

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Г. И. Коршунов¹, С. А. Поляков², В. И. Романец³

¹ ООО «ПАНТЕСгрупп», Санкт-Петербург, Россия

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия

^{1,3} Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

¹kgi@pantes.ru, ²ssera83@mail.ru, ³romanec-2000@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Необходимость обеспечения высокой степени качества продукции выдвигает новые требования к моделям, методам и средствам управления производственными процессами и качеством выпускаемой продукции. Особенно это актуально для радиоэлектронной отрасли, где результативность технологических инноваций динамично подтверждается при серийном выпуске продукции. *Материалы и методы.* Интеллектуализация производства радиоэлектроники в полной мере соответствует концепции Индустрия 4.0 и стратегии цифровизации. Обеспечение качества при этом зависит от эффективного внедрения системы менеджмента качества на предприятии, что требует от высшего руководства не только следования установленным в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 требованиям, но и учета внутренней специфики организации. Значительная часть особенностей хозяйственной деятельности предприятия определяется типом его организационной структуры. *Результаты и выводы.* Поэтому эффективность внедрения технологических инноваций зависит от пригодности применяемых методов менеджмента качества на предприятиях различных организационных форм управления.

Ключевые слова: качество, технологические инновации, организационные структуры, система менеджмента качества

Для цитирования: Коршунов Г. И., Поляков С. Л., Романец В. И. Обеспечение качества радиоэлектронной продукции на предприятиях с различными типами организационных структур // Надежность и качество сложных систем. 2021. № 4. С. 74–80. doi:10.21685/2307-4205-2021-4-9

QUALITY ASSURANCE OF RADIO ELECTRONIC PRODUCTS IN ENTERPRISES WITH DIFFERENT TYPES OF ORGANIZATIONAL STRUCTURES

G.I. Korshunov¹, S.L. Polyakov², V.I. Romanets³

¹ PANTESgroup, Ltd, Saint Petersburg, Russia

^{1,2} Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russia

^{1,3} Saint Petersburg State Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

¹kgi@pantes.ru, ²ssera83@mail.ru, ³romanec-2000@yandex.ru

Abstract. *Background.* The need to ensure a high degree of product quality puts forward new requirements for models, methods and tools for managing production processes and the quality of products. This is especially true for the radio-electronic industry, where the effectiveness of technological innovations is dynamically confirmed during the serial production of products. *Materials and methods.* The intellectualization of radio electronics production is fully consistent with the concept of Industry 4.0 and the digitalization strategy. At the same time, quality assurance depends on the effective implementation of a quality management system at the enterprise, which requires top management not only to follow the requirements established in the GOST R ISO 9001-2015 standard, but also to take into account the internal specifics of the organization. A significant part of the features of the economic activity of an enterprise is determined by the type of its organizational structure. *Results and conclusions.* Therefore, the effectiveness of the implementation of technological innovations depends on the suitability of the applied quality management methods at enterprises of various organizational forms of management.

Keywords: quality, technological innovations, organizational structures, quality management system

For citation: Korshunov G.I., Polyakov S.L., Romanets V.I. Quality assurance of radio electronic products in enterprises with different types of organizational structures. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems*. 2021;(4):74–80. (In Russ.). doi:10.21685/2307-4205-2021-4-9

Введение

Необходимость постоянного обеспечения качества радиоэлектронной продукции не вызывает сомнений. В области производства электроники это связано с возрастающими требованиями по миниатюризации, качеству паек и т.д. В настоящее время наибольшее внимание вызывает поверхностный монтаж печатных плат наряду с другими видами технологических процессов. Основой современных автоматических линий в этой области является технология, выполненная в соответствии со стандартом IPC-SMEMA-9851, обычно называемого «стандартом SMEMA»¹. Стандартная конфигурация, допускающая расширение, обеспечивала электрическую и механическую совместимость. Создание новых возможностей предусмотрено стандартом Hermes, опубликованным так же, как IPC-HERMES-9852². Внедрение компонентов цифровизации в производственный процесс для обеспечения качества электронной продукции выполняется на предприятиях с различной организационной структурой. Цель работы – определить возможности различных организационных структур, представляющих малый, средний бизнес и крупные предприятия с «вертикальной структурой» для эффективного внедрения технологий поверхностного монтажа печатных плат и соответствующей структуры процессов СМК на основе формализованных базовых структур.

Материалы и методы

Интегральный критерий качества (ИКК) позволяет оценивать эффект целевого функционирования, а его показатели обладают свойствами измеримости, полноты и достоверности. Под целевым функционированием понимается такое целеустремленное поведение, когда система учитывает особенности окружения $\{X\}$, ориентируется и направляется целью T (рис. 1). Цель определена как подмножество конечных состояний системы $\{X_T\}$, в которых она вступает в определенную связь с окружением: $T: \{X_T\} \subset \{X\}$.

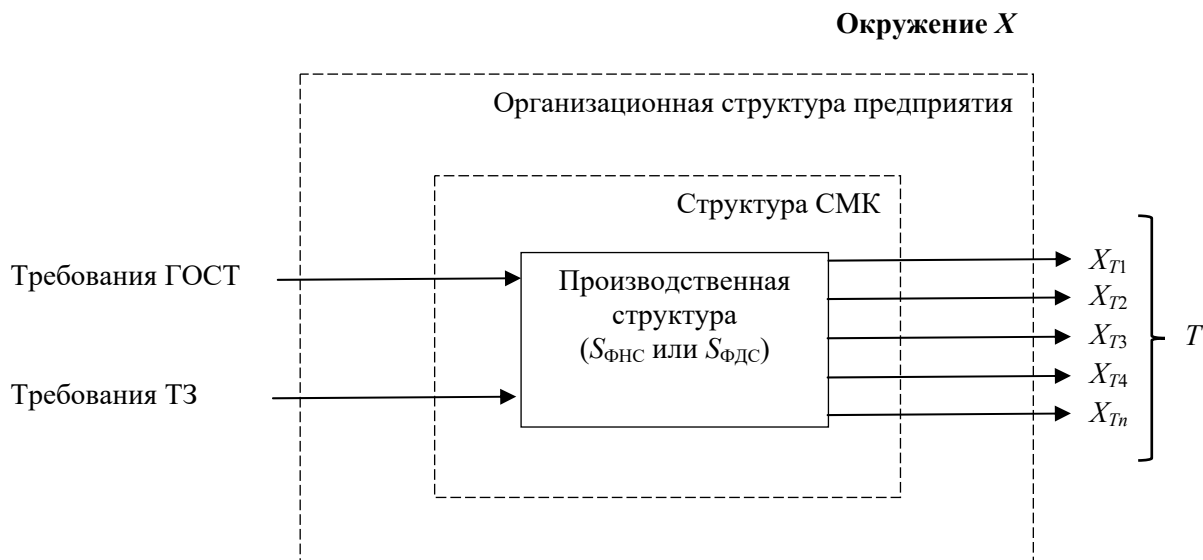


Рис. 1. Схема целевого функционирования

Базовыми структурами в работе [1] названы функционально необходимые (ФНС) и функционально достаточные структуры (ФДС).

¹ IPC-SMEMA-9851. URL: www.ipc.org

² IPC-Hermes-9852. The Hermes Standard for vendor independent machine-to-machine communication in SMT Assembly Version 1.1. 2018.

Функционально необходимой структурой названа структура $S_{\text{ФНС}}$, предназначенная для выполнения определенного класса однотипных целей, функций, задач, в которой отсутствует какого-либо вида избыточность и достигаются минимальные значения показателей качества из заданного набора, образующего ИКК: $\text{ИКК} = \{Q_i\}, S_{\text{ФНС}} \in \{S\}; \{Q_{i\text{ФНС}}\} = \{Q_{i\text{ФНС}}: \forall i, Q_{i\text{ФНС}} \leq Q_i\}$.

В этих терминах технологии поверхностного монтажа печатных плат конфигурация оборудования IPC-SMEMA-9851 представляет функционально необходимую структуру. Эта конфигурация и ее составляющие представлены на рис. 2.

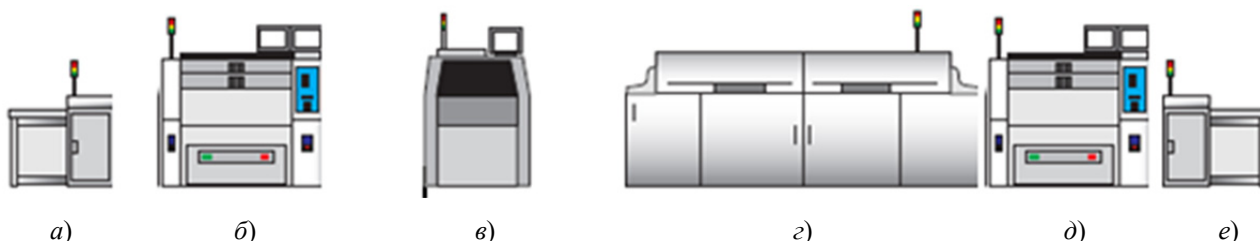


Рис. 2. Типовая конфигурация автоматического монтажа печатных плат:

a – загрузчик ПП; б – трафарет для нанесения паяльной пасты; в – установщик электронных чип-компонентов; г – конвекционная печь; д – станция автоматического контроля паяных соединений; е – приемник ПП

Дальнейшее развитие может быть представлено как созданием функционально достаточных систем [1], так и многошаговыми процессами постепенного совершенствования технологий [2].

Функционально-достаточные структуры характеризуются наличием некоторой избыточности, допустимой в рамках заданных ограничений, в связи с этим большое значение приобретает исследование структур на основе коэффициентов значимости составляющих ее элементов. Этому определению соответствует технология IPC-HERMES-9852. Этот стандарт является непатентованным открытым протоколом, основанным на TCP/IP – XML. Он выводит обмен данными, связанными с печатными платами между различными машинами на сборочных линиях электроники на новый уровень. Стандарт Hermes был инициирован, разработан и установлен и в дальнейшем поддерживается группой ведущих поставщиков оборудования, объединяющих свой опыт для достижения большего шага на пути к продвинутой интеграции процессов. В наиболее полном составе структура SMT производства (фирмы Saki America, Inc.) [5] представлена на рис. 3.

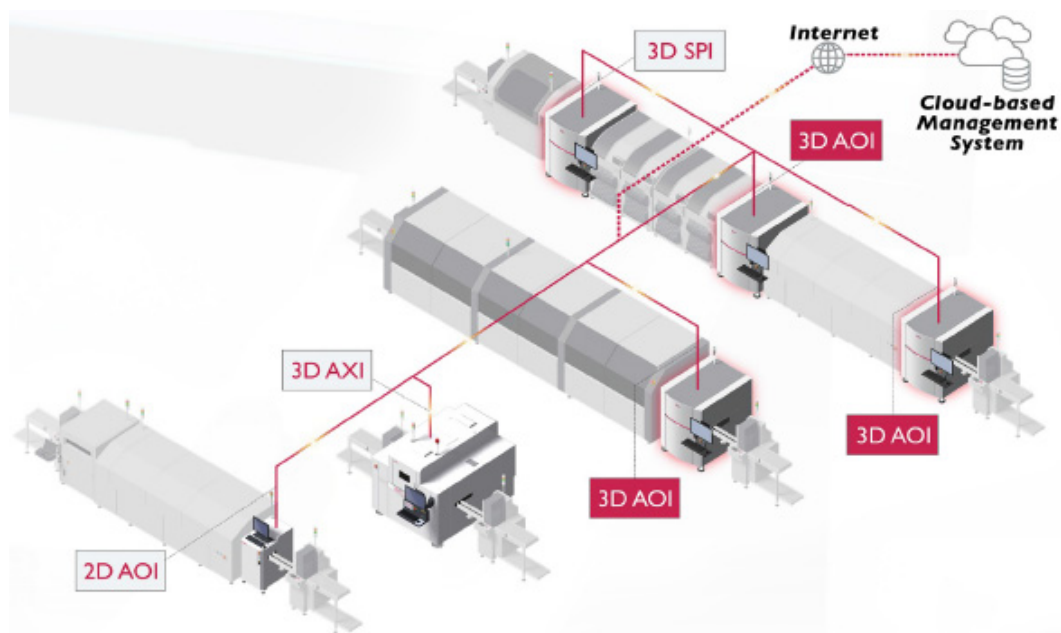


Рис. 3. Производственная линия фирмы Saki America, Inc.

Такая конфигурация включает несколько связанных линий, объединенных Интернетом и облачными технологиями.

Поэтапное внедрение элементов концепции Индустрия 4.0 обеспечивает повышение качества продукции [2], и при достижении всех необходимых факторов, влияющих на пригодность и воспроизводимость процессов, может быть реализована стратегия «Нулевой уровень дефектов». Индексы пригодности S_{pk} и воспроизводимости P_{pk} определяют возможности процесса. Значения этих индексов являются основой для статистической оценки качества продукции. Задачи и проблемы реализации стратегии «Нулевой уровень дефектов» требуют отдельного рассмотрения [2].

На современном этапе развития цифровизации производства одним из перспективных направлений является создание цифровых двойников, позволяющих обеспечивать на стадии проектирования выполнение требований ТЗ и снижение уровня дефектов. Современные системы позволяют проанализировать работоспособность изделия не только в статических условиях, но и провести моделирование работы изделия в эксплуатационных условиях, приближенных к реальным. Результаты моделирования могут учитываться при статической оценке качества продукции, когда результаты испытаний готовой продукции сравниваются с результатами моделирования цифрового двойника и вносятся коррективы в проектную и конструкторскую документацию для более эффективной оценки качества продукции.

Жизненный цикл изделий радиоэлектроники предусматривает анализ состояний будущего изделия в последовательности проектных и производственных процедур и операций (в том числе с использованием технологии цифровых двойников), а также синтез управлений на основе ИКК в виде обобщенного функционала «максимума вероятности обеспечения качества», включающего заданную вероятность P выполнения требований ТЗ [6]: $\Phi_0 = \max P(V_0, W_0)$, где V_0 и W_0 – «начальные» параметры и критерии и на последующих этапах их согласование вплоть до « n -го» этапа подготовки производства

$$\Phi = \max P[K_1 \geq K_{1_0}, K_2 \geq K_{2_0}, \dots, K_j \leq K_{j_0}, K_{j+1} \leq K_{(j+1)_0}, \dots, K_n \leq K_{n_0}], \quad (1)$$

где $\{K_j\}$, $1 \leq j \leq n$, – требования ТЗ, включающие основные требования (характеристики качества). Здесь под качеством понимается степень соответствия совокупности присущих характеристикам объекта требованиям. Функционал (1) представлен в общем виде, однако его вид на отдельных стадиях жизненного цикла принимает частные формы, в зависимости от актуальных на этой стадии характеристик качества.

На этапах проектирования изделия оказывается возможным осуществлять управление качеством продукции и обеспечение качества производства на этапах проектирования, технологической подготовки и производства. Для этого необходимо развивать и постоянно совершенствовать СМК¹.

Большинство российских производителей также ориентированы на этот мировой процесс, сопровождающийся постоянным совершенствованием за счет внедрения инноваций. Этот вопрос требует специального рассмотрения с точки зрения адаптации оборудования к российским условиям и его постепенной локализации. В то же время большое значение имеет достижение результативности таких технологий для обеспечения качества. В этом смысле имеет место разница по внедрению, нагрузке мощностей, гибкости во внедрении технологических инноваций.

Развитие и усложнение хозяйственной деятельности приводит к возникновению различных типов организационных структур управления. Наиболее широко распространены следующие четыре типа [5–9]:

- 1) функциональная структура, подразделения которой ориентированы на выполнение определенной функции организации;
- 2) дивизиональная структура, состоящая из частично автономных подразделений, ориентированных на конкретный сегмент потребителей, регион или линию продуктов;
- 3) проектная структура, которая постоянно видоизменяется для реализации конкретных проектов;
- 4) матричная структура, формирующаяся на принципах двойного подчинения [3].

Ключевые особенности управления качеством в основных типах организационных структур представлены в табл. 1.

В зависимости от организационной структуры предприятия оптимизация производственных процессов, внедрение технологических инноваций, применение элементов цифровизации и т.п. мо-

¹ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования.

гут происходить с разной степенью эффективности. Выделив общие критерии и показатели, можно дать оценку для каждой отдельно взятой структуры и предложить наиболее подходящий вариант реализации стратегии в области менеджмента качества с учетом формулы (1).

Таблица 1

Особенности управления качеством в различных оргструктурах

Характеристика / Тип структуры	Функциональная	Дивизиональная	Проектная	Матричная
Сложность построения (K_1)	Очень низкая	Низкая	Низкая	Высокая
Сложность внедрения СМК в соответствии с ISO-9001 (K_2)	Высокая	Средняя	Низкая	Низкая
Эффективность стат. контроля качества (K_3)	Средняя	Средняя	Низкая	Средняя
Эффективность инструментов СМК, ориентированных на конечный результат (K_4)	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Эффективность инструментов СМК, ориентированных на численный промежуточный результат (K_5)	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая

Принимая во внимание значимость самой системы менеджмента качества для предприятия в целом и для производственных процессов, в частности, необходимо учитывать особенности структуры СМК, от которой во многом будет зависеть эффективность внедрения технологических инноваций.

Результаты

В статье предложен подход оценки эффективности целевого функционирования с учетом особенностей окружения (организационной структуры предприятия) на основе интегрального критерия качества. В качестве целевого функционирования предложена стратегия «Нулевой уровень дефектов», при этом индексы пригодности и воспроизводимости определяют возможности процесса. Предложен синтез управлений на основе интегрального критерия качества в виде обобщенного функционала «максимума вероятности обеспечения качества», включающего вероятность выполнения требований ТЗ. Рассмотрены особенности организационных структур современных предприятий, реализующих требования к СМК.

Заключение

Актуальность рассмотренных в статье вопросов определяется выраженной дифференциацией российских предприятий по типу организационной структуры при общей высокой заинтересованности в развитии СМК. Проектная и матричная структуры в большей степени соответствуют процессному подходу, являющемуся основой СМК. Поэтому предприятия, условно относящиеся к малому и среднему бизнесу, могут развиваться более динамично. В то же время отнесение предприятий к названным категориям достаточно условно, так как интеллектуальные (умные) предприятия могут содержать несколько человек персонала и значительный производственный потенциал. Что касается развития и актуализации СМК, то в бюрократических иерархических структурах, как правило, реальные бизнес-процессы оказываются слабо связанными с высшим менеджментом и при необходимости реализуются в виде временных процессных цепочек. Это объясняется недостаточным уровнем организации или формальным отношением к СМК.

Список литературы

1. Коршунов Г. И. Обеспечение качества сложных систем : монография. СПб. : СПбГУВК, 2001.
2. Коршунов Г. И., Петрушевская А. А. Обеспечение качества продукции в интеллектуальных производствах электроники // Контроль качества продукции. 2021. № 8-9. С. 43–51.
3. Satoshi O., Y. Watabe: Saki Self-Programming Software Accelerates 3D Inspection and M2M Communication // Manufacturing Production Technology, Hardware & Services, 2018.

4. Сольнищев Р. И., Коршунов Г. И. Об инструментарию проектирования и производства кибер-физических систем // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 6. С. 102–107.
5. Быкова А. Организационные структуры управления. М. : ОЛМА-ПРЕСС Инвест: институт экономических стратегий, 2003. С. 22–59.
6. Пономарев С. В., Соседов Г. А., Мищенко Е. С. [и др.]. Управление качеством процессов и продукции : в 3-х кн. Кн. 2: Инструменты и методы менеджмента качества процессов в производственной, коммерческой и образовательной сферах : учеб. пособие / под ред. д-ра техн. наук, проф. С. В. Пономарева. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2012. С. 78–161.
7. Катернюк А. В. Исследование систем управления. Введение в организационное проектирование : учеб. пособие / А. В. Катернюк. М. : Высшее образование, 2009. 315 с.
8. Гафорова Е. Б., Гафоров Ж. С. Совершенствование системы менеджмента предприятия на основе матричной структуры управления // Стандарты и качество. 2008. № 7. С. 66–69.
9. Версан В. Г. Менеджмент качества как подсистема матричной структуры управления предприятием // Стандарты и качество. 2008. № 5. С. 56–59.

References

1. Korshunov G.I. *Obespechenie kachestva slozhnykh sistem: monografiya = Quality assurance of complex systems : monograph*. Saint Petersburg: SPbGUVK, 2001. (In Russ.)
2. Korshunov G.I., Petrushevskaya A.A. Product quality assurance in intelligent electronics manufacturing. *Kontrol' kachestva produktsii = Product quality control*. 2021;(8-9):43–51. (In Russ.)
3. Satoshi O., Y. Watabe: Saki Self-Programming Software Accelerates 3D Inspection and M2M Communication. *Manufacturing Production Technology, Hardware & Services*, 2018.
4. Sol'nitsev R.I., Korshunov G.I. About tools for designing and manufacturing cyber-physical systems. *Nauka i biznes: puti razvitiya = Science and business: ways of development*. 2020;(6):102–107. (In Russ.)
5. Bykova A. *Organizatsionnye struktury upravleniya = Organizational management structures*. Moscow: OLMA-PRESS Invest: institut ekonomicheskikh strategiy, 2003:22–59. (In Russ.)
6. Ponomarev S.V., Sosodov G.A., Mishchenko E.S. [et al.]. *Upravlenie kachestvom protsessov i produktsii: v 3-kh kn. Kn. 2: Instrumenty i metody menedzhmenta kachestva protsessov v proizvodstvennoy, kommercheskoy i obrazovatel'noy sferakh: ucheb. posobie = Quality management of processes and products : in 3 books. Book 2: Tools and methods of process quality management in the industrial, commercial and educational spheres : textbook*. Tambov: Izd-vo TGTU, 2012:78–161. (In Russ.)
7. Katernyuk A.V. *Issledovanie sistem upravleniya. Vvedenie v organizatsionnoe proektirovanie: ucheb. posobie = Research of control systems. Introduction to Organizational Design : textbook*. Moscow: Vyssee obrazovanie, 2009:315. (In Russ.)
8. Gafforova E.B., Gafforov Zh.S Improvement of the enterprise management system based on the matrix management structure. *Standarty i kachestvo = Standards and quality*. 2008;(7):66–69. (In Russ.)
9. Versan V.G. Quality management as a subsystem of the matrix structure of enterprise management. *Standarty i kachestvo = Standards and quality*. 2008;(5):56–59. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Геннадий Иванович Коршунов

доктор технических наук, профессор,
генеральный директор ООО «ПАНТЕСгрупп»
(Россия, г. Санкт-Петербург,
пр. Ириновский, 2);
профессор кафедры инноватики
и интегрированных систем качества,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
(Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67);
профессор Высшей школы
киберфизических систем и управления,
Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет
(Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29)
E-mail: kgi@pantes.ru

Gennady I. Korshunov

Doctor of technical sciences, professor,
General Director of PANTESgroup, Ltd
(2 Irinovskiy avenue, St. Petersburg, Russia);
professor of the sub-department of innovation
and integrated quality systems,
Saint Petersburg State University
of Aerospace Instrumentation
(67 Bolshaya Morskaya street, St. Petersburg, Russia);
professor of Higher School of cyberphysical
systems and management,
Saint Petersburg State Polytechnic University
(29 Polytechnicheskaya street, St. Petersburg, Russia)

Сергей Леонидович Поляков

кандидат технических наук,
доцент кафедры инноватики
и интегрированных систем качества,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
(Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67)
E-mail: ssera83@mail.ru

Владислав Иванович Романец

студент,
Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет
(Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29)
E-mail: romanec-2000@yandex.ru

Sergey L. Polyakov

Candidate of technical sciences,
associate professor of the sub-department
of innovation and integrated quality systems,
Saint Petersburg State University
of Aerospace Instrumentation
(67 Bolshaya Morskaya street, St. Petersburg, Russia)

Vladislav I. Romanets

Student,
Saint Petersburg State Polytechnic University
(29 Polytechnicheskaya street, St. Petersburg, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 06.09.2021

Поступила после рецензирования/Revised 17.10.2021

Принята к публикации/Accepted 05.11.2021