

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**16+**

**ISSN 2071-6168**

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Выпуск 7**

**Тула  
Издательство ТулГУ  
2024**

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

ISSN 2071-6168

Председатель

*Кравченко О.А.*, д-р техн. наук.

Первый заместитель председателя

*Воротилин М.С.*, д-р техн. наук.

Заместитель председателя

*Прейс В.В.*, д-р техн. наук, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ.

Ответственный секретарь

*Моргунова Е.В.*, авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.**Члены редакционного совета:**

*Батанина И.А.*, д-р полит. наук –  
гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;  
*Берестнев М.А.*, канд. юрид. наук –  
гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;  
*Борискин О.И.*, д-р техн. наук –  
гл. редактор серии «Технические науки»;  
*Егоров В.Н.*, канд. пед. наук –  
гл. редактор серии «Физическая культура. Спорт»;

*Заславская О.В.*, д-р пед. наук –  
гл. редактор серии «Педагогика»;  
*Качурин Н.М.*, д-р техн. наук –  
гл. редактор серии «Науки о Земле»;  
*Понаморев О.Н.*, д-р хим. наук –  
гл. редактор серии «Естественные науки».

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Главный редактор

*Борискин О.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Заместитель главного редактора

*Ларин С.Н.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Ответственный секретарь

*Яковлев Б.С.*, канд. техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ

*Журин А.В.*, канд. техн. наук (ТулГУ, г. Тула).**Члены редакционной коллегии:**

*Агуреев И.Е.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Аничев А.В.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Аничев В.Ю.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Бабкин А.С.*, д-р техн. наук (ЛПТУ, г. Липецк);  
*Бабочкин Г.И.*, д-р техн. наук (Российский химико-  
технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва);  
*Вальтер А.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Вартапов М.В.*, д-р техн. наук (Московский политехнический  
университет, г. Москва);  
*Васин С.А.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Волгин В.М.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Гринчар Н.Г.*, д-р техн. наук (Российский университет транспорта  
(МИИТ), г. Москва);  
*Дикусар А.И.*, чл.-корр. АН Молдовы, д-р хим. наук (Институт  
прикладной физики АН Молдовы, г. Кишинев);  
*Добровольский Н.М.*, д-р физ.-мат. наук (ТППУ, г. Тула);  
*Жулай В.А.*, д-р техн. наук (Воронежский государственный  
технический университет, г. Воронеж);  
*Запонец Я.*, д-р техн. наук (Технический университет Остравы,  
Чехия, г. Острава);  
*Золотухин В.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, НПП «Вулкан-ТМ»,  
г. Тула);  
*Крюков В.А.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Куч В.В.*, д-р техн. наук (Юго-Западный государственный  
университет, г. Курск);  
*Лауриненко В.Ю.*, д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва);  
*Ивахненко А.Г.*, д-р техн. наук (Юго-Западный государственный  
университет, г. Курск);

*Колтунович Т.Н.*, д-р техн. наук (Люблинский технологический  
университет, Польша, г. Люблин);  
*Коновалов А.В.*, д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва);  
*Костров Б.В.*, д-р техн. наук (Рязанский государственный  
радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, г. Рязань);  
*Ларкин Е.В.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Мецераков В.И.*, д-р техн. наук (Липецкий государственный  
технический университет (ЛПТУ), г. Липецк);  
*Мозжечков В.А.*, д-р техн. наук (АО «Тулаэлектропривод»,  
г. Тула);  
*Романович А.А.*, д-р техн. наук (Белгородский государственный  
технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород);  
*Савин Л.А.*, д-р техн. наук (Орловский государственный  
университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл);  
*Степанов В.М.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Сычугов А.А.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Титов В.С.*, д-р техн. наук (Юго-Западный государственный  
университет, г. Курск);  
*Трегубов В.И.*, д-р техн. наук (АО «НПО «СПЛАВ» им. А.Н.  
Ганичева», г. Тула);  
*Черняев А.В.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Шолохов М.А.*, д-р техн. наук (УрФУ имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург);  
*Юдин С.В.*, д-р техн. наук (Российский экономический  
университет им. Г.В. Плеханова, Тульский филиал, г. Тула);  
*Яцун С.Ф.*, д-р техн. наук (Юго-Западный государственный  
университет, г. Курск).

Сборник зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). ПИ № ФС77-75986 от 19 июня 2019 г.

Подписной индекс сборника 27851 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим научным специальностям:

- 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки);
- 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки);
- 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки);
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы (технические науки);
- 2.5.2 Машиноведение (технические науки);
- 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки);
- 2.5.6 Технология машиностроения (технические науки);
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением (технические науки);
- 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки);
- 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (технические науки);
- 2.5.21 Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки);
- 2.5.22 Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства (технические науки).

© Авторы научных статей, 2024  
© Издательство ТулГУ, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, В.Г. Мосин, О.И. Антипова</i> Комплексная программа улучшений как инструмент развития организации: стратегический уровень организации и управления .....	3
<i>О.И. Антипова</i> Модель методологического оснащения отраслевого центра компетенций для организаций с применением цифровых технологий .....	7
<i>В.Г. Мосин, В.Н. Козловский, О.И. Антипова, Р.Р. Гафаров</i> Инструменты управления качеством. Поиск калибровочных границ методами машинного обучения .....	10
<i>О.И. Антипова</i> Методология создания и функционирования распределенных систем менеджмента качества предприятий автомобильной промышленности .....	16
<i>О.И. Антипова</i> Системные подходы к созданию и функционированию распределенных систем менеджмента качества предприятий автомобильной промышленности .....	20
<i>С.И. Клейменов, В.Н. Козловский, Л.А. Васин, Е.В. Пантюхина</i> Разработка комплекса цифровых инструментов статистического управления качеством в автомобильном производстве .....	28
<i>Н.С. Тондель, И.А. Беляева, В.Н. Козловский, А.С. Подгорный</i> Развитие систем контроля качества электротехнических компонентов в составе новых конструкций автотранспортных средств .....	36
<i>А.С. Подгорный</i> Контроль качества автомобилей по параметрам электромагнитных воздействий .....	40
<i>М.Д. Марков, И.А. Беляева, В.Н. Козловский, А.С. Клентак</i> Цифровизация в исследовании потребительских свойств новых автомобилей .....	48
<i>О.Д. Ибрагимов, А.С. Саксонов, В.Н. Козловский, Р.Р. Гафаров</i> Обзор статистики отказов автомобильных электромоторедукторов в эксплуатации .....	50
<i>А.С. Зубарев, В.Н. Козловский, Л.А. Васин, Е.В. Пантюхина</i> Анализ дефектов образцов с искусственным отражателем типа «зарубка» и причин их появления .....	53
<i>А.И. Зинина, Ю.И. Денискин</i> Методы и инструменты контроля качества реализации авиационных проектов .....	56
<i>А.А. Корчагин, Ю.И. Денискин, Г.А. Васин</i> Управление качеством принятия решений по процессам сервиса и послепродажного обслуживания авиационной техники .....	60
<i>А.В. Болдырева, В.И. Буньковский, И.В. Зырянов, С.А. Одинокоев</i> Особенности применения информационно-коммуникационных технологий для дистанционного аудита систем менеджмента .....	67
<i>В.В. Куц, А.С. Горшенина</i> Моделирование процесса оценки положения базовой оси вращения вала и центров сечений поверхности шеек вала методами машинного зрения .....	70
<i>А.Г. Ивахненко, О.В. Анисеева, А.И. Разумова, К.А. Гуляев</i> Имитационное моделирование системы метрологического обеспечения предприятий .....	76
<i>С.Л. Поляков, Н.В. Маркелова, Ю.В. Разинкина</i> Цифровизация производственных процессов как инструмент повышения качества выпускаемой продукции .....	81
<i>К.В. Золотухин</i> Джишукен: методология эффективного улучшения процессов производства и обмена знаниями .....	84

*С.Л. Поляков, И.В. Маркелов, А.И. Акбаиева*  
Цифровизация в условиях обеспечения качества выпускаемой продукции ..... 90

*О.А. Воейко, Ю.С. Попова, Р.З. Хайруллин*  
К проектированию сложных технических систем с метрологическим обеспечением ..... 92

### **МАШИНЫ, АГРЕГАТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

*С.А. Лукин, Е.В. Пантюхина*  
Разработка и математическое моделирование конструктивных ограничений на органы захвата и ориентирования бункерного загрузочного устройства с зубьями и регулируемым ориентатором ..... 98

*А.В. Гукасян, Н.Н. Белина, О.И. Никонов, И.В. Момотов, Н.В. Александров*  
Разработка конструкции установки для охлаждения жмыха ..... 103

*В.В. Денисов, И.И. Кононов, М.В. Прусов*  
Расширение технологий перевозки зерновых грузов железнодорожным транспортом ..... 108

*В.А. Кожевников, В.В. Денисов, М.В. Прусов*  
Совершенствование эксплуатации бункеров и кузовов транспортных средств для насыпных грузов ..... 115

*В.В. Денисов, М.В. Прусов, И.И. Кононов*  
Ресурсосбережение в транспортно-складских комплексах при эксплуатации бункерных систем ..... 121

*И.А. Шалабанов, Л.А. Денисова*  
Определение оптимальных значений параметров настройки систем регулирования уровня в барабане котлоагрегата с применением генетического алгоритма ..... 126

### **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

*Г.Б. Стрелков*  
Применение цифровых технологий проектирования в машиностроении: актуальное состояние и перспективы ..... 132

*С.С. Яковлев, А.Г. Волошко*  
Анализ и оптимизация складских систем ..... 135

*Р.Ю. Баталин*  
Проблемы адаптации информационных систем и программного обеспечения под ОС ASTRA LINUX ..... 140

*Р.С. Володин, М.С. Горячев, Ю.В. Демьшев*  
Методика оценивания показателей системы информационного обеспечения при обнаружении и сопровождении некооперируемых космических объектов ..... 142

*А.А. Гришанов, А.Г. Волошко*  
Оптимизация процесса разработки приложений для операционной системы ANDROID ..... 149

*С.Ш. Таваров, А.И. Сидоров, И.А. Толстоухова*  
Анализ моделей и методов машинного обучения в задачах прогнозирования электропотребления ..... 153

*С.Л. Горобченко, Д.А. Ковалёв, С.А. Войнаш, А.В. Андронов, Л.Ю. Уразаева*  
Алгоритм решения инженеринговых задач и его применение для разработки противовеса погрузчика ..... 156

*Я.Н. Гусеница, А.Р. Етифанов, Р.И. Буланый*  
Аналитическая модель реализации угроз информационной безопасности на объекте вычислительной техники ..... 168

*В.А. Соловьев, М.Е. Дубовик*  
Исследование электропривода переменного тока с управлением по цепи ротора ..... 172

*Л.В. Кулагина, Э.А. Шефер*  
Сравнительный анализ современных систем обнаружения очага возгорания ..... 181

*А.М. Петров, Н.А. Киселёва, А.В. Кузнецов, Е.Г. Воронцова, С.В. Логинов, В.П. Кузнецов*  
Применение акустического расчёта при определении параметров речевого оповещателя СОУЭ в тоннелях ..... 186

*С.И. Носков, Т.К. Кириллова, В.С. Ведерников*  
Применение метода антиробастного оценивания для вычисления оценок параметров однородной формы вложенной кусочно-линейной регрессии ..... 189

Маркелов Игорь Валентинович, менеджер по оптимизации бизнес-процессов, [Markelovepao@mail.ru](mailto:Markelovepao@mail.ru), Россия, Санкт-Петербург, ООО «БСХ Бытовые Приборы»,

Акбашева Альбина Идаровна, ведущий специалист Инженерной школы, [AkbashevaAI@guap.ru](mailto:AkbashevaAI@guap.ru), Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

#### DIGITIZATION IN CONDITIONS OF ENSURING THE QUALITY OF PRODUCTS

S.L. Polyakov, I.V. Markelov, A.I. Akbasheva

*This article discusses the main limiting factors in the development of production processes, such as international restrictions, the growing demand for skilled workers and the need to increase production capacity. Particular attention is paid to organizing the process of managing the quality of products in the conditions of digitalization of the enterprise. The main advantages of using digital elements in an enterprise are highlighted: objectivity of data across the entire enterprise in real time, operational analysis of structured data and optimization of all processes.*

*Key words: manufactured products, digitalization, production, processes, quality.*

Polyakov Sergey Leonidovich, candidate of technical sciences, docent, [ssera83@mail.ru](mailto:ssera83@mail.ru), Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,

Markelov Igor Valentinovich, Business Process Optimization Manager, [Markelovepao@mail.ru](mailto:Markelovepao@mail.ru), Russia, St. Petersburg, «BSH Bytovie Pribory» LLC,

Akbasheva Albina Idarovna, leading specialist of the School of Engineering, [AkbashevaAI@guap.ru](mailto:AkbashevaAI@guap.ru), Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

УДК 629.052.9

DOI: 10.24412/2071-6168-2024-7-92-93

#### К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

О.А. Воейко, Ю.С. Попова, Р.З. Хайруллин

*Представлены два метода трансформации проектных моделей эксплуатации сложных технических систем с метрологическим обеспечением, используемых на этапе проведения проектных работ, предшествующих разработке указанных систем или при их модернизации: метод добавления одного последовательного состояния и метод добавления двух параллельных состояний. Методы основаны на добавлении к исходной проектной модели, представленной в графической или матричной форме, дополнительных состояний и дуг. Предложенные методы позволяют ликвидировать нарушение условия марковости в проектной модели, которое может появиться при добавлении дополнительного контура контроля состояния, и трансформировать проектную модель в стандартную стационарную полумарковскую модель, имеющую более высокую размерность. Представленные методы трансформации позволяют свести проектную модель к стационарной полумарковской модели с целью ее дальнейшего исследования стандартными средствами. Дана интерпретация методов трансформации для случая представления фрагмента проектной модели в матричной форме. Приведены результаты расчетов.*

*Ключевые слова: метрологическое обеспечение, полумарковская модель, трансформация.*

Организация работ по созданию сложных технических систем (СТС) с метрологическим обеспечением (МО) определяется действующими общетехническими стандартами на порядок и правила разработки, проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, постановки на производство, ввод в эксплуатацию и т.д. Однако процесс проектирования МО содержит ряд специфических моментов, которые не отражены в общетехнических нормативных документах, в том числе, из-за соподчиненности МО самой СТС.

На разных этапах создания СТС с МО [1-4], а также при модернизации СТС и/или МО приходится чередовать раздельное и совместное проектирование средств МО и СТС, в том числе, с использованием математического моделирования, с уточнением постановки задачи и требований к СТС и МО на основе полученных в ходе проектирования промежуточных результатов.

Перечисленные особенности и вызванные ими противоречия возможно учесть соответствующей организацией процесса проектирования средств контроля в целом, и разных вариантов МО, в частности, на основе многоцелевого синтеза, совместной отработки как СТС, так и средств МО, в том числе, на базе полунатурного и математического моделирования.

В настоящей работе проведено исследование существующих методов математического моделирования [5-9], включающих, в том числе, стационарные полумарковские модели эксплуатации СТС с МО, в части возможности трансформации к таким моделям проектных моделей СТС с МО.

Полумарковская модель эксплуатации СТС с МО представляет собой ориентированный граф с вершинами (состояниями системы) и параллельно-последовательными дугами (связями) между ними с достаточно большим числом циклов. В полумарковской модели каждой дуге приписывается только два числа: время нахождения ("задержки") в исходящей вершине и вероятность перехода из этой вершины в другие смежные вершины. Сумма всех