяца неоднократно. План доступен для просмотра во всех подразделениях предприятия (рис. 2).

Заказ №	Шифр СТО	Наименование СТО	ЦЗ	Ок	Всего	Цикл	в день	Нарады	Должно	Осталось	В план	След. мес.	Участок	С	Запуск	С	Выпуск	Срок
0117150038	103212874	РЕЗЕЦ ВК10ХОМ	27710	37.5	18	2.09	37.252	0	0.248	0.248	0	13.09.2022	Р				Р 14.09	РАС
0440100006	103.2350-6	Цевковка	26910	50	21	2.39	27.012	0	22.988	22.988	0	29.10.2021	Ф				Р 14.09	РАС
0469150001	103222161	ФРЕЗА Ф4 R0.6 ВК	28210	9.6	12	0.8	8.734	0	0.866	0.866	0	13.09.2022	Р				Р 15.09	РАС
0876150009	203221060	ФРЕЗА Ф100	27420	140	35	4	79.414	0	39.414	0	0	04.03.2022	Ф				Р	РАС
1218032	103222160	ФРЕЗА Ф16 ВК10	26920	6	11	0.55	11.077	0	-5.077	0	0	11.06.2021	Ф				Р	РАС
0782150001	103236060	РАЗВЕРТКА Ф20.2Н	26920	51	21	2.43	8.302	0	42.698	42.698	0	02.07.2021	Ф				Р 26.09	РАС
0876150033	103226062	ФРЕЗА Ф5 R2.5 ВК	28240	32	17	1.89	0	0	32	0	32	13.10.2022	Р	14.10	Р	07.11	РАС	
0220150037	103226062	ФРЕЗА Ф10 R3 ВК1	17840	37.5	18	2.09	0	0	37.5	0	37.5	13.10.2022	Р	14.10	Р	08.11	РАС	
1218735	103222160	ФРЕЗА Ф6 R0.2 ВК	27740	31.5	17	1.86	0	0	31.5	0	31.5	13.10.2022	Р	14.10	Р	07.11	РАС	
1218638	103222160	ФРЕЗА Ф16 R2.5 В	27440	25.5	16	1.6	0	0	25.5	25.5	0	08.04.2022	Ф	01.09	Р	22.09	РАС	
0220150029	103226560	БОРФРЕЗА Ф8 ВК10	17840	52.5	21	2.5	0	0	52.5	52.5	0	30.06.2022	Ф	01.09	Р	29.09	РАС	
1218445	103222161	ФРЕЗА Ф6 ВК10 Б/	28240	18	14	1.29	0	0	18	18	0	18.02.2022	Ф	01.09	Р	20.09	РАС	
1216831	103236300	РАЗВЕРТКА Ф6.1-Н	27740	54	21	2.58	0	0	54	54	0	09.11.2018	Ф	01.09	Р	29.09	РАС	
1218621	103230260	СВЕРЛО Ф3.8 В10Х	28240	22	15	1.47	0	0	22	22	0	03.06.2022	Ф	01.09	Р	21.09	РАС	
1218765	103222160	ФРЕЗА Ф5 R2.5 ВК	17840	22	15	1.47	0	0	22	22	0	13.07.2022	Ф	01.09	Р	21.09	РАС	
1218627	103232340	ЗЕНКЕР Ф6 №2	27740	42	19	2.22	0	0	42	42	0	01.04.2022	Ф	01.09	Р	27.09	РАС	
1218756	23530121	ЗЕН-КА КОНИЧ.<60	17840	39	18	2.17	0	0	39	39	0	06.06.2022	Ф	01.09	Р	26.09	РАС	
1218721	103230262	СВЕРЛО Ф10.2 ВК1	17840	26.4	16	1.65	0	0	26.4	26.4	0	27.07.2022	Ф	01.09	Р	22.09	РАС	
1218145	103222160	ФРЕЗА Ф12 ВК10	28240	31.2	17	1.84	0	0	31.2	31.2	0	03.06.2022	Ф	01.09	Р	23.09	РАС	

Рис. 2. План изготовления СТОС в ИС «Инструментальное производство» АО «Пермский завод «Машиностроитель»»

План изготовления СТОС содержит элементы:

- реквизиты заказа;
- шифр СТОС;
- наименование СТОС;
- номер цеха-заказчика;
- дату запуска СТОС;
- плановую трудоемкость изготовления ежемесячно.
- срок изготовления СТОС.

Для заказов, не прошедших этапы подготовки производства (проектирование, написание техпроцесса, нормирование, заготовка материалов), формируются расчетные сроки выполнения работ.

Номенклатурные планы цехов основного производства, участков, рабочих центров на следующий месяц после окончательного расчета до 27-го числа предыдущего месяца формируются как часть общего плана со сроками в планируемом месяце.

Срок изготовления может иметь в информационной системе «Инструментальное производство» один из 3 статусов:

– «Расчетный» – срок рассчитан системой и может быть скорректирован ею при очередном расчете плана в зависимости от изменения приоритета заказа, поступления заказов с более высоким приоритетом, фактически выполненных работ (по данным из рабочих нарядов);

– «Цех» – срок, установленный в плане на месяц или руководством цеха с учетом текущей ситуации в рабочем центре цеха (кадры, оборудование, материалы) на последующие месяцы. При расчете план не изменяется. Может быть скорректирован в пределах месячного плана с обязательным уведомлением заказчика через Систему уведомлений;

– «Предприятия» – срок, установленный ОКАР или плановым бюро цеха по указанию руководства предприятия. При расчете план не изменяется. Не может быть скорректирован руководством цеха-заказчика.

Таким образом, рассмотренный вышеописанный порядок формирования плана СТЭС в ИС «Инструментальное производство» включает общий алгоритм работы.

С учетом решаемых задач, реализации проектных ИТ-решений был подготовлен план работ, в котором предусмотрено использование инструментов бережливого производства, основные этапы с определением мероприятий и результатов.

Таким образом, нами представлены основные этапы мероприятий дорожной карты Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства».

С учетом цифровизации инструментального производства от реализации ИТ-решения получены фактические результаты. В таблице представлена оценка эффективности работы кладовых инструментального цеха от внедрения 1С: ERP «Склад» и системы 5С.

Показатели оценки эффективности работы кладовых цеха
от внедрения 1С: ERP «Склад» и системы 5С

Показатели	Единица измерения	Условные обозначения	До внедрения	После внедрения	Изменение
Время, затрачиваемое на сдачу отчета в конце месяца	ч	Тотч	20	0	20
Время, затрачиваемое на согласование отчета в бумажном/эл. виде	ч	Тсогл	2	0	2
Затраты на поиск инструмента в течение месяца на одну позицию	ч	Тинстр	0,117	0,083	0,034
Затраты на поиск инструмента в течение месяца на одну позицию	мин.	Тинстр	7	5	-2
Количество позиций выдаваемых за месяц	шт.	Пм	830	930	-100
Время на оприходование инструмента в течение месяца	ч	То	15	10	5
Часовая ставка кладовщиков	руб./ч	ЧТС	221,17	221,7	
Количество кладовщиков	чел.	Нк	4	4	

Ниже представлены расчёты от внедрения ПО «Склад», инструмента бережливого производства, «организация рабочего места по системе 5С» в четырёх кладовых цеха:

$$\begin{aligned} \text{Э1} &= (T_{\text{отч}} + T_{\text{согл}})N_{\text{мес}} \cdot \text{ЧТС}, \\ (20 + 2)12 \cdot 221,7 &= 58\,528,8 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (1)$$

Сумма экономии за счет снижения времени на поиск инструмента рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Э2} &= T_{\text{инстр}} \cdot P_{\text{м}} \cdot \text{ЧТС} \cdot N_{\text{мес}}, \\ 0,034 \cdot 830 \cdot 221,7 \cdot 12 &= 75\,076,49 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (2)$$

Сумма экономии за счет снижения времени затрачиваемого на оприходование инструмента за год:

$$\begin{aligned} \text{Э3} &= T_{\text{о}} \cdot \text{ЧТС} \cdot N_{\text{мес}}, \\ 5 \cdot 221,7 \cdot 12 &= 13\,302 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (3)$$

Итого сумма экономии на одного кладовщика за год:

$$\text{Эг} = \text{Э1} + \text{Э2} + \text{Э3}, \quad (4)$$

и

$$58\,528,8 + 75\,076,49 + 13\,302 = 146\,907,29 \text{ руб.}$$

Сумма экономии из расчета на четырёх кладовщиков за год:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_r \cdot N_k, \quad (5)$$

$$146\,907,29 \cdot 4 = 587\,629,16 \text{ руб.}$$

Исходя из этого, на основе проведенных расчётов можно сделать заключение, что при помощи проектных ИТ-решений с элементами бережливого производства системы 5С устранены потери на поиск инструмента в течение месяца на одну позицию – 5 мин [24].

В результате реализации дорожной карты Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства» появилась возможность:

- в реальном времени получать данные о наличии и местонахождении любой единицы инструмента и технологической оснастки;
- сформировать прогноз потребности в инструменте с точностью до 5 %, поддерживать страховой запас инструмента на рабочих центрах, складах и инструментальных кладовых – 10 % от потребности в инструменте;
- снизить потери на подготовительно-заключительные время на поиск инструмента в течение месяца за счет своевременного и полного обеспечения и оснасткой, и инструментом.

Для каждого цеха и участка выдается комплект заданий, содержащих дату начала и окончания и перечень выполняемых работ. Инструментальное производство получает потребность от цехов в инструменте и оснастке, планируемую выработку ресурса инструмента, с привязкой к дате. Рассчитанные сроки начала работ по участкам позволяют службам снабжения инструментального производства обеспечивать производство необходимыми материалами в срок, увеличивая эффективность использования оборотных средств предприятия.

Следует сделать акцент на том, что ряд методов бережливого производства, рекомендуемых авторами в работе, с учетом представленных фактических примеров может быть использован в инструментальном производстве предприятий авиадвигателестроения. Эти рекомендации целесообразно конкретизировать применительно к проблеме повышения производственно-экономической системы в рыночных условиях.

Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

– проведен анализ специфических особенностей предприятий авиационного двигателестроения, сформирован вывод о возможности реализации проектных ИТ-решений;

– показано, что предложенный интегрированный подход к цифровизации в авиадвигателестроительном предприятии на основе проектных ИТ-решений обеспечивает возможность создания эффективной производственно-экономической системы, что позволяет создавать и тиражировать проектные решения на примере Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства»;

– внедрение ИС «Инструментальное производство» позволило в комплексе решить проблему своевременного обеспечения основного производства качественной технологической оснасткой, мерительным и режущим инструментом в необходимых количествах при наилучших технико-экономических результатах;

– полученные результаты позволяют сделать вывод, что за счёт внедрения проектных ИТ-решений с элементами бережливого производства на заводе «Машиностроитель» повысилась эффективность производственно-экономической системы предприятия.

Реализация ИТ-решений по цифровизации инструментального производства позволила освободить работников инструментальных, инженерных служб и управленческого персонала от выполнения трудоемких учетно-вычислительных работ, чтобы обеспечить их эффективную деятельность и, как следствие, выполнить инструментальное обеспечение производства на предприятии.

Помимо этого примерно на 15–20 % снизились сверхнормативные запасы режущего инструмента, повысилась оборачиваемость оборотных средств, включающих оснащение; увеличилась производительность труда в цехах основного производства путем снижения простоев оборудования по причине отсутствия необходимого СТОС. Экономический эффект от реализации составил 10 699 857 рублей [25].

Именно на основе анализа и обобщения указанных достижений науки и передового опыта промышленных предприятий в этой работе сделана попытка решения основных задач рассматриваемой проблемы.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 303 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы» // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.
2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/849/events/> (дата обращения: 02.09.2022).
3. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 544 с.
4. Тихонов А.И., Калачанов В.Д., Тихонова С.В. Обеспечение конкурентоустойчивости предприятий авиационного двигателестроения // Моск. экономический журнал. – 2019. – № 11. – С. 5.
5. Тихонов А.И., Калачанов В.Д., Просвирина Н.В. Повышение конкурентоустойчивости предприятий авиационного двигателестроения в современных экономических условиях // Вестник Моск. авиацион. института. – 2016. – № 1, Т. 23. – С. 218–227.
6. Речкалов А.В., Дунаев Д.Н., Даутова О.Р. Развитие функциональности основного планирования ERP-системы для решения задачи среднесрочного производственного планирования // Вестник УГАТУ. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2012. – Т. 16, № 6(51). – С. 263–269.
7. Речкалов А.В., Дунаев Д.Н., Даутова О.Р. Сущность и содержание процесса объемно-календарного планирования // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд: сб. материалов XX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: СИБПРИНТ, 2013. – 229 с.
8. Шарипов Т.Ф. Методология планирования на предприятиях машиностроительного комплекса в условиях модернизации экономики: монография. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2012. – 176 с.
9. Артюхов А.В., Христоролюбов В.Л. Современные информационные технологии в авиадвигателестроении // Двигатель: науч.-техн. журнал. – 2007. – № 2(50). – С. 6–7.
10. Иноземцев А.А. Двигатель ПД-14 – будущее российского авиапрома. – URL: <https://vpk-news.ru/articles/17206> (дата обращения: 02.09.2022).

11. Ташкинов А.Г. Разработка метода оценки конкурентоспособности производственно-экономической системы машиностроительного предприятия // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2018. – № 4. – С. 260–274.

12. Антонов В.В., Конев К.А., Куликов Г.Г. Система поддержки принятия решений на основе формализованной цифровой ситуационно-онтологической модели аудита качества // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 42. – С. 65–90. DOI: 10.15593/2224-9397/2022.2

13. Речкалов А.В., Антонов В.В., Артюхов А.В. Разработка формальной интегральной модели производственного процесса машиностроительного предприятия // Вестник УГАТУ. – 2014. – Т. 18. – № 4(65). – С. 125–133.

14. Артюхов А.В., Речкалов А.В., Христолюбов В.Л. Стратегия реализации типовых проектных ИТ-решений для управления производством в авиадвигателестроительной корпорации // Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – № 26. – С. 183–197.

15. Питеркин С.В., Оладов Н.А., Исаев Д.В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 368 с.

16. Тихонов А.И., Кононов А.М. Анализ опыта внедрения бережливого производства на предприятиях авиационного двигателестроения // Экономика и управление в машиностроении. – 2016. – № 2. – С. 24–29.

17. Ташкинов А.Г. Бережливое производство как основа развития Пермского завода Машиностроитель // Точно в цель: журнал. – М.: Изд. дом «Медиа Центр», 2019. – № 2. – С. 58–71.

18. Elkins D.A., Huang N., Alden J.M. Agile manufacturing systems in the automotive industry // Int. J. Production Economics. – 2004. – № 91. – P. 201–214.

19. Burgess T.F. Making the leap to agility // Int. J. Operations Prod. Manage. – 1994. – Vol. 14, № 11. – P. 23–34.

20. Angang Hu. Embracing China's «New Normal» // Foreign Affairs. – 2015. – № 3. – С. 5–11.

21. James L. Riggs. Production systems: Planning, Analysis and Control. – New-York-London-Sydney-Toronto: John Wiley & Sons Inc., 1970. – 620 p.

22. Елтышев Д.К. Выбор приоритетов при обслуживании, модернизации и обеспечении безопасности объектов энергетики // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2017. – № 2. – С. 5–10.

23. Smart grid technologies and applications / R. Bayindir, Ilhami Colak, Gianluca Fulli, Kenan Demirtas // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – № 66. – P. 499–516.

24. Ташкинов А.Г. Бережливое производство – задача общая // Точно в цель: журнал. – М.: Изд. дом «Медиа Центр», 2021. – № 2 (26) – С. 36–40.

25. Ташкинов А.Г. Пермский завод «Машиностроитель»: рабочие группы как фактор успеха Лин-проектов // Портал «Управление производством». – 2022. – № 4 (58). – С. 11–20.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 apreliia 2014 g. № 303 “Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii “Razvitie aviatsionnoi promyshlennosti na 2013-2025 gody” [Decree of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 N 303 “On approval of the state program of the Russian Federation “Development of the aviation industry for 2013-2025”]. Dostup iz spravochno-pravovoi sistemy Konsul'tantPlus.

2. Gosudarstvennaia programma Rossiiskoi Federatsii “Razvitie aviatsionnoi promyshlennosti na 2013-2025 gody” [State program of the Russian Federation "Development of the aviation industry for 2013-2025"], available at: <http://government.ru/rugovclassifier/849/events/> (accessed 02 September 2022).

3. Fatkhutdinov R.A. Organizatsiia proizvodstva [Organization of production]. 3rd ed. Moscow: ИНФРА-М, 2010, 544 p.

4. Tikhonov A.I., Kalachanov V.D., Tikhonova S.V. Obespechenie konkurentoustoichivosti predpriatii aviatsionnogo dvigatelestroeniia [Ensuring the competitiveness of aircraft engine building enterprises]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 11, 5 p.

5. Tikhonov A.I., Kalachanov V.D., Prosvirina N.V. Povyshenie konkurentoustoichivosti predpriatii aviatsionnogo dvigatelestroeniia v

sovremennykh ekonomicheskikh usloviakh [Ensuring the competitiveness of aircraft engine building enterprises]. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2016, no. 1, vol. 23, pp. 218-227.

6. Rechkalov A.V., Dunaev D.N., Dautova O.R. Razvitie funktsional'nosti osnovnogo planirovaniia ERP-sistemy dlia resheniia zadachi srednesrochnogo proizvodstvennogo planirovaniia [Development of functionality of the main planning of Enterprise resource planning for the solution of a problem of medium-term production planning]. *Vestnik ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. Avtomatizatsiia i upravlenie tekhnologicheskimi protsessami i proizvodstvami*. Ufa: Ufimskii gosudarstvennyi aviatsionnyi tekhnicheskii universitet, 2012, vol. 16, no. 6(51), pp. 263-269.

7. Rechkalov A.V., Dunaev D.N., Dautova O.R. Sushchnost' i sodержanie protsessa ob"emno-kalendar'nogo planirovaniia [Essence and content of process Volume scheduling]. *Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyi vzgliad. Sbornik materialov XX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Ed. S.S. Chernov. Novosibirsk: SIBPRINT, 2013, 229 p.

8. Sharipov T.F. Metodologiya planirovaniia na predpriatiiakh mashinostroitel'nogo kompleksa v usloviakh modernizatsii ekonomiki [Planning methodology at the enterprises of a machine-building complex in the conditions of modernization of economy]. Orenburg: Orenburgskii gosudarstvennyi universitet, 2012, 176 p.

9. Artiukhov A.V., Khristolubov V.L. Sovremennye informatsionnye tekhnologii v aviadvigatestroenii [Modern information technologies in aero-engine manufacturing]. *Dvigatel': nauchno-tekhnicheskii zhurnal*, 2007, no. 2(50), pp. 6-7.

10. Inozemtsev A.A. Dvigatel' PD-14 - budushchee rossiiskogo aviaproma [The PD-14 engine is the future of the Russian aviation industry], available at: <https://vpk-news.ru/articles/17206> (accessed 02 September 2022).

11. Tashkinov A.G. Razrabotka metoda otsenki konkurentosposobnosti proizvodstvenno-ekonomicheskoi sistemy mashinostroitel'nogo predpriatiia [Developing method of competitiveness estimation for production-economic system of a machine-building enterprise]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki*, 2018, no. 4, pp. 260-274.

12. Antonov V.V., Konev K.A., Kulikov G.G. Sistema podderzhki priniatiia reshenii na osnove formalizovannoi tsifrovoi situatsionno-ontologicheskoi modeli audita kachestva [Decision support system based on a formalized digital situational-ontological model of quality audit]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2022, no. 42, pp. 65-90. DOI: 10.15593/2224-9397/2022.2

13. Rechkalov A.V., Antonov V.V., Artiukhov A.V. Razrabotka formal'noi integral'noi modeli proizvodstvennogo protsessa mashinostroitel'nogo predpriiatiia [Development of formal integrated model of production of machinebuilding enterprise]. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, vol. 18, no. 4(65), pp. 125-133.

14. Artiukhov A.V., Rechkalov A.V., Khristolubov V.L. Strategia realizatsii tipovykh proektnykh IT-reshenii dlia upravleniia proizvodstvom v aviadvigatelestroitel'noi korporatsii [The strategy for implementing standard it-solutions for production management in the aircraft engine corporation]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2018, no. 26, pp. 183-197.

15. Piterkin S.V., Oladov N.A., Isaev D.V. Tochno vovremia dlia Rossii. Praktika primeneniia ERP-sistem [Precisely in time for Russia. Practice of use of ERP systems]. Moscow: Al'pina Biznes Buks, 2005, 368 p.

16. Tikhonov A.I., Kononov A.M. Analiz opyta vnedreniia berezhlivogo proizvodstva na predpriiatiakh aviatsionnogo dvigatelestroeniia [Analysis of the experience of implementing lean manufacturing at aircraft engine building enterprises]. *Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii*, 2016, no. 2, pp. 24-29.

17. Tashkinov A.G. Berezhlivoe proizvodstvo kak osnova razvitiia Permskogo zavoda Mashinostroitel' [Lean production as a basis for the development of the Perm plant Mashinostroitel']. *Tochno v tsel': zhurnal*. Moscow: Izdatel'skii dom "Media Tsentr", 2019, no. 2, pp. 58-71.

18. Elkins D.A., Huang N., Alden J.M. Agile manufacturing systems in the automotive industry. *Int. J. Production Economics*, 2004, no. 91, pp. 201-214.

19. Burgess T.F. Making the leap to agility. *Int. J. Operations Prod. Manage*, 1994, vol. 14, no. 11, pp. 23-34.

20. Angang Hu. Embracing China's "New Normal" *Foreign Affairs*, 2015, no. 3, pp. 5-11.

21. James L. Riggs. Production systems: Planning, Analysis and Control. New-York-London-Sydney-Toronto: John Wiley & Sons Inc., 1970, 620 p.

22. Eltyshev D.K. Vybory prioritetrov pri obsluzhivanii, modernizatsii i obespechenii bezopasnosti ob"ektov energetiki [Priority ranking for maintenance, renovation, and ensuring security of power facilities]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*, 2017, no. 2, pp. 5-10.

23. Bayindir R., Colak Ihami, Fulli Gianluca, Demirtas Kenan. Smart grid technologies and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, no. 66, pp. 499-516.

24. Tashkinov A.G. Berezhlivoe proizvodstvo - zadacha obshchaia [Lean production is a common task]. *Tochno v tsel': zhurnal*. Moscow: Izdatel'skii dom "Media Tsentr", 2021, no. 2 (26), pp. 36-40.

25. Tashkinov A.G. Permskii zavod "Mashinostroitel": rabochie gruppy kak faktor uspekha Lin-proektov [Perm plant "Mashinostroitel": working groups as a factor in the success of Lean projects]. *Portal "Upravlenie proizvodstvom"*, 2022, no. 4 (58), pp. 11-20.

Сведения об авторах

Ташкинов Алексей Григорьевич (Пермь, Россия) – начальник Координационно-методического центра внедрения цифровой экономики УИТ АО «Пермский завод «Машиностроитель»», кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управление промышленным производством» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: alekss.perm@gmail.com).

Фофанов Олег Геннадьевич (Пермь, Россия) – директор по информационным технологиям АО «Пермский завод «Машиностроитель»» (614014, Пермь, ул. Новозвягинская, 57).

About the authors

Aleksey G. Tashkinov (Perm, Russian Federation) – Head of the Coordinating Methodological Center for the Implementation of the Digital Economy, Perm plant Mashinostroitel; Associate Professor, Dept. of Economics and Management of Industrial Production Perm National Research

Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: e-mail: alekss.perm@gmail.com

Oleg G. Fofanov (Perm, Russian Federation) – Director of Information Technology Perm plant Mashinostroitel (614014, Perm, Novozvyaginskaya str., 57).

Поступила: 20.09.2022. Одобрена: 01.11.2022. Принята к публикации: 01.12.2022.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по отношению к статье.

Вклад авторов. Все авторы сделали равноценный вклад в подготовку публикации.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Ташкинов, А.Г. Реализация проектных ИТ-решений для управления инструментальным производством в авиадвигателестроительном предприятии / А.Г. Ташкинов, О.Г. Фофанов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 44. – С. 151–172. DOI: 10.15593/2224-9397/2022.4.08

Please cite this article in English as:

Tashkinov A.G., Fofanov O.G. Implementation of project IT-solutions for management of tool production in an aircraft engine construction enterprise. *Perm National Research Polytechnic University Bulletin. Electrotechnics, information technologies, control systems*, 2022, no. 44, pp. 151-172. DOI: 10.15593/2224-9397/2022.4.08