

DOI: 10.34220/2311-8873-2025-34-39



УДК 621.047; 621.048

UDC 621.047; 621.048

2.5.6 – технология машиностроения

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ

## INTEGRATED QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR HIGH-TECH PRODUCTS

✉<sup>1</sup> **Смоленцев Владислав Павлович**,  
профессор, д.т.н., профессор кафедры технологи-  
и машиностроения, лауреат премии Прави-  
тельства РФ, Воронежский государственный  
технический университет, г. Воронеж,  
e-mail: [ysmolen@inbox.ru](mailto:ysmolen@inbox.ru)

✉<sup>1</sup> **Smolentsev Vladislav Pavlovich**,  
professor, doctor of technical sciences, professor of  
the department of mechanical engineering technol-  
ogy, laureate of the Russian Federation Government  
Prize, Voronezh state technical university, Voronezh,  
e-mail: [ysmolen@inbox.ru](mailto:ysmolen@inbox.ru)

**Омигов Борис Иванович**,  
к.т.н., ученый секретарь АО Научно-про-  
изводственное предприятие «Техномаш»  
им. С. А. Афанасьева, г. Москва,  
e-mail: [b.omigov@gmal.cam](mailto:b.omigov@gmal.cam)

**Omigov Boris Ivanovich**,  
candidate of technical sciences, scientific secretary of  
JSC Scientific-production enterprise "Tekhnomash"  
named after. S. A. Afanasieva, Moscow,  
e-mail: [b.omigov@gmal.cam](mailto:b.omigov@gmal.cam)

**Сафонов Сергей Владимирович**,  
д.т.н., профессор Воронежского государствен-  
ного технического университета, г. Воронеж,  
e-mail: [safonov@vorstu.ru](mailto:safonov@vorstu.ru)

**Safonov Sergey Vladimirovich**,  
doctor of technical sciences, professor of the Vo-  
ronezh state technical university, Voronezh,  
e-mail: [safonov@vorstu.ru](mailto:safonov@vorstu.ru)

**Аннотация.** Рассмотрена методология обра-  
ботки производственной технологичности  
наукоемкой продукции машиностроения. Для  
этого широко использовался опыт модерниза-  
ции и запуска в производство перспективных  
объектов, главным образом из авиакосмиче-  
ской отрасли, что послужило базой для разра-  
ботки для неё путей повышения качества на  
различных этапах производства при создании  
новых изделий с повышением уровня их тех-  
нологичности, сокращением сроков освоения  
серийных изделий, возможности замены им-  
портных товаров на отечественные. Раскрыта  
научная база для управления качеством на  
всех этапах создания востребованных видов  
продукции машиностроения.

**Annotation.** The methodology of working out the  
production manufacturability of high-tech engi-  
neering products is considered. For this purpose,  
the experience of modernization and commission-  
ing of promising facilities, mainly from the aero-  
space industry, was widely used, which served as  
the basis for developing ways to improve quality  
at various stages of production when creating new  
products with an increase in their level of manu-  
facturability, reducing the development time of se-  
rial products, the possibility of replacing imported  
goods with domestic ones. The scientific basis for  
quality management at all stages of creation of de-  
manded types of mechanical engineering products  
is disclosed.

**Ключевые слова:** КАЧЕСТВО, ПРОИЗВОД-  
СТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ,  
СИСТЕМА, ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА.

**Keywords:** QUALITY, PRODUCTION MANU-  
FACTURABILITY, SYSTEM, PRODUCTION  
STAGES.

<sup>1</sup> Автор для ведения переписки

## 1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

При создании новой техники требуется детальная отработка технологичности, обеспечивающая высокое качество продукции на этапах жизненного цикла изделий, начиная с обоснования потребности, оценки материальной базы изготовителя, технико-экономического обоснования запуска объектов в серийное производство с рассмотрением стадий эксплуатации, обслуживания, утилизации продукции. Для этого требуется современная система научного управления качеством продукции, где в качестве одного из инструментов используется производственная технологичность. В свою очередь, система научного управления качеством продукции требует разработки методологии отработки производственной технологичности наукоемкой продукции машиностроения на основе научной базы для управления качеством на всех этапах её создания. Разработка такой методологии представляет актуальную проблему, обусловленную причинами:

- расширяющимися возможностями современного оборудования [1];
- отсутствием надежных количественных моделей производственной технологичности, связанных с неполнотой информации, преобладанием качественных факторов [2] и особенностями расчета показателей технологичности [3];
- наличием ситуаций, связанных с недостаточностью необходимых справочных данных [4], в том числе данных для оценки, например, с отсутствием и неапробированностью специальной технологической оснастки и сложностью оценки принимаемых решений, влияющих на себестоимость продукции [3].

## 2 Материалы и методы

Для решения данной проблемы использовались информационно-аналитические исследования, результаты обмена опытом специалистов авиационно-космической отрасли и обширные авторские исследования.

В работах [5-8] рассмотрены основные стадии жизненного цикла создания новых и модернизации используемых наукоемких изделий. Эти этапы включают:

- анализ потребительских характеристик и требований заказчиков к номенклатуре и качеству создаваемой продукции машиностроения [9, 10]. Здесь должна проводиться отработка технологичности создаваемых и улучшаемых изделий с учетом получения положительных экономических результатов. В работе это раскрыто на примерах применения в машиностроении комбинированных методов обработки с наложением полей [11]. Для необоронных отраслей дополнительно требуется обосновать объем и возможность реализации продукции за рубежом, особенно в дружественные страны;
- проектирование средств и объектов обработки, изготовление макетов или опытных образцов новых изделий, изготовление или использование имеющихся испытательных средств, испытание первых образцов, доработка проектов по результатам испытаний;
- отработка производственной (а в ряде случаев и конструкторской) технологичности, оптимизация выбора или проектирование, изготовление и отладка средств технологического оснащения. Для опытных образцов преимущественно используют сборно-разборные, переналаживаемые приспособления, универсальный инструмент и оборудование. При возможности используют типовые технологические процессы обработки с имеющимися средствами автоматизации;
- по результатам отработки технологичности устанавливают производственную базу или создают новое станочное оборудование и разрабатывают технологии его применения [12]. Далее вносят коррективы в материалы по отработке технологичности, в том числе оценку ожидаемого повышения качества создаваемой продукции [13]. Анализируют достигнутые и перспективные эксплуатационные результаты, обосновывают возможный период выпуска создаваемых изделий;

– при необходимости изменяют или проектируют новую организационную структуру. В ряде случаев это становится стимулом модернизации всего производства [14] и его переоснащения с использованием современного оборудования;

– разрабатывают условия запуска и освоения серийного выпуска продукции требуемого качества. Эти материалы включают производственные инструкции, наставления, стандарты, системы обучения персонала, техники безопасности;

– технологическое, организационное и административное сопровождение продукции, пути расширения зоны ее использования и потребления, систематическое улучшение качества изделий на всех этапах их жизненного цикла вплоть до утилизации;

– анализ накопленного опыта, научное обоснование результатов эксплуатации и использования их для проектирования, модернизации и выпуска продукции новых поколений.

На этапах организационного сопровождения может формироваться система взаимодействия между качеством исходного сырья, объектами внешних поставок и потребительскими характеристиками создаваемой и поставляемой продукции. Это позволяет улучшить деловые связи между заказчиком, разработчиком и изготовителем для повышения качества изделий, особенно в тех случаях, когда создаются наукоемкие объекты нового поколения и отсутствует база для сравнения показателей проектируемой и имеющейся в производстве продукции. Для решения такой задачи могут потребоваться новые модели и алгоритмы управления качеством, учитывающие деловые связи и научный потенциал исполнителей.

На рис. 1 приведена укрупненная блочная схема этапов жизненного цикла типового изделия, которая при моделировании может быть принята за основу дальнейших типовых разработок.



Рисунок 1 – Взаимосвязи между основными этапами жизненного цикла изделия

Для управления качеством на этапах, показанных на рис. 1, предложены модели и алгоритмы, приведенные в [5-7] и используемые при освоении в серийном производстве, а также для технического сопровождения в основном создаваемой наукоемкой продукции.

В системе данных исследований объединяющим элементом являются маркетинговые исследования, которые включают оценку эффективности, потребности в новой продукции и могут рассматриваться как часть отработки технологичности при запуске в производство перспективных изделий. Изучению рынка предшествует поиск и оценка:

– аналогов по информационным источникам (по интернету, литературе, материалам конференций) с использованием личного и профессионального опыта коллегиального сообщества;

– возможности создания объектов нового поколения (наличие открытий, патентов, научных разработок по тематике работы);

– результатов экспертиз, предварительно оценивающих предельные характеристики создаваемой продукции и возможности ее изготовления в требуемые сроки с ожидаемой стоимостью.

Кроме того, требуется прогноз конкурентоспособности изделий на время, не менее срока окупаемости ожидаемых затрат на создание и выпуск продукции.

### 3 Результаты исследований

Структурная модель маркетинговых исследований при подготовке к выпуску новой продукции приведена на рис. 2.



Рисунок 2 – Структурная модель проведения мероприятий маркетинговых исследований при подготовке к выпуску новой продукции

Маркетинг (рис. 2) обычно проводится изготовителем изделий совместно с разработчиком, где в различные периоды заинтересованным лицом может выступать как изготовитель, так и разработчик. Это во многом зависит от организационной структуры комплекса «разработчик-изготовитель». Если они связаны только деловыми интересами, то возможна ситуация, когда разработчики заняты созданием объектов, свойственных другим изготовителям, и не заинтересованы в загрузке традиционного предприятия – изготовителя. Тогда приходится этап маркетинга выполнять изготовителю. Результатом исследований этого этапа должен стать бизнес-план, включающий целый ряд мероприятий, основная часть которых приведена на рис. 2.

Для реализации маркетинговых исследований по структуре создан алгоритм [5] (рис. 2), в котором принято, что предприятие-изготовитель продукции сохраняет сложившуюся специализацию и использует, в основном, собственные наработки для выпуска новых изделий. В этом случае может использоваться имеющаяся информационная база (как правило, автоматизированная), большинство средств имеющегося технологического оснащения, в том числе испытательная база, основной штат исполнителей, сохраняются связи с поставщиками, разработчиками, известны возможности и потенциал всех соисполнителей, проведена необходимая и допустимая реклама создаваемого изделия, обсуждены основные показатели новой продукции (требуемые заказчиком, достигнутые на аналогах), изучены интеллектуальные разработки (результаты научных исследований, патенты, открытия и др.), обоснованы (например путем экспертных оценок, частичных или полных испытаний изделий) предельно возможные эксплуатационные характеристики новой продукции.

Маркетинговые исследования требуют большой подготовительной работы и являются инструментом управления качеством изделий [9, 13, 14]. Здесь должны учитываться не только технические характеристики, экономические показатели, но и организационные связи, преемственность продукции, стабильность заказов, возможность сопровождения продукции в эксплуатации, экологическая безопасность, возможность повторного использования, ограничения при утилизации изделия или его частей.

На стадии проведения маркетинга (рис. 2) требуется привлекать к участию в анализе квалифицированных экспертов (специалистов, ученых и др. [9, 13]), использовать достоверные методики испытаний [14], экспертные исследования, объективный анализ собственного технического, финансового и организационного потенциала [9], возможно более широкий резерв заказчиков, разработчиков, поставщиков и других соисполнителей [5, 11].

Информационная база открывает возможность обеспечения специалистов материалами для укрупненной оценки потребности в средствах технологического оснащения, затратах на реконструкцию производства под новое изделие, реформирование организационной структуры, дает возможность оценить стоимость, пути и сроки выполнения мероприятий.

При подборе соисполнителей и заказчиков учитывается их достоверный потенциал, обязательность, географическое положение. От этого зависят сроки выполнения работ и их стоимость [7, 8].

Маркетинговые исследования являются базой для построения интегрированной системы менеджмента качества наукоемких изделий, включающей основные этапы отработки производственной технологичности качественных изделий машиностроения [5-7] по алгоритмам проведения маркетинговых исследований при создании перспективных наукоемких изделий [5].

#### 4 Обсуждение и заключение

Разработанная система менеджмента качества изделий в машиностроении и механизм управления ее параметрами на этапах жизненного цикла изделий, используя разработанные алгоритмы, в том числе при создании перспективных наукоемких изделий, позволяет прогнозировать достижение высокого уровня эксплуатационных характеристик новых высокотехнологичных объектов для поддержания их конкурентоспособности и востребованности.

Предложен новый подход к выбору технологических методов и средств для повышения качества наукоемких изделий с учетом влияния различных воздействий.

Результаты работы дают возможность обеспечить высокий уровень технологичности изделий при сохранении требуемых показателей качества изготовления, весомые технико-экономические результаты.

Рассмотренные в статье материалы совместно с результатами работ авторов позволяют оценить состояние и пути обеспечения высокой технологичности наукоемких изделий в организации работ менеджмента качества продукции и развитию технологической науки в области отечественного машиностроения.

#### Список литературы

1 Бокова, Л. Г. Совершенствование оценивания производственной технологичности в системе планирования многономенклатурных технологических процессов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Л. Г. Бокова, Саратовский ГТУ. – Саратов, 2013 – 20 с.

2 Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. – Москва: Инфра-Инженерия, 2010. – 192 с.

3 Rastegaev E. Ensuring Production Adaptability In The Conditions Of Serial Production (Обеспечение производственной технологичности в условиях серийного производства) // Norwegian Journal of development of the International Science. – University of Oslo, Norway. – № 57/2021. – PP. 66-67.

4 Сиротина Л. К. Методологические подходы и целеполагание разработки показателей производственной технологичности заказов и процессов // Омский научный вестник. – 2022. – №3(183). – С. 37-41.

- 5 Бондарь А.В. Качество и надежность // М: Машиностроение. 2007. – 326 с.
- 6 Бондарь, А. В. Разработка интегрированной системы управления качеством наукоемких изделий [Текст] : автореферат дис ... докт. техн. наук : 05.02.23, 05.02.08 /А. В. Бондарь. – Брянск, 2008. – 34 с.
- 7 Бондарь А. В. Управление качеством на этапах жизненного цикла изделия // Нетрадиционные методы обработки: Сб. научн. тр., вып. 8, Ч.1. М : Машиностроение, 2007. – С. 22-29.
- 8 Смоленцев, В. П., Отработка конструкций электрохимического оборудования на технологичность / В. П. Смоленцев, А. И. Часовских // Проектирование технологических машин. Сб. науч. тр., вып. 5. М: СТАНКИН, 1997. – С. 77-82.
- 9 Маренков, Н. Л. Управление обеспечением качества и конкурентоспособности продукции / Н. Л. Маренков, В. П. Мельников, В. П. Смоленцев, А. Г. Схиртладзе // М. : Национальный институт бизнеса, Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 512 с.
- 10 Смоленцев Е. В. Проектирование электрических и комбинированных методов обработки // М: Машиностроение, 2005. – 511 с.
- 11 Смоленцев, В. П. Технология электроэрозионной и электрохимической обработки / В. П. Смоленцев, А. И. Болдырев // Воронеж : Изд. ВГТУ, 2005 – 180 с.
- 12 Справочник технолога / Под ред. А. Г. Сулова // М : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с.
- 13 Мельников, В. П. Основы обеспечения качества / В. П. Мельников, В. П. Смоленцев // М : Буги-Веди, 2016. – 528 с.
- 14 Смоленцев, В. П. Управление качеством наукоемких изделий по результатам испытаний / В. П. Смоленцев, С. В. Сафонов, Б. И. Омигов // Вестник БГТУ, 2019. – №1. – С. 20-28.

#### References

- 1 Bokova, L. G. Improving the assessment of production manufacturability in the planning system of multi-product technological processes [Text]: author's abstract. dis. ... candidate of technical sciences: 05.02.08 / L. G. Bokova, Saratov State Technical University. – Saratov, 2013 – 20 p.
- 2 Irzaev G. Kh. Expert methods for managing the manufacturability of industrial products. – Moscow: Infra-Engineering, 2010. – 192 p.
- 3 Rastegaev E. Ensuring Production Adaptability In The Conditions Of Serial Production // Norwegian Journal of Development of the International Science. – University of Oslo, Norway. – No. 57/2021. – PP. 66-67.
- 4 Sirotina L.K. Methodological approaches and goal-setting for the development of indicators of production technology of orders and processes // Omsk Scientific Bulletin. - 2022. - No. 3 (183). - P. 37-41.
- 5 Bondar A.V. Quality and reliability // М: Mechanical Engineering. 2007. - 326 p.
- 6 Bondar, A.V. Development of an integrated quality management system for science-intensive products [Text]: abstract of diss ... doctor of technical sciences: 05.02.23, 05.02.08 / A.V. Bondar. - Bryansk, 2008. - 34 p.
- 7 Bondar A. V. Quality management at stages of the product life cycle // Non-traditional processing methods: Coll. scientific works, issue 8, Part 1. Moscow: Mechanical Engineering, 2007. – P. 22-29.
- 8 Smolentsev, V. P., Development of electrochemical equipment designs for manufacturability / V. P. Smolentsev, A. I. Chasovskikh // Design of technological machines. Coll. scientific works, issue 5. Moscow: STANKIN, 1997. – P. 77-82.
- 9 Marenkov, N. L. Quality Assurance and Competitiveness Management of Products / N. L. Marenkov, V. P. Melnikov, V. P. Smolentsev, A. G. Skhirtladze // М.: National Institute of Business, Rostov n / D: Phoenix, 2004. - 512 p.
- 10 Smolentsev, E. V. Design of Electrical and Combined Processing Methods // М: Mechanical Engineering, 2005. - 511 p.
- 11 Smolentsev, V. P. Technology of Electrical Discharge and Electrochemical Processing / V. P. Smolentsev, A. I. Boldyrev // Voronezh: VSTU Publishing House, 2005 - 180 p.
- 12 Technologist's Handbook / Ed. A. G. Suslova // М: Innovative Mechanical Engineering, 2019. - 800 p.
- 13 Melnikov, V. P. Fundamentals of Quality Assurance / V. P. Melnikov, V. P. Smolentsev // М: Bugi-Vedi, 2016. - 528 p.
- 14 Smolentsev, V. P. Quality Management of Science-Intensive Products Based on Test Results / V. P. Smolentsev, S. V. Safonov, B. I. Omigov // Bulletin of BSTU, 2019. - No. 1. - P. 20-28.