

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

PRODUCT QUALITY MANAGEMENT. STANDARDIZATION. INDUSTRIAL MANAGEMENT

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 658.511.3

DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-4-144-1513

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ НА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА АВИАСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Васин С.А.¹, Анцев В.Ю.¹, Трушин Н.Н.¹, Фетисов М.Н.², Юрин Д.С.²

¹Тульский государственный университет, Тула, Россия

²АО «НЦВ Миль и Камов», Томилино, Московская область, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Одним из направлений повышения производительности труда на авиастроительных предприятиях является организация результативного планирования производства авиационной техники. Результативность проектно-конструкторской деятельности и качество конструкторской документации во многом определяются принятыми на авиастроительном предприятии методами планирования работы инженерных служб. С одной стороны, существуют традиционные методики планирования работ. С другой стороны, развитие техники и технологий, изменение социально-экономических условий требуют модернизации существующих и создания новых методик планирования деятельности предприятия. Производственный опыт показывает, что на планирование проектно-конструкторских работ влияет сложная система факторов, связанных с причинами возникновения ошибок и несоответствий в конструкторской документации. Поэтому анализ проблем качества конструкторской документации должен являться основой модернизации системы планирования работы инженерных подразделений предприятия. **Цель работы.** Разработать методику эффективного планирования проектно-конструкторских работ исходя из анализа работы инженерного персонала предприятия. **Используемые методы.** Качество проектно-конструкторской документации определяется применяемыми на предприятии методами организации и планирования работы конструкторских подразделений. Многолетний производственный опыт показывает, что на планирование проектно-конструкторских работ оказывает влияние сложная система факторов, связанных с причинами возникновения ошибок и несоответствий в технической документации. Анализ проблем качества технической документации является основой модернизации системы планирования работы инженерных подразделений авиастроительного предприятия. **Новизна.** В статье представлены результаты системного анализа причин возникновения ошибок и несоответствий в проектно-конструкторских документах, разрабатываемых традиционно и при помощи компьютерных средств. Систематизация причин низкого качества технической документации показала, что всё многообразие причин ошибок и несоответствий можно подразделить на две группы: ошибки, обусловленные общими факторами, и ошибки, обусловленные специальными требованиями, предъявляемыми к проектируемому изделию. В случае производства авиационной техники специальные высокие требования к качеству проектно-конструкторской документации (ПКД) связаны с особенностями конструкции и условий эксплуатации проектируемых машин. **Результат.** Результаты анализа деятельности инженеров-конструкторов легли в основу специального инструментария обеспечения качества конструкторских работ. Разработанные инструменты качества используются в АО «НЦВ Миль и Камов». **Практическая значимость.** В результате практического применения разработок значение комплексного показателя качества разработки ПКД увеличилось до 0,98, процент сдачи ПКД с первого предъявления достиг уровня 92%, время ожидания проверки ПКД сократилось с двух недель до 2–4 дней, производительность труда проверяющих подразделений повысилась вдвое.

Ключевые слова: авиационная промышленность, подготовка производства, организация и планирование проектно-конструкторских работ

© Васин С.А., Анцев В.Ю., Трушин Н.Н., Фетисов М.Н., Юрин Д.С., 2024

Для цитирования

Анализ влияния качества проектно-конструкторских работ на результативность производственного планирования на авиастроительном предприятии / Васин С.А., Анцев В.Ю., Трушин Н.Н., Фетисов М.Н., Юрин Д.С. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. №4. С. 144-151. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-4-144-151>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

ANALYSIS OF DESIGN WORK QUALITY IMPACT ON THE PRODUCTION PLANNING EFFECTIVENESS AT AN AIRCRAFT MANUFACTURING ENTERPRISE

Vasin S.A.¹, Antsev V. Yu.¹, Trushin N.N.¹, Fetisov M.N.², Yurin D.S.

¹Tula State University, Tula, Russia

²JSC National Helicopter Center Mil and Kamov, Tomilino, Moscow region, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). One of the directions of increasing labor productivity at aircraft building enterprises is the organization of effective planning of aircraft production. The efficiency of design and development activities and the quality of design documentation are largely determined by the methods of planning the work of engineering services adopted at the aircraft building enterprise. On the one hand, there are traditional methods of work planning. On the other hand, the development of techniques and technologies, changes in socio-economic conditions require modernization of existing and creation of new methods of enterprise activity planning. Production experience shows that planning of design and engineering works is influenced by a complex system of factors related to the causes of errors and discrepancies in the design documentation. Therefore, the analysis of design documentation quality problems should be the basis for modernization of the enterprise engineering departments work planning system. **Objectives.** The purpose of this study is to create a methodology for efficient planning of design activities, rooted in an analysis of engineering personnel performance. **Methods Applied.** The study relies on assessing the quality of design documentation affected by organizational and planning methods applied by the design departments. Extensive production experience underscores that planning the design and engineering activities is influenced by a multifaceted array of factors, leading to errors and discrepancies in technical documentation. Analysis technical documentation quality challenges is the basis for the system modernization of planning the work of an aircraft manufacturing enterprise engineering departments. **Originality.** This study is a systematic analysis of the causes of errors and discrepancies in manually and computer-generated design and manufacturing documents. The causes of poor quality of technical documentation can be divided into two groups: errors caused by general factors and errors caused by special requirements for the product. In the case of aircraft engineering, special high requirements for the quality of design documentation are associated with the design features and operating conditions of the designed machines. **Result.** The analysis results of the activities of design engineers formed the basis of a special toolkit for ensuring the quality of design work that is currently in use in the JSC National Helicopter Center Mil and Kamov. **Practical Relevance.** As a result of practical application of the developments, the value of the complex index of design documentation development quality increased to 0.98, the percentage of design documentation delivery from the first presentation reached the level of 92 %, the waiting time for design documentation inspection reduced from two weeks to 2–4 days, the labor productivity of inspection departments doubled.

Keywords: aircraft engineering, preparation of production, design organization and planning

For citation

Vasin S.A., Antsev V. Yu., Trushin N.N., Fetisov M.N., Yurin D.S. Analysis of Design Work Quality Impact on the Production Planning Effectiveness at an Aircraft Manufacturing Enterprise. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024, vol. 22, no. 4, pp. 144-151. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-4-144-151>

Введение

Авиастроение является одной из ведущих отраслей машиностроения России и обладает громадным научно-техническим потенциалом. С момента своего появления в самом начале XX века авиастроение играет роль одного из наиболее мощных драйверов развития мировой экономики [1, 2]. Именно поэтому 25 июня 2022 года Правительством Российской Федерации была утверждена «Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли до 2030 г.», которая предусматривает выпуск и поставку авиакомпаниям 990 самолётов и 765 вертолётов с быстрой локализа-

цией производства авиационных агрегатов, ранее не производившихся в Российской Федерации.

Проблематика российской обрабатывающей промышленности, в том числе и авиастроения, находится на особом контроле в Кабинете министров РФ. Так, 3 апреля 2024 года в Государственной Думе Российской Федерации состоялся ежегодный отчёт Правительства РФ, который представил Председатель Правительства М.В. Мишустин (источник – <http://government.ru/news/51246/>). Специальное внимание в своём отчёте премьер-министр уделил ключевым отраслям российской промышленности. В частности, объём промышленного авиастроительного производства увеличился на 19,4%. Как было отмечено

но в докладе, в самолётостроении была проделана огромная работа по переходу на отечественные наукоёмкие материалы и изделия, чтобы снизить зависимость от иностранных поставщиков. А в отношении вертолётостроения премьер-министр особо подчеркнул, что в 2024 году планируется увеличить почти на 30 % выпуск гражданских вертолётостроения. М.В. Мишустин также отметил, что «мы должны делать самые надёжные и современные машины».

Также в своём докладе премьер-министр уделил внимание и быстро развивающимся беспилотным авиационным системам, которые могут изготавливаться как на основе самолётов, так и на основе вертолётостроения. При этом М.В. Мишустин отметил, что «Правительство РФ приняло стратегию развития этого важного направления, утвердило национальный проект». В результате принимаемых Правительством РФ мер должно быть обеспечено эффективное использование беспилотников в российской экономике.

Таким образом, исходя из сложившихся технико-экономических условий, российским авиастроительным предприятиям необходимы интенсивные разработки инновационных методов проектирования, организации планирования, производства, модернизации и ремонта пилотируемой и беспилотной авиационной техники (АТ).

В настоящее время в РФ действуют Федеральные авиационные правила «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21», которые содержат обновлённые требования к производителям АТ, которые обязаны иметь систему менеджмента качества летательных аппаратов (ЛА). Для осуществления поставленных задач предприятия авиационной промышленности проходят этап технического перевооружения, внедрения новых технологий и методов проектирования и конструирования ЛА с применением различных систем автоматизированного проектирования (САПР). При этом постоянно меняется и среда разработки проектно-конструкторской документации (ПКД), что в значительной степени повышает риск возникновения ошибок в ПКД, связанных с качеством работы конструкторов.

Материалы и методы исследования

Одним из направлений обеспечения машиностроительного производства является организация его результативного планирования. Результативность проектно-конструкторской деятельности и качество ПКД во многом определяются принятыми на предприятии методами планирования работы инженерных служб. С одной стороны, существуют традиционные методики планирования работ. С другой стороны, развитие техники и технологий, изменение социально-экономических условий требуют модернизации существующих и создания новых методик планирования деятельности предприятия.

Производственный опыт показывает, что на планирование проектно-конструкторских работ влияет

сложная система факторов, связанных с причинами возникновения ошибок и несоответствий в ПКД. Поэтому анализ проблем качества ПКД является базой, на основе которой производится модернизация системы планирования работы инженерных подразделений предприятия.

Полученные результаты и их обсуждение

Конструкторская подготовка производства в авиастроении – это ключевой этап в обновлении и расширении авиационного парка страны. Инженеры-конструкторы являются одними из наиболее востребованных работников в авиастроении, поскольку авиационная техника – это сложный высокотехнологичный продукт, состоящий из десятков тысяч деталей и сборочных единиц, к которому предъявляется большое количество требований. Производство самолётов и вертолётостроения по всем своим свойствам является глубоко наукоёмким производством, при этом доля расходов на научные исследования по совершенствованию технологии и продукции составляет порядка 40-60 % всех расходов предприятия. Проблематика и особенности различного рода наукоёмких производств рассматриваются во многих публикациях, например в [3, 4].

В наукоёмком производстве выпуск продукции связан с необходимостью проведения большого объёма теоретических расчётов, научных изысканий и экспериментов. Наукоёмкие производства также сопровождаются большими объёмами инженерно-графических работ при разработке конструкторских и технологических документов. Основная часть затрат приходится на разработку оптимальной конструкции изделий, создание новых материалов, разработку новых схем, обеспечение требуемой надёжности, экологической чистоты и безопасности обслуживания. При этом численность научного персонала в структуре наукоёмкого производства оставляет не менее 30-40% всей численности работников.

К самолётам и вертолётостроению традиционно предъявляются особо высокие требования к конструктивной и эксплуатационной надёжности. Требования, предъявляемые к ЛА, разделены по зонам ответственности: соответствие технических решений проверяется в рамках группы конструкторов, за технологическую проработку конструкции отвечает группа технологов, за метрологический контроль, контроль масс и другие сферы деятельности также отвечают соответствующие отделы, а в отделе нормоконтроля осуществляется проверка соответствия формальным требованиям к оформлению ПКД. От квалификации и эффективности работы как отдельных инженеров-конструкторов, так и проектно-конструкторских подразделений авиастроительных предприятий зависит качество проектируемой, изготавливаемой, модернизируемой и ремонтируемой АТ. Для самолетов и вертолетов как технических изделий ответственного назначения требуются специальные подходы к обеспечению их качества [5].

Одним из основных параметров ПКД является уровень ее качества, которое определяется как соответствие документации действующим нормативам и стандартам. Известно, что стоимость устранения ошибки, совершенной на стадии разработки воздушного судна и выявленной при эксплуатации, в сотни раз превышает стоимость ее устранения на стадии разработки, что требует совершенствования системы менеджмента качества разработчика АТ. Реализация такой системы проектирования новой продукции позволит проектировать опытные образцы ЛА с первого раза в полном соответствии с применяемыми к воздушному судну требованиями. Это чрезвычайно сложная задача, она остается такой и в настоящее время даже при наличии последних разработок в области САПР. Решение задачи обеспечения качества ПКД осложняется тем обстоятельством, что комплект ПКД для одного изделия исчисляется тысячами документов. Таким образом, ошибки и несоответствия, возникающие при создании ПКД, в итоге ведут к серьезным финансовым потерям и увеличивают сроки постановки изделия на производство [6, 7]. Аналогичная ситуация имеет место не только в авиационной промышленности, но и в других отраслях промышленности, изготавливающих сложные технические изделия.

Ошибки, не выявленные в процессе контроля ПКД, могут привести к авариям и катастрофам ЛА. Природа и общие многочисленные причины ошибок инженеров в конечном итоге во многом связаны с человеческим фактором. Ошибки возникают на всех этапах проектно-конструкторских работ, имеют разную степень значимости и последствий [8, 9].

В работах [10-12] приведен анализ причин возникновения ошибок в работе инженеров-конструкторов, работавших более 40 лет назад, когда сложность АТ не была такой экстремальной, как сейчас, возможности вычислительной техники были еще низкими, а САПР находились на очень ранней стадии своего развития. С течением времени появилась необходимость новой систематизации и классификации деятельности инженеров и несоответствий, возникающих при проведении проектно-конструкторских работ в области АТ. Далее представлены результаты системного анализа причин и факторов, способствующих появлению ошибок в проектах АТ.

1. Главная причина ошибок в ПКД обусловлена низкой профессиональной эрудицией, недостаточным опытом и невысокой квалификацией исполнителей. Профессиональная эрудиция инженера начинает формироваться еще в общеобразовательной школе, углубляется во время обучения в вузе и в процессе профессиональной деятельности. Некоторые аспекты формирования профессиональных компетенций и технической эрудиции инженеров рассматриваются во многих методических публикациях по проблемам обучения, в частности в [13, 14].

2. Источником ошибок является и недостаточная трудовая дисциплина исполнителей из-за отсутствия или недостаточности последующего контроля ПКД. Данная причина в той или иной мере устраняется, в частности известной политикой «кнута и пряника» – рациональным сочетанием мер дисциплинарного воздействия, морального и материального стимулирования работников.

3. Низкое качество проектно-конструкторских работ может быть связано с недостаточностью результатов экспериментальных исследований. Для авиационной техники данный аспект является исключительно важным, поэтому авиационные предприятия имеют лётно-испытательные центры (ЛИЦ). С одной стороны, авиационные предприятия должны поддерживать актуальное техническое обеспечение ЛИЦ, с другой – для обеспечения работы ЛИЦ авиационные предприятия должны вести специальную подготовку и переподготовку инженеров-исследователей, тесно взаимодействующих с инженерами-конструкторами и инженерами-технологами.

4. Несоответствие технического задания на проектирование действительным требованиям к изделию также является причиной некачественной ПКД. В этом случае недостаточная проработка технического задания возникает вследствие отсутствия у разработчиков глубоких теоретических и практических знаний по функционированию проектируемого изделия.

5. Сложные технические изделия изготавливаются в кооперации с многими предприятиями. Поэтому на качество проектно-конструкторских работ также влияет и отсутствие локальных (частных) технических заданий на проектирование или приобретение конструкционных материалов, сборочных единиц и других составных частей проектируемого изделия.

6. На недостатки ПКД могут влиять неполнота научно-технической информации и проведенного патентно-лицензионного исследования в отношении проектируемого изделия. ЛА относятся к тем изделиям, проектирование и конструирование которых связано с созданием многочисленных объектов интеллектуальной собственности. Навыки проведения патентных исследований для будущих инженеров закладываются в процессе вузовского обучения. Вопросы организации патентных исследований и патентно-лицензионной работы в вузах при подготовке студентов-машиностроителей также рассмотрена во многих публикациях, например в [15].

7. Отсутствие анализа либо его недостаточность в отношении аналогов и прототипов проектируемого изделия тоже служит источником ошибок при проектно-конструкторских работах. В настоящее время в мировой авиационной промышленности накоплен громадный банк знаний, который требует тщательного изучения. В некоторых случаях проектировщики недостаточно активно ведут библиографические исследования, ищут и исследуют ранее выполненные разработки в области проектируемых объектов.

8. Недостаточность квалификации и/или компетентности руководителей проектно-конструкторских работ также может являться фактором низкого качества ПКД. Очевидно, что менеджмент предприятия наряду с рядовыми работниками должен периодически проходить переподготовку и повышение квалификации в соответствии с технико-экономическим состоянием отрасли.

9. Ошибки и несоответствия в ПКД могут возникать при отсутствии или недостаточности необходимого контроля над проектированием как изделия в целом, так и его отдельных составных частей. Для устранения этого фактора необходимы в отрасли в целом и на предприятиях в частности соответствующие локальные нормативные акты (ЛНА).

10. Еще одна причина недостаточного качества ПКД – отсутствие или нарушение типовых методик и процедур (алгоритмов) при организации и проведении проектно-конструкторских работ. Данная причина несоответствия ПКД установленным требованиям, как и предыдущие причины, может устраняться как экстенсивными, так и интенсивными методами. В первом случае это увеличение контролирующего персонала и контрольных операций, во втором – автоматизация контрольных операций. Очевидно, что при этом необходим рациональный баланс между этими методами.

11. При создании первых опытных и экспериментальных образцов вновь проектируемых изделий могут появляться творческие ошибки, обусловленные недостаточностью познания физической сущности изделия. Познание физической сущности изделия осуществляется в процессе многократных испытаний изделий.

12. Ошибки в расчётах тоже достаточно часто встречаются при проектировании сложных наукоёмких объектов. При этом зачастую инженеры-расчётчики не учитывают в полной мере динамические процессы, которые могут возникать во время работы изделия. Это приводит, в частности, к ослаблению конструкции изделия, элементов кинематической цепи, недостаточной (или завышенной) мощности двигателей. Данная причина ошибок во многом свойственна для авиастроения, поскольку физические процессы, сопровождающие полет ЛА, являются чрезвычайно сложными и трудно поддаются математической формализации.

13. Как продолжение предыдущего пункта систематизации – это ошибки при компоновке, выборе массы и габаритных размеров как проектируемого изделия, так и его отдельных составных частей. Проблема избыточной массы ЛА неоднократно описана в многочисленных научно-технических и научно-популярных изданиях, посвященных АТ [16-18]. В этих же монографиях описано много аварий и катастроф самолётов и вертолётов, причины которых были обусловлены ошибками при проектировании и конструировании ЛА.

14. Недостаточный учёт действия на проектируемое изделие внешних сил и вращающих моментов, который связан с ограниченностью знаний о физической сущности объекта проектирования, тоже может приводить к ошибкам в ПКД. Этому фактору в полной мере соответствует давно известное идиоматическое выражение «Дьявол кроется в деталях».

15. Часто недостаточное внимание конструкторами и технологами уделяется эргономическим требованиям, предъявляемым к проектируемому изделию, и обеспечению удобной и безопасной работе с ним обслуживающему персоналу. Важную роль при проектировании ЛА в настоящее время должно уделяться авионике – совокупности электронных пилотажно-навигационных приборов, устанавливаемых на борту ЛА.

16. Ещё один фактор низкого качества ПКД – отсутствие должного внимания к вопросам эксплуатации и техническому обслуживанию проектируемого изделия, регулировки и смазки движущихся частей. Многие сложные машины в настоящее время оснащаются автоматизированными системами централизованной смазки.

17. Недостаточное внимание конструкторами часто уделяется вопросам экологической безопасности проектируемого изделия с точки зрения его производства, эксплуатации и утилизации. Проблемы экологичности техники в полной мере применимы и к ЛА по разным направлениям: двигательная установка, конструкция планера и фюзеляжа, электрические и гидравлические системы и пр.

18. Низкое качество ПКД может быть связано с отсутствием у конструкторов должного внимания вопросам стандартизации, типизации и унификации в проектируемом изделии групп, узлов и отдельных деталей. В настоящее время роль унификации и стандартизации в отношении сложных технических изделий играет немаловажную роль в обеспечении их качества на всех этапах жизненного цикла.

19. При проектировании сложных технических изделий приходится использовать сборочные единицы и агрегаты сторонних изготовителей. Использование покупных составных частей проектируемого изделия в условиях работы, для которых они не предназначены, также является причиной некачественной ПКД.

20. Большое количество ошибок у конструкторов обусловлены их невнимательностью и торопливостью, что приводит к появлению большого количества более мелких ошибок в чертежах, спецификациях, расчётах, пояснительных записках. Данная причина зачастую обусловлена перегруженностью инженеров проектными заданиями, жёсткими сроками сдачи проектов в производство, отвлечением работников на непрофильные и внеочередные задания.

21. Определённая часть ошибок проектирования связана с нарушением разного рода специальных инструкций, требований и указаний, предъявляемых к изделиям с особыми требованиями по надёжности и долговечности эксплуатации, к которым относятся и

ЛА. При этом тоже необходимо найти рациональный баланс между количеством инструкций и их целесообразностью.

22. Недостаточный функционал, ошибки и недочёты в алгоритмах работы конструкторских САПР – тоже источник ошибок и несоответствий в проектно-конструкторских документах. Инженеры-программисты САПР во многих случаях также совершают ошибки в своих программах, поэтому пользователям САПР необходимо периодически обновлять версии программных продуктов, внимательно, а иногда и критически подходить к оценке получаемых результатов работы программ.

23. Неуверенное пользование конструкторами вычислительной техникой и специальными программными продуктами также может быть источником ошибок в процессе проектно-конструкторских работ. В настоящее время в конструкторских подразделениях совместно работают как молодые, так и возрастные конструкторы. Однако на практике регистрируются случаи, когда молодые инженеры, которые должны быть уверенными пользователями вычислительной техники, недостаточно глубоко исследуют и используют функционал программ САПР.

24. Ошибки в проектах могут быть также связаны с состоянием физического здоровья и морального состояния исполнителя (-ей), что также часто связано с перегруженностью работников. В данном случае для устранения фактора низкого качества ПКД необходима система планирования проектно-конструкторских работ, исключающая перегрузку работников.

Заключение

Результаты систематизации причин низкого качества ПКД показывают, что всё многообразие причин ошибок и несоответствий в ПКД можно подразделить на две группы: ошибки, обусловленные общими факторами, и ошибки, обусловленные специальными требованиями, предъявляемыми к проектируемому изделию. В случае производства АТ специальные высокие требования связаны с особенностями конструкций и условий эксплуатации проектируемых ЛА.

Результаты анализа деятельности инженеров-конструкторов и разрабатываемой ими ПКД послужили базой для создания специального инструментария обеспечения качества документации. Разработанные инструменты качества внедрены на предприятии АО «НЦВ Миль и Камов», входящем в холдинг «Вертолеты России» [19]. При этом значение комплексного показателя качества разработки ПКД увеличилось до 0,98, процент сдачи ПКД с первого предъявления достиг уровня 92%, время ожидания проверки ПКД сократилось с двух недель до 2–4 дней, производительность труда проверяющих подразделений повысилась вдвое.

Список источников

1. Мантуров Д.В., Калачанов В.Д. Организация производства наукоёмкой продукции в авиационной промышленности России в современных экономических условиях // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 19. № 4. С. 186-192.
2. Круглов М.Г., Юрин Д.С. Устойчивое развитие российских предприятий: проблемы и перспективы // Горизонты ИСО: Системы менеджмента и оценка соответствия. 2021. № 6. С. 3-9.
3. Латышенко Г.И. Наукоёмкие технологии и их роль в современной экономике России // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2009. № 3 (24). С. 136-140.
4. Авдонин Б.Н., Хрусталёв Е.Ю. Методология организационно-экономического развития наукоёмких производств. М.: Наука, 2010. 367 с.
5. Васин С.А., Плахотникова Е.В. Модель обеспечения качества технических систем ответственного назначения // Качество и жизнь. 2019. № 1 (21). С. 3-7.
6. Кохановский В.Д., Дзюман-Грек Ю.Н. Конструкторский контроль чертежей. М.: Машиностроение, 1988. 232 с.
7. Амиров Ю.Д. Основы конструирования: Творчество – стандартизация – экономика. М.: Изд-во стандартов, 1991. 392 с.
8. Управление процессом разработки конструкторской документации в современной организации / А.Н. Пегина, Л.И. Назина, Н.Л. Клейменова и др. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. Вып. 4. С. 228-235.
9. Анцев В.Ю., Казанлеев М.Х., Ханин К.Н. Управление качеством процесса разработки проектной документации на транспортно-технологические комплексы // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. Вып. 4. С. 228-238.
10. Дружинский И.А. Слагаемые качества конструкторских работ. Записки конструктора. Л.: Лениздат, 1977. 119 с.
11. Борисов В.И. Общая методология конструирования машин. М.: Машиностроение, 1978. 120 с.
12. Разумов И.М., Трайнев В.А., Баранчев В.П. Организация управления качеством проектных работ. Тула: Приок. кн. изд-во, 1979. 200 с.
13. Профессионализм инженера-конструктора: анализ, оценка и совершенствование / А.П. Исаев, А.М. Козубский, Л. В. Плотников и др. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 168 с.
14. Трушин Н.Н. Некоторые аспекты организации творческой работы студентов и аспирантов // Образование и проблемы развития общества. 2022. № 2 (19). С. 74-84.
15. Лобанов А.В., Трушин Н.Н. Патентные исследования как форма организации научно-исследовательской практики студентов и аспиран-

тов машиностроительных направлений и специальностей // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2022. № 4 (18). С. 59-63.

16. Шавров В.Б. История конструкций самолетов в СССР до 1938 г. М.: Машиностроение, 2002. 703 с.
17. Шавров В.Б. История конструкций самолетов в СССР, 1938-1950 гг. М.: Машиностроение, 2002. 543 с.
18. Арсеньев Е.В., Берне Л.П., Боев Д.А. История конструкций самолетов в СССР 1951-1965 гг. М.: Машиностроение, 2002. 824 с.
19. Юрин Д.С., Тарасов А.С., Денискина А.Р. Организация процесса улучшения качества рабочей конструкторской документации на авиастроительном предприятии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. Вып. 8. С. 3-9.

References

1. Manturov D.V., Kalachanov V.D. Organization of production of knowledge-intensive products in the aviation industry of Russia in modern economic conditions. *Vestnik Moskovskogo aviacionnogo instituta* [Aerospace MAI Journal], 2012;19(4):186-192. (In Russ.)
2. Kruglov M.G., Yurin D.S. Sustainable Development of Russian Enterprises: Problems and Prospects. *Gorizonty ISO: Sistemy menedzhmenta i ocenka sootvetstviya* [ISO Horizons: Management Systems and Conformity Assessment], 2021;(6):3-9. (In Russ.)
3. Latyshenko G.I. Science-intensive technologies and their role in the modern economy of Russia. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva* [Bulletin of the Siberian State Aerospace University named after Academician M.F. Reshetnev], 2009;3(24):136-140. (In Russ.)
4. Avdonin B.N., Hrustalyov E.Yu. *Metodologiya organizacionno-ekonomicheskogo razvitiya naukoymkih proizvodstv* [Methodology of organizational and economic development of knowledge-intensive industries]. Moscow: Science, 2010, 367 p. (In Russ.)
5. Vasin S.A., Plahotnikova E.V. Model of quality assurance of technical systems of responsible purpose. *Kachestvo i zhizn'* [Quality and life], 2019;1(21):3-7. (In Russ.)
6. Kohanovskij V.D., Dzyuman-Grek Yu.N. *Konstruktorskij kontrol chertezhej* [Design inspection of drawings]. Moscow: Mechanical engineering, 1988, 232 p. (In Russ.)
7. Amirov Yu.D. *Osnovy konstruirovaniya: Tvorchestvo – standartizaciya – ekonomika* [Fundamentals of Design: Creativity – Standardization – Economics]. Moscow: Standards Publishing House, 1991, 392 p. (In Russ.)
8. Pegina A.N., Nazina L.I., Klejmenova N.L., Shemelova A.D. Management of the design documentation development process in a modern organization. *Izvestiya Tulsckogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the Tula states university. Technical Sciences], 2020;(4):228-235. (In Russ.)
9. Antsev V.Yu., Kazanleev M.X., Xanin K.N. Quality management of the process of developing design documentation for transportation and technological complexes. *Izvestiya Tulsckogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the Tula states university. Technical Sciences], 2011;(4):228-238. (In Russ.)
10. Druzhinskij I.A. *Slagaemye kachestva konstruktorskih rabot. Zapiski konstruktora* [Constituents of the quality of design work. Notes of the designer]. Leningrad: Lenizdat, 1977, 119 p. (In Russ.)
11. Borisov V.I. *Obshchaya metodologiya konstruirovaniya mashin* [General machine design methodology]. Moscow: Mechanical engineering, 1978, 120 p. (In Russ.)
12. Razumov I.M., Trajnev V.A., Barancheev V.P. *Organizaciya upravleniya kachestvom proektnyh rabot* [Organization of quality management of project works]. Tula: Priokskoe book publishing house, 1979, 200 p. (In Russ.)
13. Isaev A.P., Kozubskij A.M., Plotnikov L.V., Suhanov G.G., Fomin N.I., Furin V.O. *Professionalizm inzhenera-konstruktora: analiz, ocenka i sovershenstvovanie* [Professionalism of a design engineer: analysis, evaluation and improvement]. Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 2015, 168 p. (In Russ.)
14. Trushin N.N. Some aspects of organization of creative work of undergraduate and postgraduate students. *Obrazovanie i problemy razvitiya obshchestva* [Education and the challenges of societal development], 2022;2(19):74-84. (In Russ.)
15. Lobanov A.V., Trushin N.N. Patent research as a form of organization of research practice of students and postgraduates of machine-building directions and specialties. *Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Vestnik of the Vologda State University. Series: Technical Sciences], 2022;4(18):59-63. (In Russ.)
16. Shavrov V.B. *Istoriya konstrukcij samoletov v SSSR do 1938 g.* [History of airplane designs in the USSR before 1938]. Moscow: Mechanical engineering, 2002, 703 p. (In Russ.)
17. Shavrov V.B. *Istoriya konstrukcij samoletov v SSSR, 1938-1950 gg.* [History of airplane designs in the USSR, 1938-1950]. Moscow: Mechanical engineering, 2002, 543 p. (In Russ.)
18. Arsenev E.V., Berne L.P., Boev D.A. *Istoriya konstrukcij samoletov v SSSR 1951-1965 gg.* [History of airplane designs in the USSR 1951-1965]. Moscow: Mechanical engineering, 2002, 824 p. (In Russ.)
19. Yurin D.S., Tarasov A.S., Deniskina A.R. Organization of the process of improving the quality of working design documentation at an aircraft manufacturer. *Izvestiya Tulsckogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the Tula states university. Technical Sciences], 2023;(8):3-9. (In Russ.)

Поступила 19.05.2024; принята к публикации 11.06.2024; опубликована 24.12.2024
Submitted 19/05/2024; revised 11/06/2024; published 24/12/2024

Васин Сергей Александрович – доктор технических наук, профессор,
Тульский государственный университет, Тула, Россия.
Email: vasin_sa53@mail.ru. ORCID 0009-0008-6737-7909

Анцев Виталий Юрьевич – доктор технических наук, профессор,
Тульский государственный университет, Тула, Россия.
Email: anzev@yandex.ru. ORCID 0000-0001-7239-9266

Трушин Николай Николаевич – доктор технических наук, доцент,
Тульский государственный университет, Тула, Россия.
Email: trunikolaj@yandex.ru. ORCID 0000-0001-7974-3832

Фетисов Михаил Николаевич – заместитель исполнительного директора,
АО «НЦВ Миль и Камов», Томилино, Московская область, Россия.
Email: mkhl.ftsv@gmail.com. ORCID 0009-0009-8952-5068

Юрин Дмитрий Сергеевич – кандидат технических наук,
заместитель исполнительного директора по системе качества,
АО «НЦВ Миль и Камов», Томилино, Московская область, Россия.
Email: yurinds@rambler.ru. ORCID 0009-0000-0484-6802

Sergej A. Vasin – DrSc (Eng.), Professor,
Tula State University, Tula, Russia.
Email: vasin_sa53@mail.ru. ORCID 0009-0008-6737-7909

Vitalij Yu. Antsev – DrSc (Eng.), Professor,
Tula State University, Tula, Russia.
Email: anzev@yandex.ru. ORCID 0000-0001-7239-9266

Nikolaj N. Trushin – DrSc (Eng.), Associate Professor,
Tula State University, Tula, Russia.
Email: trunikolaj@yandex.ru. ORCID 0000-0001-7974-3832

Mixail N. Fetisov – Deputy Executive Director,
JSC National Helicopter Center Mil and Kamov, Tomilino, Moscow region, Russia.
Email: mkhl.ftsv@gmail.com. ORCID 0009-0009-8952-5068

Dmitriy S. Yurin – PhD (Eng.), Deputy Executive Director for Quality System,
JSC National Helicopter Center Mil and Kamov, Tomilino, Moscow region, Russia.
Email: yurinds@rambler.ru. ORCID 0009-0000-0484-6802