

УДК 621.9.047

DOI: 10.12737/article_5a8ef9cea470f1.24480940

С.В. Сафонов, к.п.н., **В.П. Смоленцев**, д.т.н.
(Воронежский государственный технический университет,
394026, Воронеж, Московский пр., 14)
E-mail: vsmolen@inbox.ru

Обеспечение эксплуатационных характеристик изделий технологическими методами

Рассмотрены вопросы повышения качества изделий технологическими способами путем обеспечения эксплуатационных показателей разрабатываемых наукоемких изделий на этапе отработки технологичности в процессе их освоения и запуска в производство. Приведен новый подход к выбору технологических способов достижения требуемых свойств модификацией поверхностного слоя, для чего разработана система выбора из используемых и целесообразности создания новых технологических способов. В основу системы положен принцип полезности с критериальной оценкой вариантов обработки наиболее эффективных для обеспечения требуемых эксплуатационных показателей изделия.

Ключевые слова: принцип полезности; критериальная оценка; отработка технологичности; технологические способы.

S.V. Safonov, Can. Pedagog., **V.P. Smolentsev**, D. Eng.
(Voronezh State Technical University, 14, Moskovsky Avenue, Voronezh, 394026)

Operation properties support for products by technological methods

The paper reports the consideration of the matters of product quality increase by technological methods through the way of operation characteristics support of science intensive products under development at the stage of manufacturability improvement in the course of their mastering and introduction into production. A new approach to the choice of technological methods is shown to achieve the required properties through modification of a surface layer is shown for that purpose there is developed a system of choice among technological methods used and a purposefulness for new technological methods creation. A principle of utility with a criterion estimate of the most efficient processing options to support the required operation values of a product is assumed as a basis.

Keywords: utility principle; criterion estimate; manufacturability improvement; technological methods.

Современное машиностроение развивается в направлении совершенствования создаваемых изделий, что вызывает необходимость постоянного запуска в производство новых поколений техники, все более сложных для изготовления, где не всегда имеются эффективные технологические способы или их разработка находится на стадии исследований.

Для ускорения процесса отработки технологичности при освоении в производстве создаваемых (особенно наукоемких) технических объектов требуется система качественной и количественной оценки технологических способов, обеспечивающих получение требуемых эксплуатационных показателей.

Известны работы брянской технологиче-

ской школы по технологическому обеспечению и повышению эксплуатационных свойств деталей машин и их соединений [1]. В работах д.т.н., проф. А.Г. Сулова и А.М. Михайлова приводятся результаты исследований по адаптации технологических методов обработки к эксплуатационным свойствам изготавливаемых деталей [2, 3].

В современных условиях идет постоянный переход на новые изделия машиностроения, где требуется получать все новые повышенные эксплуатационные показатели при устранении или снижении ограничений по трудоемкости изготовления, обслуживания, себестоимости изделий. Особенно сильно это проявляется в авиакосмической, очень затратной отрасли, и прежде всего при наиболее наукоемком производстве двигателей.

Структурная модель управления качеством изготовления изделий

На рис. 1 приведена структура управления качеством изделий в процессе их серийного производства. Если изготовитель принимал участие во всех этапах создания (это просто обеспечивается при административном объединении всех соисполнителей), то сдача проекта изготовителю значительно ускоряется и достигается приоритетное положение в освоении рынка сбыта новой продукции (особенно при наличии патентов в период их действия). Здесь решающую роль играет качество маркетинговых исследований, т.к. ошибки этих подразделений могут привести к крупным финансовым потерям разработчика и изготовителя (вплоть до банкротства).

Для сокращения сроков освоения изделия изготовитель может создать структурное подразделение (бригаду, бюро) для изучения изделия в период его разработки (чертежей, регламентов, руководящих технических материалов (РТМ), юридических и финансовых документов). Тогда этап подготовки (см. рис. 1) может быть значительно сокращен и через короткий срок начат выпуск изделий. При этом основное внимание уделяется проектированию технологической документации, количество которой зависит от масштаба, сроков поставок, уровня оснащенности, комплектации исполнителями, финансового и организационного состояния предприятия, стабильности заказов.

Обычно запуск разделяют на этапы, где вначале оснащают производство средствами технологического оснащения достаточными для изготовления единичных изделий, далее осваивают средства автоматизации и другие

виды оснащения, переходят на серийное производство продукции с минимальной доработкой конструкции, что дает возможность планомерно снижать себестоимость и наращивать прибыль при сохранении качества изделия [4 – 6], которое регламентируется имеющейся документацией (руководящими техническими материалами и др.), приведенной на рис. 1.

По результатам испытаний и информации от заказчиков формируется база для повышения показателей вновь разрабатываемых изделий [7 – 9]. Доработка выпускаемой продукции выполняется, если обнаружены скрытые дефекты (ошибки разработчика; брак производства; нарушения условий эксплуатации, транспортировки, хранения), что вызывает дополнительные затраты изготовителя (в чем он, естественно, не заинтересован). Вместе с тем накопление информации позволяет своевременно начать создание нового объекта с повышенным качеством (защита элементов новизны, реклама, проработка принципиальных подходов, выбор поставщиков, поиск заказчиков, планы реконструкции производства, финансирования, оснащения, комплектации кадрами).

В условиях рыночной экономики изготовитель стремится сам обеспечить себя заказами. Для этого необходимо систематически повышать качество изделий (создание подразделений по управлению качеством, финансирование работ и др.), улучшать технологическую базу, в ряде случаев расширять производственные площади или создавать систему соисполнителей в виде малых предприятий или арендованных участков. Технологические процессы [10] у изготовителя должны обеспечивать заложенные в конструкции показатели качества [11, 12], а при реконструкции производства стимулировать рост качества изделий.

Достижение желаемого качества возможно, если следовать указаниям алгоритма, приведенного на рис. 2.

Начало проектирования (см. рис. 2) включает принципиальный подход к получению изделия требуемого качества, выбор варианта изделия, его принципиальной схемы, оценку возможности его изготовления у себя (в форме опытного образца), в серийном производстве. Для этого необходима техническая база (в основном испытательная, экспериментальная), информационная структура, позволяющая объективно оценить уровень создаваемого изделия относительно известных аналогичных по назначению конструкций, требования по оснащению, затратам и другое.



Рис. 1. Структурная модель управления качеством изделия на этапах отработки технологичности и освоения серийного выпуска

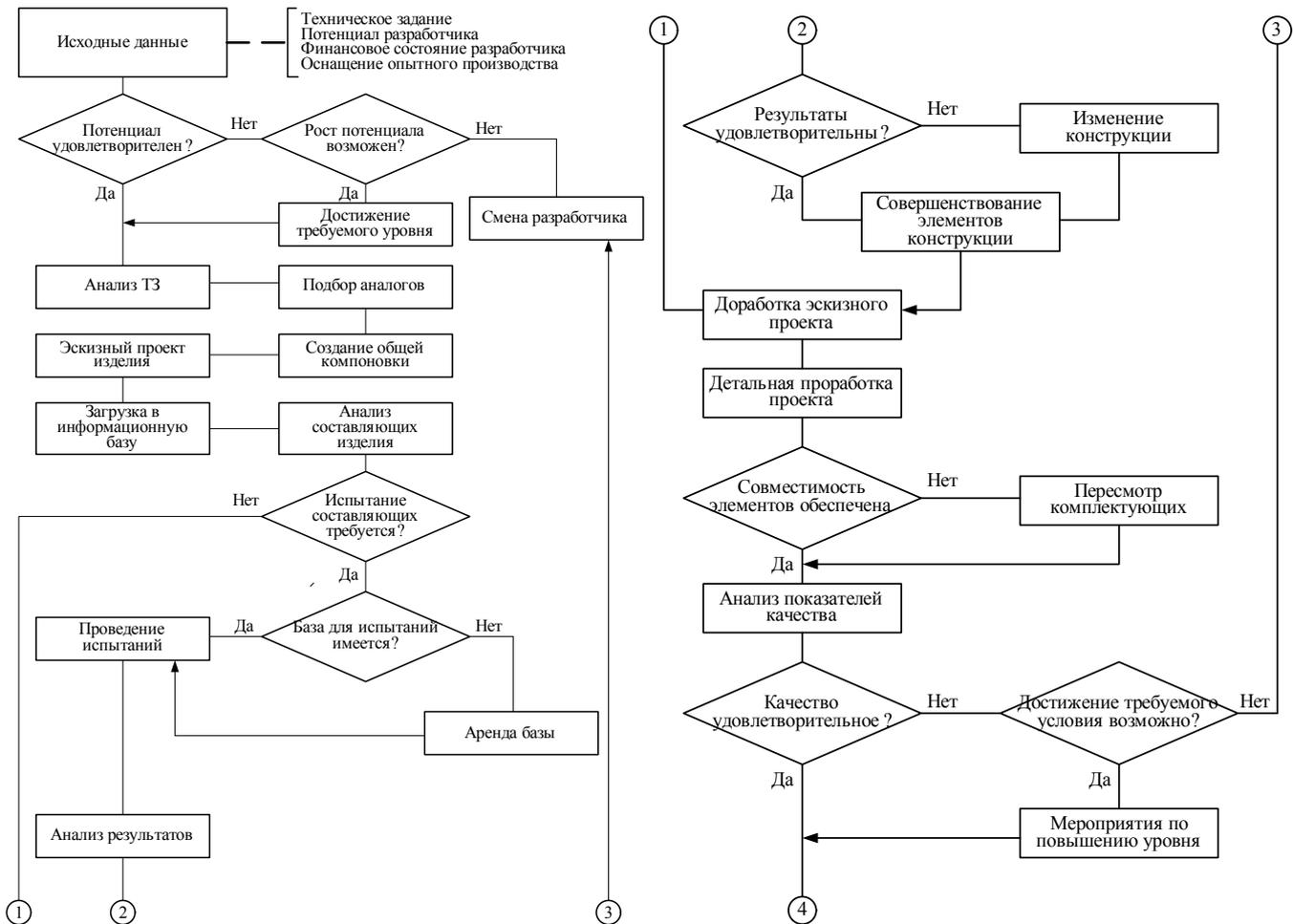


Рис. 2, лист 1. Алгоритм управления качеством в процессе создания изделия

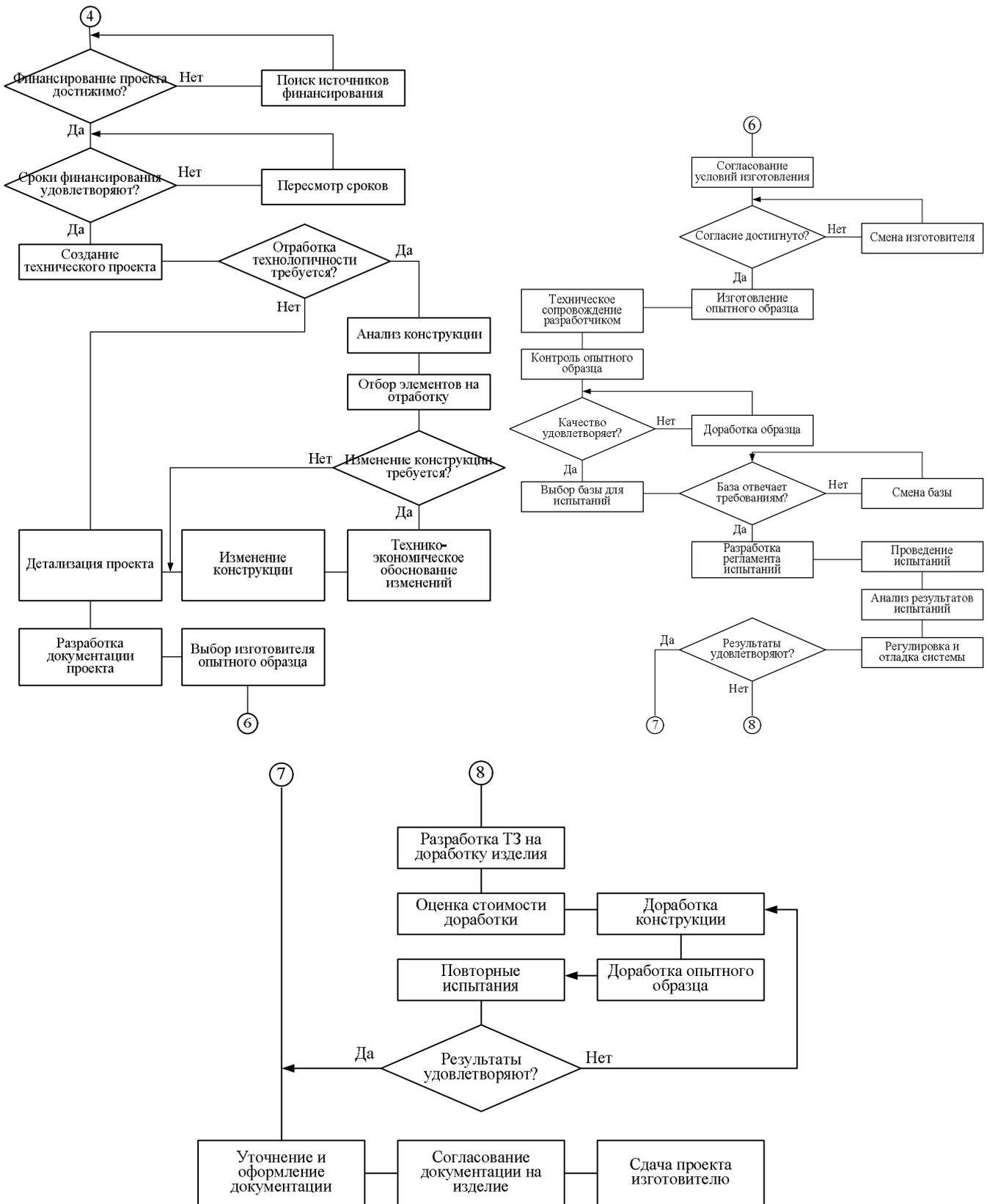


Рис. 2, лист 2

По мере накопления информации (см. рис. 2) требуется градация ее содержания с целью сохранения государственной и коммерческой тайны. Планируется работа служб маркетинга

(сроки запуска новых изделий, доступность информации и др.). На рассматриваемом этапе наиболее востребован интеллектуальный потенциал, включающий уровень исполнителей,

новые идеи (в виде открытий, изобретений (как собственных, так и приобретенных), результатов научных разработок), достаточность средств для финансирования и реальность выбора источников получения средств на приемлемых условиях, соответствие решаемых задач условиям бизнес-плана, пути достижения показателей качества технологическими методами [13].

Далее создается информация для рекламы, требования к информационным базам, кадровым подразделениям (политика комплектации штатов, смены поколений, структура исполнителей, направления переподготовки специалистов и др.), научная и интеллектуальная деятельность, разработка новых процессов, способов, устройств, освоение новой техники, обучение кадров.

На рис. 3 показаны типовые лопатки турбины авиационных двигателей, которые определяют основные эксплуатационные показатели и качество всего изделия.

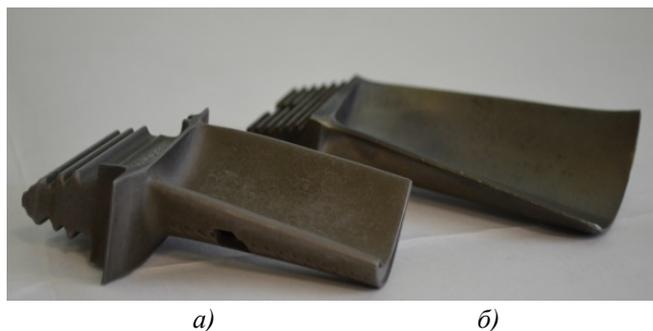


Рис. 3. Рабочие лопатки турбины:
а – охлаждаемая литая; б – штампованная

В табл. 1 приведена эффективность технологических способов воздействия на поверхностный слой на примере лопаток реактивных двигателей. Оценка полезности проведена по результатам механических и усталостных испытаний (жаростойкость, защита от внешних воздействий, прочность), что открывает возможность выбора минимального количества требуемых воздействий, являющихся базой для создания комбинированных технологических процессов и разработки технических заданий для исследовательских работ.

Рабочие лопатки турбины авиационных двигателей работают при высоких температурах и даже при интенсивном охлаждении. Требуется защита их пера от действия нагрева, определяющего также ресурс при действии знакопеременных нагрузок (усталостная прочность).

1. Повышение защитных свойств поверхностного слоя турбинных лопаток

Главный эксплуатационный показатель	Метод воздействия на поверхностный слой лопатки	Эксплуатационные показатели
Повышение жаростойкости	Специальное покрытие	Повышение рабочей температуры перед турбиной на 200...300 К
Повышение предела усталости (ресурса)	Механическое упрочнение	Повышение ресурса двигателя на 10...15 %

Заключение

Сформирован новый подход к развитию технологической науки, включающий целенаправленное управление механизмом разработки новых технологических способов, решающих задачу ускорения отработки технологичности создаваемой наукоемкой техники, что обеспечивает приоритет страны на международных рынках сбыта продукции и пополнение инвестиций для опережающего создания комбинированных методов обработки с использованием электрических методов обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулов, А.Г., Федоров, В.П., Горленко, О.А. и др. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / под общей ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.
2. **Научноёмкие технологии в машиностроении** / А.Г. Сулов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др. – М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.
3. **Машиностроение. Энциклопедия** / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. // Технология изготовления деталей машин. Т. III-3/А.М. Дальский, А.Г. Сулов, Ю.Ф. Назаров и др.; под общ. ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2000. – 840 с.
4. **Смоленцев, В.П., Грицюк, В.Г., Сафонов, С.В.** Эксплуатационные свойства изделий после электроискрового легирования и нанесения покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 12. – С. 31–37.
5. **Смоленцев, В.П., Сафонов, С.В., Катиков, В.И.** Поддержание качества поверхностного слоя изделий в процессе их очистки от загрязнений // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2014. – № 7(37). – С. 21–23.
6. **Сафонов, С.В., Григорьев, С.Н., Смоленцев, В.П.** Модификация поверхностного слоя металлических изделий //

Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – № 2. – Т.11. – С. 19–26.

7. Сафонов, С.В., Смоленцев, В.П., Грицюк, В.Г. Электроискровое легирование и покрытие металлических изделий // Справочник. Инженерный журнал. – 2014. – № 11. – С. 13–19.

8. Сафонов, С.В., Смоленцев, В.П., Юхневич, С.С., Перова, А.В. Создание переходных диффузионных слоев при электроэрозионном покрытии // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2015. – № 5(47). – С. 34–40.

9. Сафонов, С.В., Смоленцев, В.П., Грицюк, В.Г. Режимы электроискрового легирования и покрытия металлических изделий // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2014. – № 5(35). – С. 28–31.

10. Смоленцев, Е.В. Проектирование электрических и комбинированных методов обработки. – М.: Машиностроение, 2005. – 511 с.

11. Смоленцев, В.П., Мельников, В.П., Схиртладзе, А.Г. Управление системами и процессами: учеб. для вузов. – М.: Изд. «Академия». 2010. – 336 с.

12. Мельников, В.П., Смоленцев, В.П., Схиртладзе, А.Г. Управление качеством для технических направлений: учебник. – М.: Изд. «КНОРУС». 2015. – 336 с.

13. Бондарь, А.В. Качество и надежность. – М.: Машиностроение. 2007. – 308 с.

REFERENCES

1. Suslov, A.G., Fyodorov, V.P., Gorlenko, O.A. et al. *Technological Support and Operation Properties Increase of Parts and Their Joints* / under the general editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2006. – pp. 448.

2. *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering* / A.G. Suslov, B.M. Bazrov, V.F. Beziyazychny et al. – M.: Mechanical Engineering. 2012. – pp. 528.

3. *Mechanical Engineering. Encyclopedia* / Editorial Board: K.V. Frolov (Chairman) et al. // Technology for Machinery Manufacturing. Vol. III-3/A.M. Dalsky. A.G. Suslov,

Yu.F. Nazarov et al.: under the general editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2000. – pp. 840.

4. Smolentsev, V.P., Gritsyuk, V.G., Safonov, S.V. Operation properties of products after electrospark alloying and coatings // *Strengthening Technologies and Coatings*. – 2014. – No.12. – pp. 31-37.

5. Smolentsev, V.P., Safonov, S.V., Katukov, V.I. Surface layer quality support in machinery during their decontamination // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2014. – No. 7(37). – pp. 21-23.

6. Safonov, S.V., Grigoriev, S.N., Smolentsev, V.P. Surface layer modification in metal products // *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2015. – No. 2. – Vol. 11. – pp. 19-26.

7. Safonov, S.V., Smolentsev, V.P., Gritsyuk, V.G. Electrospark alloying and metal product coating // *Reference Book. Engineering Journal*. – 2014. – No. 11. – pp. 13-19.

8. Safonov, S.V., Smolentsev, V.P., Yuhnevich, S.S., Perova, A.V. Transition diffusion layer formation at electroerosion coating // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2015. – No. 5(47). – pp. 34-40.

9. Safonov, S.V., Smolentsev, V.P., Gritsyuk, V.G. Modes of electrospark alloying and metal product coating // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2014. – No. 5(35). – pp. 28-31.

10. Smolentsev, E.V. *Design of Electric and Combined Methods of Processing*. – M.: Mechanical Engineering, 2005. – pp. 511.

11. Smolentsev, V.P., Melnikov, V.P., Skhirtladze, A.G. *Process and System Control*: college textbook. M.: “Academy” Publishing House. 2010. – pp. 336.

12. Melnikov, V.P., Smolentsev, V.P., Skhirtladze, A.G. *Quality Control for Engineering Directions*: textbook. – M.: “KNORUS” Publishing House. 2015. – pp. 336.

13. Bondar, A.B., *Quality and Reliability*. – M.: Mechanical Engineering. 2007. – pp. 308.

Рецензент д.т.н. М.А. Тамаркин

