

ISSN 2221-5182

Импакт-фактор РИНЦ: 0,485

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

№ 9(171) 2025

Главный редактор

Тарандо Е.Е.

Редакционная коллегия:

Воронкова Ольга Васильевна
Атабекова Анастасия Анатольевна
Омар Ларук
Левшина Виолетта Витальевна
Малинина Татьяна Борисовна
Беднаржевский Сергей Станиславович
Надточий Игорь Олегович
Снежко Вера Леонидовна
У Сунцзе
Ду Кунь
Тарандо Елена Евгеньевна
Пухаренко Юрий Владимирович
Курочкина Анна Александровна
Гузикова Людмила Александровна
Даукаев Арун Абалханович
Тютюнник Вячеслав Михайлович
Дривотин Олег Игоревич
Запивалов Николай Петрович
Пеньков Виктор Борисович
Джаманбалин Кадыргали Коныспаевич
Даниловский Алексей Глебович
Иванченко Александр Андреевич
Шадрин Александр Борисович

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

МАШИНОСТРОЕНИЕ:

- Машиноведение
- Машины, агрегаты и технологические процессы
- Роботы, мехатроника и робототехнические системы
- Технология машиностроения

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

- Математическое моделирование и численные методы
- Информационная безопасность

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ:

- Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ:

- Региональная и отраслевая экономика
- Менеджмент

Москва 2025

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

Журнал

«Наука и бизнес: пути развития»
выходит 12 раз в год.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и
охране культурного наследия
(Свидетельство ПИ № ФС77-44212).

Учредитель

МОО «Фонд развития науки и
культуры»

Журнал «Наука и бизнес: пути
развития» входит в перечень ВАК
ведущих рецензируемых научных
журналов и изданий, в которых
должны быть опубликованы
основные научные результаты
диссертации на соискание ученой
степени доктора и кандидата наук.

Главный редактор

Е.Е. Тарандо

Выпускающий редактор

В.С. Солодова

Редактор иностранного
перевода

Н.А. Гунина

Инженер по компьютерному
макетированию

В.С. Солодова

Адрес редакции:

г. Москва, ул. Малая Переяславская,
д. 10, к. 26

Телефон:

89156788844

E-mail:

nauka-bisnes@mail.ru

На сайте

<http://globaljournals.ru>

размещена полнотекстовая
версия журнала.

Информация об опубликованных
статьях регулярно предоставляется
в систему Российского индекса
научного цитирования
(договор № 2011/30-02).

Перепечатка статей возможна только
с разрешения редакции.

Мнение редакции не всегда
совпадает с мнением авторов.

Экспертный совет журнала

Тарандо Елена Евгеньевна – д.э.н., профессор кафедры экономическо-
й социологии Санкт-Петербургского государственного универ-
ситета; тел.: 8(812)274-97-06; E-mail: elena.tarando@mail.ru.

Воронкова Ольга Васильевна – д.э.н., профессор, председа-
тель редколлегии, академик РАЕН, г. Санкт-Петербург; тел.:
8(981)972-09-93; E-mail: nauka-bisnes@mail.ru

Атабекова Анастасия Анатольевна – д.ф.н., профессор, заведу-
ющая кафедрой иностранных языков юридического факультета
Российского университета дружбы народов; тел.: 8(495)434-27-12;
E-mail: aaatabekova@gmail.com.

Омар Ларук – д.ф.н., доцент Национальной школы информа-
тики и библиотек Университета Лиона; тел.: 8(912)789-00-32;
E-mail: omar.larouk@enssib.fr.

Левшина Виолетта Витальевна – д.т.н., профессор кафедры управ-
ления качеством и математических методов экономики Сибирского
государственного технологического университета; 8(3912)68-00-23;
E-mail: violetta@sibstu.krasnoyarsk.ru.

Малинина Татьяна Борисовна – д.социол.н., профессор кафе-
дры социального анализа и математических методов в социоло-
гии Санкт-Петербургского государственного университета; тел.:
8(921)937-58-91; E-mail: tatiana_malinina@mail.ru.

Беднаржевский Сергей Станиславович – д.т.н., профессор, за-
ведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Сургут-
ского государственного университета, лауреат Государственной
премии РФ в области науки и техники, академик РАЕН и Между-
народной энергетической академии; тел.: 8(3462)762-812; E-mail:
sbed@mail.ru.

Надточий Игорь Олегович – д.ф.н., профессор, заведующий
кафедрой философии Воронежской государственной лесотех-
нической академии; тел.: 8(4732)53-70-708, 8(4732)35-22-63;
E-mail: inad@yandex.ru.

Снежко Вера Леонидовна – д.т.н., профессор, заведующая кафедрой
систем автоматизированного проектирования и инженерных рас-
четов Российского государственного аграрного университета – Мо-
сковской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева;
тел.: 8(495)153-97-66, 8(495)153-97-57; E-mail: VL_Snejko@mail.ru.

У Сунцзе (Wu Songjie) – к.э.н., преподаватель Шаньдунско-
го педагогического университета (г. Шаньдун, Китай); тел.:
+86(130)21-69-61-01; E-mail: qdwucong@hotmail.com.

Ду Кунь (Du Kun) – к.э.н., доцент кафедры управления и развития
сельского хозяйства Института кооперации Циндаоского аграр-
ного университета (г. Циндао, Китай); тел.: 89606671587; E-mail:
tambvodu@hotmail.com.

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

Пухаренко Юрий Владимирович – д.т.н., член-корреспондент РААСН, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета; тел.: 89213245908; E-mail: tsik@spbgasu.ru.

Курочкина Анна Александровна – д.э.н., профессор, член-корреспондент Международной академии наук Высшей школы, заведующая кафедрой экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета; тел.: 89219500847; E-mail: kurochkinaanna@yandex.ru.

Морозова Марина Александровна – д.э.н., профессор, директор Центра цифровой экономики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург; тел.: 89119555225; E-mail: marina@russiatourism.pro.

Гузикова Людмила Александровна – д.э.н., профессор Высшей школы государственного и финансового управления Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург; тел.: 8(911)814-24-77; E-mail: guzikova@mail.ru.

Даукаев Арун Абалханович – д.г.-м.н., заведующий лабораторией геологии и минерального сырья Комплексного научно-исследовательского института имени Х.И. Ибрагимова РАН, профессор кафедры физической географии и ландшафтоведения Чеченского государственного университета, г. Грозный (Чеченская Республика); тел.: 89287828940; E-mail: daykaev@mail.ru.

Тютюнник Вячеслав Михайлович – к.х.н., д.т.н., профессор, директор Тамбовского филиала Московского государственного университета культуры и искусств, президент Международного Информационного Нобелевского Центра, академик РАЕН; тел.: 8(4752)50-46-00; E-mail: vmt@tmb.ru.

Дривотин Олег Игоревич – д.ф.-м.н., профессор кафедры теории систем управления электрофизической аппаратурой Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург; тел.: (812)428-47-29; E-mail: drivotin@yandex.ru.

Запывалов Николай Петрович – д.г.-м.н., профессор, академик РАЕН, заслуженный геолог СССР, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск; тел.: +7(383)333-28-95; E-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru.

Пеньков Виктор Борисович – д.ф.-м.н., профессор кафедры математических методов в экономике Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: 89202403619; E-mail: vbpenkov@mail.ru.

Джаманбалин Кадыргали Коныспаевич – д.ф.-м.н., профессор, ректор Костанайского социально-технического университета имени академика Зулкарнай Алдамжар, г. Костанай (Республика Казахстан); E-mail: pkkstu@mail.ru.

Даниловский Алексей Глебович – д.т.н., профессор кафедры судовых энергетических установок, систем и оборудования Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, г. Санкт-Петербург; тел.: (812)714-29-49; E-mail: agdanilovskij@mail.ru.

Иванченко Александр Андреевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: (812)321-37-34; E-mail: IvanchenkoAA@gumrf.ru.

Шадрин Александр Борисович – д.т.н., профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: 321-37-34; E-mail: abshadrin@yandex.ru.

Содержание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Математическое моделирование и численные методы

- Жужжалов А.В., Григорьев С.Г., Поляков А.М.** Сравнительный анализ методов классического машинного обучения и ансамблевых алгоритмов для классификации интенгов с разным количеством и дисбалансом классов..... 8
- Салдаева А.А., Белаш В.Ю.** Информационная система для обучения ИКТ: рекомендации для пользователей..... 19
- Ткачев Е.В., Белаш В.Ю.** Проектирование и разработка пользовательского интерфейса мобильного приложения 23

Информационная безопасность

- Колесников А.А., Хорошко М.Б.** Защита облачной инфраструктуры от кибератак..... 27
- Колесников А.А., Хорошко М.Б.** Облачные вычисления и анализ вопросов информационной безопасности в облаке 32

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Машиноведение

- Улесов В.В., Маслов А.И., Шалыга С.В., Бураншина Р.Р.** Особенности изготовления силовых элементов конструкции высокоскоростного летательного аппарата из титановых сплавов..... 37

Машины, агрегаты и технологические процессы

- Куровский С.В., Мишин Д.А., Иванов Н.Д., Гафарова В.А.** Оптимизация межремонтного цикла технологического оборудования нефтяной отрасли 43
- Сергеев А.С., Горшков Е.А.** Композитный корпус ролика ленточного конвейера на основе РА6 GF30: конструктивные особенности, технологичность и эксплуатационная надежность 48

Роботы, мехатроника и робототехнические системы

- Решетов Д.В., Дьяченко В.А., Попов А.Н., Полищук М.Н.** Влияние параметров управления мехатронным ударным стендом на погрешность воспроизведения пикового уско-

рения 54

Решетов Д.В., Дьяченко В.А., Попов А.Н., Полищук М.Н. Определение параметров пневмогидравлической подвески мехатронного ударного горизонтального стенда 66

Технология машиностроения

Волков А.Ю., Квитко С.И. Умные технологии в управлении 3D-плоттерами: моделирование энкодеров и интеграция искусственного интеллекта 76

Юдин М.Ю., Горшков Е.А. Области применения сильфонных приводов и практика разработок трубной арматуры на их основе 80

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

Макаров Е.Д., Фролова Е.А., Дзюбаненко А.А. Повышение результативности организационной структуры конвейера производства электроники с учетом технологических изменений на основе методики динамической калибровки для цифровых систем 88

Макаров Е.Д., Фролова Е.А., Дзюбаненко А.А. Повышение результативности производственного процесса по выпуску электроники на основе адаптации производственных процессов 94

Шацкая И.В., Шпак А.В., Жданов Э.Р., Яфизова Р.А. Состояние и динамика улучшения качества отечественных подвижных систем связи 100

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Региональная и отраслевая экономика

Бардасова Э.В. Экономическое состояние и перспективы развития сферы высшего образования Татарстана 106

Ревунов С.В., Безденежный А.С., Губачева Е.В. К вопросу совершенствования механизмов повышения инвестиционной привлекательности региона (на примере Ростовской области) 110

Менеджмент

Гончаров Г.А., Четвериков В.М. Трансформация управленческой парадигмы: роль лидера и лидерской культуры в повышении конкурентоспособности организации 115

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

Mathematical Modeling and Numerical Methods

Zhuzhalov A.V., Grigoriev S.G., Polyakov A.M. Comparative Analysis of Classical Machine Learning Methods and Ensemble Algorithms for Intent Classification with Varying Class Counts and Class Imbalance	8
Saldaeva A.A., Belash V.Yu. Information System for ICT Education: Recommendations for Users	19
Tkachev E.V., Belash V.Yu. Designing and Developing User Interface for a Mobile Application	23

Information Security

Kolesnikov A.A., Khoroshko M.B. Protecting Cloud Infrastructure from Cyberattacks.....	27
Kolesnikov A.A., Khoroshko M.B. Cloud Computing and Cloud Information Security Analysis	32

MECHANICAL ENGINEERING

Mechanical Engineering

Ulesov V.V., Maslov A.I., Shalyga S.V., Buranshina R.R. Features of Manufacturing Power Structural Elements of aHigh-Speed Aircraft Made of Titanium Alloys.....	37
---	----

Machines, Units and Processes

Kurovsky S.V., Mishin D.A., Ivanov N.D., Gafarova V.A. Optimization of the Inter-Repair Cycle of Technological Equipment in Oil Industry	43
Sergeev A.S., Gorshkov E.A. Composite housing of a Roller Conveyor Belt based on PA6 GF30: design features, technological efficiency, and operational reliability	48

Robots, Mechatronics and Robotic Systems

Reshetov D.V., Dyachenko V.A., Popov A.N., Polischuk M.N. The Impact of Control Parameters of a Mechatronic Shock Machine on Peak Acceleration Reproduction Error	54
--	----

Reshetov D.V., Dyachenko V.A., Popov A.N., Polischuk M.N. Determination of Pneumohydraulic Suspension System Parameters for a Mechatronic Horizontal Shock Machine	66
---	----

Engineering Technology

Volkov A.Yu., Kvitko S.I. Smart Technologies in 3D Plotter Control: Encoder Modelling and Artificial Intelligence Integration	76
Yudin M.Yu., Gorshkov E.A. Areas of Application for Bellows Actuators and the Practice of Developing Pipe Valves Based on them.....	80

TECHNICAL SCIENCES

Product Quality Management. Standardization. Organization of Production

Makarov E.D., Frolova E.A., Dzyubanenko A.A. Improving the Effectiveness of the Organizational Structure of an Electronics Production Conveyor Regarding Technological Changes Based on Dynamic Calibration Methodology for Digital Systems	88
Makarov E.D., Frolova E.A., Dzyubanenko A.A. Improving the Effectiveness of the Electronics Manufacturing Process Based on Adaptation of Production Processes.....	94
Shatskaya I.V., Shpak A.V., Zhdanov E.R., Yafizova R.A. The State and Dynamics of Improving the Quality of Domestic Mobile Communication Systems	100

ECONOMIC SCIENCES

Regional and Sectoral Economy

Bardasova E.V. Economic Status and Prospects for Development of the Sphere of Higher Education in Tatarstan	106
Revunov S.V., Bezdenezhny A.S., Gubacheva E.V. On Improving Mechanisms Increasing the Investment Attractiveness of the Region (Using the Example of the Rostov Region)	110

Management

Goncharov G.A., Chetverikov V.M. Management Paradigm Transformation: The Role of Leadership and Leadership Culture in Increasing the Competitiveness of the Organization.....	115
--	-----

УДК 004.852

А.В. ЖУЖЖАЛОВ¹, С.Г. ГРИГОРЬЕВ², А.М. ПОЛЯКОВ³¹АОЧУ ВО «Московский финансово-юридический университет МФЮА»;²ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», г. Москва;³ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИЧЕСКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И АНСАМБЛЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ИНТЕНТОВ С РАЗНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ И ДИСБАЛАНСОМ КЛАССОВ

Ключевые слова: ансамблевые методы; векторизация; градиентный бустинг; диалоговые системы; интен­ты; искусственный интеллект; классификация; классическое машинное обучение; логистическая регрессия; машинное обучение; метод k -ближайших соседей; метод опорных векторов; многоклассовая классификация; наивный Байес; обучение с учителем; оценка качества модели; предобработка текста; рандомный лес; сбор датасета; трансформеры; *lightgbm*; *python*; *sklearn*.

Аннотация. Постановка проблемы: во многих современных диалоговых платформах, программном обеспечении для создания текстовых ботов и голосовых ассистентов в качестве алгоритмов классификации интен­тов используется логистическая регрессия. Однако этот метод не является самым эффективным для многих задач обработки естественного языка, в отличие от алгоритмов рандомного леса и ансамблевых методов.

Гипотеза: ансамблевые алгоритмы (рандомный лес и градиентный бустинг) могут показать наилучшие результаты в задаче многоклассовой классификации интен­тов.

Цель – проведение сравнительного анализа алгоритмов классического машинного обучения (логистическая регрессия, метод опорных векторов, наивный Байес, метод k -ближайших соседей), а также ансамблевых методов (рандомный лес и градиентный бустинг) для выявления оптимального алгоритма для классификации обучающих выборок интен­тов для диалоговых систем.

Задачи: собрать данные коммерческих проектов с интен­тами, исходя из ограничений исследования написать функции парсинга данных и их предобработки, исследовать эффективные алгоритмы векторизации русскоязычного текста для задач многоклассовой классификации, выбрать несколько оптимальных и использовать их для нахождения эмбедингов, применить алгоритмы машинного обучения (логистическая регрессия, метод k -ближайших соседей, наивный Байес, метод опорных векторов, рандомный лес и градиентный бустинг) для задачи полиномиальной классификации, оценить качество работы моделей и определить наиболее эффективные пайплайны (алгоритм векторизации → метод машинного обучения).

Количественные методы: предобработка данных, извлечение именованных сущностей для маскирования персональных данных компаний, применение алгоритмов векторизации текстов и статистических методов машинного обучения, использование количественных метрик для оценки качества моделей. Качественные методы: сбор данных, валидация качества извлечения именованных сущностей.

В результате эксперимента было определено несколько наиболее эффективных пайплайнов (векторизация → обучение модели) для задач многоклассовой классификации интен­тов на реальных данных. Для векторизации текста методом *tf-idf* наиболее эффективной с точки зрения качества классификации является модель *random forest*, для трансформеров «*cointegrated/rubert-tiny2*» и «*sergeyzh/rubert-tinyturbo*» – модель гауссовского наивного Байеса.

Практическая значимость: в дальнейшем данные результаты могут быть применены для проектирования диалоговых платформ для создания текстовых ботов и голосовых ассистентов, в частности в отношении выбора более эффективного алгоритма классификации среди классического машинного обучения и ансамблевых методов (использовании алгоритма рандомного леса и гауссовского наивного Байеса вместо классической логистической регрессии). Также данные результаты могут быть применены для обучения автоматического алгоритма нахождения эффективного классификатора на основе описательных статистик интенгов.

Введение

Классификаторы, основанные на интенгах, являются одними из самых популярных способов *Natural Language Understanding (NLU)* (понимание естественного языка) в текстовых и голосовых ботах. На российском рынке существует множество *no-code* и *low-code* платформ для создания диалоговых ассистентов. Например: платформа *Just AI Conversational Platform (JAICP)* от компании *Just AI*, *Salute bot* от компании *Sber Devices*. Данные платформы предлагают на выбор несколько алгоритмов классификации интенгов. Что касается методов классического машинного обучения, то в обеих платформах используется логистическая регрессия. Однако алгоритм логистической регрессии во многих задачах обработки естественного языка уступает ансамблевым методам: алгоритмам градиентного бустинга и рандомного леса. В связи с этим возникает гипотеза о том, что данные алгоритмы будут более эффективны по сравнению с логистической регрессией и в решении задачи многоклассовой классификации интенгов.

В рамках эксперимента будут выполнены следующие задачи: необходимо собрать реальные данные с проектов (выборки обученных интенгов), написать функцию парсинга данных в зависимости от конфигурации документов обучающих выборок, сделать предобработку и векторизацию текстов, разделить полученный векторизованный датасет на обучающую и тестовые выборки, обучить вышеупомянутые модели на основе обучающей выборки и оценить качество классификации с помощью метрик

(*accuracy, precision, recall, f1-мера*) на основе тестовой выборки, определить оптимальный алгоритм для многоклассовой классификации интенгов по результатам экспериментов.

Данный эксперимент будет проводиться на основе реальных данных на русском языке, выборках интенгов, созданных лингвистами-разработчиками компании *Unistar* для обучения классификаторов текстовых ботов и голосовых ассистентов в рамках промышленных, тестовых и демонстрационных коммерческих проектов. Учитываются только проекты, которые сделаны благодаря подходу *statistical-based* (классификация осуществляется с помощью обучения моделей искусственного интеллекта (ИИ)) и *mixed-based* (классификация осуществляется с помощью гибридного подхода, основанного на комбинировании регулярных выражений и моделей ИИ), в датасет не попадут проекты, *NLU* которых реализуется только на регулярных выражениях. Также присутствуют ограничения на *NLU*-язык проекта. Для сбора данных будут учитываться монолингвальные проекты с *NLU*-языком русским, либо билингвальные проекты, в обучающей выборке интенгов которых присутствуют языки различной письменности (например: кириллическая и латинская письменность). В таком случае эти данные могут быть обработаны на этапе препроцессинга с помощью регулярных выражений для извлечения русскоязычных примеров. В случае с билингвальными проектами с языками одинаковой письменности, например, русским и узбекским или казахским в кириллической записи, усложняется извлечение примеров на целевом языке, поэтому на данном этапе эксперимента в датасет такие примеры не добавляются. Кроме того, учитывается платформа для создания текстовых ботов и голосовых ассистентов. Датасет формируется на основе проектов, написанных на *JAICP*, поскольку эта платформа содержит большое количество проектов, созданных лингвистами-разработчиками, а также предоставляет функционал экспорта обучающих выборок интенгов в формате *json* для последующей постобработки. Другие платформы в связи с отсутствием данного функционала и последующим усложнением ручного сбора данных не рассматриваются. Что касается технических ограничений, обучение и оценка качества моделей выполняются на *CPU*, без использования графических и тензорных ускорителей. Данное ограничение обусловлено потенциальной ком-

мерциализацией эксперимента для собственной диалоговой платформы, финансовыми и техническими издержками.

Теоретическая часть

Рассмотрим теоретическую основу используемых нами алгоритмов машинного обучения. Логистическая регрессия (*logistic regression*) – это алгоритм, который предсказывает категориальное значение на основе применения сигмоидальной функции к признакам и достижения порогового значения функции. Логистическая регрессия предсказывает вероятность принадлежности значения определенному классу (одному из двух при бинарной классификации, одному из нескольких при многоклассовой), представляет собой функцию следующего вида:

$$f(x) = \frac{L}{1 + e^{-k \cdot x}},$$

где L – это супремум функции – значение, которое является максимальным в распределении вероятностей принадлежности классу (по умолчанию часто используется $L = 1$, а диапазон вероятности, соответственно, становится от 0 до 1); x – это целевая переменная, для которой высчитывается вероятность; k – коэффициент при переменной x , который отвечает на логистическую скорость роста [11].

Метод опорных векторов (*support vector machine* – **SVM**) – это алгоритм классического машинного обучения, который решает задачи классификации путем создания прямой (или гиперплоскости для задачи многоклассовой классификации), которая будет разделять классы, категориальную метку алгоритм присваивает за счет определения направления элемента относительно прямой или гиперплоскости [7]:

$$a(x) = \text{sign}(\langle w, x \rangle - w_0),$$

где $\langle w, x \rangle$ – в данном случае это пространство (сумма) векторов; w_0 – вектор обучающей выборки.

Метод k -ближайших соседей (*k nearest neighbours* – **knn**) – это алгоритм машинного обучения, который определяет класс, к которому принадлежит элемент, на основе расстояний от элемента выборки до всех элементов обучающей выборки. Среди множества рассто-

яний определяются k ближайших расстояний, в проводимом эксперименте параметр k будет равняться 3. Далее на основании ближайших соседей высчитывается мода и определяется целевой класс по максимальному количеству меток соседей данного элемента выборки [7]:

$$a = \operatorname{argmax} \sum_{i=1}^k ||[yu^i = y],$$

где yu^i – это метка класса элемента из обучающей выборки. Существует несколько способов реализации алгоритма.

1. Точный перебор с применением различных метрик расстояния (Эвклидово расстояние, манхэттенское расстояние, мера Жаккара, косинусное расстояние и т.д.).

2. K - d деревья (поиск соседей по алгоритму дерева с логарифмической сложностью по декартовой плоскости).

3. *Ball trees* (поиск соседей по вложенным гиперсферам, что позволяет увеличить качество алгоритма при больших размерностях).

В качестве реализации была выбрано Эвклидово расстояние (по умолчанию метода *KNeighborsClassifier* библиотеки *sklearn*) и автоматический выбор вариации поиска (классический или с помощью деревьев).

Наивный Байесовский классификатор (*Naive Bayes*) – это классификатор, который строится на основании теоремы Байеса [12]:

$$P(y_n|X) = \frac{P(y_n) * P(X|y_n)}{P(X)},$$

где $P(y_n|X)$ – апостериорная вероятность принадлежности к классу y_n с учетом признаков X ; $P(y_n)$ – априорная вероятность принадлежности случайно выбранного наблюдения к классу y_n ; $P(X)$ – это априорная вероятность признаков X . Выделяют несколько разновидностей байесовского классификатора.

1. Гауссовский классификатор (*GaussianNB*):

$$P(x|y) = \frac{1}{\sqrt{2 * \pi * \sigma^2}} * \exp \frac{-(x - \mu)^2}{2 * \sigma^2},$$

где μ – это среднее отклонение признака в классе y , а σ – это стандартное отклонение признака

в классе y . Гауссовский наивный байесовский классификатор используется в задачах классификации, где признаки датасета имеют непрерывные значения и распределены нормально (имеют гауссовское распределение).

2. Мультиномиальный байесовский классификатор (*MultinomialNB*):

$$P(x|y) = \frac{N_{yi} + \alpha}{N_y + \alpha * n},$$

где N_{yi} – это количество раз, сколько признак i встречается в классе y ; N_y – это общее количество всех признаков в классе y ; n – это количество различных признаков; α – это сглаживающий коэффициент для избавления от нулевых случаев вероятности. Данный алгоритм используется для дискретных признаков с мультиномиальным распределением. У алгоритма также есть дополнение в виде комплементарного байесовского алгоритма, который используется для несбалансированных наборов данных.

3. Бернуллиевский байесовский классификатор (*BernoulliNB*):

$$P(x_i|y) = P(x_i = 1|y)x_i + (1 - P(x_i = 1|y))(1 - x_i),$$

где $P(x_i = 1|y)$ – это вероятность того, что признак i принимает значение 1, при условии того, что он принадлежит классу y , x_i – это значение признака i (0 или 1). Данный алгоритм используется также для дискретных признаков в датасете, однако тех, которые имеют бернуллиевское распределение.

4. Категориальный наивный байесовский классификатор (*CategoricalNB*):

$$P(x_i = t | y = c; \alpha) = \frac{N_{tic} + \alpha}{N_c + \alpha n_i},$$

где $N_{tic} = |\{j \in J \mid x_{ij} = t, y_j = c\}|$ – это количество раз, когда признак x_i принимает значение t в классе c ; $N_c = |\{j \in J \mid y_j = c\}|$ – общее количество всех признаков в классе c в обучающих данных; α – сглаживающий параметр; n_i – количество доступных значений признака i . Данный алгоритм используется для признаков обучающей выборки с категориальными признаками.

При анализе разновидностей алгоритмов

байесовского классификатора было принято решение использовать гауссовский алгоритм, так как он преобразует входные данные (эмбединги трансформеров в нашем случае) в непрерывные неотрицательные величины, в отличие от мультиномиального, комплементарного и бернуллиевского алгоритмов, которые не могут работать с отрицательными величинами на входе, в отличие от категориального алгоритма, который показывает низкие результаты на классификации текстов интентов.

Рандомный лес (*random forest*) – это алгоритм, который действует по принципу ансамблевого метода. Для начала обучающая выборка делится на несколько случайных бутстрапных подвыборок (выборки с возвращением максимально эффективного значения), случайных подпространств. Затем параллельно деревья обучаются на каждой из этих подвыборок и в итоге полученные результаты агрегируются с помощью моды (в рамках текущей задачи многоклассовой классификации) [3].

Градиентный бустинг (*gradient boosting*) – это ансамблевый алгоритм, который основан на применении нескольких деревьев решений и функции бустинга по определению потерь модели на определенной эпохе [1]. Есть несколько реализаций данного алгоритма в практических целях.

1. Метод *GradientBoostingClassifier* из библиотеки *sklearn*. Данный метод традиционно считается весьма медленным способом реализации алгоритма, что было подтверждено в ходе эксперимента.

2. *Light Gradient Boosting Machine (LightGBM)*. На основе этого алгоритма строятся несимметричные деревья, так как признаком остановки алгоритма является ограничение на количество вершин, а при каждой итерации делится вершина с максимальным значением. В связи с этим есть риск даже при ограничении глубины дерева в переобучении модели, однако *LightGBM* обладает более быстрой скоростью, в отличие от подобных ему алгоритмов градиентного бустинга [6; 8].

3. *XGBoost (Extreme Gradient Boosting)*. Более устойчивая к переобучению модель, так как в ней есть ограничение на максимальную глубину дерева, которую необходимо достичь. В связи с этим вытекает и автоматическое ограничение на количество вершин. Алгоритм строит дерево последовательно, заполняя каждую ветвь до достижения установленной макси-

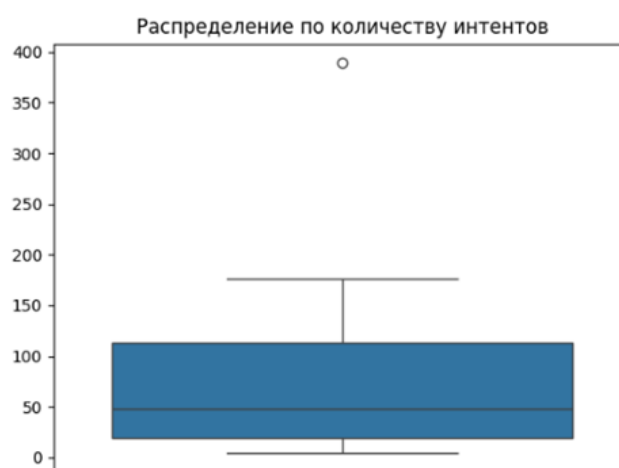


Рис. 1. График распределения по количеству интенгов

мальной глубины [4].

4. *Categorical Boosting (CatBoost)*. Так же, как и в алгоритме *XGBoost*, имеется ограничение по глубине дерева (и, как следствие, ограничение на количество вершин), однако *CatBoost* создает всегда полное бинарное симметричное дерево, даже если в какие-либо поддеревья может не попасть ни одного элемента из обучающей выборки [2; 5; 10].

Исходя из анализа возможностей данных реализаций градиентного бустинга, было принято решение использовать алгоритм *LightGBM*, так как он показывает лучшие результаты по скорости обучения по сравнению с алгоритмами *XGBoost* и *CatBoost*, что является особо важным показателем в рамках данного эксперимента, так как он не проводится с использованием графических или тензорных вычислительных мощностей.

Практическая часть.

Сбор и разведочный анализ данных

Для решения задачи сбора датасета были выбраны промышленные, тестовые и демо-версии проектов на платформе *JAICP*, как и текстовые боты, так и голосовые ассистенты, созданные на основании статистического и смешанного подходов для классификации запросов пользователей на русском языке. В первичную выборку попало 95 экспортированных *json*-файлов, по одному файлу на проект, с обученными интентами на различные тематики

(финансовый, инвестиционный и банковский сектор; электронная коммерция; рекрутинг; промышленные и логистические компании; коллекторские агентства) на русском языке или на двух языках с отличающейся письменностью (русский и латинский узбекский, русский и латинский казахский, русский и английский). Примеры интенгов на монолингвальных ботов не на русском языке и билингвальных ботов на двух языках одинаковой письменности в выборку не попали. Затем было выбрано 76 документов размером не менее четырех интенгов с обезличиванием названий компаний-заказчиков. Именованные сущности извлекались с помощью *REST API GigaChat 2*, библиотеки *natasha*, а также ручного поиска и валидации ответов моделей. В качестве обезличивания использовалась замена сущностей на их класс, например, вместо конкретного названия банка просто «банк», вместо определенного наименования компании просто «компания» и т.д. Первичный датасет размещен в репозитории на платформе *github* (https://github.com/Arseniy-Polyakov/intents_classification). Данный подход был обусловлен устранением выбросов выборки и более качественным применением алгоритмов классификации. В качестве параметров документов можно выделить следующие показатели: общее количество интенгов в одном документе, суммарное количество предложений во всех интенгах документа и индекс сбалансированности для наполнения интенгов документа (количественный индекс, который показывает

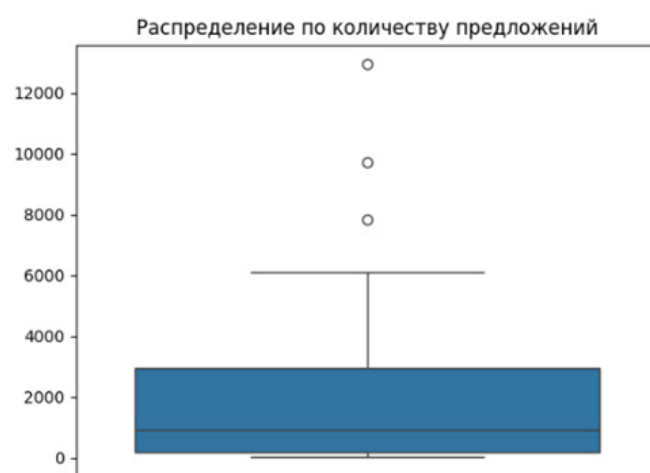


Рис. 2. График распределения по количеству предложений

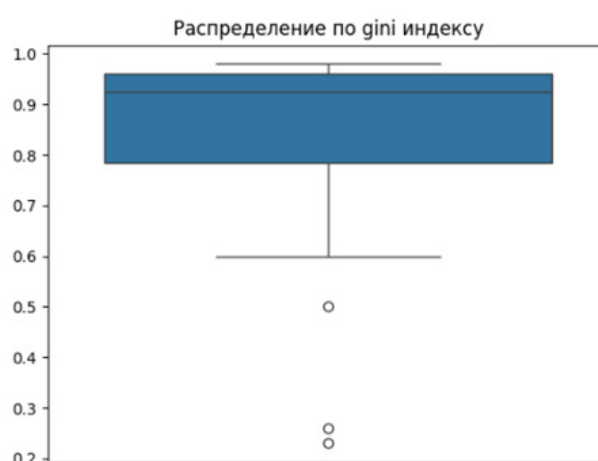


Рис. 3. График распределения по *gini* индексу

дисбаланс классов, измеряется по шкале от 0 до 1, где 0 – это максимальный дисбаланс классов, 1 – это максимальный баланс классов, в каждом классе одинаковое количество элементов). Распределение документов по количеству интенгов на проект, суммарному количеству предложений в интенгах на проект и индексу сбалансированности отражено на графиках (рис. 1–3).

Практическая часть. Предобработка данных

Далее была написана функция парсин-

га **.json* формата документов для извлечения предложений, основе которых были обучены интенги. Данные предложения были предобработаны: были удалены все сторонние символы, кроме символов русского алфавита (цифры, знаки препинания, символы других письменностей) с помощью регулярных выражений, предложения были приведены к нижнему регистру, проведены токенизация, лемматизация полученных токенов с помощью методов библиотеки *py morphology3*, были удалены стоп-слова на основе датасета библиотеки *nlTK*. В результате было получено 76 предобработанных до-

кументов, которые размещены в репозитории на платформе *github* (https://github.com/Arseniy-Polyakov/intents_classification).

Практическая часть. Векторизация

Существует несколько способов векторизации текстов для получения эмбедингов. Эти способы можно разделить на статистические и нейросетевые.

К статистическим относятся следующие алгоритмы.

1. *Bag of Words* (мешок слов) (**BoW**), на основе целевого текста создается датасет с уникальными токенами данного текста, затем для каждого токена в датасете определяется признак нахождения в каждом предложении исходного текста (значение 0 ставится, если токен из словаря отсутствует в предложении, 1 – если он присутствует). Таким образом, получается матрица размера $N \times N$, где N – это размер датасета с уникальными токенами в тексте. Данный алгоритм имеет ряд недостатков, в частности, в нем не учитывается распределение слов и значимость самостоятельных частей речи над служебными.

2. Другой статистический алгоритм учитывает эти факторы и высчитывает относительную частоту встречаемости слов по отношению к документу. Этот алгоритм называется *term frequency, inverse document frequency* (**Tf-Idf**). Он высчитывается по данной формуле:

$$TfIdf = \frac{a_{words}}{words} * \log \frac{docs}{a_{docs}},$$

где a_{words} – это количество употреблений этого слова в данном документе; $words$ – это общее количество слов в тексте; $docs$ – это общее количество документов; a_{docs} – это количество употреблений этого слова во всех документах. Данный алгоритм учитывает уникальность определенного слова в контексте. Значение формулы будет наибольшим, если слово используется в тексте наибольшее количество и реже используется в других документах.

К нейросетевым методам векторизации текстов относятся следующие алгоритмы.

1. *Word2Vec* (или *Doc2Vec* для документов) – это трехслойная нейронная сеть (входной, скрытый и выходной слой). В отличие от статистических моделей (**BoW**, **Tfidf**), учитыва-

ет контекст вокруг токена. Алгоритм *Word2Vec* разделяется на две архитектуры: *skipgram* – определение контекста в зависимости от существующего слова, и *continuous bag of words* (**cbow**) – обратная задача *skip-gram*, определение слова по имеющемуся контексту. Основным параметром для данного алгоритма являются контекстное окно, количество токенов слева и справа от целевого, которые используются для определения. В отличие от статистических, учитывает совместную встречаемость, дистрибутивную семантику.

2. *Global vectors of word representation* (**Glove**) – данный алгоритм оперирует теми же подходами, что и *Word2Vec*, однако он использует не локальный контекст (определенное количество токенов слева и справа от целевого), а глобальную матрицу встречаемости по всему тексту.

3. *Fasttext* – этот алгоритм векторизации, в отличие от *Word2Vec* или *Glove*, лучше справляется с нестандартной морфологией слов, в частности, с новыми словами, которые не используются в обучающих корпусах или словарях или же имеют низкую встречаемость, например, новые заимствования в языке, окказионализмы, неологизмы, так как использует другой подход в токенизации текста, n -граммы на уровне слова, среднего размера от 3 до 6 символов.

Описанные выше нейросетевые алгоритмы, в отличие от статистических, учитывают совместную встречаемость, дистрибутивную семантику. Однако у приведенных выше нейросетевых алгоритмов нахождения эмбедингов есть общие минусы: они не учитывают контекст токена в разрезе всего текста и плохо определяют корректный вариант у полисемантов. Для того чтобы решить эту проблему, для задачи векторизации текстов используют трансформеры. В данном эксперименте для задачи векторизации интенгов мы будем использовать трансформеры, так как они могут не только отражать частотность встречаемости и семантические связи, но и контекст слов на протяжении всего текста. Для эксперимента выберем несколько *SOTA* трансформеров. Для этого будем использовать бенчмарк *massive text embedding benchmark* (**MTEB**) [9], который включает в себя лидерборды по результатам выполнения различных *NLP* задач (классификации, кластеризации, реранкинга и т.д.) для сотен языков. Для нашего эксперимента нам необходимы

русский язык, задача многоклассовой классификации и, в частности, классификация интен-тов (параметр *massive intent classification*). От-ранжировав выбранные модели по убыванию параметра *accuracy*, было принято решение использовать модели *cointegrated/rubert-tiny2* и *sergeyzh/ruberttiny-turbo* [13]. Основными осо-бенностями этих трансформеров является то, что они дообучены на корпусах русских тек-стов и являются дистиллированными версиями основных моделей, что позволяет запускать их на центральном процессоре без применения графических и тензорных ускорителей, что яв-ляется основным ограничением данной работы. Также для сравнения в выборку используемых моделей векторизации был добавлен метод *tf-idf*. Для подключения этого метода была ис-пользована библиотека *sklearn*, а для подклю-чения трансформеров – библиотека *sentence transformers*.

Практическая часть. Обучение моделей

После предобработки и векторизации да-тасет был разбит на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80/20, и к нему были применены модели классического машинно-го обучения (логистическая регрессия, метод опорных векторов, *k*-ближайших соседей, наи-вный Байес) и ансамблевые методы (градиент-ный бустинг и рандомный лес) из библиотеки *sklearn* и *LightGBM*. Обучение производилось на ресурсе *Google Colab* при использовании *CPU* для обучения моделей.

Практическая часть. Оценка качества моделей

Качество моделей оценивалось с помощью следующих метрик: *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1*-мера. *Accuracy* высчитывается по следующей формуле:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN},$$

где *true positive (TP)* – это верно определенные элементы положительного класса; *false positive (FP)* – это неверно определенные элементы по-ложительного класса, ошибка первого рода; *true negative (TN)* – это верно определенные элемен-ты отрицательного класса; *false negative (FN)* – это неверно определенные элементы отрица-

тельного класса, ошибка второго рода. Метрика *accuracy* определяет часть верно определенных вариантов по отношению ко всем исходам. Од-нако недостаток данной метрики заключается в том, что она в полной мере не поможет оценить правильный баланс определения положительных меток для всех классов при несбаланси-рованности выборок, при значительном пре-восходстве *TP* над *TN* или, наоборот, значение метрики будет увеличиваться, однако в действи-тельности модель не решает качественно биз-нес-задачу. *Precision* высчитывается по следую-щей формуле:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}.$$

Данная метрика показывает отношение верно определенных элементов класса относи-тельно всех определенных элементов класса, выражает качество выделения положительных элементов среди разных классов. *Recall* высчи-тывается по следующей формуле:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}.$$

Эта метрика показывает отношение вер-но определенных элементов класса ко всем элементам класса в тестовой выборке, вы-ражает качество определения выделения по-ложительных элементов внутри одного клас-са. *F1*-мера высчитывается по следующей формуле:

$$F1 = 2 * \frac{Precision * Recall}{Recall + Precision}.$$

Данная метрика является средним гармо-ническим между метриками *precision* и *recall*, что в равной мере учитывает обе эти метрики, в частности ложно положительные и ложноотри-цательные значения. Формулы данных метрик (*accuracy*, *precision*, *recall*, *f1*-мера) высчиты-ваются по отношению к задаче бинарной клас-сификации. В случае с многоклассовой клас-сификацией они адаптируются следующими способами.

1. *Micro-averaging*, суммирование *TP*, *FP*, *FN* для всех классов для расчета *Precision*, *Recall*, *F1*. Подходит для сбалансированных классов.

2. *Macro-averaging*, вычисление *Precision*, *Recall*, *F1* для каждого класса, а затем поиск среднего арифметического между ними.

3. *Weighted averaging*, аналогичный способ

Таблица 1. Распределение проектов с векторизацией *tf-idf*

Алгоритм	Количество проектов
<i>Random Forest</i> (рандомный лес)	41
<i>Naive Bayes</i> (наивный Байес)	26
<i>SVM</i> (метод опорных векторов)	12
<i>Logistic Regression</i> (логистическая регрессия)	7
<i>KNN</i> (<i>k</i> -ближайших соседей)	3
<i>Gradient Boosting</i> (градиентный бустинг)	1

Таблица 2. Распределение проектов с векторизацией *cointegrated/rubert-tiny2*

Алгоритм	Количество проектов
<i>Naive Bayes</i> (наивный Байес)	27
<i>KNN</i> (<i>k</i> -ближайших соседей)	25
<i>SVM</i> (метод опорных векторов)	19
<i>Random Forest</i> (рандомный лес)	17
<i>Gradient Boosting</i> (градиентный бустинг)	11
<i>Logistic Regression</i> (логистическая регрессия)	2

Таблица 3. Распределение проектов с векторизацией *sergeyzh/rubert-tiny-turbo*

Алгоритм	Количество проектов
<i>Naive Bayes</i> (наивный Байес)	33
<i>KNN</i> (<i>k</i> -ближайших соседей)	24
<i>Random Forest</i> (рандомный лес)	18
<i>Gradient Boosting</i> (градиентный бустинг)	8
<i>SVM</i> (метод опорных векторов)	3
<i>Logistic Regression</i> (логистическая регрессия)	2

micro-averaging, однако используется с учетом частоты встречаемости каждого класса, каждому классу в зависимости от частоты употребления присваивается определенный вес, количество элементов класса в тестовой выборке.

В данном эксперименте мы будем проводить сравнение качества моделей, ориентируясь на метрику *f1 macro*, так как имеем

несбалансированные классы в датасете, что исключает использование метрики *accuracy* и метрик *micro-averaging*, равную значимость ложноположительных и ложноотрицательных ошибок, что необходимо для использования среднего гармонического между *precision* и *recall*, а также перед нами стоит задача многоклассовой классификации с равным значением каждого из классов, поэтому средние взве-

шенные метрики нерелевантны для данного случая.

Практическая часть. Результаты эксперимента

По результатам эксперимента для каждого из 76 проектов был определен оптимальный алгоритм классификации интенгов (исходя из анализа *f1 macro-averaging* моделей). В данных таблицах можно видеть распределение количества проектов, исходя из их максимального значения *f1 macro-averaging* под определенный алгоритм классического машинного обучения и ансамблевых методов. Таблицы распределены в зависимости от алгоритма векторизации (*tf-idf*, *cointegrated/rubert-tiny2* и *sergeyzh/rubert-tinyturbo*).

В таблицах встречаются случаи определения нескольких наиболее эффективных методов машинного обучения для одного проекта (при одинаковом значении *f1-macro* меры).

Заключение

В результате эксперимента было определено несколько наиболее эффективных пайплайнов (векторизация → обучение модели → оценка качества классификации) для задач многоклассовой классификации интенгов на реальных данных. Для векторизации текста методом *tf-idf* наиболее эффективной с точки зрения качества классификации является модель *random forest*, для трансформеров «*cointegrated/rubert-tiny2*» и «*sergeyzh/rubert-tinyturbo*» – модель гауссовского наивного Байеса.

Более подробные результаты экспериментов: метрики *accuracy*, *macro-precision*, *macro-recall*, *macro-f1* для каждого из 76 проектов при обучении моделей (логистическая регрессия, метод *k*-ближайших соседей, гауссовский наив-

ный Байес, случайный лес и градиентный бустинг *LightGBM*), в зависимости от использованного алгоритма нахождения эмбедингов (*tf-idf*, *cointegrated/rubert-tiny2* и *sergeyzh/ruberttiny-turbo*), представлены в формате *.csv файла, который размещен в репозитории на платформе *github* (https://github.com/Arseniy-Polyakov/intents_classification).

В качестве дальнейшего развития предлагается обучить классификатор, который по описательным статистикам датасета интенгов на проекте (общее количество интенгов, суммарное количество предложений в интенгах, индекс сбалансированности интенгов по количеству предложений в них, а также среднему индексу сбалансированности размера предложений внутри интенга) будет определять эффективный алгоритм классификации автоматическим способом. Для этого необходимо расширить выборку алгоритмов, которые войдут в целевые классы, взять как уже рассмотренные методы классического машинного обучения и ансамблевые алгоритмы, так и нейросетевые алгоритмы и трансформеры, а также более классические подходы, основанные на метриках сходства векторов (косинусная близость). Данная автоматизация поможет снизить риски ухудшения качества классификации интенгов при ручном выборе классификатора, который сейчас присутствует в диалоговых системах, в частности, на платформе *JAICP* (есть ручной выбор из четырех алгоритмов): *Semantic Text Similarity (STS)*, логистическая регрессия, трансформеры (*Labse* и *roberta*), сверточная нейронная сеть, *Salute bot* (есть ручной выбор из трех алгоритмов (*Semantic Text Similarity*, логистическая регрессия, трансформер *BERT*)). На данных платформах отсутствует автоматическое определение эффективного классификатора исходя из анализа, созданного под проект датасета интенгов.

Список литературы/References

1. Kazeev, I. Fighting biases with dynamic boosting / I. Kazeev, L. Ostroumova Prokhorenkova, A. Vorobev, 2017.
2. Dorogush, A.V. CatBoost: gradient boosting with categorical features support / A.V. Dorogush, V. Ershov, A. Gulin // Workshop on ML Systems at NIPS, 2017.
3. Breiman, L. Random forests / L. Breiman // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45. – No. 1. – P. 5–32.
4. Chen, T. XGBoost: A scalable tree boosting system / T. Chen, C. Guestrin // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2016. – P. 785–794.

5. Dorogush, A.V. CatBoost: gradient boosting with categorical features support / A.V. Dorogush, V. Ershov, A. Gulin // arXiv preprint arXiv:1810.11363. – 2018.
6. Ke, G. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree / G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye, T.-Y. Liu // arXiv preprint.
7. Hassan, S.U. Analytics of machine learning-based algorithms for text classification / S.U. Hassan, J. Ahamed, K. Ahmad // Sustainable Operations and Computers. – 2022. – Vol. 3. – P. 238–248.
8. Ke, G. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree / G. Ke [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30.
9. Muennighoff, N. MTEB: Massive text embedding benchmark / N. Muennighoff et al. // arXiv preprint arXiv:2210.07316. – 2022.
10. Murphy, K.P. Naive Bayes classifiers / K.P. Murphy et al. // University of British Columbia. – 2006. – Vol. 18. – No. 60. – P. 1–8.
11. Occhipinti, A.A pipeline and comparative study of 12 machine learning models for text classification / A. Occhipinti, L. Rogers, C. Angione // Expert Systems with Applications. – 2022. – Vol. 201. – P. 117193.
12. Prokhorenkova, L. CatBoost: unbiased boosting with categorical features / L. Prokhorenkova [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2018. – Vol. 31.
13. Snegirev, A. The Russian-focused embedders' exploration: ruMTEB benchmark and Russian embedding model design / A. Snegirev [et al.] // arXiv preprint arXiv:2408.12503. – 2024.

© А.В. Жужжалов, С.Г. Григорьев, А.М. Поляков, 2025

УДК 004

А.А. САЛДАЕВА, В.Ю. БЕЛАШ

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского», г. Калуга

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИКТ: РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Ключевые слова: информационные и коммуникационные технологии (ИКТ); модули; образовательная платформа; регистрация; роли пользователей; тестирование.

Аннотация. Целью исследования являются проектирование и внедрение модульной образовательной платформы на основе информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Описаны три ключевые роли пользователей – администратор, преподаватель и обучающийся – и их функциональные возможности в системе. Рассматриваются процессы регистрации, авторизации и взаимодействия между участниками, а также механизмы тестирования, предоставления учебных материалов, сдачи и проверки лабораторных и домашних работ. В качестве методологической основы использованы: анализ, синтез, моделирование и абстрагирование. В результате была разработана образовательная платформа для размещения заданий, ответов на них и коммуникации с преподавателями при изучении информационно-коммуникационных технологий.

Современные образовательные процессы все чаще переходят в цифровую среду, требуя надежных и гибких информационных систем. В связи с этим была разработана платформа «МойОнлайнКурс», способная обеспечить интерактивное обучение, гибкое управление доступом и автоматизацию рутины, связанной с проверкой работ и мониторингом прогресса обучающихся. Особое внимание уделено разделению прав и функций между администраторами, преподавателями и учениками, а также созданию интуитивно понятного интерфейса [4].

Для работы с образовательным ресурсом каждому пользователю необходимо понимать, что существует три типа пользователей: адми-

нистратор, преподаватель и ученик.

Авторизация учетной записи преподавателя происходит через администратора, который предоставляет ему соответствующие права.

Регистрация каждого обучающегося происходит самостоятельно через форму регистрации, затем запрос на авторизацию приходит на почту преподавателю, который подтверждает пользователя.

Авторизованному обучающемуся доступен полный функционал платформы, а именно следующее.

1. Страница «Тестирование». Согласно карте обучения после регистрации каждому обучающемуся необходимо пройти входное тестирование, которое покажет текущий уровень знаний пользователя. После прохождения тестирования каждому ученику выдаются рекомендации по изучению определенных блоков курса, которые позволят закрыть пробелы в знаниях.

2. Далее обучающийся переходит на страницу «ИКТ», на которой расположены блоки всего курса, ищет рекомендуемый ему блок и начинает свое обучение посредством самостоятельной работы по шагам, которые указаны в документе, прикрепленном к каждой работе. Далее ученик заполняет форму сдачи лабораторной или домашней работы, прикрепляет файл и отправляет на проверку преподавателю. После проверки обучающему на почту, указанную в форме, придет ссылка на страницу, на которой преподаватель оставил свои комментарии по работе и выставил оценку.

3. После прохождения рекомендуемых или всех блоков обучения ученик проходит итоговое тестирование, которое покажет, что уровень знаний после выполнения предложенных заданий повысился.

4. Помимо заданий курса на портале представлен раздел, где размещены последние но-

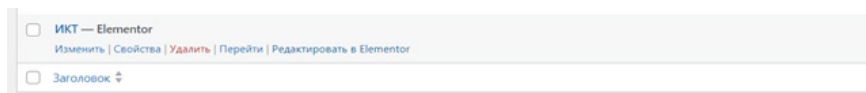
Рис. 1. Редактировать в *Elementor*

Рис. 2. Редактирование страницы ИКТ



Рис. 3. Вывод результатов

ности из мира информационных технологий, а также полезные материалы по изучению дополнительных тем.

5. На странице «Контакты» размещена кнопка для перехода в беседу всех обучающихся, к которой можно присоединиться, общаться и советоваться по учебным вопросам.

6. Страница «Учетная запись» создается индивидуально для каждого пользователя и видна только ему. На ней можно отредактировать фотографию профиля, загрузить обложку, а также поменять пароль и свои данные пользователя.

Работа платформы подразумевает участие не только обучающихся и администратора, но и преподавателя, рассмотрим рекомендации по работе с платформой для преподавателя.

Регистрация преподавателя на платформе происходит аналогично обучающимся, только при одобрении заявки администратор ставит статус участника на преподавателя, которому автоматически доступен ряд возможностей для работы с платформой.

Основным в работе педагога является размещение учебных материалов на платформе, для этого необходимо следующее.

1. Перейти на страницу «ИКТ» (рис. 1), для этого необходимо нажать «Редактировать в *Elementor*» [2].

2. Далее попадем в панель редактирования данной страницы. Для того чтобы изменить файл с заданием по определенному заданию, необходимо нажать на нужную работу, во вкладках открыть задание и развернуть содержимое к нему (рис. 2).

3. Текст «Скачать работу» является кликабельным, поэтому нужно нажать на текст и перейти к изменению. Далее необходимо вставить ссылку на файл и обновить изменения на странице, нажав кнопку «Обновить» в левом нижнем углу страницы. Таким образом, можно изменить любой файл с заданием на странице «ИКТ» [3].

Также важным моментом является проверка сданных работ. После отправляется уведомление о новой сданной работе с коммента-

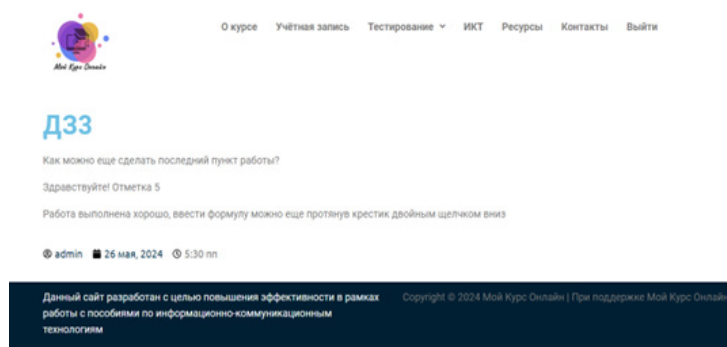


Рис. 4. Обновленная страница с оценкой

риями. Чтобы проверить работу, необходимо перейти на страницу «Выход результатов», ввести пароль (рис. 3).

Перейдя на страницу, преподаватель может скачать файлы, которые сдали ученики, и проверить работы, отметив их недостатки. Затем, чтобы выставить оценку и оставить комментарий к работе, необходимо перейти в форму ответов, где выбрать нужную работу. Перейдя на страницу, нужно выставить оценку по выполненной работе и, если требуется, оставить комментарий.

После обновления страницы ученику на почту, которую он указал при отправке формы, придет уведомление об обновлении страницы, перейдя на которую он сможет увидеть комментарий и оценку преподавателя по выполненным заданиям (рис. 4).

Разработка и внедрение образовательной

платформы «МойОнлайнКурс» с курсом «Информационно-коммуникационные технологии» позволили создать современную, интуитивно понятную и эффективную систему для дистанционного обучения. Архитектура платформы учитывает потребности различных категорий пользователей – администраторов, преподавателей и обучающихся, обеспечивая гибкость в управлении доступом, удобство в работе с учебными материалами и автоматизацию процессов тестирования и проверки работ. Реализация безопасной авторизации, четкое разделение ролей, а также продуманная организация взаимодействия между пользователями способствуют повышению качества образовательного процесса и уровню вовлеченности обучающихся. Платформа «МойОнлайнКурс» может служить основой для дальнейшего развития цифровой образовательной среды.

Список литературы

1. Белаш, В.Ю. Проектирование мобильного приложения для образовательного процесса / В.Ю. Белаш, А.А. Салдаева // Глобальный научный потенциал. – 2022. – № 12(141). – С. 173–176.
2. Зонов, Н.А. Разработка веб-сайта для организации на базе платформы WordPress и плагина Elementor / Н.А. Зонов // Постулат. – 2022. – № 6(80) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/4302/4361>.
3. Петлина, Е.М. Признаки модульного построения образовательного процесса в дистанционном обучении / Е.М. Петлина, Д.С. Нестеров // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2021. – Т. 5. – № 4. – С. 302–308.
4. Рощина, С.И. Разработка платформы онлайн-обучения для реализации дополнительных профессиональных программ / С.И. Рощина, К.А. Суханова, С.И. Абрахин, Е.С. Прусов // Образование. Наука. Кадры. – 2019. – № 1. – С. 184–187.

References

1. Belash, V.YU. Proyektirovaniye mobil'nogo prilozheniya dlya obrazovatel'nogo protsesssa / V.YU. Belash, A.A. Saldayeva // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2022. – № 12(141). – S. 173–176.

2. Zonov, N.A. Razrabotka veb-sayta dlya organizatsii na baze platformy WordPress i plagina Elementor / N.A. Zonov // Postulat. – 2022. – № 6(80) [Electronic resource]. – Access mode : <https://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/4302/4361>.
 3. Petlina, Ye.M. Priznaki modul'nogo postroyeniya obrazovatel'nogo protsessa v distantsionnom obuchenii / Ye.M. Petlina, D.S. Nesterov // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2021. – T. 5. – № 4. – S. 302–308.
 4. Roshchina, S.I. Razrabotka platformy onlayn-obucheniya dlya realizatsii dopolnitel'nykh professional'nykh programm / S.I. Roshchina, K.A. Sukhanova, S.I. Abrakhin, Ye.S. Prusov // Obrazovaniye. Nauka. Kadry. – 2019. – № 1. – S. 184–187.
-

© А.А. Салдаева, В.Ю. Белаш, 2025

УДК 004

Е.В. ТКАЧЕВ, В.Ю. БЕЛАШ

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского», г. Калуга

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Ключевые слова: компонентный подход; мобильное приложение; мобильный UX; навигация в интерфейсе; пользовательский интерфейс; UX/UI-дизайн.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проектирования пользовательского интерфейса мобильного приложения, предназначенного для учета расходов на автомобиль. Целью исследования является разработка интуитивно понятного и функционального интерфейса, ориентированного на широкую целевую аудиторию, включающую пользователей с различным уровнем цифровой и технической грамотности. В качестве методологической основы использованы компонентный подход в UI/UX-дизайне, а также сравнительный анализ аналогичных приложений. В результате был разработан интерфейс для мобильного приложения «Start Car», реализующий принципы минимализма, эргономичности и логической структурированности экранов.

Современные мобильные приложения развиваются в условиях высокой конкуренции, где одним из ключевых факторов удобства и популярности становится качество пользовательского интерфейса [1]. Даже при простом функционале, как в случае приложений для учета расходов на автомобиль, именно интерфейс определяет качество взаимодействия пользователя с приложением и его общее восприятие продукта. Также, помимо необходимости учитывать технические особенности мобильных устройств, нельзя пренебрегать ожиданиями пользователей, современными тенденциями в дизайне и практикой реализации интерфейсов в приложениях со схожим функционалом.

Как отмечается в исследовании Д.А. Кур-

гановой [2], грамотное UX/UI-проектирование напрямую влияет на эффективность использования мобильного приложения. Правильно разработанный интерфейс обеспечивает интуитивную навигацию и визуальную доступность функций, формируя положительное впечатление у пользователя.

Предшествующие исследования подчеркивают ключевую роль качественного UX/UI-дизайна в успешности мобильных приложений, предназначенных для учета расходов на автомобиль. В частности, в работе [4] особое внимание уделено вопросу использования современных трендов в дизайне интерфейсов: минималистичной компоновке элементов, интуитивной навигации посредством вкладок и роли качественной анимации, которая существенно улучшает пользовательский опыт. Также авторами было выявлено, что недостаточная проработка интерфейса приводит к затруднениям при восприятии информации и формированию негативного пользовательского опыта, что может привести к отказу от использования приложения [4].

В свою очередь, в исследовании приложений с аналогичным функционалом *Drivvo* и «Мой авто» были подробно рассмотрены практические аспекты проектирования интерфейсов, касающиеся эргономики использования смартфонов и поведения пользователей при взаимодействии с мобильными устройствами [3]. Основными пользователями мобильного приложения «Start Car» являются автолюбители, заинтересованные в контроле расходов на содержание автомобиля, планировании технического обслуживания и получении аналитических данных об эксплуатации транспортного средства.

При проектировании интерфейса необходимо учитывать не только различный уровень цифровой грамотности пользователей, но и их

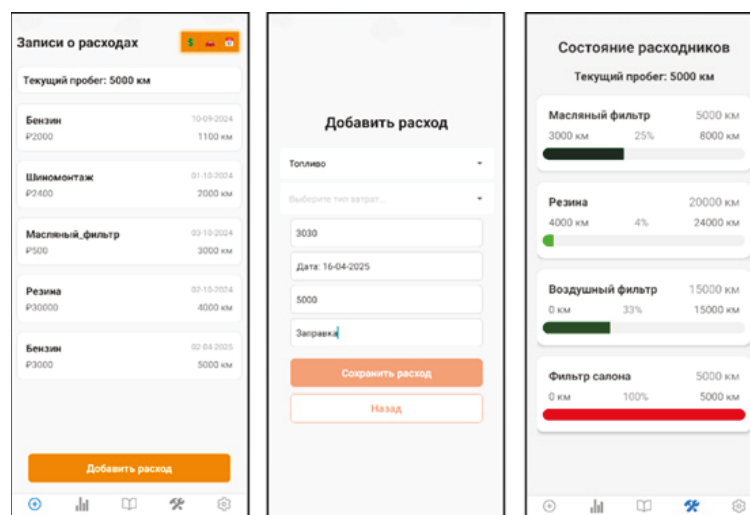


Рис. 1. Интерфейс основных экранов приложения «Start Car»

знания в автомобильной тематике. Потенциальные пользователи могут варьироваться от начинающих автолюбителей с минимальными представлениями о технических аспектах эксплуатации автомобиля (незнакомые со специфической терминологией) до опытных водителей, хорошо разбирающихся в особенностях эксплуатации и технического обслуживания автомобилей.

В рамках данного исследования разработана структура пользовательского интерфейса приложения «Start Car», предусматривающая использование многоуровневой структуры информационных экранов, которая предполагает отображение наиболее значимых показателей (общие расходы, средний расход топлива и др.) в простом и наглядном виде на верхнем уровне, а также возможность перехода к более детализированным графикам и настройкам на нижних уровнях, что обеспечивает удобство как для начинающих пользователей, так и для более опытной аудитории. Реализованные на практике решения соответствуют озвученным выше рекомендациям и направлены на достижение оптимального удобства взаимодействия пользователей при работе с приложением.

На основе изложенных принципов разработаны макеты пользовательского интерфейса для ключевых экранов приложения *Start Car* (рис. 1). Каждый экран спроектирован с учетом его функционального назначения и сценариев использования. Такой подход согласуется с общими принципами построения эффективного интерфейса, включая продуманную навигацию

и логичную компоновку элементов.

В процессе дизайна были определены основные компоненты интерфейса и их роль в приложении. В частности, реализованы следующие элементы интерфейса.

1. Изображение используется для отображения логотипа приложения, усиливает визуальную идентификацию интерфейса.

2. Поле ввода позволяет пользователю вводить данные: *e-mail*, логин, пароль и т.п. Присутствует на экранах авторизации и регистрации. Включает валидацию (например, длина пароля, формат *e-mail*).

3. Кнопка – активный элемент, инициирующий действия: вход, регистрация, переход к другим экранам, добавление записей и сортировка данных. Кнопки в «Start Car» оформлены в одном стиле и цвете, чтобы пользователь легко распознавал элементы действия.

4. *TouchableOpacity* – невидимый интерактивный контейнер, реагирующий на нажатие. Используется для элементов списков или карточек, где нужно обработать выбор пользователя. Например, каждая запись о расходе оформлена как карточка, при нажатии на которую (через компонент *TouchableOpacity*) открывается детальная информация.

5. Текст – неинтерактивный элемент интерфейса для отображения статических надписей или динамически обновляемых данных: заголовки, суммы, описания.

6. Панель навигации (*TabBar*) – фиксиро-

ванная в нижней части экрана панель с иконками для перехода между основными разделами приложения: «Советы», «Статистика», «Расходники», «Настройки». Иконки на *TabBar* имеют краткие подписи и подсветку активной вкладки для ориентации пользователя.

7. Информационный блок – комплексный компонент, объединяющий несколько связанных показателей. Например, на главном экране *Start Car* отображается сводка: последняя заправка (дата и стоимость), текущий пробег, средний расход топлива. Эта информация сгруппирована в одном блоке для удобства восприятия и может быть нажата для перехода к деталям.

8. Модальные окна – всплывающее окно, запрашивающее подтверждение перед выполнением критичных действий (удаление записи, выход из аккаунта и др.).

9. *SnackBar* – короткие уведомления, появляющиеся в нижней части экрана на несколько секунд. В *Start Car snackbar* используется для обратной связи на действия пользователя: например, после успешного сохранения новой записи появляется сообщение «Запись добавлена», при ошибке – «Ошибка: проверьте подключение». Присутствует цветовая инди-

кация (зеленый фон для успеха, красный для ошибки) и иконки помогают сразу понять тип сообщения.

10. Прогресс-бар – визуальный индикатор, отображающий приближение к сроку замены запчасти. Чем ближе замена, тем полнее заполнен индикатор. Такой индикатор позволяет водителю быстро оценить состояние автомобиля по определенному критерию.

Компоновка интерфейса прошла через итерации тестирования и улучшений на основе отзывов пробных пользователей, что позволило добиться интуитивно понятного и визуально комфортного *UI*. Разработка интерфейса мобильного приложения «*Start Car*» показала, что комплексный подход к проектированию, включающий анализ пользовательских сценариев, адаптацию интерфейса под разный уровень технической компетенции пользователя и применение принципов современного *UX/UI*-дизайна, позволяет достичь высокого уровня удобства и функциональности. Использование компонентного подхода и ориентированность на эргономику повысили интуитивность восприятия интерфейса и упростили навигацию.

Список литературы

1. Белаш, В.Ю. Проектирование мобильного приложения для образовательного процесса / В.Ю. Белаш, А.А. Салдаева // Глобальный научный потенциал. – 2022. – № 12(141). – С. 173–176.
2. Курганова, Д.А. Значимость *UX/UI*-дизайна интерфейса в разработке мобильных приложений / Д.А. Курганова // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2021. – Т. 1. – С. 194–197.
3. Ткачев, Е.В. Проектирование мобильного приложения для расчета затрат на автомобиль / Е.В. Ткачев, В.Ю. Белаш // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 6(144). – С. 75–78.
4. Ткачев, Е.В. Разработка интерфейса мобильного приложения для расчетов затрат на автомобиль / Е.В. Ткачев, В.Ю. Белаш // Современные цифровые технологии : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Барнаул, 01 июня 2023 года / под общей редакцией А.А. Беушева, А.С. Авдеева, Е.Г. Боровцова, А.Г. Зрюмова. – Барнаул : Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023. – С. 190–191.

References

1. Belash, V.YU. Proyektirovaniye mobil'nogo prilozheniya dlya obrazovatel'nogo protsessa / V.YU. Belash, A.A. Saldayeva // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2022. – № 12(141). – S. 173–176.
2. Kurganova, D.A. Znachimost' *UX/UI*-dizayna interfeysa v razrabotke mobil'nykh prilozheniy / D.A. Kurganova // Nauchno-tekhnicheskoye i ekonomicheskoye sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke. – 2021. – T. 1. – S. 194–197.

3. Tkachev, Ye.V. Proyektirovaniye mobil'nogo prilozheniya dlya rascheta zatrat na avtomobil' / Ye.V. Tkachev, V.YU. Belash // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2023. – № 6(144). – S. 75–78.
 4. Tkachev, Ye.V. Razrabotka interfeysa mobil'nogo prilozheniya dlya raschotov zatrat na avtomobil' / Ye.V. Tkachev, V.YU. Belash // Sovremennyye tsifrovyye tekhnologii : materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Barnaul, 01 iyunya 2023 goda / pod obshchey redaktsiyey A.A. Beusheva, A.S. Avdeyeva, Ye.G. Borovtsova, A.G. Zryumova. – Barnaul : Altayskiy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet im. I.I. Polzunova, 2023. – S. 190–191.
-

© Е.В. Ткачев, В.Ю. Белаш, 2025

УДК 004.056

А.А. КОЛЕСНИКОВ, М.Б. ХОРОШКО

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», г. Санкт-Петербург;

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет

имени М.И. Платова», г. Новочеркасск

ЗАЩИТА ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТ КИБЕРАТАК

Ключевые слова: атака; безопасность; данные; доступ; облачная инфраструктура; пользователь; сервер.

Аннотация. В статье раскрываются актуальные вопросы, связанные с защитой облачной инфраструктуры от кибератак. Цель статьи – провести анализ концептуальных аспектов безопасности облачной инфраструктуры и наиболее прогрессивных методов ее обеспечения. В процессе исследования обозначены наиболее распространенные атаки в облачной среде. Приведено описание основных проблем обеспечения безопасности облачной инфраструктуры. Отдельно формализована архитектура распределения ролей в защите облачной инфраструктуры, которая включает как непосредственно пользователей, так и поставщиков услуг. Особое внимание уделено наиболее значимым ошибкам в настройке облачной безопасности и потерям, к которым они могут привести, а также возможным вариантам решения проблем. Отмечено, что для обеспечения максимальной защиты и предупреждения рисков атак целесообразно использовать комбинированные стратегии и методы, которые будут служить эффективным барьером против сложных облачных вторжений.

Популярность облачных вычислений в последние годы резко возросла благодаря таким крупным игрокам, как *Amazon*, *Google* и *Microsoft*, которые развернули широкую облачную инфраструктуру и предоставляют большой спектр услуг на основе облачных вычислений. Технология, которая начиналась как вариант резервного хранилища, теперь превратилась в комплексную вычислительную платформу, которая фундаментально изменила способы использования, хранения и обмена информацией

в организациях [1].

Любой бизнес – от крупных предприятий до небольших стартапов – отдает предпочтение облачным вычислениям. Однако, как известно, все, что приобретает популярность в цифровом мире, неизбежно становится мишенью злонамеренных киберпреступников, и платформы облачных вычислений не являются в данном случае исключением. В последние годы количество атак на облачную инфраструктуру резко возросло. Согласно статистике, на облачные кибератаки пришлось 20 % всех злонамеренных действий в Интернете в 2023 г., что сделало облачные платформы третьей наиболее целевой киберсредой для злоумышленников [2]. На рис. 1 наглядно представлена структура кибератак в разрезе их видов на облачную инфраструктуру.

Согласно данным, почти 80 % компаний за последние годы столкнулись с увеличением частоты облачных атак. В таких обстоятельствах эксперты прогнозируют, что объем мирового рынка облачной безопасности вырастет с 40,7 млрд долларов США в 2023 г. до 62,9 млрд долларов США к 2028 г. при среднегодовом темпе роста 9,1 % [3].

В то же время необходимо отметить, что традиционные подходы к обеспечению безопасности сталкиваются с серьезными проблемами в этой динамичной, постоянно изменяющейся среде облачной инфраструктуры. Облачные активы и конфигурации претерпевают быстрые изменения, что делает поддержание надежного уровня безопасности постоянной проблемой. Кроме того, периметр облака, определяющий логическую границу между облачными ресурсами организации и остальным Интернетом, достаточно проблематично защитить. Эта динамическая граница постоянно меняется и расширяется, что приводит к увеличению поверх-

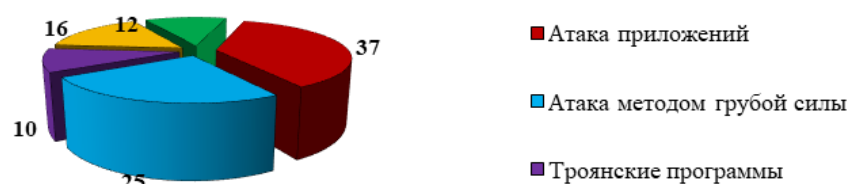


Рис. 1. Структура кибератак на облачную инфраструктуру, % [3]

ности атаки. Независимо от того, работают ли организации в «облаке» или используют мультиоблачные архитектуры, «облачная» среда создает дополнительные потенциальные цели для кибератак. К ним относятся виртуальные серверы, контейнеры, микросервисы, «облачные» приложения и возможность подключения ресурсов.

Представляется целесообразным отметить, что безопасность облачной инфраструктуры – это основа для защиты облачных ресурсов от внутренних и внешних угроз. Она защищает вычислительные среды, приложения и конфиденциальные данные от несанкционированного вторжения путем централизованной аутентификации и ограничения доступа авторизованных пользователей к ресурсам [4].

Основные проблемы обеспечения безопасности облачной инфраструктуры обусловлены ее следующими ключевыми особенностями, которые в то же время являются и ее уязвимыми местами.

1. Большая площадь атаки. Четко определить границы облачной среды компании бывает непросто. Системы и данные могут быть атакованы с разных сторон, включая личные устройства удаленных сотрудников, несанкционированные сторонние облачные приложения и сервисы, а также публичные сети. Облачные данные могут быть атакованы как в состоянии покоя, так и при транспортировке.

2. Отсутствие видимости. Некоторые поставщики облачных вычислений полностью контролируют облачную ИТ-инфраструктуру, не раскрывая ее своим клиентам. Организациям, использующим платформы облачных вычислений, бывает сложно идентифицировать свои облачные активы и принять надлежащие меры для эффективной защиты данных. Кроме того, отследить деятельность сотрудников в облаке может быть непросто.

3. Сложность сред. Некоторые организации предпочитают сложные мультиоблачные и

гибридные среды в силу своих специфических потребностей. Это создает проблему выбора правильных инструментов кибербезопасности, которые будут работать как в облаке, так и в локальной среде. Гибридные среды сложны в реализации и обслуживании и требуют целостного подхода к кибербезопасности.

Необходимо акцентировать внимание на том, что обеспечение безопасности облачной инфраструктуры является солидарной ответственностью между пользователем и поставщиком облачных услуг. Пользователь соблюдает необходимые протоколы безопасности, а поставщик реализует централизованное управление идентификацией и доступом (IAM), осуществляет детальный контроль доступа на основе ролей [5]. На рис. 2 наглядно отображена архитектура распределения ролей в защите облачной архитектуры между пользователем и поставщиком услуги.

Неправильная конфигурация в облачной инфраструктуре является основной причиной утечки данных, в результате которой миллиарды записей становятся уязвимыми и обходятся компаниям примерно в 5 триллионов долларов в год. [6] Ниже приведены три самые дорогостоящие ошибки в настройке облачной безопасности, которые могут повлечь за собой значительные потери и возможные варианты их решения.

1. Отсутствие защиты удаленного доступа.

С ростом популярности облака растет и площадь атак, что создает все больше возможностей для хакеров получить доступ к данным и корпоративным ресурсам. Если не установить жесткие ограничения на удаленный доступ, облачная инфраструктура может подвергнуться взлому или атаке вредоносного программного обеспечения (ПО). Хотя неавторизованные пользователи представляют собой наиболее очевидную угрозу безопасности, киберпреступники также используют уязвимости в архитектуре облачных вычислений.

	Инфраструктура-как-услуга (IaaS)	Платформа-как-сервис (PaaS)	Программное обеспечение как услуга (SaaS)
Люди	Пользователь	Пользователь	Пользователь
Данные	Пользователь	Пользователь	Пользователь
Приложения	Пользователь	Пользователь	CSP
Операционная система	Пользователь	CSP	CSP
Виртуальные сети	Пользователь	CSP	CSP
Гипервизоры	CSP	CSP	CSP
Серверы и системы хранения данных	CSP	CSP	CSP
Физические сети	CSP	CSP	CSP

Рис. 2. Архитектура распределения ролей в защите облачной архитектуры

Решение: чтобы предотвратить получение доступа неавторизованными пользователями, необходимо внедрить средства управления привилегированным доступом, которые дают возможность разрешенным пользователям открывать облачные ресурсы и не допускают всех остальных. Наличие обзора всех платформ в ИТ-среде организации облегчает выявление рисков безопасности, таких как неиспользуемые серверы и открытые порты *FTP*. Подобные уязвимости дают киберпреступникам возможность проникнуть в облачную инфраструктуру.

2. Избыточное создание учетных записей пользователей.

Стремясь быстро добавить новых пользователей в систему, организации часто чрезмерно расширяют учетные записи пользователей, предоставляя широкий доступ к данным и ресурсам по всей сети. Одна из наиболее распространенных ошибок – назначение привилегий доступа по группам или отделам, в результате чего все члены определенной группы или отдела получают одинаковые разрешения, независимо от их индивидуальных ролей. Неактивные учетные записи также представляют серьезный риск для безопасности облака, особенно когда эти учетные записи перераспределены. Хотя в некоторых организациях принято «с запасом» открывать новые учетные записи пользователей, со временем их количество может увели-

чиваться по мере накопления ими дополнительных привилегий при повышении в должности, смене роли или выполнении новых обязанностей, что будет составлять угрозу.

Решение: использование комплексного решения для управления доступом к идентификационным данным (*IAM*) в облаке, которое позволяет администраторам предоставлять пользователям детализированные разрешения на доступ к облачным системам и ресурсам. В данном случае важна ориентация на принцип наименьших привилегий. Суть этого принципа заключается в том, что каждому отдельному пользователю дается разрешение на доступ только к тем ресурсам, которые необходимы для выполнения его текущей работы, и не более того. Также полезным является инструмент, который автоматически удаляет учетные записи, когда пользователь покидает организацию. Удаление неиспользуемых учетных записей минимизирует риск кибератак, использующих украденные учетные данные.

3. Неполное ведение журнала.

Журналы, содержащие данные об активности системы и поведении пользователей в режиме реального времени, бесценны для служб безопасности. Подробные журналы предоставляют доказательства, необходимые командам реагирования для определения источника инцидента безопасности, в то время

Таблица 1. Угрозы безопасности облачной инфраструктуры и меры противодействия

Угрозы	Проблемы	Затронутые облачные службы	Решения
Угрозы утечки данных	Несанкционированный доступ или извлечение данных, приложения или сервиса	<i>IaaS, SaaS, PaaS</i>	Шифрование данных, доказательство хранения, безопасные вычисления с помощью сервера
Злоупотребление облачными сервисами	Потеря валидации сервиса, мошенничество и более активные атаки из-за неидентифицированного входа в систему	<i>PaaS, IaaS</i>	Мониторинг состояния сети и обеспечение надежной регистрации и аутентификации
Взлом	Незаконный контроль определенных авторизованных сервисов неавторизованными пользователями. Кража учетных данных пользователя	<i>IaaS, SaaS, PaaS</i>	Использование надежного механизма аутентификации, политики безопасности и безопасного канала связи
Доставка услуг	Потеря контроля над облачной инфраструктурой	<i>IaaS, SaaS, PaaS</i>	Регулярный мониторинг и контроль облачной инфраструктуры
Небезопасный интерфейс	Неправильная авторизация и передача контента с неверной аутентификацией	<i>IaaS, SaaS, PaaS</i>	Шифрование передачи данных, использование механизмов аутентификации
Вредоносные инсайдеры	Проникновение в ресурсы организации, уничтожение активов, снижение производительности и влияние на операционную деятельность	<i>IaaS, SaaS, PaaS</i>	Процессы безопасности и управления, использующие протокольные отчеты и уведомления о нарушениях
Кража личных данных	Злоумышленник может получить идентификационные данные действительного пользователя для доступа к ресурсам	<i>IaaS, SaaS, PaaS</i>	Применение надежных многоуровневых паролей и механизмов аутентификации

как неполные или отсутствующие журналы препятствуют расследованию. Журналы также являются незаменимым инструментом аудита, помогающим компаниям соответствовать требованиям безопасности и нормативно-правового соответствия [7]. Отчеты, созданные на основе подробных журналов, показывают полную картину взаимодействий, происходящих во всей инфраструктуре.

Решение: компаниям необходимо обеспечить ведение журналов в режиме реального времени для всех критически важных активов, включая базы данных и веб-серверы, а также для облачной инфраструктуры. Запись подробностей о том, кто, когда, к чему и где получил доступ, дает ценные данные, которые помогают

ИТ-командам быстрее реагировать на инциденты безопасности. Регистрация всех критически важных активов обеспечивает более точную отчетность, что дает более полное представление о безопасности инфраструктуры и помогает компаниям соответствовать сложным нормативным требованиям.

На основании изучения имеющихся материалов, их систематизации и обобщения, в табл. 1 представлены угрозы безопасности облачной инфраструктуры и меры противодействия.

Резюмируя результаты проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

Облачные вычисления стали важным компонентом современной ИТ-инфраструктуры

благодаря своей гибкости, масштабируемости и экономии средств. Однако защита облачной инфраструктуры является непростой задачей из-за постоянно меняющегося ландшафта угроз и сложности среды. Для обеспечения макси-

мальной защиты и предупреждения рисков атак целесообразно использовать комбинированные стратегии и методы, которые будут служить эффективным барьером против сложных облачных вторжений.

Список литературы

1. Тонких, А.С. Угрозы безопасности в облачных технологиях и методы их устранения / А.С. Тонких, Е.Ю. Авксентьева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 1–2(88). – С. 232–238.
2. Снитовец, А.В. Стратегии минимизации угроз и инцидентов в облачных платформах / А.В. Снитовец // Актуальные исследования. – 2023. – № 36(166). – С. 28–38.
3. Fernando, L. Cloud-based authentication and key management protocol for advanced metering infrastructure in smart grid / L. Fernando // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. – 2022. – Vol. 33. – Issue 12. – P. 76–84.
4. Беспалова, Н.В. Обеспечение информационной безопасности облачных хранилищ / Н.В. Беспалова, С.В. Нечаев // Вопросы безопасности. – 2023. – № 2. – С. 19–26.
5. Мартышкин, А.И. Меры и рекомендации для повышения уровня защищенности при информационном обмене в виртуализированной среде центров обработки данных / А.И. Мартышкин, А.Ю. Киндаев, М.И. Панфилова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11. – № 4(60). – С. 85–88.
6. Gupta, S. Secure data access using blockchain technology through IoT cloud and fabric environment / S. Gupta, P. Chithaluru // Security and Privacy. – 2023. – Vol. 7. – Issue 2. – P. 112–117.
7. Зубарев, А.В. Современные вызовы и угрозы информационной безопасности публичных облачных решений и необходимые меры защиты / А.В. Зубарев, А.В. Пярн // Защита информации. Инсайд. – 2021. – № 5(101). – С. 48–51.

References

1. Tonkikh, A.S. Ugrozy bezopasnosti v oblachnykh tekhnologiyakh i metody ikh ustraneniya / A.S. Tonkikh, Ye.YU. Avksent'yeva // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk. – 2024. – № 1–2(88). – S. 232–238.
2. Snitovets, A.V. Strategii minimizatsii ugroz i intsidentov v oblachnykh platformakh / A.V. Snitovets // Aktual'nyye issledovaniya. – 2023. – № 36(166). – S. 28–38.
4. Bepalova, N.V. Obespecheniye informatsionnoy bezopasnosti oblachnykh khranilishch / N.V. Bepalova, S.V. Nechayev // Voprosy bezopasnosti. – 2023. – № 2. – S. 19–26.
5. Martyshkin, A.I. Mery i rekomendatsii dlya povysheniya urovnya zashchishchennosti pri informatsionnom obmene v virtualizirovannoy srede tsentrov obrabotki dannykh / A.I. Martyshkin, A.YU. Kindayev, M.I. Panfilova // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. – 2022. – T. 11. – № 4(60). – S. 85–88.
7. Zubarev, A.V. Sovremennyye vyzovy i ugrozy informatsionnoy bezopasnosti publichnykh oblachnykh resheniy i neobkhodimyye mery zashchity / A.V. Zubarev, A.V. Pyarn // Zashchita informatsii. Insayd. – 2021. – № 5(101). – S. 48–51.

© А.А. Колесников, М.Б. Хорошко, 2025

УДК 004.056

А.А. КОЛЕСНИКОВ, М.Б. ХОРОШКО

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», г. Санкт-Петербург;

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет

имени М.И. Платова», г. Новочеркасск

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И АНАЛИЗ ВОПРОСОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБЛАКЕ

Ключевые слова: атака; данные; защита; облачные вычисления; отказ.

Аннотация. В статье проведен анализ ключевых вопросов обеспечения защиты облачных вычислений и поддержки информационной безопасности в облаке. Цель статьи заключается в изучении вопросов, связанных с защитой облачных вычислений и обеспечением информационной безопасности в облаке. Отдельное внимание уделено наиболее значимым угрозам, проблемам и сложностям в обеспечении безопасности облачных вычислений. Проведено сравнение облачной безопасности и традиционной ИТ-безопасности. Формализованы цели, которые призвана достигать безопасность облачных вычислений, и ее основные объекты. Представлена структура модели безопасности облачных вычислений, обозначены ключевые принципы защиты данных в облаке, включая их техническую реализацию. Отмечено, что угрозы кибербезопасности в облачных вычислениях становятся все более сложными и требуют от специалистов больше усилий для анализа бесчисленных предупреждений и инцидентов, а также разработки действенных методов защиты и противодействия. Проведенный в статье анализ позволяет утверждать, что следует использовать широкий спектр технологий, элементов управления, процессов и политик, которые в совокупности позволяют защитить облачные системы, данные и инфраструктуру, а также регулярно их пересматривать и обновлять.

Достижения в области облачных вычислений революционизировали способы ведения бизнеса. От сбора и хранения данных до взаи-

мосвязанной, удобной работы и быстрой масштабируемости – все это дает огромные преимущества, которые позволяют оптимизировать процессы, поддерживать гибкий и устойчивый рост, улучшать качество обслуживания клиентов и повышать конкурентоспособность. Однако, поскольку все больше компаний полагаются на облачные технологии при ведении бизнеса (по оценкам, 64 % предприятий используют облачные сервисы [1]), особую важность приобретают вопросы защиты систем от кибератак и других угроз. Принимая во внимание тот факт, что уровень киберпреступности растет одновременно с повсеместным внедрением облачных технологий (технологический гигант *Microsoft*, по имеющимся данным, ежедневно обнаруживает 1,5 миллиона попыток взлома своих систем [2]), сегодня специалисты решают вопросы разработки передовых способов в области информатики и кибербезопасности, которые помогут защитить облачные вычисления.

Статистика относительно информационной безопасности в облаке неутешительная – по данным *McAfee* с января 2020 г. количество кибератак на облачные сервисы выросло на 630 % [2]. Некоторые мировые лидеры в области кибербезопасности, в том числе Всемирный экономический форум, предсказывают, что быстрый переход к облачным вычислениям приведет к киберпандемии в будущем. Недавний отчет о безопасности в облаке показал, что 66 % респондентов считают, что традиционные решения безопасности либо не работают, либо имеют ограниченную функциональность обеспечения защиты облачных вычислений (рис. 1).

В то же время необходимо отметить, что защита облачных систем и вычислений требу-



Рис. 1. Крупнейшие угрозы облачной безопасности, 2022 г. [3]

ет иного подхода, чем безопасность локальных структур. Новые инструменты безопасности, такие как *Cloud Security Posture Management (CSPM)* и *Cloud Workload Protection Platforms (CWPP)*, помогают организациям получить видимость облачных сред, понять пробелы в безопасности и автоматически их устранить. Однако, несмотря на имеющийся прогресс в создании программных средств информационной безопасности, актуальной остается насущная потребность в защите облачных вычислений, имеющих специфические особенности функционирования. Вопрос требует тщательной проработки, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

В настоящее время разрабатывается большое количество различных технологий защиты облачных вычислительных систем, над этими вопросами трудятся такие авторы, как В.П. Кочин, А.В. Шанцов, М.Ю. Михеев, С. Хилал, А.И. Мартышкин, *Fursan Thabit, Ozgu Can, Ebrahim Naji, Hoda A. Alkhzaimi*.

Созданию эффективного математического аппарата для построения систем безопасности, в том числе моделей искусственных нейронных сетей, посвятили свои публикации В.А. Черепенин, С.П. Воробьев, В.В. Синяцев, Е.Ю. Третьяков, И.В. Дукальская, *Sameer Farooq, Priyanka Chawla, Neeraj Kumar, Anindya Nag, Md. Mehedi Hassan*.

Однако, несмотря на интенсивные исследования, рассматриваемые вопросы защиты информации в облаке еще далеки от своего окончательного решения. Специалисты единогласно утверждают, что для того, чтобы быть готовым к завтрашним векторам атак, необхо-

димо использовать «облачные» решения для защиты соответствующих систем. И они должны удовлетворять динамичным и масштабируемым требованиям облачных развертываний. Таким образом, задача повышения безопасности облачных вычислительных систем требует детальной проработки и более углубленного анализа.

С учетом вышеизложенного цель статьи заключается в изучении вопросов, связанных с защитой облачных вычислений и обеспечением информационной безопасности в облаке.

Прежде всего необходимо отметить, что «облако» или, более конкретно, «облачные вычисления» относятся к процессу доступа к ресурсам, программному обеспечению и базам данных через Интернет и за пределами местных аппаратных ограничений [4]. Эта технология дает организациям гибкость при масштабировании своей деятельности, передавая часть или большую часть управления инфраструктурой сторонним хостинг-провайдерам. В свою очередь, облачная безопасность, также известная как безопасность облачных вычислений, представляет собой комплекс мер, предназначенных для защиты облачной инфраструктуры, приложений и данных. Эти меры обеспечивают аутентификацию пользователей и устройств, контроль доступа к данным и ресурсам, а также защиту конфиденциальности данных. Они также позволяют поддерживать соответствие систем нормативным требованиям.

Традиционная ИТ-безопасность претерпела огромную эволюцию благодаря переходу к облачным вычислениям. Хотя облачные модели обеспечивают больше удобства, постоянное подключение требует новых решений



Рис. 2. Сравнение облачной безопасности и традиционного подхода защиты ИТ-систем (составлено авторами)

для обеспечения защиты данных. Облачная безопасность как модернизированное решение кибербезопасности по нескольким параметрам отличается от устаревших ИТ-моделей. На рис. 2 представлено наглядное сравнение облачной безопасности и традиционного подхода к ИТ-безопасности.

Эффективная стратегия облачной безопасности использует множество политик и технологий для защиты данных и приложений в облачных средах от любой поверхности атаки. Однако следует отметить ряд проблем и сложностей в обеспечении безопасности облачных вычислений, которые обусловлены спецификой самой этой технологии.

1. Отсутствие видимости. Легко потерять либо не так просто получить информацию о том, как и кто получает доступ к данным, поскольку доступ ко многим облачным сервисам осуществляется вне корпоративных сетей и через третьих лиц.

2. Мультиотенантность. В публичных облачных средах под одной крышей размещается множество клиентских инфраструктур. В результате существует вероятность того, что сервисы могут быть скомпрометированы злоумышленниками в качестве сопутствующего ущерба при атаке на других пользователей.

3. Управление доступом и теневые информационные технологии (ИТ). Если в локальных системах предприятиям удастся успешно управлять и ограничивать точки доступа, то в облачных средах администрирование таких же уровней ограничений может быть затруднено.

Это несет риск для тех организаций, которые внедряют политику «принеси свое устройство» (*BYOD*) и разрешают беспрепятственный доступ к облачным службам с любого гаджета или геолокации.

4. Соответствие нормативным требованиям. Управление соответствием нормативным требованиям часто становится источником путаницы для предприятий, использующих публичные или гибридные облачные системы. Общая ответственность за конфиденциальность и безопасность данных по-прежнему лежит на предприятии, а использование сторонних решений для управления этим компонентом может привести к дорогостоящим проблемам с соблюдением законодательно установленных норм.

5. Неправильная конфигурация. Значительная часть взломанных записей может быть связана с неправильно настроенными активами, что делает случайного инсайдера ключевой проблемой для сред облачных вычислений. Неправильная конфигурация может включать в себя установку административных паролей по умолчанию или отсутствие соответствующих настроек конфиденциальности.

Подход к облачной безопасности различен для каждой организации и может зависеть от нескольких переменных. Однако концепция облачной безопасности призвана защитить следующие элементы, независимо от типа организации, используемой стратегии и выбранного спектра мер.

1. Физические сети – маршрутизаторы, электропитание, кабели, климат-контроль и т.д.



Рис. 3. Структура модели безопасности облачных вычислений (составлено авторами)

2. Хранилища данных – жесткие диски и т.д.

3. Серверы данных – основное сетевое вычислительное оборудование и программное обеспечение.

4. Компьютерные системы виртуализации – программное обеспечение виртуальных машин, хост-машины и гостевые машины.

5. Операционные системы – программное обеспечение.

6. *Middleware* – управление интерфейсами прикладного программирования (*API*).

7. Среды выполнения – выполнение и поддержка работающей программы.

8. Данные – вся информация, которая хранится, изменяется и к которой имеется доступ.

9. Приложения – традиционные программные сервисы (электронная почта, пакеты для повышения производительности и т.д.).

10. Аппаратное обеспечение конечного пользователя – компьютеры, мобильные устройства, устройства Интернета вещей (*IoT*) и т.д.

Следует отметить, что на сегодняшний день существует широкий спектр различных стратегий и инструментов, которые можно использовать для обеспечения надежной настройки облачной безопасности. При этом каждая мера

безопасности в облаке должна быть направлена на достижение одной или нескольких из следующих целей [5].

1. Обеспечение возможности восстановления данных в случае их потери.

2. Защита хранилищ и сетей от злонамеренной кражи данных.

3. Предотвращение человеческой ошибки или халатности, которые приводят к утечке данных.

4. Уменьшение последствий любой компрометации данных или системы.

На рис. 3 изображена модель безопасности облачных вычислений и ее основные составляющие.

Подводя итоги, отметим, что угрозы кибербезопасности в облачных вычислениях становятся все более сложными и требуют от специалистов больше усилий для анализа бесчисленных предупреждений и инцидентов, а также разработки действенных методов защиты и противодействия. Проведенный в статье анализ позволяет утверждать, что следует использовать широкий спектр технологий, элементов управления, процессов и политик, которые в совокупности позволят защитить облачные системы, данные и инфраструктуру, а также регулярно их пересматривать и обновлять.

Список литературы

1. Мустафаев, А.Г. Проблемы обеспечения информационной безопасности при облачных вычислениях / А.Г. Мустафаев // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2021. – № 4. – С. 49–54.
2. Khan, A.W. Identification and prioritization of security challenges of big data on cloud

computing based on SLR: A fuzzy-TOPSIS analysis approach / A.W. Khan // Journal of Software: Evolution and Process. – 2021. – Vol. 33. – P. 67–75.

3. Жапаров, Е.О. Проблемы безопасности и стратегии в облачных вычислениях / Е.О. Жапаров // Интернаука. – 2022. – № 44–1(267). – С. 20–21.

4. Авсеенко, А.Д. Особенности обеспечения безопасности облачных вычислений / А.Д. Авсеенко // Естественные и технические науки. – 2023. – № 2. – С. 150–151.

5. Jiang, R. An assessment model for cloud service security risk based on entropy and support vector machine / R. Jiang, Z. Ma // Concurrency and Computation: Practice and Experience. – 2021. – Vol. 33. – Issue 21.

6. Thabit, F. Data security techniques in cloud computing based on machine learning algorithms and cryptographic algorithms: Lightweight algorithms and genetics algorithms / F. Thabit // Concurrency and Computation: Practice and Experience. – 2023. – Vol. 35. – Issue 21.

References

1. Mustafayev, A.G. Problemy obespecheniya informatsionnoy bezopasnosti pri oblachnykh vychisleniyakh / A.G. Mustafayev // Promyshlennyye ASU i kontrollery. – 2021. – № 4. – S. 49–54.

2. Khan, A.W. Identification and prioritization of security challenges of big data on cloud computing based on SLR: A fuzzy-TOPSIS analysis approach / A.W. Khan // Journal of Software: Evolution and Process. – 2021. – Vol. 33. – R. 67–75.

3. Zhaparov, Ye.O. Problemy bezopasnosti i strategii v oblachnykh vychisleniyakh / Ye.O. Zhaparov // Internauka. – 2022. – № 44–1(267). – S. 20–21.

4. Avseyenko, A.D. Osobennosti obespecheniya bezopasnosti oblachnykh vychisleniy / A.D. Avseyenko // Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2023. – № 2. – S. 150–151.

© А.А. Колесников, М.Б. Хорошко, 2025

УДК 621.7.043

В.В. УЛЕСОВ, А.И. МАСЛОВ, С.В. ШАЛЫГА, Р.Р. БУРАНШИНА
АО «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное
объединение машиностроения», г. Реутов

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Ключевые слова: высокоскоростной летательный аппарат; сверхпластическая формовка; сверхпластичность; титановые сплавы.

Аннотация. Доклад посвящен решению комплексного вопроса изготовления конструктивного элемента современного высокоскоростного летательного аппарата (ВСЛА) с повышенными техническими характеристиками. Для достижения поставленной цели был решен ряд задач: выбор материала и технологии производства, определение оптимальных режимов технологического процесса, апробация полученных результатов при изготовлении опытного образца. По результатам анализа отечественной и зарубежной литературы, посвященной данным вопросам, пришли к выводу о том, что технология сверхпластической формовки в сочетании с диффузионной сваркой двухфазного ($\alpha + \beta$) титанового сплава (BT23, BT6 и др.) обладает неоспоримыми преимуществами по сравнению с традиционными технологиями. Опытным путем был получен оптимальный температурно-скоростной режим технологического процесса, подтверждена гипотеза оптимальных условий сверхпластичности – наилучшая структура образца была получена при температуре выше температуры начала рекристаллизации и ниже температуры плавления (развития собирательной рекристаллизации). На стендовой базе АО «ВПК «НПО машиностроения» был изготовлен опытный образец отсека ВСЛА. Анализ полученного образца показал высокое качество и прочность изделия.

В современном мире технологии высокоскоростного движения становятся ключевым фактором технологического превосходства го-

сударств и прорыва в освоении новых горизонтов. В связи с постоянно возрастающими требованиями новые разработки должны соответствовать характеристикам, в разы превосходящим характеристики их аналогов и предшественников. Скорости летательных аппаратов, превышающие число Маха в пять раз и более, открывают новые возможности в военной сфере, космонавтике и гражданской авиации, одновременно представляя собой сложнейшую научную и инженерную задачу. Причиной этого является принципиальная невозможность отделить вопросы достижения необходимых характеристик ВСЛА от вопросов материаловедения, технологии и наземной экспериментальной разработки. АО «ВПК «НПО машиностроения» ведет исследования высокоскоростных полетов в плотных слоях атмосферы начиная с конца 1950-х гг. За это время были сформированы и практически проверены научно-методические, проектные и технологические подходы к созданию ВСЛА.

Проектирование летательного аппарата, предназначенного для совершения полета на скоростях более пяти Махов в плотных слоях атмосферы, требует учета ряда особенностей, присущих данному классу летательных аппаратов и вызванных в первую очередь именно высокой скоростью полета. Материалы корпуса ВСЛА в процессе полета в плотных слоях атмосферы подвергаются интенсивному аэродинамическому нагреву. В связи с этим техническое совершенство материалов этого класса в значительной степени определяет тактико-технические характеристики проектируемых ВСЛА, накладывая серьезные ограничения на формирование линии их движения. Уровень температур, до которых нагревается внешняя поверхность корпуса ВСЛА, оценивается вели-

чинами порядка 1 500 °С. Для предохранения полезной нагрузки от перегрева необходима тепловая защита. Вариантом реализации такой защиты является многослойная конструкция, содержащая в своем составе легковесную теплоизоляцию, препятствующую проникновению тепла к силовому корпусу изделия. В свою очередь, силовой корпус является высокоответственным конструкционным элементом, что накладывает высокие требования на материал и технологию изготовления данных элементов.

Широкое распространение для изготовления подобных конструкций получили титановые сплавы. Сравнительно небольшая плотность в сочетании с довольно высокими прочностными характеристиками обеспечивает титановым сплавам более высокую удельную прочность (отношение прочностных характеристик к плотности) в широком интервале температур по сравнению с алюминиевыми сплавами, сталями и жаропрочными никелевыми сплавами. Это обстоятельство является решающим фактором, определяющим предпочтительность применения титана в авиационной и аэрокосмической технике. Также отличительной чертой титановых сплавов является проявление эффекта сверхпластичности (способности материалов при определенных температурно-скоростных условиях проявлять высокое удлинение в сотни и даже тысячи процентов при относительно низких напряжениях течения), что открывает возможность к использованию современной технологии сверхпластической формовки, совмещенной с диффузионной сваркой. Сочетание таких двух процессов позволяет получать титановые детали, которые не могут быть изготовлены другими способами, при этом снижение стоимости и веса конструкции может составлять 20–50 %. Характерной особенностью, способствующей снижению стоимости и веса конструкций, является сокращение необходимого объема механической обработки, числа деталей и трудоемких дорогостоящих операций. Большое распространение данный процесс получил в производстве летательных аппаратов при производстве обтекателей, люков, элементов оперения и других нагружаемых конструкций.

Основным вопросом для изготовления качественных изделий данным способом является подбор материала и выбора оптимальных режимов процесса. Таким образом, на языке материаловедения и технологии проблема получения

изделий повышенной надежности состоит в том, чтобы:

- 1) выделить (установить) те механические свойства материала, от которых главным образом зависит повышенная надежность изделия;
- 2) установить вид структуры материала, обеспечивающий наибольшие значения характеристик именно этих механических свойств;
- 3) получить в материале изделия структуру именно этого вида (или в определенных частях изделия структуру определенного типа);
- 4) в изделиях массового производства обеспечить стабильное получение структуры требуемого типа.

Принято считать, что любой сплав с ультрамелким равноосным зерном при повышенных температурах и достаточно низких скоростях деформации может в большей или меньшей мере проявлять признаки сверхпластичности. Однако для практического использования эффекта сверхпластичности недостаточно иметь в исходной заготовке ультрамелкое зерно [1; 2]. Необходимо еще сохранить малый размер зерна в течение всего времени сверхпластической деформации. Результаты анализа множества проведенных исследований фазового состава и механических свойств различных титановых сплавов показывают, что двухфазные ($\alpha + \beta$)-сплавы (BT23, BT6 и др.) при деформации в двухфазном состоянии обеспечивают условия стабильности ультрамелкозернистой структуры на протяжении всего процесса и обладают наиболее благоприятным сочетанием механических и технологических свойств по сравнению с другими сплавами на основе титана для их обработки в состоянии сверхпластичности. У данных сплавов микродуплексная структура, у которой зерна двух фаз перемещаются в пространстве и объемное соотношение фаз близко к 50 %:50 %. У этих сплавов максимально развита поверхность раздела двух фаз с разным типом кристаллической решетки и разным химическим составом и поэтому максимально взаимное торможение роста зерен этих фаз. Механические свойства сплавов этого класса изменяются в довольно широких пределах. К тому же эти сплавы термически упрочняются путем закалки и старения, что позволяет получить в них высокопрочное состояние [3–6; 9].

Подбор оптимальных температурно-скоростных режимов проведения сверхпластической деформации осуществлялся опытным путем по результатам серии испытаний. Для

Таблица 1. Режимы испытаний

Температура деформации, °C	800, 830, 860				
Скорость деформации, с ⁻¹	3×10^{-5}	3×10^{-4}	3×10^{-3}	3×10^{-2}	3×10^{-1}

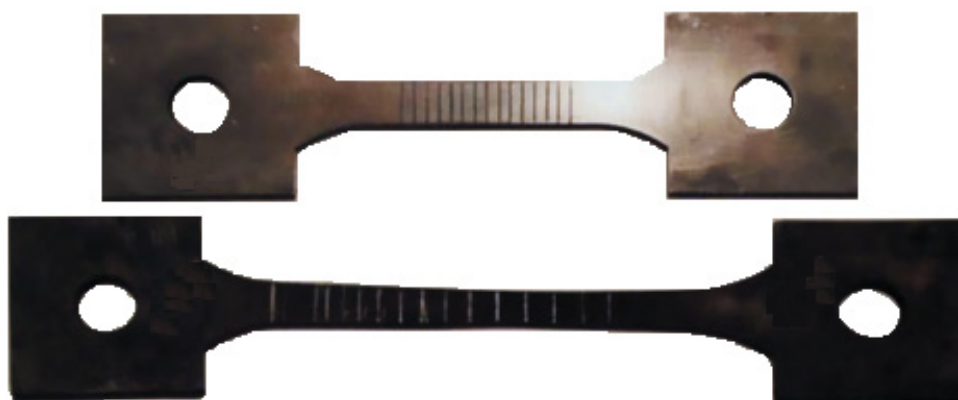


Рис. 1. Фотография исходного и растянутого образца

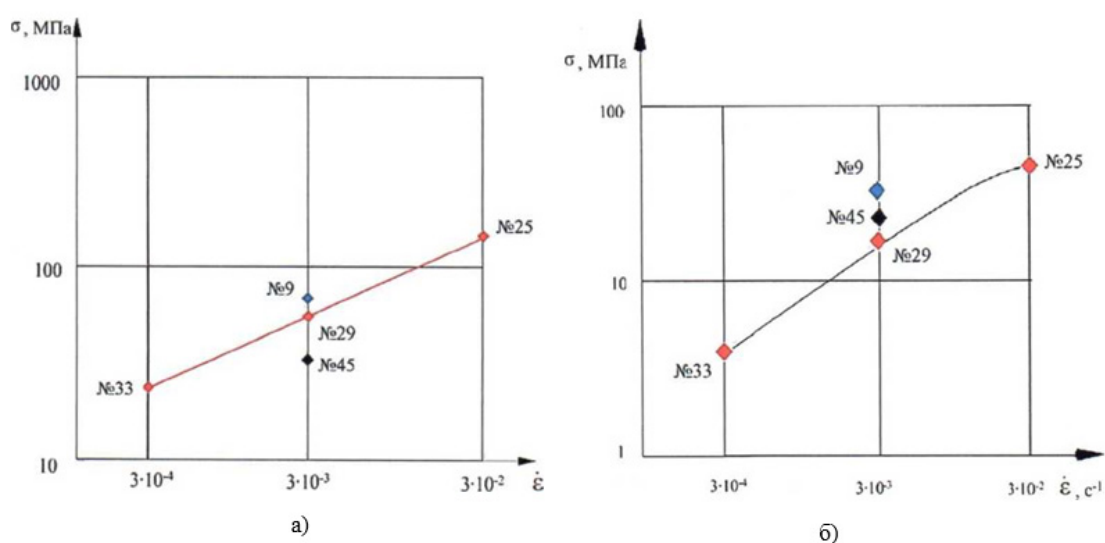


Рис. 2. Реологические кривые $\sigma(\dot{\epsilon})$: а) максимальных значений напряжений деформации во время испытаний; б) для напряжений в конце деформации

проведения исследования прокатный лист из титанового сплава ВТ23 толщиной 3,6 мм был нарезан на образцы для растяжения с двумя отверстиями для захватов. Суть испытаний заключалась в исследовании сверхпластического растяжения образцов при различных температу-

рах и скоростях деформации с целью получения оптимальной микроструктуры материала. Условия испытаний представлены в табл. 1.

На каждый режим выделялось два образца: первый вырезан вдоль, другой поперек направления прокатки листа. Рабочая часть образцов

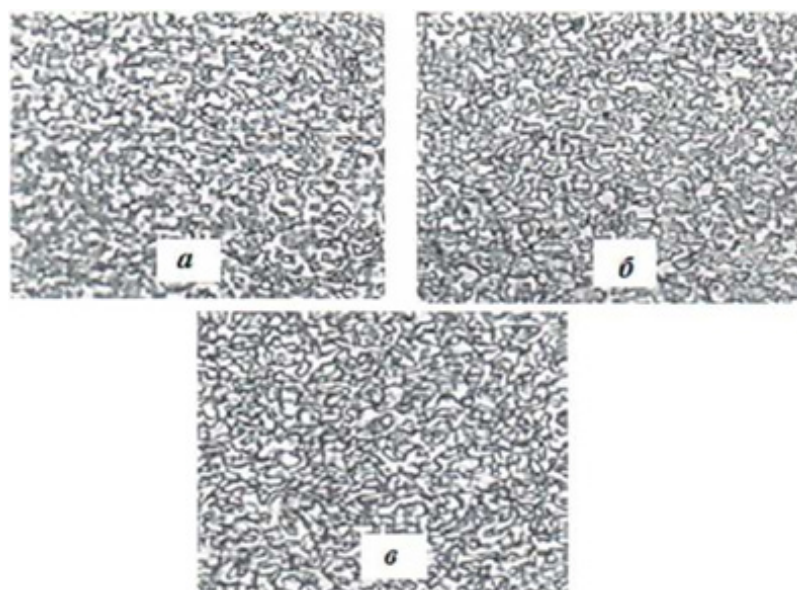


Рис. 3. Структуры деформированных при: а) 800 °С; б) 830 °С; в) 860 °С образцов в зоне деформации. Увеличение в 800 раз

размечена для определения степени растяжения. Испытания проводились на универсальной электромеханической машине *INSTRON 3 382*, нагрев обеспечивался высокотемпературной печью *INSTRON SF*.

Образцы были нагреты, каждый до нужной температуры и с нужной скоростью в соответствии с планом испытаний, и растянуты примерно в два раза. Результатом стали графики зависимости напряжения течения от степени деформации каждого из образцов. Данные из полученных зависимостей служили для последующего расчета реологических кривых $\sigma(\epsilon)$ по значениям максимальных напряжений и значений напряжений в конце эксперимента.

Для исследования эволюции структуры в процессе сверхпластической деформации были изготовлены шлифы из части головки образца, находившейся в захвате, и из середины образца в очаге сверхпластической деформации. Микроструктура в исходном состоянии мелкозернистая с вытянутыми в направлении прокатки зернами α - и β -фаз. По сравнению со структурой исходного образца в шлифах, вырезанных из головок образцов, наблюдается уменьшение вытянутости зерен, с повышением температуры нагрева, что связано с частичной глобуляризацией зерен. На рис. 3 микроструктура деформированных частей образцов также меняется с повышением температуры – распределение α - и

β -фаз друг относительно друга становится более однородным, вытянутость зерен устраняется. Размер зерна практически не изменяется и находится в пределах от 1,5 до 3 мкм.

По результатам испытаний получили, что оптимальным режимом для проведения сверхпластической формовки с точки зрения микроструктуры является температура 860 °С со скоростью деформации $3 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. При данной температуре структура наиболее равномерная и равноосная.

На основании проведенных исследований на стендовой базе АО «ВПК «НПО машиностроения» был смоделирован технологический процесс и впоследствии изготовлен опытный образец отсека ВСЛА методом сверхпластической формовки, совмещенной с диффузионной сваркой. Процесс проводился по вышеописанным режимам. Отсек производился из прокатного листа титанового сплава ВТ6с. Анализ полученного изделия показал высокое качество заготовки по сравнению с традиционными методами изготовления.

Данный эксперимент положил начало серии научно-исследовательских работ по изучению сверхпластической формовки, совмещенной с диффузионной сваркой с целью создания более сложных конструкций с повышенными эксплуатационными характеристиками. В результате были проработаны и впоследствии запатентованы следующие новшества [7; 8]:



Рис. 4. Фотографии заготовки (а) и опытного образца (б)

– способ изготовления заготовок из титанового сплава ВТ6 методом сверхпластической деформации, включающий газовую формовку при температуре от 870 °С до 1 000 °С и скоростях деформации 10^{-4} с^{-1} и термическую обработку готовых заготовок при температуре от 870 °С до 950 °С с выдержкой при гомогенизации и старении от 450 °С до 600 °С (патент РФ № 2569441);

– способ изготовления деталей из титанового сплава ВТ6 методом сверхпластической деформации, включающий газовую формовку деталей при заданных температуре и скорости деформации, отличающийся тем, что предварительно проводят электролитическую модификацию сплава никелем, затем нагревают его до температуры 926 °С, а газовую формовку осуществляют при температуре 815 °С и скорости деформации $2 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ до достижения равного соотношения α - и β -фаз микроструктуры сплава

(патент РФ № 2614919).

Исследование, разработка и успешное апробирование технологических процессов формовки изделий из листов сверхпластичных титановых сплавов ВТ6с, ВТ6 и ВТ23, проведенные АО «ВПК «НПО машиностроения», а также обобщение зарубежного опыта позволили сформулировать основные положения по проектированию технологических процессов формовки изделий из листа в состоянии сверхпластичности, конструированию оснастки и выбору параметров технологических режимов. Проведенные исследования послужили основой для создания силовых конструктивных элементов ВСЛА с необходимыми характеристиками. Были созданы технологии производства методом сверхпластической формовки, превосходящие имеющиеся технологии. Результаты подкреплены патентами РФ и внедрены в производство.

Список литературы

1. Кайбышев, О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов / О.А. Кайбышев. – М. : Металлургия, 1984. – 264 с.
2. Новиков, И.И. Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном / И.И. Новиков, В.К. Портной. – М. : Машиностроение, 1981. – 168 с.
3. Панкова, К.В. Особенности разработки уплотнительной манжеты обтюрирующего пояса летательного аппарата / К.В. Панкова, А.И. Маслов, А.А. Лизунов // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 6(168). – С. 68–72.
4. Улесов, В.В. Разработка технологии изготовления титановых конструкций приборных отсеков летательных аппаратов методом сверхпластической формовки и диффузионной сварки / В.В. Улесов [и др.] // Научные материалы III МНТК «Аэрокосмические технологии». – Реутов–Москва, 2014. – С. 52–56.
5. Пейтон, Н. Сверхпластическая формовка конструктивных сплавов / Н. Пейтон, Ч. Гамильтон; пер. с англ. – М.: Металлургия, 1985.

6. Смирнов, О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности / О.М. Смирнов. – М. : Машиностроение, 1979. – 184 с.
7. Улесов, В.В. Способ изготовления деталей из титановых сплавов: пат. 2569441 Рос. Федерация / В.В. Улесов [и др.]. – № 2014127577; заявл. 08.07.2014; опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. – 5 с.
8. Улесов, В.В. Способ изготовления деталей из титановых сплавов: пат. 2614919 Рос. Федерация / В.В. Улесов [и др.]. – № 2015146651; заявл. 29.10.2015; опубл. 30.03.2017, Бюл. № 10. – 3 с.
9. Чумаченко, Е.Н. Сверхпластичность / Е.Н. Чумаченко, О.М. Смирнов, М.А. Цепин. – М. : КомКнига, 2005. – 320 с.

References

1. Kaybyshev, O.A. Sverkhplastichnost' promyshlennykh splavov / O.A. Kaybyshev. – М. : Metallurgiya, 1984. – 264 s.
2. Novikov, I.I. Sverkhplastichnost' splavov s ul'tramelkim zernom / I.I. Novikov, V.K. Portnoy. – М. : Mashinostroyeniye, 1981. – 168 s.
3. Pankova, K.V. Osobennosti razrabotki uplotnitel'noy manzhety obtyuriruyushchego poyasa letatel'nogo apparata / K.V. Pankova, A.I. Maslov, A.A. Lizunov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 6(168). – S. 68–72.
4. Ulesov, V.V. Razrabotka tekhnologii izgotovleniya titanovykh konstruksiy pribornykh otsekov letatel'nykh apparatov metodom sverkhplasticheskoy formovki i diffuzionnoy svarki / V.V. Ulesov [i dr.] // Nauchnyye materialy III MNTK «Aerokosmicheskiye tekhnologii». – Reutov–Moskva, 2014. – S. 52–56.
5. Peyton, N. Sverkhplasticheskaya formovka konstruksionnykh splavov / N. Peyton, CH. Gamil'ton; per. s angl. – М.: Metallurgiya, 1985.
6. Smirnov, O.M. Obrabotka metallov davleniyem v sostoyanii sverkhplastichnosti / O.M. Smirnov. – М. : Mashinostroyeniye, 1979. – 184 s.
7. Ulesov, V.V. Sposob izgotovleniya detaley iz titanovykh splavov: pat. 2569441 Ros. Federatsiya / V.V. Ulesov [i dr.]. – № 2014127577; yayavl. 08.07.2014; opubl. 27.11.2015, Byul. № 33. – 5 s.
8. Ulesov, V.V. Sposob izgotovleniya detaley iz titanovykh splavov: pat. 2614919 Ros. Federatsiya / V.V. Ulesov [i dr.]. – № 2015146651; yayavl. 29.10.2015; opubl. 30.03.2017, Byul. № 10. – 3 s.
9. Chumachenko, Ye.N. Sverkhplastichnost' / Ye.N. Chumachenko, O.M. Smirnov, M.A. Tsepin. – М. : KomKniga, 2005. – 320 s.

© В.В. Улесов, А.И. Маслов, С.В. Шалыга, Р.Р. Бураншина, 2025

УДК 621.6

С.В. КУРОВСКИЙ¹, Д.А. МИШИН¹, Н.Д. ИВАНОВ², В.А. ГАФАРОВА²

¹ООО «Высшая школа образования», г. Одинцово;

²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЖРЕМОНТНОГО ЦИКЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

Ключевые слова: межремонтный цикл; нефтяная отрасль; оптимизация; основные средства; технологическое оборудование.

Аннотация. В статье рассматриваются технологические решения оптимизации межремонтного цикла основных средств, используемых в нефтяной отрасли. Цель – представить технологию оптимизации межремонтного цикла технологического оборудования нефтяной отрасли. Задачи исследования: представить специфику внедрения запорно-регулирующего клапана как фактора оптимизации межремонтного цикла технологического оборудования нефтяной отрасли; обозначить достоинства модели запорно-регулирующего клапана. Гипотеза исследования состоит в том, что модель запорно-регулирующего клапана способствует увеличению уровня автоматизации реализуемых технологических процессов. Результаты, которые были достигнуты в процессе исследования: рассмотрены ключевые недостатки механических терморегуляторов в технологических установках «Хитер-Тритер», приведена специфика внедрения запорно-регулирующего клапана как фактора оптимизации межремонтного цикла технологического оборудования нефтяной отрасли.

Введение

В российских условиях разработка месторождений углеводородов, в частности нефтяных, сталкивается с различными сложностями. Зачастую это низкий уровень инфраструктурной обеспеченности территорий разработки месторождений нефти. Значительное воздействие на степень качества и скорость разработки ме-

сторождений нефти оказывают физико-химический состав грунта и геологические характеристики территории. Помимо этого, подавляющее число российских месторождений нефти находится на таком этапе эксплуатации, когда планомерно возрастает обводненность пластов нефтяных скважин, уменьшаются дебиты нефти.

Глобальный тренд повышения объема потребления нефтяных ресурсов приводит к стремительному развитию технологического оборудования нефтедобычи. В связи с этим целесообразно эксплуатировать нефтяные скважины посредством высокопроизводительных технологических решений, которые дают возможность оптимизировать режим работы нефтяных скважин (в обычных и осложненных условиях), межремонтный цикл технологического оборудования нефтяной отрасли, автоматизировать технологический процесс расходования топливных ресурсов, регулировать температуру на поверхности нефтяных трубопроводов, увеличить уровень эффективности управления временем труда, работы технологического оборудования нефтяной отрасли, повысить степень стойкости технологического оборудования [1–5].

Внедрение запорно-регулирующего клапана как фактора оптимизации межремонтного цикла технологического оборудования нефтяной отрасли

Ключевое место в нефтедобыче занимает этап подготовки нефтяных ресурсов. В составе нефти могут присутствовать различные минеральные соли, которые могут способствовать коррозии нефтяных трубопроводов и технологического оборудования [6–9], механические примеси, порождающие абразивный износ не-



Рис. 1. Модель запорно-регулирующего клапана, которую предлагается внедрить для оптимизации межремонтного цикла [10]

фтяных трубопроводов, химические отложения, сокращающие степень качества конечных продуктов нефти. Помимо этого, механические примеси и химические отложения могут вызвать нарушения производственного режима нефтепереработки.

В целях осуществления операций подготовки нефтяных ресурсов к рыночной реализации и транспортировке применяются технологические установки «Хитер-Тритер». Они предназначены для нагрева эмульсии, последующего разделения данной эмульсии на газ, нефть и воду. В структуре технологических установок присутствует механический терморегулятор, который применяется для того, чтобы регулировать подачу и объем газа топливных горелок, что увеличивает или снижает уровень температуры на поверхности нефтяных трубопроводов.

Ключевые недостатки механических терморегуляторов в технологических установках «Хитер-Тритер» перечислены ниже:

- достаточно высокая степень вероятности некорректной работы при неблагоприятных

климатических условиях, осложненных условиях нефтедобычи и транспортировки;

- на поверхности нефтяных трубопроводов образуются химические отложения и механические примеси;

- весьма короткий межремонтный цикл основных средств (технологических установок);

- необходимость участия работников производственно-технического подразделения.

Для того чтобы оптимизировать временные интервалы межремонтного цикла технологических установок, предупредить смывания химических отложений, прогаров поверхности нефтяных трубопроводов, целесообразно внедрить запорно-регулирующий клапан. С его помощью можно автоматизировать подогрев нефтяной эмульсии, этап подготовки нефтяных ресурсов к рыночной реализации и транспортировке, предотвратить различные изменения на поверхности нефтяного трубопровода (перегрев, прогар, деформацию), повысить период эксплуатации жаровых труб. Модель запорно-регулирующего клапана проиллюстрирована

Таблица 1. Перечень ключевых технических характеристик модели запорно-регулирующего клапана (составлено авторами на основе [10])

Наименование технической характеристики	Содержание (значение)
Тип запорного регулирования	Регулирующий
Рабочая среда	Нефть, вода, природный газ, пар, воздух
Максимальный уровень температуры, градусов по Цельсию	200
Минимальный уровень температуры, градусов по Цельсию	–40
Тип присоединения клапана	Фланцевый
Основной материал корпуса	Сталь
Диаметр условного прохода клапана, Ду, мм	15
Давление, Ру, бар	40
Модель привода	<i>ST mini</i>
Тип привода	Пневматический

на рис. 1.

Ключевые технические характеристики модели запорно-регулирующего клапана обозначены в табл. 1.

Достоинства предлагаемой в данном исследовании модели запорно-регулирующего клапана.

1. Крайне высокий уровень надежности и долговечности.

2. Наличие возможности контроля потока рабочей среды.

3. Простое техническое и ремонтное обслуживание.

4. Работоспособность даже в осложненных и неблагоприятных климатических условиях.

5. Быстрое и точное реагирование на команды работников производственно-технического подразделения.

Практическое использование запорно-регулирующего клапана способствует увеличению уровня автоматизации реализуемых технологических процессов, оптимизации расходования топливных ресурсов, уровня температуры на рабочей поверхности и внутри нефтяных трубопроводов.

После запуска запорно-регулирующего клапана начинается контроль объема дымовых газов, уровня температуры на рабочей поверхности и внутри нефтяных трубопроводов. Это

способствует выявлению временных интервалов межремонтного цикла. Если фактический уровень температуры не соответствует первоначальному параметру, тогда необходим ремонт участка нефтяного трубопровода в целом, например, жаровой трубы.

За счет заданных показателей температурного режима работы нефтяного технологического оборудования произойдут оптимизация межремонтного цикла, а также автоматизация этапа подготовки нефтяных ресурсов к рыночной реализации и транспортировке.

Выводы

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что рассмотренные вопросы в данном научном исследовании обладают крайне высокой актуальностью для отечественной нефтяной отрасли: внедрение запорно-регулирующего клапана как фактора оптимизации межремонтного цикла технологического оборудования нефтяной отрасли.

Практическое использование запорно-регулирующего клапана способствует увеличению уровня автоматизации реализуемых технологических процессов, оптимизации расходования топливных ресурсов, уровня температуры на рабочей поверхности и внутри нефтяных трубопроводов.

Список литературы

1. Лунева, Н.Н. Применение информационных технологий в управлении и организации проведения ремонтов на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки / Н.Н. Лунева, Т.М. Левина // Вестник экономики и менеджмента. – 2016. – № 3. – С. 26–30.
2. Цивелев, К.В. Эксплуатация скважин в режиме периодического кратковременного включения и разработка рекомендаций по оптимизации работы установки электроцентробежного насоса / К.В. Цивелев // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2015. – № 1. – С. 180–183.
3. Харисов, Р.А. Вязкая прочность труб с трещиноподобными дефектами / Р.А. Харисов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – № 4(90). – С. 101–106.
4. Харисов, Р.А. Разработка конструкции изоляционной ленты с двусторонним липким слоем / Р.А. Харисов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2009. – № 2. – С. 18.
5. Ишкинеев, Д.А. Методические аспекты подбора промышленного оборудования для эксплуатации скважин мелких месторождений высоковязких нефтей Татарстана / Д.А. Ишкинеев, А.В. Чибисов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 4. – С. 40–47.
6. Мустафин, Ф.М. Определение оптимальной конструкции защитных покрытий трубопроводов методом экспертной оценки / Ф.М. Мустафин, Р.А. Харисов // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2009. – № 1(13). – С. 42–46.
7. Харисов, Р.А. Расчетная оценка кривых малоциклового трещиностойкости металла труб / Р.А. Харисов, Ш.З. Исаев, А.М. Латыпов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2012. – № 2. – С. 349–353.
8. Харисов, Р.А. Усовершенствование метода оценки трещиностойкости металла труб / Р.А. Харисов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 2. – С. 8–10.
9. Харисов, Р.А. Оценка скорости локализованной коррозии и охрупчивания металла труб / Р.А. Харисов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 3. – С. 24–27.
10. Универсальный запорно-регулирующий клапан КЗР 25с947п Ду15 Ру40 с приводом ST mini – надежное решение для точного контроля параметров в системе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosarmat.org.ru/klapan-zaporno-reguliruyuschij-kzr-25s947p-du15-ru40-s-privodom-st-mini>.

References

1. Luneva, N.N. Primeneniye informatsionnykh tekhnologiy v upravlenii i organizatsii provedeniya remontov na predpriyatiyakh neftekhimii i neftepererabotki / N.N. Luneva, T.M. Levina // Vestnik ekonomiki i menedzhmenta. – 2016. – № 3. – S. 26–30.
2. Tsivelev, K.V. Ekspluatatsiya skvazhin v rezhime periodicheskogo kratkovremennogo vklyucheniya i razrabotka rekomendatsiy po optimizatsii raboty ustanovki elektrotsentrobezhnogo nasosa / K.V. Tsivelev // Problemy razrabotki mestorozhdeniy uglevodorodnykh i rudnykh poleznykh iskopayemykh. – 2015. – № 1. – S. 180–183.
3. Kharisov, R.A. Vyazkaya prochnost' trub s treshchinopodobnymi defektami / R.A. Kharisov // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov. – 2012. – № 4(90). – S. 101–106.
4. Kharisov, R.A. Razrabotka konstruksii izolyatsionnoy lenty s dvustoronnim lipkim sloym / R.A. Kharisov // Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoye delo». – 2009. – № 2. – S. 18.
5. Ishkineyev, D.A. Metodicheskiye aspekty podbora promyslovogo oborudovaniya dlya ekspluatatsii skvazhin melkikh mestorozhdeniy vysokovyazkikh neftey Tatarstana / D.A. Ishkineyev, A.V. Chibisov // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov. – 2014. – № 4. – S. 40–47.
6. Mustafin, F.M. Opredeleniye optimal'noy konstruksii zashchitnykh pokrytiy truboprovodov

metodom ekspertnoy otsenki / F.M. Mustafin, R.A. Kharisov // Truboprovodnyy transport: teoriya i praktika. – 2009. – № 1(13). – S. 42–46.

7. Kharisov, R.A. Raschetnaya otsenka krivykh malotsiklovoy treshchinostoykosti metalla trub / R.A. Kharisov, SH.Z. Isayev, A.M. Latypov // Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoye delo». – 2012. – № 2. – S. 349–353.

8. Kharisov, R.A. Usovershenstvovaniye metoda otsenki treshchinostoykosti metalla trub / R.A. Kharisov // Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2013. – № 2. – S. 8–10.

9. Kharisov, R.A. Otsenka skorosti lokalizovannoy korrozii i okhrupchivaniya metalla trub / R.A. Kharisov // Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2013. – № 3. – S. 24–27.

10. Universal'nyy zaporno-reguliruyushchiy klapan KZR 25s947p Du15 Ru40 s privodom ST mini – nadezhnoye resheniye dlya tochnogo kontrolya parametrov v sisteme [Electronic resource]. – Access mode : <https://rosarmatorg.ru/klapan-zaporno-reguliruyuschij-kzr-25s947p-du15-ru40-s-privodom-st-mini>.

© С.В. Куровский, Д.А. Мишин, Н.Д. Иванов, В.А. Гафарова, 2025

УДК 621.867

А.С. СЕРГЕЕВ, Е.А. ГОРШКОВ

ООО «МегаСервис», г. Санкт-Петербург;

Балаковский филиал ФГБОУ ВО «Саратовская государственная
юридическая академия, г. Балаково

КОМПОЗИТНЫЙ КОРПУС РОЛИКА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА ОСНОВЕ РА6 GF30: КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ

Ключевые слова: вальцовка; композитный корпус; конвейерный ролик; отказатьоустойчивость; полиамид; пылеабразивная среда; ребра жесткости; технологическая эффективность; РА6 GF30.

Аннотация. В статье представлена конструкция композитного корпуса ленточного конвейерного ролика, изготовленного из полиамида РА6, армированного 30 % стекловолокна (РА6 GF30). Описаны ключевые технологические и конструктивные особенности: система ребер жесткости, вальцовка вместо сварки, элементы противопылевой защиты и направляющие для центровки подшипников. Проведены лабораторные и промышленные испытания, подтвердившие геометрическую стабильность, ударопрочность, стойкость к истиранию и отказатьоустойчивость конструкции. Представленная разработка ориентирована на применение в условиях абразивной и влажной среды, обеспечивая надежную и безопасную эксплуатацию транспортного оборудования.

абразивному и коррозионному износу [5].

Традиционно корпуса роликов изготавливаются из стальных заготовок и соединяются с обечайкой методом сварки. Несмотря на относительную простоту такой конструкции, она имеет существенные недостатки: значительную массу, подверженность коррозии, риск повреждения транспортной ленты при заклинивании подшипников [2].

В условиях необходимости повышения эксплуатационной надежности и сокращения совокупных затрат все более актуальным становится внедрение инновационных материалов и конструктивных решений. В настоящей работе представлен анализ конструкции нового композитного корпуса ролика, изготовленного из армированного полиамида (РА6 GF30) с применением усиления в виде ребер жесткости и защитных элементов. Предлагаемая конструкция ориентирована на снижение массы, повышение безопасности и ремонтпригодности, а также на усиление технологичности производства.

Обзор существующих конструкций и решений

Введение

Надежность и долговечность ленточных конвейерных роликов напрямую влияет на непрерывность производственного цикла, снижение простоев оборудования и общую эффективность предприятия. Одним из наиболее уязвимых компонентов ролика является его корпус, воспринимающий как статические, так и динамические нагрузки, а также подверженный

В промышленной практике корпуса конвейерных роликов выполняются преимущественно из стали, реже – из полимеров или композиционных материалов. Конструкция и применяемый материал корпуса определяют его массу, срок службы, устойчивость к абразивно-пылевой и коррозионной средам, а также безопасность при аварийных отказах [9]. Анализ распространенных конструкций показывает, что ни одно из применяемых решений не обеспечивает

одновременно высокой надежности, малой массы, технологичности и предсказуемого поведения при заклинивании подшипникового узла.

Стальные сварные корпуса представляют собой торцевые элементы, соединенные с металлической обечайкой посредством сварки. Преимуществами являются высокая статическая прочность и отработанная технология производства. К числу недостатков относятся значительная масса, подверженность коррозии, повреждения от повторно-циклических нагрузок в зоне сварного шва, а также риск повреждения конвейерной ленты при аварийных отказах [6].

Точеные и штампованные корпуса имеют различную производственную специфику. Точеные конструкции обеспечивают высокую точность геометрии и посадок, но отличаются повышенной трудоемкостью изготовления и значительной массой. Штампованные варианты позволяют снизить себестоимость в массовом производстве, однако уступают в прочности в зонах вытяжки и требуют антикоррозионной защиты. В обоих случаях сохраняется риск опасного отказа с повреждением ленты [4].

Полимерные корпуса обеспечивают снижение массы и стойкость к коррозии, однако при использовании неармированных пластиков ограничены по прочности, жесткости и ударной стойкости [10]. Композиты на основе полиамидов с армированием стекловолокон позволяют повысить жесткостные характеристики и износостойкость, сохранив преимущества малой плотности и химической стойкости.

Сопряжение корпуса с обечайкой в действующих конструкциях реализуется сваркой, посадкой с натягом, клеевыми соединениями или механической вальцовкой. Сварка остается наиболее распространенным методом, но сопряжена с риском разрушения шва и повреждения ленты при отказах подшипникового узла. Посадка с натягом требует высоких точностных допусков и качества обработки поверхностей, клеевые соединения чувствительны к загрязнению и температурным колебаниям. Механическая вальцовка исключает термическое воздействие и обеспечивает контролируемый сценарий отказа, при котором не формируются острые кромки, способные повредить ленту [8].

Совокупная оценка показывает, что существующие конструкции не в полной мере соответствуют современным требованиям по сочетанию надежности, безопасности, техноло-

гичности и ремонтпригодности. Это обуславливает целесообразность разработки корпуса из композиционного материала с интегрированными защитными элементами и механическим соединением с обечайкой, что и реализовано в представленной работе.

Материалы и методы

В качестве конструкционного материала для корпуса ролика был выбран полиамид 6, армированный 30 % стекловолокна (*PA6 GF30*). Данный композит сочетает высокие прочностные характеристики, стойкость к истиранию и агрессивным средам, а также обладает низкой плотностью, что позволяет снизить массу изделия без ущерба для его надежности. Дополнительно материал демонстрирует стабильность линейных размеров, хорошую обрабатываемость и пригодность для литья под давлением, что делает его оптимальным для серийного производства [3; 7].

На этапе проектирования были рассмотрены два основных варианта конструкции: массивный цельнолитой корпус и облегченный корпус с развитой системой ребер жесткости. Вариант цельнолитой конструкции оказался неэффективен по результатам расчетов и опытного литья, так как продемонстрировал избыточную массу, сложность контроля геометрии при охлаждении и высокую стоимость. В связи с этим была принята схема с радиальными ребрами жесткости, обеспечивающая требуемую прочность при меньшей массе, а также дополнительную устойчивость к ударным нагрузкам за счет демпфирующего эффекта.

Сопряжение корпуса с металлической обечайкой выполнено методом вальцовки: край трубы механически закатывается внутрь по наружному радиусу композитного корпуса. В отличие от традиционного стального исполнения, где используется сварка, такая схема сопряжения позволяет исключить риск повреждения транспортной ленты в случае заклинивания подшипника. При отказе узла происходит разрушение корпуса, а не его проворот или срыв, что предотвращает образование острых кромок и сохраняет целостность ленты. Конструкция обеспечивает надежную фиксацию без применения термических соединений и повышает общую безопасность эксплуатации. Точная посадка достигается за счет наличия наплывов на корпусе, компенсирующих допуски толщины



Рис. 1. Внешний вид композитного корпуса конвейерного ролика

трубы (в пределах $\pm 10\%$ по ГОСТ) [1]. Сборка выполняется на гидравлическом прессе с контролем усилия и позиционированием по сварному шву трубы, что предотвращает проворот корпуса во время эксплуатации.

Технологический процесс изготовления корпуса включает литье под давлением с одновременным формированием всех конструктивных элементов: ребер жесткости, противопылевых каналов, фиксатора от проворота и маркировки партии. Перед заливкой расплава подшипник устанавливается внутрь пресс-формы, после чего корпус формируется непосредственно вокруг него. Такой способ обеспечивает точную центровку и надежную фиксацию подшипника в конструкции. После литья проводится контроль геометрии и качества посадки. Завершающим этапом является запрессовка корпуса в металлическую обечайку с последующей вальцовкой краев.

Оценка эксплуатационных характеристик проводилась в два этапа: лабораторные испытания и опытная эксплуатация. В лабораторных условиях проверялись параметры вибрации, биения и устойчивость к пылеабразивной среде при вибро- и ударных нагрузках. В условиях действующего производства исследовались поведение конструкции при заклинивании подшипника и ее общее влияние на надежность работы конвейерной линии. Полученные данные позволили подтвердить заявленные технические характеристики и практическую применимость конструкции.

Конструктивные особенности композитного корпуса

Разработанная конструкция корпуса ролика направлена на повышение эксплуатационной надежности и безопасности транспортировочного оборудования. Основные конструктивные

решения направлены на исключение разрушения ленты, снижение вибрации, повышение точности сборки и защиту подшипникового узла от загрязнений. Рассмотрим основные аспекты.

1. Куполообразная внешняя часть корпуса (рис. 1, элемент А) соединяется с металлической обечайкой не методом сварки, а посредством вальцовки. Один край ролика фиксируется в патроне и приводится во вращение, после чего противоположный край равномерно обрабатывается тремя вальцовочными головками. Такая технология обеспечивает симметричное закатывание края обечайки по наружному радиусу корпуса и его точное центрирование. Механическая фиксация без термического воздействия исключает образование сварного шва и, как следствие, риск его разрушения. В случае заклинивания подшипника разрушается сам корпус, а не соединение с трубой, что предотвращает повреждение конвейерной ленты – одного из наиболее дорогостоящих элементов системы.

2. Компенсация отклонений стенки трубы (рис. 1, элемент В). На наружной поверхности корпуса предусмотрены специальные кольцевые наплывы, предназначенные для компенсации отклонений толщины стенки трубы в пределах допусков, регламентированных ГОСТ (до $\pm 10\%$). В процессе запрессовки данные элементы частично срезаются или деформируются, что обеспечивает равномерное распределение усилия, устранение зазоров и стабильную посадку корпуса внутри металлической обечайки.

3. Маркировка (рис. 2, элементы С и D). В конструкцию корпуса интегрированы элементы для заводской маркировки: указывается дата изготовления и производитель. Эти данные соответствуют требованиям нормативной документации и позволяют осуществлять производственный контроль, идентификацию смены

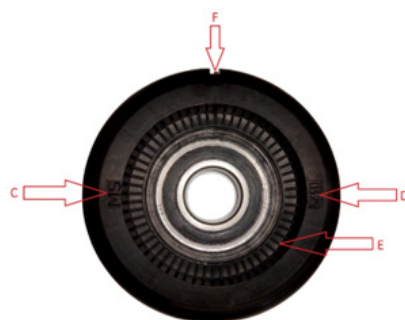


Рис. 2. Фронтальный вид композитного корпуса конвейерного ролика

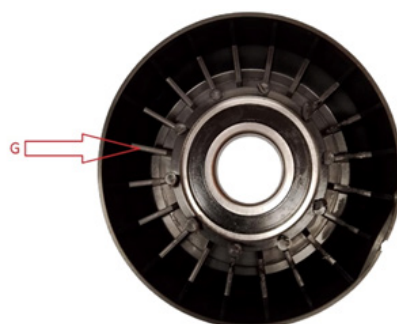


Рис. 3. Внутренний вид композитного корпуса конвейерного ролика

и отслеживание качества по серийным номерам. Для заказчика это обеспечивает прозрачность поставок и гарантийное обслуживание, а для производителя – возможность оперативного анализа причин отказов.

4. Ребра противопылевой защиты (рис. 2, элемент *E*). На поверхности корпуса предусмотрены ребра противопылевой защиты, формирующие при вращении ролика воздушный поток, направленный от центра наружу. Этот эффект препятствует попаданию загрязненного воздуха и пылевых частиц внутрь подшипникового узла. Данный элемент не является герметичной защитой, однако существенно снижает риски ускоренного износа подшипников в агрессивной среде.

5. Технологический паз позиционирования (рис. 2, элемент *F*). Для исключения проворачивания корпуса внутри трубы предусмотрен дополнительный конструктивный элемент – технологический паз на наружной стороне корпуса. При сборке корпус позиционируется по сварному шву трубы, который фиксируется в этом пазу. Основную фиксацию обеспечивает обжатие в процессе вальцовки, однако наличие паза служит дополнительной гарантией пози-

ционной стабильности.

6. Ребра жесткости (рис. 3, элемент *G*). В качестве основной силовой конструкции корпуса используются радиальные ребра жесткости. Они обеспечивают общую структурную устойчивость при постоянных нагрузках и выполняют демпфирующую функцию при кратковременных ударных воздействиях. За счет распределения механических напряжений по телу корпуса ребра предотвращают локальные разрушения и продлевают срок службы изделия.

Представленная конструкция совмещает элементы адаптивности, защиты и технологичности, обеспечивая высокие эксплуатационные показатели без увеличения массы и сложности сборки.

Оценка технологической и функциональной эффективности конструкции

Проведенные исследования подтвердили высокую геометрическую стабильность и технологичность корпуса из полиамида *PA6 GF30*. Литые элементы продемонстрировали соот-

ветствие проектным параметрам по всем основным размерам. Радиальное биение в сборке находилось в пределах 0,3 мм, что удовлетворяет требованиям к промышленным конвейерным роликам. При вальцовке корпуса внутрь металлической трубы отклонения по осевому совмещению не превышали допустимых значений благодаря использованию ориентира по сварному шву и применению регулируемого гидравлического пресса. Фиксация корпуса была стабильной, проворот в обечайке исключался, так как, в отличие от традиционного метода сварки, сопряжение корпуса с металлической обечайкой осуществляется методом вальцовки. Один край ролика зажимается в патрон и вращается, второй равномерно обжимается тремя вальцовочными головками, что обеспечивает точное центрирование и надежную механическую фиксацию корпуса по наружному радиусу. Отсутствие сварного шва устраняет риск его разрушения при заклинивании подшипника, предотвращая отрыв корпуса и возможное повреждение ленты, что особенно важно с точки зрения затрат на ее замену.

В условиях вибрационных и ударных нагрузок, моделирующих эксплуатацию на действующих предприятиях, композитный корпус сохранил целостность конструкции. Радиальные ребра жесткости, равномерно распределенные по окружности, обеспечили эффективное гашение динамических воздействий и отсутствие локальных перегрузок. В ходе лабораторных испытаний, включавших цикл ударных и абразивных воздействий, не было зафиксировано возникновения трещин, сколов или разрушения корпуса. Отливка продемонстрировала равномерный износ в пределах 0,5 % массы за 100 часов работы, что подтверждает высокую стойкость *PA6 GF30* к истиранию. При этом стальной аналог уже после 72 часов имел признаки коррозии и частичного повреждения сварного соединения.

Моделирование отказа подшипникового узла показало, что при заклинивании не происходит передачи критической нагрузки на ленту.

Разрушение корпуса носило локальный характер, не привело к деформации металлической трубы и сохранило целостность транспортного полотна. Это объясняется отсутствием сварки и возможностью пластической деформации полиамидного элемента в зоне сопряжения. Конструкция показала отказоустойчивость и минимальный риск вторичного повреждения оборудования. В условиях эксплуатации это позволит избежать критических простоев и экстренного ремонта.

Следует отметить, что опытные образцы продемонстрировали высокую ремонтпригодность. Замена ролика в условиях производственной линии осуществлялась без применения специального инструмента и занимала менее трех минут. Для сравнения: демонтаж традиционного цельнометаллического ролика занимал от 12 до 20 минут и требовал отключения линии. Использование модульного подхода с механическим сопряжением и отсутствием термической обработки позволило существенно упростить техническое обслуживание и сократить простои оборудования.

Заключение

Разработанная конструкция композитного корпуса ролика на основе армированного полиамида *PA6 GF30* продемонстрировала высокую эффективность как с технологической, так и с эксплуатационной точки зрения. Использование радиальных ребер жесткости, противопоылевых элементов и механической вальцовки позволило повысить устойчивость корпуса к динамическим нагрузкам, обеспечить точную посадку и снизить риски повреждения конвейерной ленты при отказе подшипников. Проведенные испытания подтвердили геометрическую стабильность, износостойкость и отказоустойчивость изделия. Полученные результаты указывают на перспективность применения данной конструкции в составе транспортных систем с повышенными требованиями к надежности, безопасности и обслуживаемости оборудования.

Список литературы

1. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. – М. : Изд-во стандартов, 2007.
2. Коган, Б.И. Модульная технология сборки роликов ленточных конвейеров / Б.И. Коган // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2003.
3. Комаров, К.Б. Когда наступит композитное будущее / К.Б. Комаров // Композиты без гра-

ниц: Межотраслевая конференция по вопросу применения, 2017.

4. Охрименко, Я.М. Технологияковки и штамповочного производства: учебник для вузов / Я.М. Охрименко. – М. : Машиностроение, 1976.

5. Шаяхметов, Э.Я. Конструктивное и технологическое обеспечение качества роликоопор ленточных конвейеров, работающих в тяжелых условиях / Э.Я. Шаяхметов. – Алматы : Satbayev University, 2017.

6. Chebat, F. Fatigue strength assessment of steel rollers: on the reliability of the strain energy density approach on real components / F. Chebat, M. Peron, L.M. Viespoli, T. Welo, F. Berto // Applied Sciences, 2018.

7. Future Market Insights. Global Composite Rollers Market Report 2023–2033 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.globenewswire.com>.

8. Gupta, K. Advanced manufacturing technologies: modern machining, advanced joining, sustainable manufacturing (materials forming, machining and tribology) / K. Gupta. – Cham : Springer, 2017.

9. Nangare, V.A., Sonawane, P.R. Design, analysis and weight optimization of roller conveyor system by using glass fiber composite material / V.A. Nangare, P.R. Sonawane // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 2022.

10. Rosato, D. Plastics engineered product design / D. Rosato. – Amsterdam : Elsevier Science, 2003.

References

1. GOST 10704-91. Truby stal'nyye elektrosvarnyye pryamoshovnyye. – М. : Izd-vo standartov, 2007.

2. Kogan, B.I. Modul'naya tekhnologiya sborki rolikov lentochnykh konveyerov / B.I. Kogan // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2003.

3. Komarov, K.B. Kogda nastupit kompozitnoye budushcheye / K.B. Komarov // Kompozity bez granits: Mezhotraslevaya konferentsiya po voprosu primeneniya, 2017.

4. Okhrimenko, YA.M. Tekhnologiya kovki i shtampovochnogo proizvodstva: uchebnik dlya vuzov / YA.M. Okhrimenko. – М. : Mashinostroyeniye, 1976.

5. Shayakhmetov, E.YA. Konstruktivnoye i tekhnologicheskoye obespecheniye kachestva roliskoopor lentochnykh konveyerov, rabotayushchikh v tyazhelykh usloviyakh / E.YA. Shayakhmetov. – Алматы : Satbayev University, 2017.

© А.С. Сергеев, Е.А. Горшков, 2025

УДК 620.1.051

Д.В. РЕШЕТОВ, В.А. ДЬЯЧЕНКО, А.Н. ПОПОВ, М.Н. ПОЛИЩУК
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», г. Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ УДАРНЫМ СТЕНДОМ НА ПОГРЕШНОСТЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ПИКОВОГО УСКОРЕНИЯ

Ключевые слова: алгоритм управления; испытание; мехатронный стенд; пиковое ускорение; пневмопривод; погрешность; удар.

Аннотация. Цель статьи – разработка алгоритмов управления движением ударной каретки горизонтального стенда для повышения точности воспроизведения пикового ускорения. Гипотеза исследования заключается в том, что учет чувствительности ускорения к начальному давлению в ресивере и исходному положению каретки позволяет снизить погрешность воспроизведения при различных режимах испытаний. Для проверки гипотезы проведены математическое и компьютерное моделирование динамики каретки с аппроксимацией откликов ускорения, а также анализ зон чувствительности и алгоритмов коррекции параметров разгона. Методы исследования включают построение функций чувствительности, поверхностей отклика и разработку одно- и двухпараметрических алгоритмов управления. Результаты показывают, что использование двухпараметрического управления позволяет выделить зоны доминирующей чувствительности и снизить погрешность воспроизведения пикового ускорения до уровня $\pm 10\%$. Полученные данные подтверждены экспериментальной апробацией и могут быть применены при настройке режимов испытаний на стендах большой грузоподъемности.

Введение

Для промышленных изделий как гражданского, так и военного назначения устойчивость к механическим ударам – один из ключевых критериев их надежности в реальных условиях

работы [2; 3]. Проверку этой способности можно делать в ходе полигонных испытаний, однако при высокой стоимости их проведения или при необходимости тестирования большой партии изделий все чаще применяют мехатронные испытательные стенды, которые являются эффективной альтернативой. Это особенно актуально для объектов большой массы и размеров. Испытания подобных изделий, как правило, проводятся на стендах горизонтальной компоновки.

Анализу работы таких стендов посвящен ряд исследований [6], однако они не уделяют достаточного внимания оценке точностных характеристик оборудования. Кроме того, практически не освещаются вопросы схемных решений построения машин, в частности принципов работы приводов разгона.

Существующие стандарты на воздействие одиночного и многократного ударов регламентируют порядок проведения подобных испытаний и ограничивают допуск на пиковое ускорение не более чем $\pm 20\%$ от номинального значения. Такой широкий диапазон обуславливается большим количеством переменных факторов, влияющих на воспроизведение ударного ускорения и отличающихся высокой нестабильностью: переменным трением в узлах стенда, изменением свойств формирователя импульсов при динамическом нагружении, колебаниями температуры окружающей среды и конструкции, нестабильностью срабатывания устройств автоматики (пневмоавтоматики) и др. [6]. При этом с ростом технической сложности изделий и стремлением приблизить параметры динамического нагружения к реальным условиям допуск на погрешность пикового ударного ускорения может ужесточаться. Это, в свою очередь, повышает требования к конструктивным решениям и алгоритмам управления испытательным

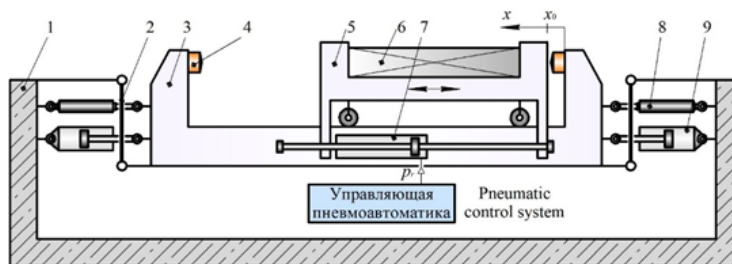


Рис. 1. Структурная схема ударной машины испытательного стенда: 1 – фундамент машины; 2 – серьга; 3 – инерционный блок; 4 – формирователь импульса ударного ускорения; 5 – ударная каретка; 6 – испытуемое изделие; 7 – разгонный пневмоцилиндр; 8 – гидравлический демпфер; 9 – пневмопружина

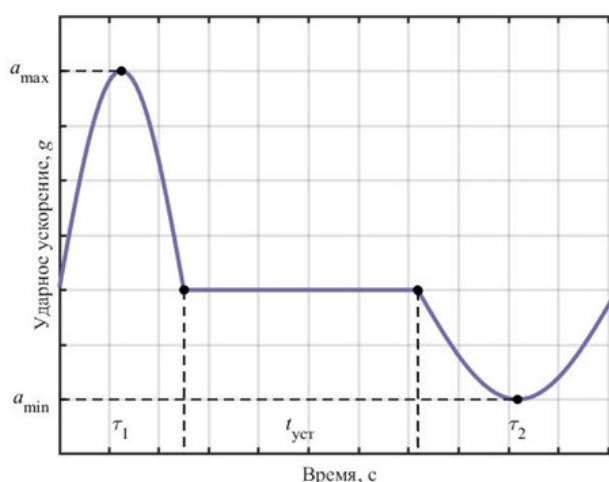


Рис. 2. Импульс ускорения при воспроизведении двунаправленного удара при разных уровнях положительной и отрицательной перегрузки

ударным оборудованием.

В настоящей работе проанализирован диапазон пиковых ударных ускорений, воспроизводимых на созданном горизонтальном испытательном стенде, исследованы управляющие параметры разгона ударной каретки и на основе полученных данных разработаны алгоритмы управления с последующей оценкой погрешности воспроизведения ускорения.

Материалы и методы

На рис. 1 представлена структурная схема мехатронного горизонтального стенда типа СОУГ2000, разработкой которого занимались авторы настоящей работы. Принцип его устройства подробно описан в статье [8].

Ударная каретка (5) с испытуемым изде-

лием (6) разгоняется с помощью двухштокового пневмоцилиндра (7). За счет него обеспечивается воспроизведение положительной и отрицательной ударных перегрузок без переустановки изделия (рис. 2). Подача сжатого воздуха в цилиндр разгона осуществляется от блока управляющей пневмоавтоматики. После того как поршень цилиндра (7) упрется в крышку, каретка движется по инерции до соударения с формирователем (4), закрепленном на инерционном блоке (3). Инерционный блок совершает плоскопараллельное движение на серьгах (2) и останавливается за счет гидравлических демпферов (8) и пневмопружин (9).

Математическая модель динамики ударной машины стенда с двумя независимыми обобщенными координатами – углом качания инерционного блока ψ и линейным перемещением ударной каретки x – имеет вид [8]:

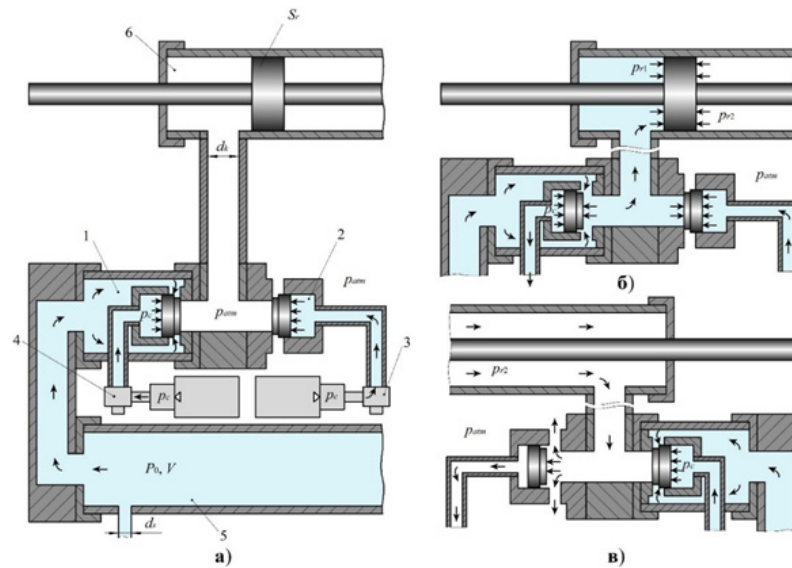


Рис. 3. Управляющая пневмоавтоматика: а – конфигурация в закрытом положении; б – срабатывание клапана разгона; в – срабатывание клапана выхода воздуха; 1 – быстродействующий клапан разгона; 2 – клапан выхода сжатого воздуха; 3 и 4 – управляющий распределитель; 5 – ресивер; 6 – разгонный пневмоцилиндр

$$\begin{cases} m\ddot{x} - m\dot{\psi}\cos\psi + m\dot{\psi}^2\sin\psi + \\ f_t mg \cdot \text{sign}(\dot{x}) = F_r + F_f + F_b^* \\ (m + M)\ddot{\psi} - m\ddot{x}\cos\psi + \\ (m + M)g\sin\psi + \\ + (\beta_1 + \beta_2)n_a\dot{\psi}l\cos^2\psi = -F_s\cos\psi, \end{cases} \quad (1)$$

где m – масса ударной каретки с изделием; M – масса инерционного блока; l – длина серьги; f_t – коэффициент трения качения роликов каретки; F_r – усилие разгона каретки; F_f – реакция со стороны формирователя импульсов; F_b – сила сопротивления от тормозов; F_s – сила сопротивления пневмопружины; β_1 и β_2 – демпфирующие коэффициенты для этапов сжатия и отбоя соответственно; n_a – количество демпферов с одной стороны инерционного блока; g – ускорение свободного падения.

Тормоза (на рис. 1 не показаны) интегрированы в систему для предотвращения повторного удара каретки о формирователь импульса после отскока и для уменьшения времени технологического цикла. В качестве формирователя используются прокладки из гиперупругих материалов [7], например, полиуретана, позволяющие воспроизводить на каретке импульсы полусинусоидальной формы.

На рис. 3 показана схема устройства управ-

ляющей пневмоавтоматики, предназначенного для подачи импульса сжатого воздуха в разгонный пневмоцилиндр. В начальном состоянии (рис. 3а) клапан разгона (1) и клапан выхода (2) находятся в закрытом положении. В ресивер (5) нагнетается сжатый воздух до необходимого для разгона давления P_0 , при этом срабатывает датчик давления и процесс заполнения ресивера прекращается. Далее управляющий распределитель (4) обеспечивает открытие клапана разгона, сжатый воздух через соединительные рукава поступает в разгонный цилиндр (6) (рис. 3б).

Для разгона каретки в противоположном направлении блок управляющей пневмоавтоматики дублируется с другой стороны цилиндра (рис. 3в). Клапан (2) соединяет противоположные полости цилиндра с атмосферой, что предотвращает торможение каретки, вызванное ростом давления при сжатии воздуха в конце хода цилиндра. Подача воздуха под давлением в расширяющийся объем цилиндра разгона представляет собой нестационарный процесс, который описывается уравнениями газовой динамики [4], учитывающими потери давления по длине трубопроводов и при изменении их сечения на всех участках подвода к цилиндру.

Пиковое ударное ускорение A может быть оценено, как [6]:

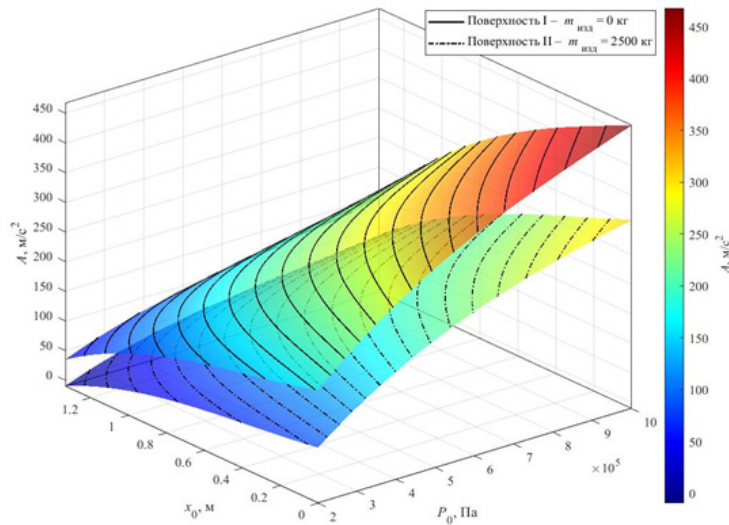


Рис. 4. Поверхности отклика ударного ускорения при пустой и нагруженной ударной каретках

$$A = \frac{v}{\tau} \frac{M}{m + M} (\pi - 2 \arcsin(0,1)), \quad (2)$$

где v – скорость ударной каретки перед соударением с формирователем; τ – длительность импульса ускорения, которая в основном зависит от свойств динамической жесткости формирователя [5].

Величина скорости ударной каретки v определяется двумя управляющими параметрами: начальным давлением в ресивере P_0 и положением каретки x_0 . Давление P_0 задает величину разгоняющего усилия F_r , а положение x_0 определяет величину разгонного пути, на котором действует данное усилие. Очевидно, что с ростом давления в ресивере и пути разгона скорость каретки перед ударом, а, следовательно, и ударное ускорение увеличиваются.

Подбор формирователя с требуемой характеристикой динамической жесткости, обеспечивающей необходимое сочетание пикового ударного ускорения A длительности импульса τ и его формы при заданной скорости, является одной из наиболее сложных задач в практике проведения испытаний и в настоящей работе не рассматривается [3; 5; 6].

Результаты и их обсуждение

Чувствительность ударного ускорения к управляющим параметрам. Определение чувствительности пикового ускорения к управляющим параметрам, задающим скорость ка-

ретки при соударении, представляет собой ключевой элемент предварительного анализа, необходимый для разработки алгоритма управления перемещением каретки.

Для этого, используя результаты компьютерного моделирования и метод полиномиальной аппроксимации, были построены поверхности отклика ударного ускорения $A(P_0, x_0)$ при пустой ($m = 2\,100$ кг) каретке и каретке с изделием ($m = 4\,600$ кг) (рис. 4). В качестве модели использован двумерный полином третьей степени вида:

$$A(P_0, x_0) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^{3-i} a_{ij} x_0^i P_0^j, \quad (3)$$

где a_{ij} – постоянные коэффициенты.

Для построения поверхностей управляющие параметры варьировались в заданных диапазонах: положение каретки $x_0 \in (0; 1,5)$ м и $P_0 \in [2 \cdot 10^5; 10 \cdot 10^5]$ Па. Для построения каждой поверхности было снято 200 точек, что обеспечило достаточную точность дискретизации и позволило получить гладкое и непрерывное представление поверхности отклика. Аппроксимация численных результатов продемонстрировала высокую точность: средняя абсолютная MAE составила 4 м/с^2 при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,994$. Это подтверждает адекватность выбранного способа представления данных и возможность дальнейшего применения аппроксимирующих поверхностей для аналитических и вычислительных целей.

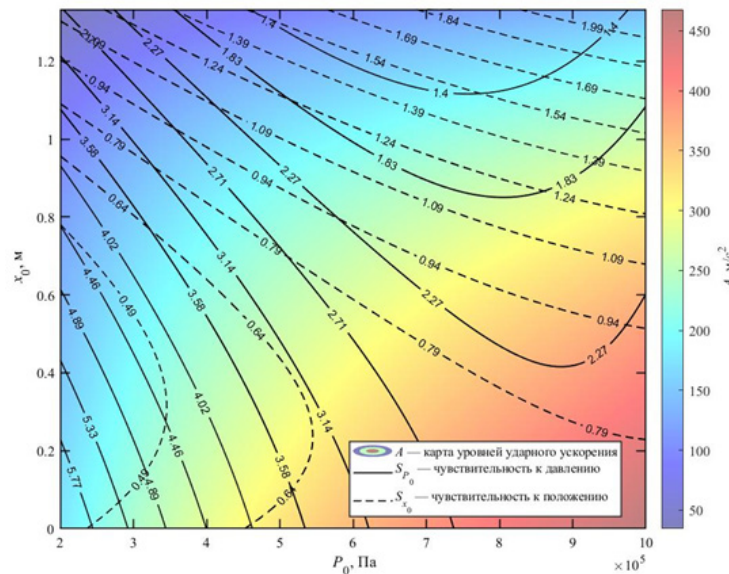


Рис. 5. Карта уровней ударного ускорения и значения чувствительностей

Области, ограниченной полученными поверхностями, соответствует весь возможный диапазон пиковых ускорений для ударной машины стенда СОУГ2000 при массе изделий до 2 500 кг. Максимальная разница в значениях ударного ускорения при одинаковых значениях управляющих параметров для пустой каретки и каретки с изделием не превышает 33 %.

Из рис. 4 видно, что на каретке с изделием максимальное пиковое ударное ускорение на данном формователе составляет порядка 30 g. Для обеспечения возможности воспроизведения больших ускорений до 50 g при максимальной массе изделия и сохранения требуемого диапазона ускорений во всем диапазоне масс необходимо применять формователи с большей динамической жесткостью [3]. В дальнейшем анализе будем считать, что такой формователь был подобран и установлен.

Приведенная абсолютная чувствительность функции ударного ускорения от управляющих параметров определяется как:

$$\begin{cases} S_{P_0} = \left| \frac{\partial A(P_0, x_0)}{\partial P_0} dP_0 \right| \\ S_{x_0} = \left| \frac{\partial A(P_0, x_0)}{\partial x_0} dx_0 \right| \end{cases} \quad (4)$$

где S_{P_0} и S_{x_0} – коэффициенты приведенной чувствительности функции ударного ускорения для

соответствующих управляющих параметров; dP_0 – дискрета задания начального давления разгона в ресивере; dx_0 – дискрета задания начального положения каретки.

Из выражения (4) следует, что функция чувствительности зависит от дискреты изменения управляющих параметров, которые, в свою очередь, определяются типами применяемых исполнительных механизмов и устройств пневматики и могут обеспечиваться различными способами. Для задания положения ударной каретки используются как автоматизированные системы позиционирования (пневматические, электромеханические и проч.), так и ручное перемещение. Аналогичная ситуация и при управлении давлением: в одних случаях применяются простые решения на базе манометра и отсечного крана, характеризующиеся относительно высокой погрешностью, в других – прецизионные системы, включающие датчики давления и электропневматические преобразователи, обеспечивающие точную настройку.

В работе [9] авторы показали, что при использовании клапана-вентили для подачи давления в пневматический цилиндр позиционирование штока осуществляется с погрешностью ± 2 мм. На практике в типовых автоматизированных системах, использующих регулирование по расходу, погрешность позиционирования лежит в диапазоне от 0,1 до 5 мм [10], что отчасти сопоставимо с результатами ручной настройки.

Погрешность задания давления в автоматизированных системах, в свою очередь, характеризуется используемыми датчиками, системой и алгоритмом управления. В работе [11] представлен гибридный регулятор на основе *Model Predictive Control (MPC)*, управляющий несколькими быстродействующими клапанами для регулирования давления в ресивере тормозной системы. Оцененная погрешность в данной системе составила порядка 0,005 бар при максимальном давлении не более 10 бар. В системах, работающих на высоком давлении до 1 000 бар, где невозможно применение стандартных компонентов промышленной пневмоавтоматики, погрешность давления обычно составляет от 0,1 до 1 бар.

На основе анализа используемых средств позиционирования каретки в начальное положение (ручной и автоматический приводы, на рис. 1 не показаны) и способа выставления давления (ресивер с электроуправляемым отсечным краном и обратной связью по датчику давления) примем: $dx_0 = 5 \cdot 10^{-3}$ м и $dP_0 = 0,1 \cdot 10^5$ Па.

На рис. 5 на карту уровней ударного ускорения нанесены значения функций полученных чувствительностей по двум управляющим параметрам. Из рисунка видно, что чувствительность ударного ускорения к изменению давления существенно превышает чувствительность к начальному положению каретки практически во всем диапазоне значений пикового ускорения.

Изолинии чувствительности по управляющим параметрам отражают абсолютное приращение ударного ускорения при изменении каждого параметра на величину дискреты задания. Так, при давлении в ресивере $P_0 = 6 \cdot 10^5$ Па и положении каретки $x_0 = 0,5$ м изменение давления на $\Delta P_0 = 0,1 \cdot 10^5$ Па приводит к увеличению пикового ударного ускорения на $\Delta A = 2,7$ g. При смещении положения каретки на $\Delta x_0 = 0,1 \cdot 10^5$ Па при прочих равных условиях изменение пикового ускорения составляет $\Delta A = 0,8$ g.

Область, в которой чувствительность к обоим параметрам становится сопоставимой, соответствует положению каретки, близкому к минимальному ходу пневматического цилиндра, в области повышенных рабочих давлений в ресивере. При этом разница в чувствительности между параметрами управления в данной зоне не превышает 10 %. При фиксированном поло-

жении ударной каретки увеличение давления в ресивере по мере приращения на дискрету давления dP_0 приводит к росту пикового ударного ускорения и к снижению чувствительности к этому параметру – приблизительно в два раза. Напротив, при постоянном значении давления и увеличении координаты начального положения по мере приращения дискреты положения каретки dx_0 чувствительность к этому параметру возрастает примерно вдвое при уменьшении ударного ускорения.

Наибольшую сложность в обеспечении соответствия между фактическим и требуемым значениями ударного ускорения представляют режимы с малыми ускорениями – до 10 g. В этом диапазоне чувствительность ускорения к обоим управляющим параметрам остается относительно высокой. Так, при воспроизведении ускорения 10 g отклонение давления в ресивере на величину, равную шагу их дискретного задания, приводит к отклонению ускорения до 3 g, или 30 %. Это значение в 1,5 раза превышает допустимую погрешность пикового ускорения, установленную соответствующим стандартом на одиночный удар.

Для оценки доминирующего направления чувствительности введем отношение приведенных чувствительностей λ :

$$\lambda(x_0, P_0) = \frac{S_{P_0}}{S_{x_0}}. \quad (5)$$

На основании значения λ карта уровней ускорения была условно разделена на три области (рис. 6): зону с доминирующей чувствительностью по давлению P_0 при $\lambda > 1,5$, зону с доминирующей чувствительностью по положению x_0 при $\lambda < 0,75$ и зону с равной чувствительностью при $0,75 < \lambda < 1,5$.

Выбор пороговых значений 0,75 и 1,5 обусловливается необходимостью исключения незначительных колебаний соотношения чувствительностей, возникающих из-за особенностей аппроксимации. Значения за пределами этого диапазона свидетельствуют о ярко выраженном преобладании одного из параметров управления.

Зона доминирующей чувствительности по давлению охватывает весь диапазон ускорений, поэтому рационально использовать давление в качестве основного управляющего параметра. Это решение обосновывается и технологи-

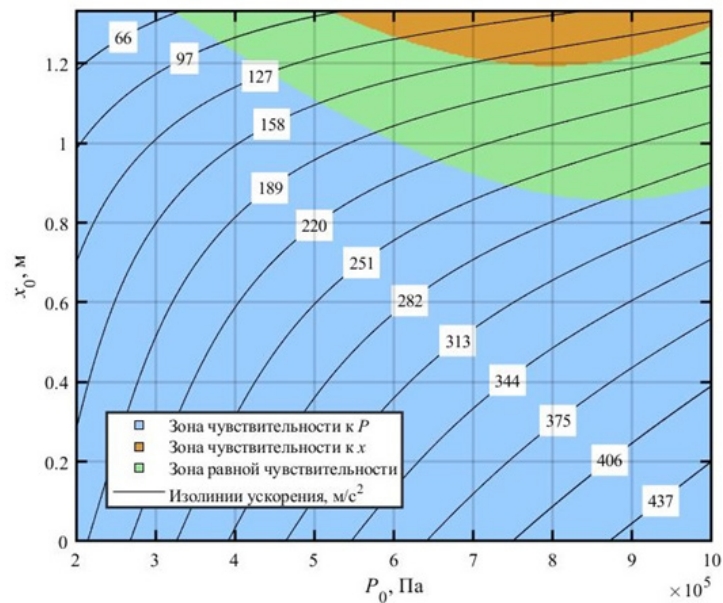


Рис. 6. Зоны чувствительностей к управляющим параметрам

ческими соображениями – регулирование давления проще в реализации и может быть задано с малой погрешностью за счет использования прецизионных регуляторов давления. При этом чувствительность ускорения к изменению давления остается значительной даже при малой дискретности задания. Управление начальным положением x_0 в таком случае целесообразно применять для подстройки вблизи целевого значения ускорения.

Алгоритмы управления скоростью каретки

Основная цель алгоритмов – достижение требуемого ускорения с погрешностью, не превышающей заданного значения, при минимальном числе итераций и с учетом ограниченных возможностей регулировки. Подбор управляющих параметров, как правило, осуществляется на тестовом объекте – эквиваленте массы изделия, что позволяет не подвергать изделия дополнительным ударам.

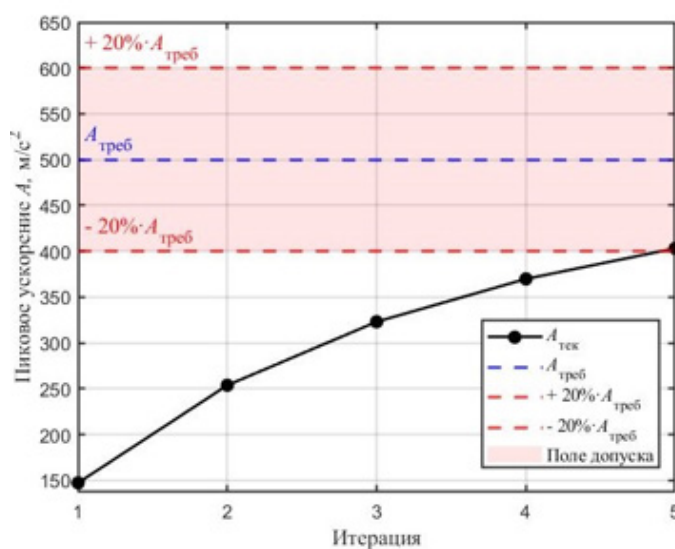
В некоторых режимах (например, при настройке и аттестации стенда или при испытаниях с номинальными требованиями по точности) требуется минимизировать погрешность воспроизведения ударного ускорения. Так, например, в методике испытаний элементов авиационной электроники *RTCA DO 160* допуск на пиковое ударное ускорение составляет $\pm 10\%$.

Кроме того, как отмечалось ранее, в стандартах предусматривается возможность переопределять допуски и параметры испытаний по согласованию разработчика методики с руководителем отдела испытаний или ответственным за сертификацию изделия. В таких случаях становится актуальным использование информации о зонах чувствительности ударной машины к управляющим параметрам.

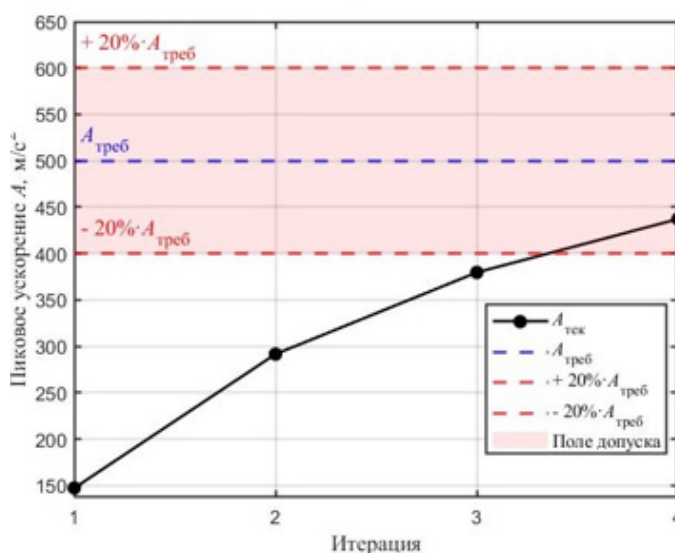
Тогда в зависимости от предъявляемой погрешности на достижение целевого значения ускорения можно выделить два подхода к управлению:

- 1) при стандартном допуске $\pm 20\%$ эффективнее использовать хорошо регулируемый параметр с высокой чувствительностью – начальное давление в ресивере, подбор координаты каретки при реализации данного алгоритма осуществляется оператором при необходимости;
- 2) при снижении допустимой ошибки по ускорению целесообразно вводить положение каретки в качестве дополнительного управляющего параметра с низкой чувствительностью для точной подстройки.

К факторам, определяющим параметры импульсов ударного ускорения, согласно выражению (2), кроме скорости соударения, относятся: масса изделия с оснасткой, масса инерционного блока, тип формователя. При настройке стенда для каждого изделия, которое будет испытываться на заданном в технических условиях



а)



б)

Рис. 7. Выход на требуемое ударное ускорение с управлением по давлению:
а) $k = 2$; б) $k = 10$

(ТУ) пиковом ускорении, предварительно подбираются формирователь импульсов, давление в ресивере и начальное положение каретки. Будем считать, что формирователь подобран должным образом. Оператор производит удар и по его результатам вносит корректировку в значения управляющих параметров. Величина корректировки определяется величиной ошибки — при ее увеличении шаг изменения масштабируется в α раз. При большой номенклатуре и разных массах изделий подбор управляющих

параметров вручную становится трудоемким, поэтому алгоритм выхода на целевое значение ускорения рационально автоматизировать.

Для алгоритма выхода на требуемое ударное ускорение за счет изменения давления предлагается принять два возможных начальных положения ударной каретки: положение I с уменьшенным рабочим ходом при относительно небольшой энергии удара и положение II с полным рабочим ходом при повышенной энергии удара (для стенда типа СОУГ2000 это

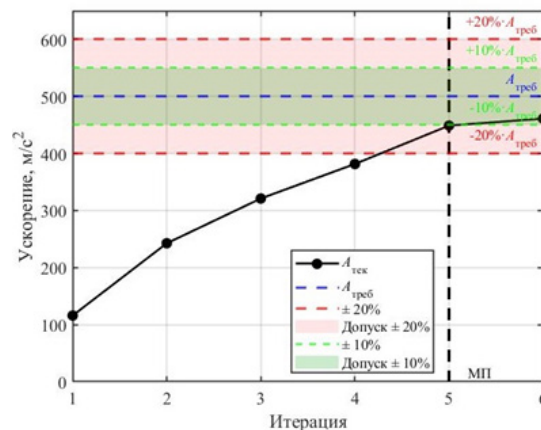


Рис. 8. Выход на требуемое ударное ускорение при двухпараметрическом управлении

1 и 1,5 м). В рамках реализации алгоритма подбора давления в ресивере P_0 был использован механизм коррекции величины приращения, основанный на хорошо известном подходе в системах управления с анализом нормированной ошибки ускорения δ [10]. Ее оценка служит критерием выбора масштабирующего коэффициента α , определяющего шаг изменения давления на очередной итерации:

$$\begin{cases} \Delta P_0 = \alpha dP_0 \text{sign}(\delta), \\ \alpha = \alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) \frac{k\delta}{1 + k\delta}, \end{cases} \quad (6)$$

где α_{\min} и α_{\max} – минимальное и максимальное значения масштабирующего коэффициента; k – коэффициент насыщения, определяющий характер крутизны зависимости масштабирующего коэффициента α от изменения δ .

На рис. 7 представлены примеры реализации данного алгоритма с различными коэффициентами насыщения при выходе на пиковое ударное ускорение 50 g с использованием эквивалента массы.

При выходе на требуемое ускорение данный алгоритм обеспечивает плавную сходимость к целевому значению ускорения, что при корректном выборе диапазона изменения масштабирующего коэффициента α и коэффициента насыщения k позволяет исключить возможность перерегулирования, а это особенно важно для ударных стендов большой грузоподъемности. Значения коэффициентов α и k определяются эмпирически при калибровке и настройке ударной машины стенда.

При двухпараметрическом управлении на первом этапе регулирования осуществляется подбор давления в ресивере по предыдущему алгоритму с переменным масштабирующим коэффициентом α , обеспечивающим выход в диапазон допустимой погрешности $\pm 20\%$. После попадания в эту зону осуществляется переход на второй этап управления – доводку по положению ударной каретки. Регулировка по положению активируется в случае, если текущее значение ускорения не попадает в зону $\pm 10\%$ (данное значение принято из соображений типовой неустойчивости пикового ускорения от удара к удару). При этом величина приращения координаты также масштабируется в зависимости от отклонения ускорения и определяется выражением, аналогичным соотношению (6).

На рис. 8 представлен пример реализации двухпараметрического алгоритма управления при выходе на пиковое ударное ускорение 50 g.

Попадание в зону допустимого отклонения $\pm 20\%$ было достигнуто за пять итераций. После достижения данного порога был произведен этап уточняющей корректировки положения ударной каретки. Для достижения требуемой точности в пределах $\pm 10\%$ от целевого значения потребовалась одна итерация. Следует отметить, что при данном подходе усложняется также процесс калибровки машины при определении большого количества масштабирующих коэффициентов. Кроме того, есть важный аспект, связанный с внешними факторами, оказывающими влияние на величину ошибки, который в основном является причиной такого большого поля допуска. Например, изменение характеристик формирователей при продол-

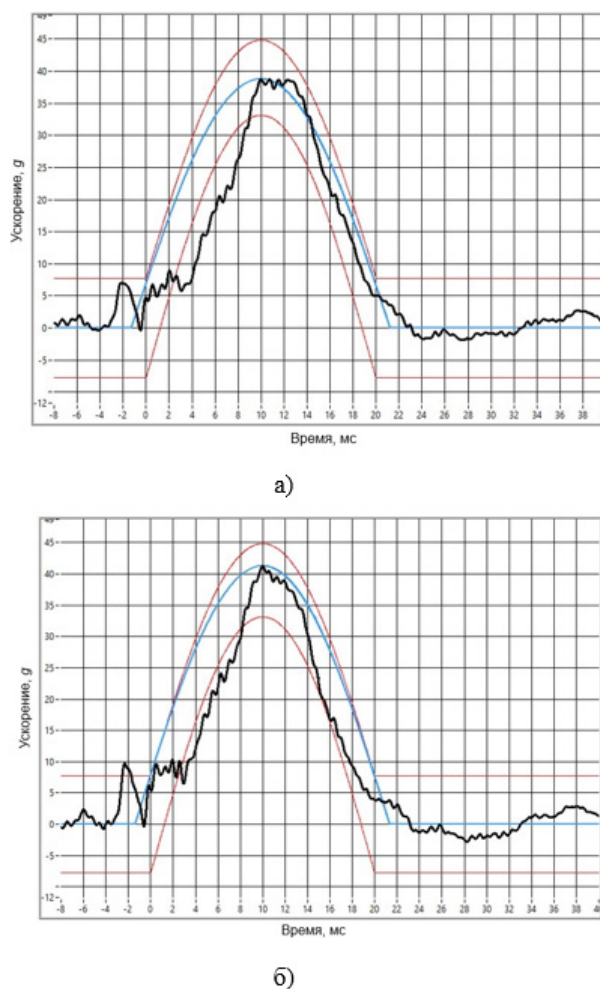


Рис. 9. Результаты испытаний при одинаковых управляющих параметрах: а – ударный импульс, серия 1; б – ударный импульс, серия 2

жительных сериях ударных испытаний и влияние этого изменения на параметры импульса ускорения было оценено в работе [1]. На рис. 9 представлены результаты испытаний, полученные авторами на стенде СОУГ2000, при эквивалентной массе 500 кг и одинаковых начальных управляющих параметрах. Погрешность между ударными импульсами составила 7 %. При этом количественно выделить вклад каждого фактора в возникновение ошибки затруднительно.

Для снижения погрешности, вызванной внешними эффектами, применяются различные подходы: замена формирователей или организация их охлаждения, повышение стабильности технических характеристик пневмоэлементов и т.д.

Результаты экспериментальной апробации работы машины подтверждают эффективность

предложенного метода анализа и управления, демонстрируя, что информация о чувствительности управляющих параметров и алгоритмы управления движением каретки корректно отражают динамику и ключевые режимы работы испытательного стенда. Этот факт позволяет говорить о том, что разработанный подход обладает универсальностью для машин с подобным принципом построения привода.

Заключение

1. Проведен анализ диапазона пиковых ударных ускорений, воспроизводимых на горизонтальном мехатронном испытательном стенде, с учетом влияния двух управляющих параметров: начального давления в ресивере и начального положения ударной каретки.

2. Построены поверхности отклика пи-

кового ударного ускорения для пустой каретки и каретки с изделием, а также карты чувствительности, позволившие выделить области доминирующего влияния каждого управляющего параметра. Установлено, что в подавляющем большинстве режимов основное влияние на ускорение оказывает начальное давление в ресивере.

3. Показано, что в диапазоне малых ускорений (до 10 g) стенд характеризуется высокой чувствительностью к обоим управляющим параметрам, что может приводить к выходу за допуск пикового ускорения, установленного нормативными документами.

4. Разработаны и исследованы алго-

ритмы управления ударной кареткой: однопараметрический (по давлению) и двухпараметрический (по давлению и положению каретки). Предложен критерий перехода от грубого к точному регулированию на основе зон чувствительности и допусков воспроизведения ускорения.

5. Испытания, проведенные на созданном стенде, показали, что результаты исследования могут быть использованы при разработке и модернизации алгоритмов управления стендами ударных испытаний, а также при оптимизации методик воспроизведения ударных перегрузок для изделий с различной массой и различными требованиями по точности.

Список литературы

1. Васильев, А.К. Анализ условий и критериев воспроизводимости ударного импульса на мехатронных испытательных стендах / А.К. Васильев, В.А. Дьяченко // Омский научный вестник. – 2021. – № 4(178). – С. 41–45.
2. Варлашин, В.В. Подходы к оценке и методы тестирования промышленных экзоскелетов / В.В. Варлашин, А.И. Прядко, И.С. Барынкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 12(150). – С. 69–76.
3. Harris, C.M. Harris' Shock and Vibration Handbook / C.M. Harris, A.G. Piersol. – 5th ed. – New York : McGraw-Hill Professional, 2002. – 1457 p.
4. Hope, G.S. Pneumatic Drives: System Design, Modelling and Control / G.S. Hope [et al.]. – Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2008. – 380 p.
5. Huang, D. Study on a Nonlinear Dynamic Model and Its Parameters Determination Method for Half-Sine Programmer / D. Huang, J. Wen, L. Xing, G. Wei // Journal of Northwestern Polytechnical University (Kebeigongye Daxue Xuebao). – 2019. – Vol. 37. – No. 6. – P. 1085–1094.
6. Попов, А.Н. Испытательные ударные машины. Теоретические основы и технические решения : монография / А.Н. Попов [и др.]. – СПб : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 300 с.
7. Каразин, В.И. Методы и средства лабораторного воспроизведения ускорения / В.И. Каразин, И.О. Хлебосолов, А.Н. Евграфов, Д.П. Козликин, П.А. Андриенко, В.А. Терешин, А.В. Хисамов. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 168 с.
8. Попов, А.Н. Математическая модель горизонтальной ударной машины с маятниковым инерционным блоком / А.Н. Попов, М.Н. Полищук, Д.В. Решетов, В.В. Закатов // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2025. – № 14. – С. 471–484.
9. Qi, H. Position Control of Pneumatic Actuators Using Three-Mode Discrete-Valued Model Predictive Control / H. Qi, G.M. Bone, Y. Zhang // Actuators. – 2019. – Vol. 8, № 3.
10. Svrcek, W.Y. A Real Time Approach to Process Control / W.Y. Svrcek, D.P. Mahoney, B.R. Young. – 3rd ed. – Chichester : John Wiley & Sons, Ltd., 2014. – 345 p.
11. Zhang, R. A Predictive Control Method to Improve Pressure Tracking Precision and Reduce Valve Switching for Pneumatic Brake Systems / R. Zhang, J. Peng, H. Li, B. Chen, W. Liu, Z. Huang, J. Wang // IET Control Theory & Applications. – 2021.

References

1. Vasil'yev, A.K. Analiz usloviy i kriteriyev vosproizvodimosti udarnogo impul'sa na mekhatronnykh ispytatel'nykh stendakh / A.K. Vasil'yev, V.A. D'yachenko // Omskiy nauchnyy vestnik. – 2021. – № 4(178). – S. 41–45.
2. Varlashin, V.V. Podkhody k otsenke i metody testirovaniya promyshlennykh ekzoskeletov /

V.V. Varlashin, A.I. Pryadko, I.S. Barynkin // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2023. – № 12(150). – S. 69–76.

6. Popov, A.N. Ispytatel'nyye udarnyye mashiny. Teoreticheskiye osnovy i tekhnicheskiye resheniya : monografiya / A.N. Popov [i dr.]. – SPb : POLITEKH-PRESS, 2025. – 300 s.

7. Karazin, V.I. Metody i sredstva laboratornogo vosproizvedeniya uskoreniya / V.I. Karazin, I.O. Khlebosolov, A.N. Yevgrafov, D.P. Kozlikin, P.A. Andriyenko, V.A. Tereshin, A.V. Khisamov. – SPb. : POLITEKH-PRESS, 2023. – 168 s.

8. Popov, A.N. Matematicheskaya model' gorizonta'lnoy udarnoy mashiny s mayatnikovym inertsiyennym blokom / A.N. Popov, M.N. Polishchuk, D.V. Reshetov, V.V. Zakatov // Sovremennoye mashinostroyeniye. Nauka i obrazovaniye. – 2025. – № 14. – S. 471–484.

© Д.В. Решетов, В.А. Дьяченко, А.Н. Попов, М.Н. Полищук, 2025

УДК 620.1.051

Д.В. РЕШЕТОВ, В.А. ДЬЯЧЕНКО, А.Н. ПОПОВ, М.Н. ПОЛИЩУК
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», г. Санкт-Петербург

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ МЕХАТРОННОГО УДАРНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СТЕНДА

Ключевые слова: горизонтальный ударный стенд; демпфирование; динамическая нагрузка; испытания; пневмогидравлическая подвеска; пневмопружина.

Аннотация. Цель работы – обоснование параметров элементов пневмогидравлической подвески горизонтального мехатронного ударного стенда для повышения эффективности испытаний и снижения динамических нагрузок на фундамент. Гипотеза исследования заключается в том, что существует сочетание параметров подвески, обеспечивающее близкий к критическому режим демпфирования, минимальное время затухания колебаний инерционного блока и предотвращение перегрузки конструкции.

Для проверки гипотезы проведен анализ влияния количества демпферов на максимальную частоту многократных ударов и динамическую нагрузку на фундамент, а также исследовано влияние давления в пневмопружинах на перемещение инерционного блока и нагрузку на элементы конструкции.

Методы исследования включают математическое моделирование движения инерционного блока и оценку критериев выбора параметров подвески.

Результаты показывают, что для всего диапазона ударных ускорений существует минимально необходимое количество демпферов, обеспечивающее близкий к критическому режим. При этом достигается максимально возможная частота следования ударов в режиме многократных испытаний. Регулирование давления в пневмопружинах позволяет предотвращать перегрузку элементов конструкции. Полученные данные могут быть использованы при проектировании и настройке стендов горизон-

тальной компоновки.

Введение

Испытания на устойчивость к механическим ударам, возникающим в процессе транспортирования и эксплуатации промышленных изделий, являются обязательным этапом подтверждения их качества и надежности [4; 5; 9]. Для воспроизведения одиночных и многократных ударных воздействий при стендовых испытаниях используются специализированные мехатронные установки, обеспечивающие нагружение изделий, эквивалентное реальной динамической нагрузке.

Одной из ключевых проблем таких испытаний является уменьшение воздействия динамических нагрузок на строительные конструкции и оборудование, расположенное вблизи испытательного стенда. Следует отметить, что проектирование фундаментов машин с динамическими нагрузками регулируется отдельными нормативными документами [6].

Для снижения динамической нагрузки и виброзащиты в стендах малой грузоподъемности, как правило, применяются виброопоры, на которых устанавливается инерционный блок. Последний представляет собой массивный элемент, перераспределяющий кинетическую энергию удара между энергией упругой деформации и нагрева формирователя импульса, и кинетической энергией собственного движения. Однако при увеличении массы испытываемых изделий эффективность данного решения существенно снижается [1].

В стендах большой грузоподъемности целесообразнее использовать пневмогидравли-

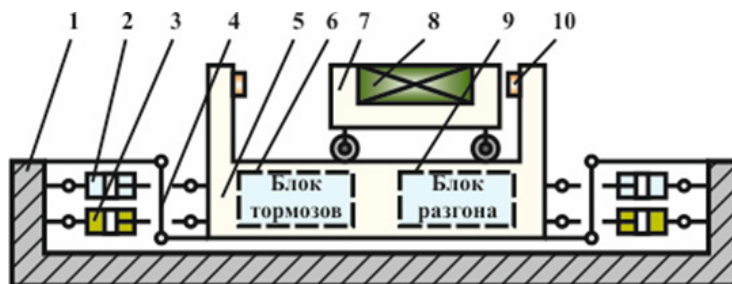


Рис. 1. Структурная схема пневмогидравлической подвески стенда: 1 – фундамент машины; 2 – пневмопружина; 3 – гидравлический демпфер; 4 – серьга подвески; 5 – инерционный блок; 6 – блок пневматических тормозов; 7 – каретка; 8 – испытуемое изделие; 9 – блок пневмоавтоматики разгона; 10 – формирователь импульса ударного ускорения

ческую подвеску [10]. Применение такой подвески позволяет значительно уменьшить ударную нагрузку на фундамент, снизить массу инерционного блока и одновременно обеспечить защиту от высокочастотных вибраций. Как показано в исследовании [3], параметры подвески непосредственно влияют на воспроизводимость и максимально возможную частоту испытаний в режиме многократных ударов.

При испытаниях изделий значительных габаритных размеров, а также при воспроизведении ударных импульсов в горизонтальной плоскости применяются стенды с горизонтальной компоновкой. В таких машинах нагрузка на фундамент формируется в процессе движения инерционного блока по горизонтали, что отличает их динамику воздействия на здание от динамики вертикальных стендов. В результате методики подбора параметров подвески для вертикальных машин могут применяться для таких стендов лишь частично и требуют адаптации.

Таким образом, актуальной научной задачей является разработка подхода к определению параметров пневмогидравлической подвески для ударных стендов горизонтальной компоновки. Цель настоящей работы – обоснование рациональных параметров подвески по различным критериям и формулирование методики их подбора с учетом особенностей эксплуатации данного типа испытательных машин и требований к режимам испытаний.

Методы и результаты

На рис. 1 представлена структурная схема горизонтального испытательного стенда типа СОУГ2000 с пневмогидравлической подвеской,

разработкой которого занимались авторы настоящей работы. Стенд предназначен для воспроизведения положительной и отрицательной перегрузок в горизонтальной плоскости без перезакрепления изделия.

Машина работает следующим образом. Испытуемое изделие (8) крепится на каретке (7), которая приводится в движение пневматическим разгонным цилиндром через блок пневмоавтоматики от ресивера, наполненного сжатым воздухом. Перед началом испытания каретка с изделием устанавливается в начальное положение, определяющее величину пути разгона. Положение зависит от требуемого пикового ударного ускорения. Для больших ударных ускорений необходимо обеспечить больший путь и большее начальное давление. После подачи сжатого воздуха поршень разгонного цилиндра перемещается до крышки, и далее каретка движется по инерции до соударения с формирователем (10), закрепленном на инерционном блоке (3). Инерционный блок подвешен на серьгах (4) и при воспроизведении удара совершает плоскопараллельное качательное движение. Для устранения начального отклонения инерционного блока при разгоне каретки и уменьшения времени его качания используется подвеска, состоящая из пневмопружин (2) и гидравлических демпферов (3). Набор из нескольких пневмопружин и демпферов установлен с обеих сторон от инерционного блока. После отскока ударной каретки и формирования заднего фронта импульса ускорения каретка останавливается с помощью пневматических тормозов (6). После остановки каретки и инерционного блока цикл испытания завершается.

Динамика инерционного блока и ударной

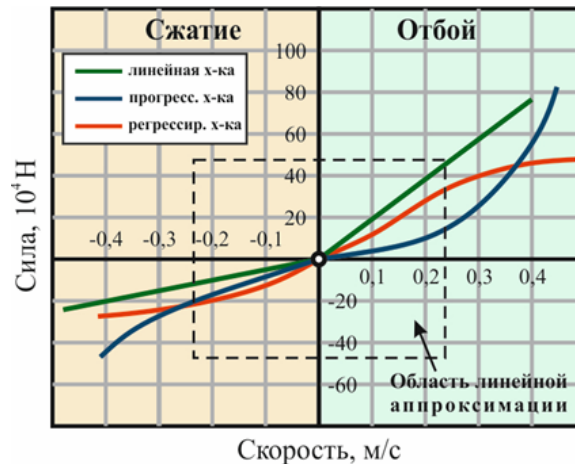


Рис. 2. Различные характеристики гидравлических демпферов

каретки подробно описана в работе [6] и представляется системой дифференциальных уравнений для двух координат – угла качания инерционного блока ψ и линейного перемещения ударной каретки x :

$$\begin{cases} m\ddot{x} - ml\ddot{\psi} \cos \psi + ml\dot{\psi}^2 \sin \psi + \\ f_t mg \cdot \text{sign}(\dot{x}) = F_r + F_f + F_b^* \\ (m + M)l\ddot{\psi} - m\ddot{x} \cos \psi + \\ (m + M)g \sin \psi + \\ (\beta_1 + \beta_2)n_a \dot{\psi} l \cos^2 \psi = -F_s \cos \psi, \end{cases} \quad (1)$$

где m – масса ударной каретки с изделием; M – масса инерционного блока; l – длина серьги; f_t – коэффициент трения качения роликов каретки; F_r – усилие разгона каретки; F_f – реакция со стороны формирователя импульсов; F_b – сила сопротивления от тормозов; F_s – сила сопротивления от n_s пневмопружин; β_1 и β_2 – коэффициенты демпфирования для этапов сжатия и отбоя соответственно; n_a – количество демпферов с одной стороны инерционного блока; g – ускорение свободного падения.

При определении реакции пневматических пружин F_s считаем, что в начальном положении поршни пневмоцилиндров каждой пружины находятся в среднем положении, полости цилиндров замкнуты и давление в них равно p_{s0} . При движении инерционного блока давление p_{s1} в одной из полостей каждого цилиндра увеличивается из-за уменьшения ее объема и сжатия воздуха, а давление p_{s2} в другой полости умень-

шается. Из предположения об адиабатическом характере процессов изменения состояния воздуха:

$$F_s = p_{s0}^* \left(\left[1 / \left(1 - \frac{2l \sin \psi}{L} \right) \right]^\gamma - \left[1 / \left(1 + \frac{2l \sin \psi}{L} \right) \right]^\gamma \right) S_s n_s, \quad (2)$$

где S_s – площадь поршня пневмоцилиндра подвески за вычетом площади штока; L – ход поршня; γ – показатель адиабаты.

Сила сопротивления от гидравлических демпферов $F_a = (\beta_1 + \beta_2)n_a \dot{\psi} l \cos^2 \psi$ зависит от линейной скорости инерционного блока и коэффициентов демпфирования. В общем случае коэффициенты не являются константами и зависят от множества факторов, например, температуры или частоты срабатывания, но при малых скоростях можно ограничиться линейной аппроксимацией с постоянными значениями (рис. 2).

Следует отметить, что пневмопружины в составе подвески инерционного блока не обеспечивают его торможение. В отличие от демпферов, рассеивающих энергию удара, пневмопружины служат для возврата инерционного блока в исходное положение и перераспределения во времени реактивного усилия.

Изменение динамического отклика инер-

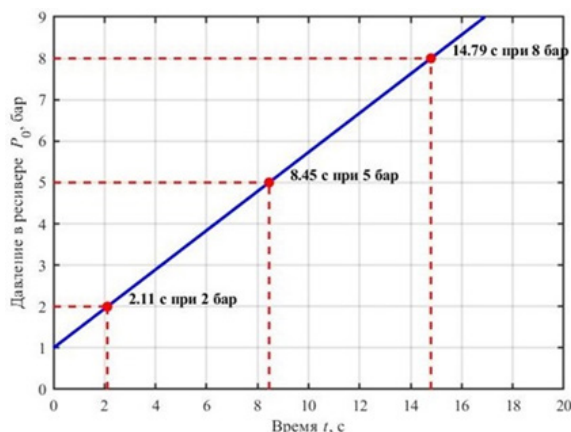


Рис. 3. Оценка времени накачки ресивера разгона для станка СОУГ2000

ционного блока может осуществляться за счет варьирования длины серег, количества и силовых характеристик гидравлических демпферов, а также числа и параметров пневмопружин. Корректировка указанных параметров позволяет изменять режим демпфирования и динамическую нагрузку, действующую на фундамент машины.

В дальнейшем, при компьютерном моделировании динамики станка СОУГ2000, было принято использовать две пневмопружины ($n_s = 2$ шт.) с каждой стороны инерционного блока и демпферы, создающие усилия 3 900 Н и 1 100 Н при абсолютной скорости 0,2 м/с для режимов сжатия и отбоя соответственно (в области линейной аппроксимации).

В режиме многократных ударов, т.е. последовательном воспроизведении нескольких импульсов ускорения, максимальная частота испытаний определяется временем цикла одного испытания $T_{\text{цикл}}$, состоящим из: t_1 — продолжительности цикла удара до остановки каретки (этапы разгона, движения по инерции, удара, отскока и торможения); t_2 — времени, требуемого для установочных перемещений каретки в начальное положение x_0 ; t_3 — времени наполнения ресивера разгона сжатым воздухом; t_4 — времени колебаний инерционного блока после удара. В общем случае интервалы времени t_2 и t_3 оцениваются отдельно, однако при расчетах их допустимо объединять в суммарное время подготовительных операций при условии, что определено давление в ресивере разгона по окончании установочных перемещений каретки. Тогда выражение для максимальной частоты следования ударов f , уд/мин:

$$f = \frac{60}{T_{\text{цикл}}} = \frac{60}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} . \quad (3)$$

Время t_2 определить достаточно сложно. Для задания положения каретки используется пневматическая система позиционирования. Примем, что все режимы будут воспроизводиться из одного положения — при крайнем положении поршня разгонного цилиндра. Вариативность в параметрах импульсов ускорения в этом случае будет достигаться за счет разного начального давления в ресивере разгона и применения формирователей с разной характеристикой динамической жесткости.

Величина времени t_3 определяется расходом сжатого воздуха, поступающего в ресивер разгона. Этот расход зависит от давления в пневматической магистрали подачи и проходного сечения входного отверстия, через которое осуществляется наполнение. Важно отметить, что сечение нельзя сделать очень большим из-за особенностей алгоритма настройки давления: накачка прекращается за счет срабатывания отсечного крана по обратной связи от датчика давления. Большой диаметр вызовет рост ошибки установки давления, так как разброс срабатывания такого запорного элемента составляет от 50 до 200 мс [9]. Для уменьшения ошибки можно использовать хорошо известный алгоритм упреждающего закрытия с калибровкой задержки (*feedforward control*) [11].

На рис. 3 представлен пример оценки времени накачки ресивера разгона до требуемого значения давления для СОУГ2000. В области рабочих давлений в ресивере разгона зависи-

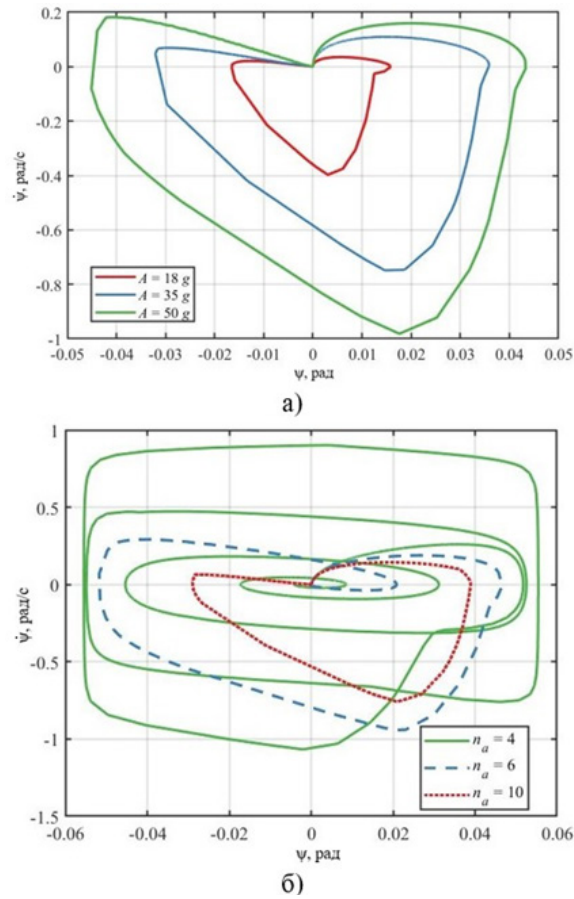


Рис. 4. Фазовые портреты инерционного блока для стенда СОУГ2000: а – при различных уровнях ударного ускорения; б – при различном количестве демпферов

мость носит линейный характер.

Влияние количества демпферов на динамику инерционного блока

Для повышения максимальной частоты следования ударов основным критерием для выбора параметров элементов пневмогидравлической подвески является уменьшение времени колебания инерционного блока t_4 , аналогично подходу, описанному в работе [3]. В этой работе отмечается, что при определении конфигурации подвески параметры выбираются по условиям возврата инерционного блока в начальное положение перед началом следующего удара при скорости, близкой к нулю.

На рис. 4а представлено семейство фазовых портретов динамики инерционного блока при воспроизведении различных ударных ускорений на стенде СОУГ2000. Фазовые траектории демонстрируют характерную для диссипа-

тивных систем структуру замкнутых контуров. С увеличением воспроизводимого пикового ударного ускорения A наблюдается расширение фазовых орбит. При переходе от режима $A = 18$ g к $A = 50$ g амплитуда углового смещения и угловой скорости возрастают в три раза. Максимальный угол качания инерционного блока ψ при этом не превышает 0,05 рад или 3° .

Инерционный блок в начале цикла начинает перемещаться за счет сил инерции от ударной каретки на этапе разгона, а затем – за счет реактивных сил, возникающих при передаче импульса от каретки к формирователю. Далее под действием сил упругости пневмопружины он движется в обратном направлении. Основное движение и возврат сопровождаются рассеиванием кинетической энергии в гидравлических демпферах, благодаря чему амплитуда колебаний постепенно уменьшается. В результате инерционный блок тормозится и возвращается в исходное положение, обеспечивая готовность

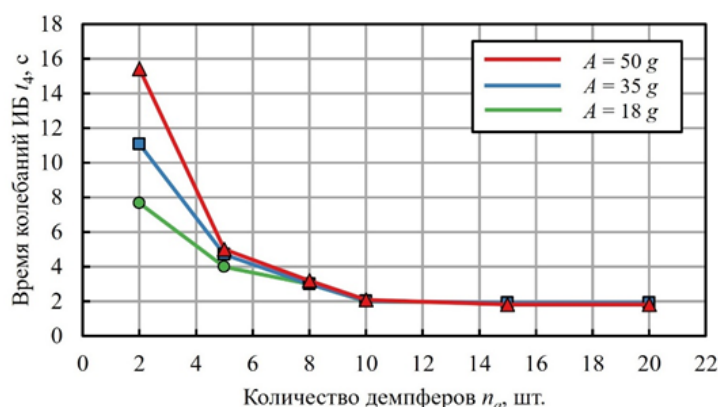


Рис. 5. Время затухания колебаний инерционного блока

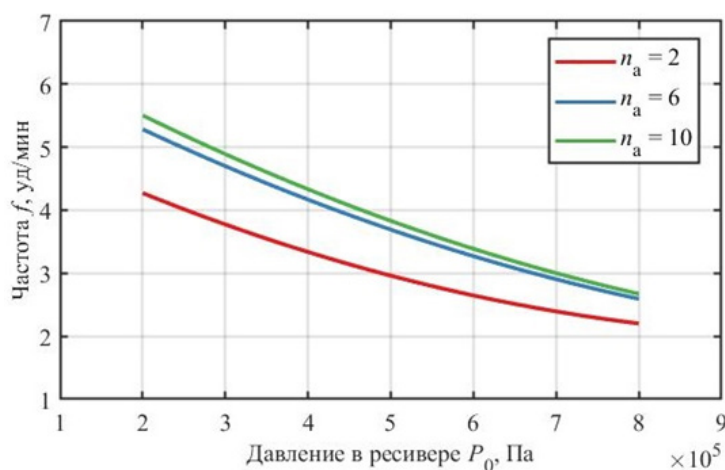


Рис. 6. Зависимость частоты следования многократных ударов от давления в ресивере

стенда к следующему циклу испытаний.

С целью уменьшения времени колебаний инерционного блока требуется увеличивать число демпферов таким образом, чтобы режим приближался к критическому демпфированию. Под критическим демпфированием понимается состояние системы, при котором после возмущения она возвращается к положению равновесия за минимальное время, не совершая повторных переходов через точку равновесия.

Из рис. 4б видно, что при уменьшении числа демпферов наблюдаются рост амплитуды колебаний и увеличение числа витков траектории на фазовой плоскости. При большом количестве демпферов система демонстрирует периодическое затухание без полного оборота – это соответствует близкому к критическому режиму демпфирования.

Для количественной оценки времени затухания

перемещения инерционного блока применен критерий $|\psi(t)| \leq 5 \% \psi_{\max}$. При таком уровне остаточные колебания считаются пренебрежимо малыми и не оказывают влияния на результаты испытаний.

На рис. 5 представлен график зависимости времени колебаний от количества демпферов при воспроизведении различных пиковых ударных ускорений.

Установлено, что при рассматриваемой горизонтальной схеме стенда для всего диапазона ударных ускорений существует оптимальное с точки зрения минимума времени колебаний количество демпферов. При используемых начальных данных $n_a = 10$ шт. с соответствующим количеством пневмопружины время затухания колебаний составляет: $t_d = 2$ с.

Графики максимальной частоты f в режиме многократных ударов при различном коли-

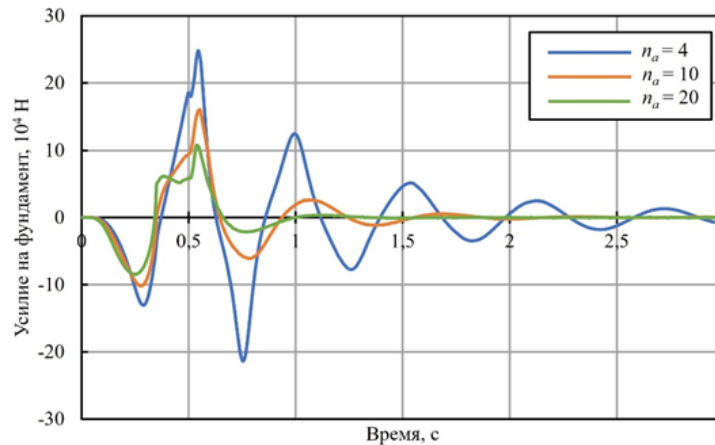


Рис. 7. Усилие, передаваемое на фундамент ударной машины

честве демпферов представлены на рис. 6. На ударное ускорение влияет множество факторов – начальное давление в ресивере разгона, путь разгона, динамическая жесткость формирователя и др. Поэтому зависимость ударного ускорения целесообразно рассматривать в первую очередь как функцию давления.

С увеличением количества демпферов можно увеличить частоту многократных испытаний при одинаковом давлении в ресивере разгона. Максимальная возможная частота ударов для рассматриваемой системы составляет порядка 5,5 уд/мин. Для стенда типа СОУГ2000 для повышения частоты требуется:

- увеличение расхода сжатого воздуха;
- повышение быстродействия отсечного крана, отвечающего за наполнение ресивера разгона;
- уменьшение времени установочных перемещений каретки.

Для режима одиночных ударов подход меняется. Здесь главным критерием является не минимизация времени колебаний инерционного блока, а уменьшение динамического усилия, передаваемого на фундамент машины и цеховой пол. На рис. 7 представлены графики такого усилия при различном количестве демпферов при воспроизведении ударного ускорения $A = 50 \text{ g}$.

С увеличением числа демпферов динамическая нагрузка на фундамент значительно снижается: при $n_a = 4$ шт. она составляет порядка $25 \cdot 10^4 \text{ Н}$, а при $n_a = 20$ шт. – $10 \cdot 10^4 \text{ Н}$. Если фундамент машины обеспечивает соответствующий запас по динамической нагрузке, то, принимая энергию, передаваемую на инер-

ционный блок, равной энергии удара $E_{\text{уд}}$, количество демпферов можно определить по выражению [7]:

$$n_a \approx 2 \left[\frac{1}{2} \frac{E_{\text{уд}}}{\beta v_{\text{cp}} \delta} \right], \quad (4)$$

где $v_{\text{cp}} = A \tau m (\pi - 2 \arcsin(0,1)) / (m + M)$ – средняя скорость движения инерционного блока [5]; δ – рабочий ход гидравлического демпфера; β – коэффициент сопротивления. Рабочий ход δ выбирается из соображений энергетической емкости демпфера, указанной в паспорте устройства. В стенде типа СОУГ2000 при массе инерционного блока порядка $M = 25 \text{ 000 кг}$ рекомендуется использовать демпферы с рабочим ходом от 150 до 300 мм. Коэффициент сопротивления β гидравлического демпфера здесь принимается усредненным значением для этапов сжатия и отбоя. В зависимости от энергии удара рекомендуется использовать демпферы средней и тяжелой серий с коэффициентами сопротивления в диапазоне $1 \text{ 000} - 10 \text{ 000 Н} \cdot \text{м/с}$.

В расчетах используется наибольшая энергия удара среди всех режимов, результат округляется до ближайшего целого четного из-за симметричного размещения демпферов.

Влияние параметров пневмопружины на динамику инерционного блока

Жесткость каждой пневмопружины определяется объемом воздуха, сжимаемым в цилиндре при заданном диаметре поршня. На

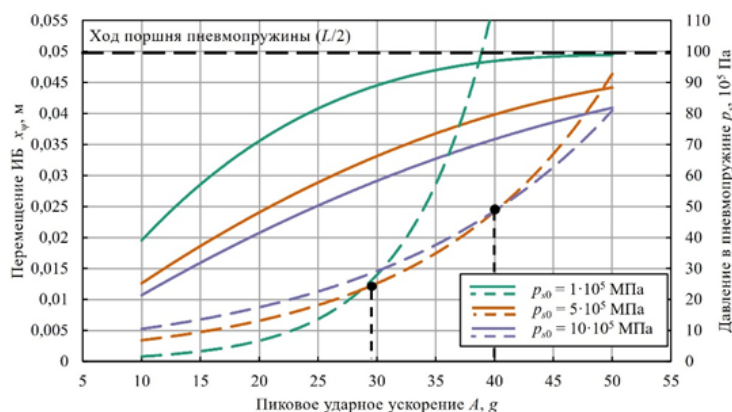


Рис. 8. Максимальное перемещение инерционного блока

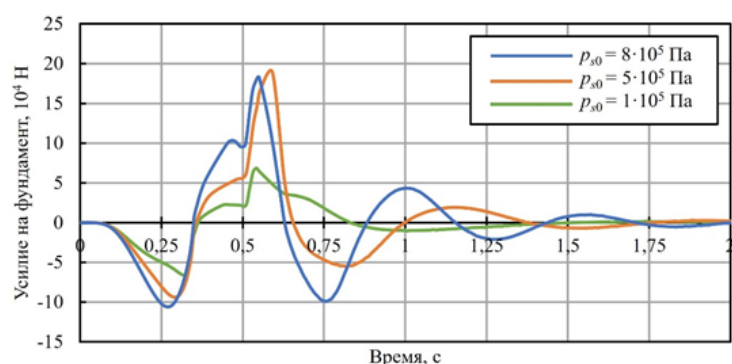


Рис. 9. Усилие на фундамент ударной машины при различном начальном давлении в пневмопружинах

рис. 8 представлены графики зависимости максимального линейного перемещения инерционного блока исходя из начального давления в пневмопружинах при воспроизведении ускорения $A = 50$ g .

Нелинейная жесткость пружины при перемещениях, близких к ходу поршня, а также запирающие атмосферного воздуха внутри полостей приводят к асимптотическому росту давления и могут нарушить механическую целостность пневмопружины: привести к разрушению пневмопружины и/или выходу из строя уплотнений. Для предотвращения такого роста в полости пневмопружины целесообразно нагнетать избыточное давление (рис. 8), которое при дальнейшем сжатии снижает интенсивность увеличения давления и его максимальное значение.

Одна из методик регулирования заключается в подаче избыточного давления без индивидуальной подстройки под конкретные

параметры испытаний. При этом повышение давления в полостях пружин оказывается относительно небольшим (в данной конфигурации до $80 \cdot 10^5$ Па), и именно из его оценки необходимо исходить при проектировании пружин. Данный способ регулирования применяется в стенде СОУГ2000.

Следует отметить, что при увеличении жесткости пневмопружины увеличиваются динамическая нагрузка на фундамент машины и частота ее приложения (рис. 9).

Более рациональным подходом с точки зрения нагрузки на фундамент и конструктивной целостности пневмопружины является регулирование начального давления в пневмопружинах в зависимости от ударного ускорения. При ускорениях до 30 g давление, которое соответствует максимальному перемещению инерционного блока, меньше с предварительно запертым атмосферным давлением; при ускорении от 30 до 40 g следует нагнетать избыточное дав-

ление $5 \cdot 10^5$ Па, а выше 40 g – давление $8 \cdot 10^5$ Па.

На основании проведенного исследования для СОУГ2000 предлагается следующая методика выбора параметров пневмогидравлической подвески ударных стендов горизонтальной компоновки.

1. Определить режим испытаний. Режим испытаний, одиночный и/или многократные удары, задается техническими требованиями к испытательному стенду.

2. Выполнить оценку количества демпферов. Для одиночных ударов подбор количества демпферов осуществляется по критерию динамической нагрузки на фундамент машины. Количество демпферов оценивается выражением (4). С помощью математической модели (1) оценивается сила, передаваемая на фундамент; при необходимости корректируется количество демпферов.

Для многократных ударов оптимальное количество демпферов выбирается по критерию минимума времени затухания колебаний (выражения (1) и (3)) инерционного блока для получения максимальной частоты следования ударов.

3. Задать параметры пневмопружины. Жесткость каждой пружины определяется объемом сжимаемого воздуха. При выборе их параметров возможны два подхода: 1) использование стандартных пневмопружины (пневмоцилиндров); 2) использование специализированных пневмопружины. В первом случае требуется подача избыточного давления, ограничивающего максимальное перемещение инерционного бло-

ка; динамическая нагрузка на фундамент при этом высокая. Во втором – пружины работают без предварительного давления, а инерционный блок совершает большое линейное перемещение. При этом минимизируется динамическая нагрузка на фундамент машины.

4. Корректировка параметров подвески при высокой динамической нагрузке. Если нагрузка на фундамент оказывается чрезмерной, т.е. превышающей несущую способность фундамента (оценку последней можно выполнить на основании [6]), рекомендуется увеличить объем сжимаемого в пневмопружине воздуха и переопределить необходимое количество демпферов.

Заключение

В работе определены и сформулированы критерии подбора параметров пневмогидравлической подвески ударного стенда для различных режимов испытаний. Проведен анализ динамики инерционного блока с учетом работы пневмопружины и гидравлических демпферов.

На основе результатов исследования предложена методика выбора количества демпферов и параметров пневмопружины для обеспечения максимальной частоты следования ударов в режиме многократных испытаний. Полученные результаты могут быть использованы как в качестве одного из подходов при разработке новых испытательных ударных машин горизонтальной компоновки с качающимся инерционным блоком.

Список литературы

1. Вибрации в технике: справочник в 6 т. Т. 1. Колебания линейных систем / под ред. В.В. Болотина. – М. : Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Васильев, А.К. Разработка и исследование испытательных стендов многократных ударов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.05 / А.К. Васильев. – Санкт-Петербург, 2021. – 151 с.
3. Васильев, А.К. Анализ условий и критериев воспроизводимости ударного импульса на мехатронных испытательных стендах / А.К. Васильев, В.А. Дьяченко // Омский научный вестник. – 2021. – № 4(178). – С. 41–45.
4. Варлашин, В.В. Подходы к оценке и методы тестирования промышленных экзоскелетов / В.В. Варлашин, А.И. Прядко, И.С. Барынкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 12(150). – С. 69–76.
5. Попов, А.Н. Моделирование работы горизонтального ударного стенда / А.Н. Попов, М.Н. Полищук, Д.В. Решетов // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2023. – № 12. – С. 336–349.
6. СП 26.13330.2012. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. – М. : Издательство стандартов, 2012. – 70 с.

7. Beyer, H.G. *Hydropneumatic Suspension Systems* / H.G. Beyer, B. Sendhoff. – 2nd ed. – Cham : Springer, 2022. – 313 p.
8. Castellani, F. Performance assessment of pneumatic-driven automatic valves to improve pipeline fault detection procedure by fast transient tests / F. Castellani, C. Capponi, B. Brunone, M. Vedovelli, S. Meniconi // *Sensors*. – 2024. – Vol. 24, No. 7. – Article 2173.
9. Harris, C.M. *Harris' Shock and Vibration Handbook* / C.M. Harris, A.G. Piersol. – New York : McGraw-Hill Professional, 2002. – 1457 p.
10. Polishchuck, M.N. Research of Air Suspension of Shock Machine / M.N. Polishchuck, A.N. Popov, A.K. Vasiliev, D.V. Reshetov // *Advances in Mechanical Engineering*. – 2021. – P. 219–230.
11. Xavier, M.S. Model-based nonlinear feedback controllers for pressure control of soft pneumatic actuators / M.S. Xavier, A.M. Billeschou, A.T. Mathew, T.T. Andersen // *Frontiers in Robotics and AI*. – 2022. – Vol. 9. – Article 903138.

References

1. *Vibratsii v tekhnike: spravochnik v 6 t. T. 1. Kolebaniya lineynykh sistem* / pod red. V.V. Bolotina. – M. : Mashinostroyeniye, 1978. – 352 s.
2. Vasil'yev, A.K. *Razrabotka i issledovaniye ispytatel'nykh stendov mnogokratnykh udarov : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.02.05* / A.K. Vasil'yev. – Sankt-Peterburg, 2021. – 151 s.
3. Vasil'yev, A.K. *Analiz usloviy i kriteriyev vosproizvodimosti udarnogo impul'sa na mekhatronnykh ispytatel'nykh stendakh* / A.K. Vasil'yev, V.A. D'yachenko // *Omskiy nauchnyy vestnik*. – 2021. – № 4(178). – S. 41–45.
4. Varlashin, V.V. *Podkhody k otsenke i metody testirovaniya promyshlennykh ekzoskeletov* / V.V. Varlashin, A.I. Pryadko, I.S. Barynkin // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. – 2023. – № 12(150). – S. 69–76.
5. Popov, A.N. *Modelirovaniye raboty gorizontalnogo udarnogo stenda* / A.N. Popov, M.N. Polishchuk, D.V. Reshetov // *Sovremennoye mashinostroyeniye. Nauka i obrazovaniye*. – 2023. – № 12. – S. 336–349.
6. SP 26.13330.2012. *Fundamenty mashin s dinamicheskimi nagruzkami*. – M. : Izdatel'stvo standartov, 2012. – 70 s.

© Д.В. Решетов, В.А. Дьяченко, А.Н. Попов, М.Н. Полищук, 2025

УДК 004.4

А.Ю. ВОЛКОВ, С.И. КВИТКО

МОО ВО «Кыргызско-Российский Славянский университет имени
первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина»;

Национальная академия наук Кыргызской Республики, г. Бишкек (Кыргызстан)

УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ 3D-ПЛОТТЕРАМИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНКОДЕРОВ И ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ключевые слова: инкрементальный энкодер; машинное обучение; умные технологии; управление; устойчивое развитие; 3D-плоттер; *Proteus*.

Аннотация. Целью исследования являются анализ и совершенствование подходов к управлению планшетными 3D-плоттерами с применением шаговых двигателей и инкрементальных энкодеров, а также интеграция методов искусственного интеллекта для оптимизации работы таких систем. В качестве основных задач определены: изучение программного обеспечения, ранее разработанного автором для управления 3D-плоттером; анализ методики моделирования инкрементального энкодера в среде *Proteus*; сопоставление этих решений с современными технологиями и практиками; формулировка рекомендаций по внедрению «умных» алгоритмов и повышению энергоэффективности. Гипотеза исследования состоит в том, что интеграция алгоритмов машинного обучения и современных систем управления (*Marlin*, *OctoPrint*) в архитектуру, подобную предложенной авторами, позволит повысить точность, надежность и устойчивость 3D-плоттеров при одновременном снижении энергопотребления. Методы исследования включают сравнительный анализ архитектурных решений, программно-аппаратное моделирование в *Proteus*, обзор научной литературы последних лет по управлению цифровыми производственными системами, а также систематизацию данных о современных прошивках и ML-алгоритмах планирования траекторий. В результате исследования выявлены преимущества и ограничения архитектуры управления 3D-плоттером через LPT-порт, описанной авторами; показано, что методика моделирования

энкодеров в *Proteus* позволяет оптимизировать конструктивно-электрические решения на этапе проектирования; установлено, что внедрение современных контроллеров, прошивок и ИИ-алгоритмов открывает перспективы повышения производительности, точности и энергоэффективности инженерных систем. Предложены рекомендации по модернизации аппаратно-программной архитектуры, интеграции обратной связи по положению и реализации адаптивного планирования траекторий с применением методов машинного обучения.

Введение

Внедрение «умных» технологий в машиностроении и приборостроении, включая адаптивные алгоритмы управления, мониторинг в реальном времени и искусственный интеллект (ИИ), открывает новые возможности для повышения эффективности инженерных систем. Компактные планшетные 3D-плоттеры, сочетающие функции гравировки, фрезерования и 3D-печати, становятся перспективной платформой для интеграции подобных решений.

В предыдущих работах авторов [1; 2] была представлена архитектура управления 3D-плоттером планшетного типа через LPT-интерфейс и разработана методика моделирования инкрементального энкодера в среде *Proteus*. Эти разработки позволяют не только управлять приводами и обрабатывать графические данные, но и проводить виртуальные испытания сенсорных узлов.

Настоящее исследование направлено на сопоставление этих решений с современными

мировыми практиками, включая *open-source* прошивки, алгоритмы машинного обучения для планирования траекторий, а также на формулирование предложений по их модернизации в контексте устойчивого развития.

Методы исследования

В статье использованы два основных источника авторских разработок.

1. Архитектура управления 3D-плоттером – ранее авторами была реализована система, в которой программные управляющие сигналы формировались в среде *Visual Basic* и передавались через *LPT*-порт на драйверы шаговых двигателей. Программный модуль включал конвертацию монохромных *BMP*-файлов в координатный файл *Plotter.txt*, автоматический и ручной режимы управления, а также алгоритмы безопасной остановки [2].

2. Моделирование энкодера в *Proteus* – авторами была разработана виртуальная модель оптического инкрементального энкодера с каскадами усиления и триггером Шмитта, что позволило исследовать передаточные характеристики и оценить влияние шума до этапа изготовления прототипа [1].

Для анализа применены, во-первых, сравнительное сопоставление архитектуры управления с современными прошивками (*Marlin*, *OctoPrint*, *Klipper*); во-вторых, обзор публикаций по *ML*-подходам в планировании траекторий [3; 6]; в-третьих, анализ вопросов кибербезопасности [5] и устойчивого развития [4].

Результаты исследования

1. Управление 3D-плоттером. Авторская архитектура, описанная в работе [2], демонстрирует работоспособность *LPT*-управления и простоту программной реализации. Однако анализ показал, что этот подход ограничен по скорости обмена, масштабируемости и интеграции в современные производственные цепочки.

2. Моделирование энкодера. Виртуальная модель энкодера, предложенная авторами [1], подтвердила эффективность *Proteus* как инструмента для предварительного проектирования сенсорных узлов. Это решение позволяет минимизировать затраты на изготовление и ускорить процесс верификации.

3. Сравнение с современными решениями. Современные прошивки (*Marlin*, *Klipper*)

обеспечивают расширенный функционал, включая поддержку *G-code*, удаленный мониторинг, модульную архитектуру и плагины *OctoPrint*. Интеграция алгоритмов машинного обучения [3] способна оптимизировать маршруты инструмента и снизить энергозатраты.

Обсуждение

Результаты анализа и сопоставления собственных разработок авторов с современными инженерными практиками подтверждают выдвинутую гипотезу о том, что интеграция «умных» технологий в архитектуру управления 3D-плоттерами обеспечивает существенный прирост функциональных характеристик системы. При этом под «умными» технологиями в данном контексте понимаются не только алгоритмы машинного обучения, но и архитектурные решения, позволяющие реализовать адаптивное управление, самооптимизацию параметров и мониторинг в реальном времени.

1. Аппаратная модернизация. Исходная архитектура управления через *LPT*-порт, разработанная авторами, является наглядной и технологически доступной для учебных и исследовательских целей. Однако в промышленных условиях она ограничена по скорости обмена, гибкости интерфейсов и масштабируемости. Переход на современные микроконтроллерные платформы (*STM32*, *ESP32*, платы с *ARM Cortex-M*) с интерфейсами *USB*, *Ethernet* или беспроводной связью (*Wi-Fi*, *Bluetooth*) позволит обеспечить более высокую скорость передачи данных, поддержку расширенных протоколов (например, *MQTT* для *IoT*-мониторинга) и совместимость с существующими прошивками (*Marlin*, *Klipper*). Дополнительно, внедрение замкнутого контура управления с использованием инкрементальных или абсолютных энкодеров позволит компенсировать пропуски шагов и улучшить качество воспроизведения траекторий.

2. Программная интеграция и модульность. Программное обеспечение, реализованное в предыдущей работе авторов, успешно выполняет базовые функции по управлению плоттером и преобразованию графических данных. Однако современные *open-source* решения, такие как *Marlin* или *Klipper*, предлагают широкие возможности: управление по *G*-коду, дистанционное администрирование через *OctoPrint*, плагиновую архитектуру и

автоматическую калибровку оборудования. Перенос разработанной авторами логики обработки изображений и алгоритмов формирования управляющих сигналов в модульную среду с поддержкой *API* откроет путь для более быстрой интеграции дополнительных функций – например, контроля энергопотребления или генерации адаптивных траекторий.

3. Интеграция алгоритмов искусственного интеллекта. Применение методов машинного обучения в управлении плоттерами представляется перспективным по нескольким направлениям. Во-первых, это планирование траекторий (*toolpath planning*) с минимизацией количества холостых перемещений и оптимизацией порядка выполнения операций. Методы обучения с подкреплением (*reinforcement learning*), как показано в исследовании *Huang et al.* [3], способны адаптироваться к различным геометрическим задачам и материалам. Во-вторых, модели типа *physics-guided neural networks* могут использоваться для компенсации упругих деформаций и вибраций механической системы, что особенно важно при работе на высоких скоростях или с жесткими материалами. В-третьих, алгоритмы компьютерного зрения в связке с энкодерами могут выполнять автоматическую проверку точности позиционирования в реальном времени.

4. Кибербезопасность. Современные рабо-

ты [5] демонстрируют, что системы аддитивного производства уязвимы для атак, способных незаметно изменить параметры траектории, структуру управляющих файлов или прошивку контроллера, что приводит к дефектам продукции. Для предотвращения подобных угроз рекомендуется реализовать контроль целостности прошивок и управляющих файлов (цифровые подписи, хеш-суммы), а также вести журнал событий с возможностью восстановления версий.

Таким образом, модернизация предложенной авторами системы с учетом перечисленных направлений способна вывести устройство на новый уровень функциональности, обеспечив соответствие современным требованиям промышленности, образования и устойчивого развития.

Заключение

Авторские разработки, представленные в предыдущих работах, являются прочной базой для внедрения современных технологий управления, виртуального моделирования и искусственного интеллекта в компактные производственные комплексы. Их модернизация в соответствии с предложенными рекомендациями позволит создать интеллектуальные, надежные и устойчивые инженерные системы.

Список литературы

1. Волков, А.Ю. Моделирование инкрементального энкодера в системе автоматизированного проектирования Proteus / А.Ю. Волков // Проблемы автоматизации и управления. – 2017. – № 2(33). – С. 32–42.
2. Волков, А.Ю. Разработка программного обеспечения для управления 3D-плоттером планшетного типа / А.Ю. Волков // Проблемы автоматизации и управления. – 2013. – № 2(25). – С. 102–110.
3. Huang, Y. Learning Based Toolpath Planner on Diverse Graphs for 3D Printing. – arXiv preprint, 2024.
4. Khalid, M. Sustainability and Environmental Impact of Additive Manufacturing: A Literature Review / M. Khalid // CAD Journal. – 2021. – Vol. 18. – P. 1210–1232.
5. Pearce, H. FLAW3D: A Trojan-based Cyber Attack on the Physical Outcomes of Additive Manufacturing / H. Pearce, K. Yanamandra, N. Gupta, R. Karri – arXiv preprint, 2021.
6. Subbaraman, B. p5.fab: Direct Control of Digital Fabrication Machines from a Creative Coding Environment / B. Subbaraman, N. Peek. – arXiv preprint, 2022.

References

1. Volkov, A.YU. Modelirovaniye inkremental'nogo enkodera v sisteme avtomatizirovannogo proyektirovaniya Proteus / A.YU. Volkov // Problemy avtomatiki i upravleniya. – 2017. – № 2(33). – S. 32–42.

2. Volkov, A.YU. Razrabotka programmnogo obespecheniya dlya upravleniya 3D-plotterom planshetnogo tipa / A.YU. Volkov // Problemy avtomatiki i upravleniya. – 2013. – № 2(25). – S. 102–110.

© А.Ю. Волков, С.И. Квитко, 2025

УДК 62

М.Ю. ЮДИН, Е.А. ГОРШКОВ

ФГБОУ ВО «Саратовская государственная юридическая академия
(Балаковский филиал)», г. Балаково

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛЬФОННЫХ ПРИВОДОВ И ПРАКТИКА РАЗРАБОТОК ТРУБНОЙ АРМАТУРЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Ключевые слова: практика; применение; разработка; сильфонный привод; трубная арматура.

Аннотация. Актуальность исследования состоит в том, что практика разработки и внедрения трубной арматуры на основе сильфонных приводов демонстрирует значительные преимущества данной технологии по сравнению с традиционными решениями. Цель исследования заключается в определении направлений применения сильфонных приводов в практике разработки трубной арматуры. Задачи: анализ современных тенденций применения сильфонных приводов; формирование основных направлений применения сильфонных приводов при разработке трубной арматуры. В данном исследовании применялись фундаментальные научные инструменты познания. Также была задействована методология, включающая классификационные подходы и обобщающие техники. Аналитические приемы и логические конструкции также составили важную часть методологического аппарата работы. В результате автором сформулированы направления применения сильфонных приводов в практике разработок трубной арматуры на их основе.

Введение

Сегодня в инженерной практике особое внимание уделяется эффективным решениям для управления потоками в трубопроводных системах. Сильфонные приводы представляют собой одно из наиболее перспективных направлений в этой области, обеспечивая надежность и долговечность работы различных типов арматуры.

Современные промышленные предприятия активно внедряют трубную арматуру с сильфонными механизмами благодаря их уникальным характеристикам и адаптивности к различным условиям эксплуатации. Практический опыт инженерных разработок показывает, что такие системы особенно эффективны в химически агрессивных средах и при экстремальных температурных режимах.

Многолетние исследования и испытания подтверждают высокую эффективность сильфонных приводов в нефтехимической промышленности, энергетике и системах жизнеобеспечения. Разработка трубной арматуры на основе этих механизмов позволяет создавать технологические решения, соответствующие самым строгим отраслевым стандартам и требованиям безопасности.

Инновационные подходы к проектированию и внедрению сильфонных систем открывают новые горизонты для модернизации существующих трубопроводных комплексов и создания перспективных моделей промышленного оборудования, что способствует повышению общей эффективности производственных процессов.

Методы и методология исследования

Основу проведенного исследования составил разнообразный набор познавательных техник и аналитических подходов. Логические конструкции и структурный анализ позволили сформировать целостное видение направлений применения сильфонных приводов.

В ходе работы были активно задействованы обобщающие техники, способствующие синтезу полученных данных и формированию интегрированных выводов. Классификационные методы обеспечили систематизацию эмпири-

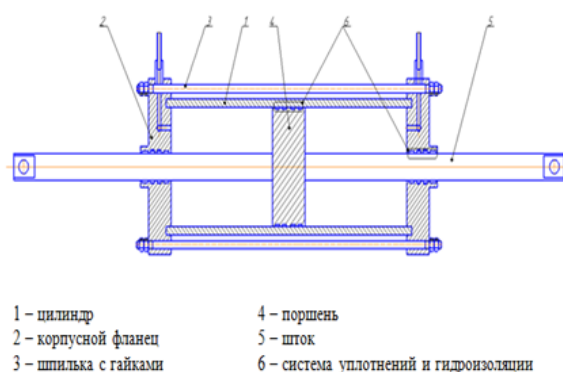


Рис. 1. Схема гидропривода двустороннего действия с разомкнутой системой циркуляции гидравлической жидкости

ческого материала по ключевым критериям и категориям.

Методологический аппарат исследования способов применения сильфонных приводов включал также специализированные аналитические приемы. Эти подходы были дополнены синтетическими методами, обеспечивающими последующую интеграцию выявленных закономерностей в единую теоретическую модель. Примененный методологический комплекс доказал свою эффективность, обеспечив научную обоснованность и верифицируемость полученных результатов.

Результаты

Сильфоны, изменяющие длину под давлением среды, лежат в основе сильфонных приводов. Эти механизмы применяются для управления исполнительными устройствами в различном оборудовании, включая трубную арматуру.

Существует мнение, что данные приводы имеют ограниченный потенциал: небольшой ход, малое создаваемое усилие, отсутствие ремонтпригодности и ограниченный ресурс циклов. Из-за этих характеристик и компактных габаритов сильфоны находят применение преимущественно в малоразмерной арматуре, управляющих устройствах и реле, например, в позиционерах, обеспечивающих контроль над арматурой.

Правильно считать, что сильфон с помощью упругих сил не может возвращаться в исходное положение и для его обеспечения применяется возвратная пружина.

Если в конструкции сильфона предусмотрены направляющие, то можно реализовать любой ход в разумных пределах, если нет особых требований по габаритам в направлении действия привода.

Усилие, создаваемое сильфонным приводом, можно варьировать в широких пределах за счет изменения параметров: величины давления и эффективного диаметра сильфона [1].

Чтобы подобрать оптимальный привод для механизмов трубной арматуры, необходимо владеть информацией о характеристиках и эксплуатационно-технических показателях всех доступных вариантов. Управление движением рабочих органов арматуры и их активация – вот общая задача для всех четырех распространенных в современной технике типов приводов: пневматических, гидравлических, механических и электрических. Каждый из этих видов приводов имеет свою специфику, которую следует учитывать при выборе подходящего решения для конкретного рабочего механизма.

Следует проанализировать сильфонные и гидравлические типы приводов, так как они являются основными конкурирующими технологиями в сфере практического использования и взаимозаменяемости [2].

На рис. 1 изображена схема гидропривода двустороннего действия с разомкнутой системой циркуляции гидравлической жидкости.

В корпусный фланец (2) поступает управляющее давление гидравлической жидкости, которое, воздействуя на левую часть цилиндра (1), формирует рабочее усилие на торцевой поверхности поршня (4). В результате поршень (4) со штоком (5) перемещается до крайней правой

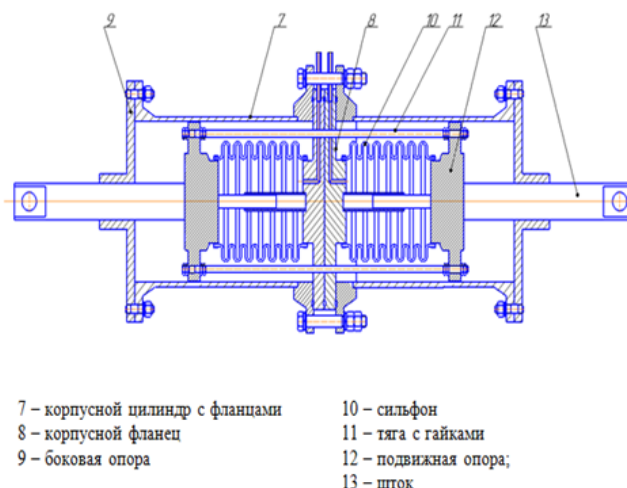


Рис. 2. Схема сифонного привода двустороннего действия с отдельной системой циркуляции гидравлической жидкости с каждым сифоном

точки, упираясь в правый корпусной фланец (2). Для обратного движения процесс меняется: управляющее давление подается в правую сторону корпусного фланца (2). Создаваемое давление в правой части цилиндра (1) воздействует на торец поршня (4), заставляя его вместе со штоком (5) двигаться до крайнего левого положения, где происходит контакт с левой частью корпусного фланца (2). На рис. 2 изображена схема сифонного привода двустороннего действия с отдельной системой циркуляции гидравлической жидкости с каждым сифоном.

Гидравлическая система приводится в действие следующим образом: при нагнетании жидкости через фланец корпуса (8) в правый сифон (10) возникает давление, которое воздействует на торцевую часть опоры (12). В результате тяга (11) со штоком (13) перемещается до предела вправо, упираясь в левый сифон (14), а жидкость из левого сифона (10) выталкивается обратно в систему. Для осуществления обратного движения процесс меняется: жидкость под давлением подается через левую часть корпусного фланца (8) в левый сифон (10). Создаваемое там давление воздействует на подвижную опору (12), заставляя шток (13) и тягу (11) двигаться до крайней правой точки, ограниченной правым сифоном (14). При этом жидкость из правого сифона (10) выдавливается назад в гидравлическую систему.

В табл. 1 рассмотрены только те качества, в которых наблюдаются различия или особенности сравниваемых приводов.

Применение сифонных приводов для управления трубной арматурой, осуществляющей транспортировку продукта, целесообразно:

- для трубных систем с давлением продукта до 34,5 МПа;
- где затруднено или исключена возможность технического обслуживания в межремонтный цикл;
- где нет ограничений по габаритным характеристикам в сочетании с необходимыми величинами рабочих ходов исполнительных механизмов;
- где есть ограничения на взрывоопасное и пожароопасное исполнение;
- для размещения трубной арматуры под морской водой;
- где характерны нахождение исполнительных устройств в одном положении на протяжении продолжительного промежутка времени [3].

Таким образом, можно перечислить достоинства сифонного привода:

- он может управляться централизованной системой управления арматуры;
- способен обслуживать арматуру разных размеров условного прохода, от минимального до максимального;
- требуется подвод только одного вида энергии;
- в отличие от большинства других приводов, он может монтироваться не только непосредственно на арматуре, но и на расстоянии

Таблица 1. Различия и особенности сравниваемых приводов

Требования и особенности приводов	Гидропривод	Сильфонный привод	Примечание
Повышенные требования к механической обработке рабочих поверхностей цилиндра, поршня и штока	Для изготовления нужна высокая культура производства, высококвалифицированные рабочие	Не требуется	Относительная сложность агрегатов и высокая точность изготовления отдельных элементов и деталей гидропривода
Применение систем уплотнений в парах трения: «поршень-цилиндр», «шток-корпус» два места	При работе с высоким давлением применяются комплексные дорогостоящие системы уплотнений и гидроизоляции	Нет необходимости в применении	У сильфонного привода нет пар трения
Необходимость технического обслуживания привода в период эксплуатации	Требуется техническое обслуживание в период эксплуатации высококвалифицированными рабочими	Не требуется обслуживание привода	У сильфонного привода нет изделий, требующих обслуживания
Возможность и необходимость мелких ремонтных работ в период эксплуатации	Требуется проведение обслуживания привода в период эксплуатации	Не требуется	Не подвергается ремонту, подлежит замене по истечению срока службы
Количество циклов срабатывания в межремонтный период	Так, у шибберных задвижек при высоких давлениях до 34,5 МПа гарантированно 270 циклов	Обеспечивает 1 000 циклов и более	При одних и тех же условиях, что и у гидропривода
Возможность обеспечения длительной стоянки рабочего органа в заданном положении	Не может обеспечить длительное стояние из-за наличия систем уплотнений	Может обеспечить длительное стояние, так как системы уплотнений отсутствуют	У гидропривода могут прикипеть уплотнения к штоку
Возможные рабочие хода при одинаковых размерах корпусов привода	Обеспечивает 1 050 мм	Обеспечивает 350 мм	В три раза меньше рабочий ход у сильфонного привода
Удобство обслуживания	Так, у шибберных задвижек при высоких давлениях до 34,5 МПа на глубине 500 м неудобно	Обслуживание не требуется	

от нее;

- он может применяться как в подводном исполнении, так и в наземном варианте;
- он не требует систем уплотнений и гидроизоляции;
- использование для механизации привода арматуры с ручным управлением, который дублирует работу основного привода при отсутствии управляющего давления;
- может использоваться для управления быстродействующей (отсечной) арматурой, так как обеспечивается импульсная подача управляющего давления;

- характер движения исполнительного механизма сильфонного привода может быть прямолинейным, криволинейным, поворотным;
- может быть использован как гидравлический рычаг с замкнутым объемом гидравлической жидкости в различных исполнительных механизмах, таких, к примеру, как пресс и др.;
- может быть использован в устройствах для предохранения трубопроводов от избыточного количества среды, защиты от гидроудара потока, а также во многих других устройствах трубопроводной арматуры;
- рабочей средой могут быть гидравли-

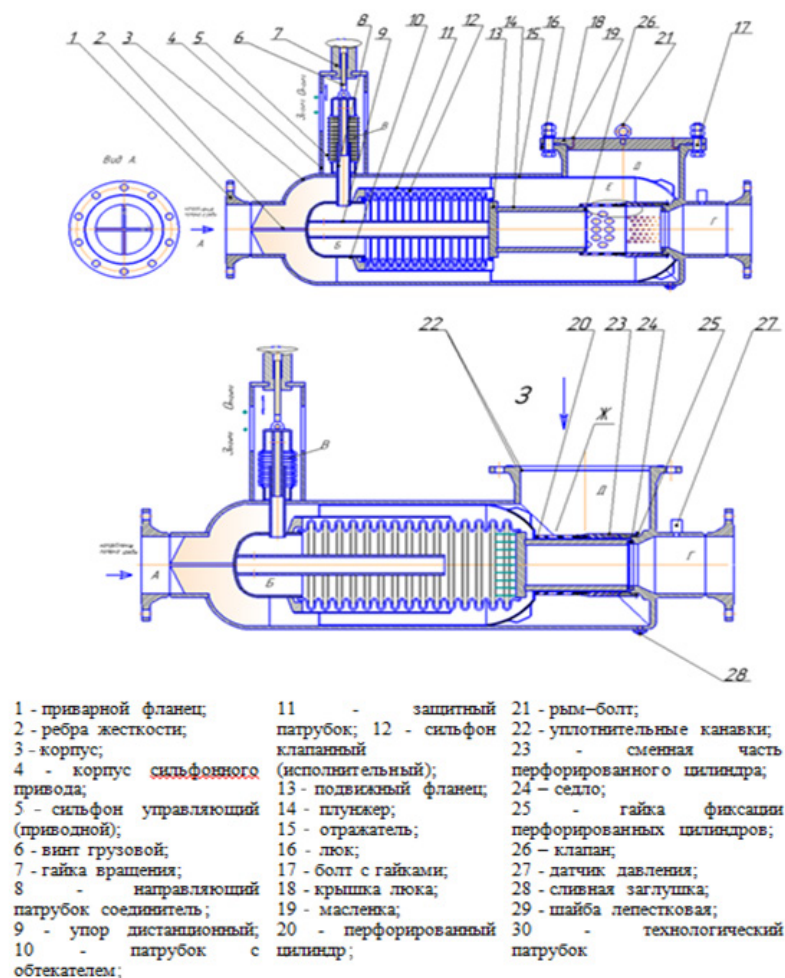


Рис. 3. Конструкция запорно-регулирующего клапана осевого типа на базе сифонного с замкнутой системой гидравлики (Разработка Акционерного общества «Инженерный центр судостроения» (ИЦС), 2019 г.)

ческая жидкость, воздух, газовая смесь;

- сжатый воздух или газовая смесь, замкнутая в сифонном пространстве привода, может использоваться как упругий элемент по аналогии с характеристиками витой пружины, который при сжатии накапливает энергию сжимаемого воздуха, а при снятии нагрузки возвращает механизм в исходное состояние;

- может использоваться для работы на объектах особой взрывоопасности и пожароопасности.

Недостатки сифонного привода:

- осевой ход штока меньше, чем у гидропривода со сравнимыми габаритами корпуса привода;

- габаритные размеры в осевом направлении больше, чем у гидропривода со сравнимыми осевыми ходами привода;

- не может применяться в трубных системах, где возможно внешнее обмерзание сифонов при большой влажности окружающей среды;

- пропуск среды через сифонный узел (сифонная арматура), который не подлежит ремонту, возможна только полная замена.

В качестве примера можно привести разработку конструкции запорно-регулирующего клапана осевого типа на базе сифонного с замкнутой системой гидравлики, которая реализует гидравлический рычаг, разнесенный в пространстве, то есть вынесенный от основного трубопровода на некоторое расстояние (рис. 3).

Данная разработка относится к области машиностроения, строительства тепловых сетей, трубопроводному транспорту, а именно к клапанам осевого потока, где требуется плавное

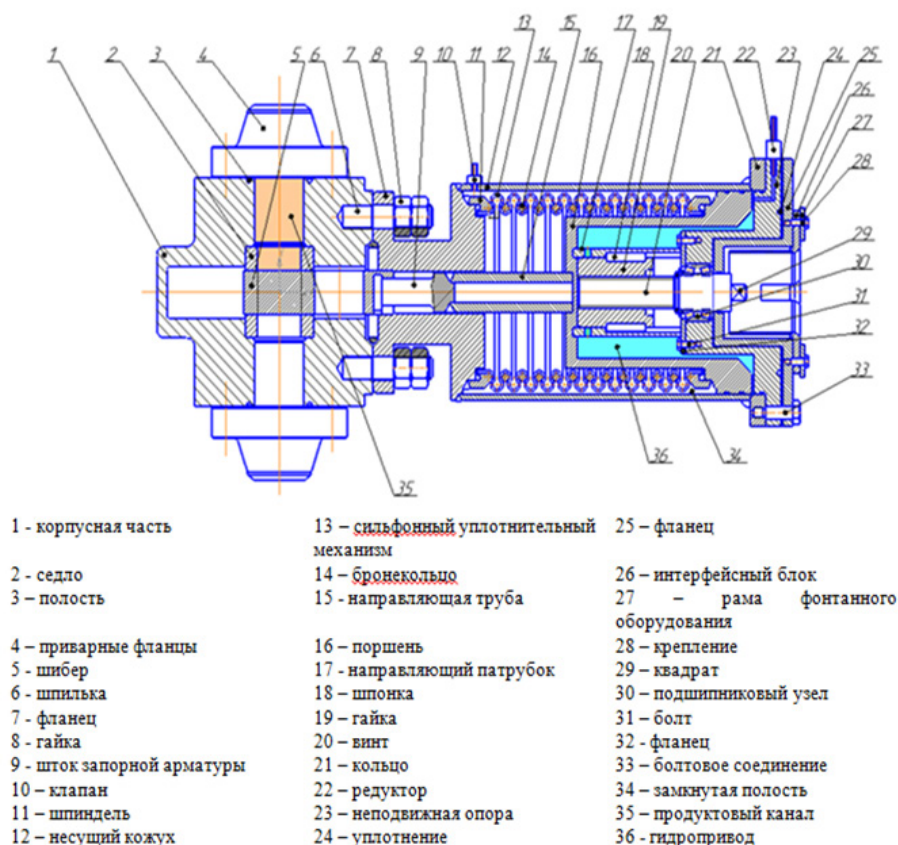


Рис. 4. Сифонная шиберная задвижка (Разработка Акционерного общества ИЦС, 2019 г.)

регулирование подачи транспортируемого продукта в виде воды, газа или пара под давлением до 40 кгс/см² и гарантированное закрытие трубопровода без создания условий возникновения ударной волны с большим числом срабатывания клапана и надежностью в работе [4].

В сфере производства арматуры создана инновационная шиберная задвижка с сифонным механизмом. Она функционирует в системах регулирования потоков жидкости в фонтанной арматуре, включая применение при добыче на больших глубинах, обеспечивая контроль высоконапорных продуктовых трубопроводов [5].

Конструкция этого устройства основана на сочетании классического гидропривода с поршневым цилиндром и специального омегаобразного сифона. Такой сифон обладает повышенной устойчивостью к давлению и значительным потенциалом линейной деформации. Система гидравлического управления в данной задвижке имеет разомкнутую структуру, что является ключевой особенностью разработки.

Инновационная конструкция шиберной задвижки с сифоном включает корпус (1), механизм запорной арматуры и гидравлический привод поршневого типа. Особенностью данной задвижки являются двусторонний поршень гидропривода и уникальное сифонное уплотнение (13), которое эффективно разграничивает рабочий флюид и газовую смесь под давлением. Уплотнение интегрировано с корпусом арматуры (1) и левой частью поршня (16). Конструкция предусматривает соединение левой части поршня (16) как со штоком (9) запорного механизма, так и с направляющим патрубком (17), входящим в систему аварийного открывания задвижки. Конструкция сифонной задвижки обеспечивает надежную герметизацию и большой (около 1 000 циклов) потенциал срабатываний привода (рис. 4).

Также разработан сифонный привод запорной трубопроводной арматуры (рис. 5).

Инновационное решение в сфере управления трубопроводными системами предназначено для применения в нефтегазовом сек-

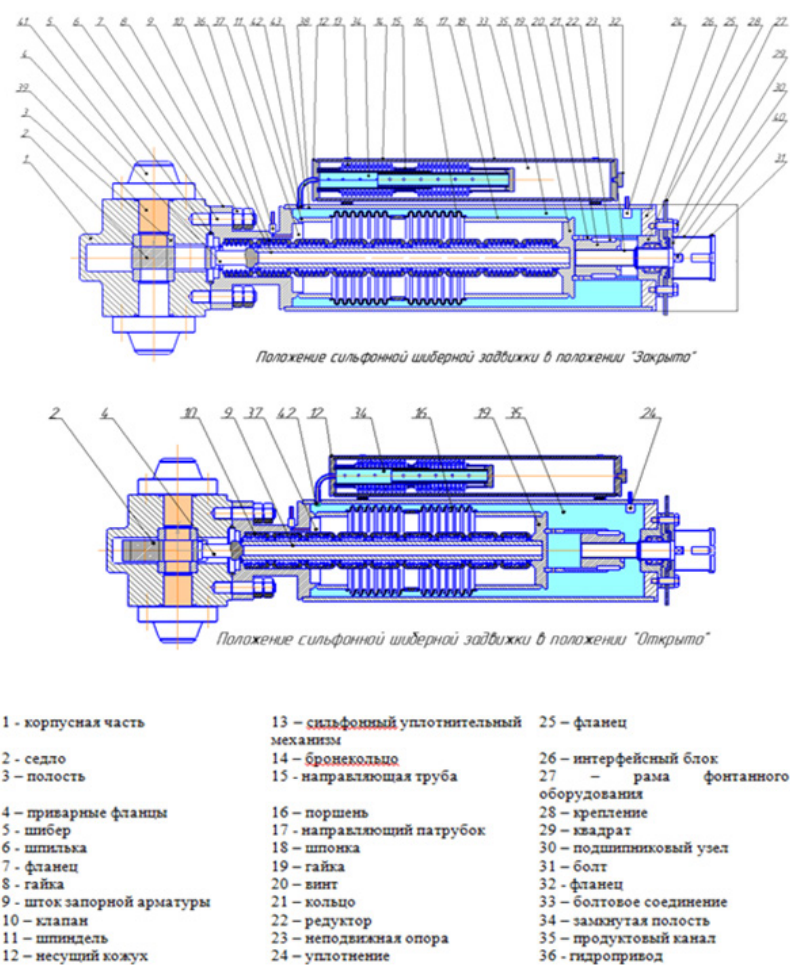


Рис. 5. Сифонный привод запорной трубопроводной арматуры (Разработка Акционерного общества «Инженерный центр судостроения» (ИЦС), 2019 г.)

торе. Данное изобретение может эффективно использоваться при контроле потоков флюида в фонтанной арматуре, включая операции на морских глубоководных объектах, где требуется регулировать высоконапорные продуктовые магистрали.

Конструкция механизма включает сифонную сборку с фиксированным креплением одного конца к корпусу. Противоположная сторона сборки герметизирована подвижной опорой, внутренняя часть которой служит точкой контакта для штока затвора. Шток непосредственно соединен с запорным элементом.

Функциональная особенность устройства заключается в том, что внешняя полость сборки соединена с источником управляющего давления, тогда как внутренняя заполнена газовой смесью под давлением. Данная смесь способна

сжиматься при открытии арматуры и обеспечивать возврат затвора в исходное положение после снижения управляющего давления.

Сифонная арматура для трубопроводов функционирует стабильно благодаря качественному приводу.

Заключение

В современной инженерной практике сифонные технологии демонстрируют удивительную универсальность. Исследования последних лет показывают, что сифонные приводы представляют собой не просто узкоспециализированный элемент, а целую категорию механизмов с широким спектром применения.

Первоначально разработанные как компоненты трубной арматуры, эти устройства сегод-

ня находят применение в самых разнообразных промышленных контекстах. Специалисты отмечают, что многогранность сильфонных технологий позволяет использовать их потенциал далеко за пределами традиционных сфер [6].

Особенно перспективным выглядит направление интеграции сильфонных приводов в

приспособления различного функционального назначения. Это открывает новую главу в истории промышленной автоматизации и механизации производственных процессов. В результате углубленного изучения данной темы становится очевидно, что данная технология способна революционизировать целые отрасли.

Список литературы

1. Сысоев, С.Н. Сильфонные приводы криволинейного перемещения / С.Н. Сысоев, В.А. Овчинников, Т.Н. Голубева // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 4-2. – С. 251–255.
2. Глебович, С.А. Анализ применения сильфонных компенсаторов / С.А. Глебович // Технические науки в России и за рубежом : материалы VII Междунар. науч. конф., Москва, ноябрь 2017 г. – Москва : Буки-Веди, 2017. – С. 160–163.
3. Сысоев, С.Н. Методика конструирования системы приводов аппарата / С.Н. Сысоев, И.Е. Никифоров, А.С. Маскин // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 2. – С. 66–71.
4. Вакулов, П.С. Запорно-регулирующий клапан осевого типа : пат. RU192542U1 / П.С. Вакулов, Н.А. Маслов, М.Ю. Юдин, Т.Г. Чистякова, С.А. Молчанов, П.В. Скарук, Е.П. Степанов, А.В. Лисицин, Н.А. Петрова, П.В. Лопарев; заявитель АО «Инженерный центр судостроения», 2019.
5. Крылов, К.В. Сильфонная шибберная задвижка : пат. 193785 / К.В. Крылов, В.Ю. Шарохин, А.А. Семенов, П.С. Вакулов, Н.А. Маслов, М.Ю. Юдин, Т.Г. Чистякова, С.А. Молчанов, О.Н. Орешин, П.В. Скарук, Е.П. Степанов; заявитель АО «Инженерный центр судостроения», 2019.
6. Асеев, О.И. Арматура предохранительная. Выбор, установка и расчет / О.И. Асеев. – М. : Инфра-Инженерия, 2018.

References

1. Sysoyev, S.N. Sil'fonnyye privody krivolineynogo peremeshcheniya / S.N. Sysoyev, V.A. Ovchinnikov, T.N. Golubeva // Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. – 2020. – № 4-2. – S. 251–255.
2. Glebovich, S.A. Analiz primeneniya sil'fonnykh kompensatorov / S.A. Glebovich // Tekhnicheskiye nauki v Rossii i za rubezhom : materialy VII Mezhdunar. nauch. konf., Moskva, noyabr' 2017 g. – Moskva : Buki-Vedi, 2017. – S. 160–163.
3. Sysoyev, S.N. Metodika konstruirovaniya sistemy privodov apparata / S.N. Sysoyev, I.Ye. Nikiforov, A.S. Maskin // Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. – 2020. – № 2. – S. 66–71.
4. Vakulov, P.S. Zaporno-reguliruyushchiy klapan oseвого tipa : pat. RU192542U1 / P.S. Vakulov, N.A. Maslov, M.YU. Yudin, T.G. Chistyakova, S.A. Molchanov, P.V. Skaruk, Ye.P. Stepanov, A.V. Lisitsin, N.A. Petrova, P.V. Loparev; zayavitel' AO «Inzhenernyy tsentr sudostroyeniya», 2019.
5. Krylov, K.V. Sil'fonnaya shibernaya zadvizhka : pat. 193785 / K.V. Krylov, V.YU. Sharokhin, A.A. Semenov, P.S. Vakulov, N.A. Maslov, M.YU. Yudin, T.G. Chistyakova, S.A. Molchanov, O.N. Oreshin, P.V. Skaruk, Ye.P. Stepanov; zayavitel' AO «Inzhenernyy tsentr sudostroyeniya», 2019.
6. Aseyev, O.I. Armatura predokhranitel'naya. Vybora, ustanovka i raschet / O.I. Aseyev. – M. : Infra-Inzheneriya, 2018.

УДК 658.5.012.7 + 519.711.2 + 510.57 + 658.524 + 65.012.27

Е.Д. МАКАРОВ¹, Е.А. ФРОЛОВА¹, А.А. ДЗЮБАНЕНКО²

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича», г. Санкт-Петербург

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ КОНВЕЙЕРА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: критерии; планирование производства; рекурсия; теория конвейеров; технологический ресурс.

Аннотация. В статье рассмотрена задача повышения результативности организационной структуры конвейера при внесении технологических изменений. Предложена методика динамической калибровки цифровых систем, основывающаяся на анализе изменения величины коэффициентов преемственности и отклонения стабильности. Основана данная методика на формуле расчета коэффициента допустимого ускорения производства K_{as} , учитывающей при расчете ряд детерминированных параметров. Представлено решение задачи сокращения времени, затрачиваемого на оперативную корректировку производственного плана и снижение степени вовлеченности инженера-технолога в данный процесс. Цель исследования – повышение результативности структуры с учетом вносимых технологических изменений. Гипотеза исследования: применение методики, имеющей в своей основе конвейерный подход, позволит оценить изменение параметров выполнения заказа и выявить возможность изменения времени выполнения заказа за счет внесения изменений в технологический процесс. Методы исследования: теория конвейеров, рекурсивная математическая модель производства, математическая модель монтажа электронных плат. Результаты исследования: оценка эффективности производства и сокращение времени производства заказов.

Введение

Планирование производства представляет собой сложную и многокритериальную задачу [1–3]. Постоянное изменение времени выполнения отдельно взятых операций технологического процесса на разных этапах формирует дефицит или профицит доступных временных ресурсов для выполнения остальных этапов других заказов. Профицит ресурсов означает, что участок, на котором выполнялась операция, простаивает, что ведет к потере максимальной производительности и отрицательно сказывается на экономике предприятия. Дефицит же ресурсов показывает, что запланированное время выполнения операции не совпадает с фактическим. Это ведет к смещению времени старта и времени окончания последующих операций техпроцесса, что негативно сказывается на сроках сдачи заказа.

Данные условия вынуждают предприятия проводить оперативное вмешательство в заранее подготовленные планы производства с целью внесения соответствующих корректировок. Однако существует также проблема оперативности внесения данных изменений. Фактически окончательное время выполнения технологической операции может быть представлено лишь по факту завершения всего заказа, то есть по факту прохождения всего технологического процесса производства изделия. Данный факт не позволяет лицу, принимающему

му решения (ЛПР), оперативно внести и обработать эти данные.

В этой статье предложена методика динамического учета входящих изменений и отображения скорректированных временных затрат, направленных на сокращение простоев предприятия, уменьшение возникновения дефицитов ресурсов и снижение нагрузки на кадровый ресурс для предоставления им возможности выполнения других задач. Рассматривается решение данной задачи с применением теории моделирования процессов производства, имеющих конвейерную природу [4; 5].

Материалы и методы

Первым этапом планирования производства является оценка состояния текущего заказа на изделия. Вариативность состояния может быть формализована следующим образом:

- тип заказа: первый, повторный;
- наличие истории выполнения предыдущих заказов или предыдущих версий собираемого изделия: да, нет;
- соблюдение сроков выполнения заказа: мягкий, средний, жесткий;
- наличие рекомендаций по технологии: да, нет.

Планирование заказа начинается только после утверждения технологического процесса. Далее анализируется корректность наполнения процесса и делается анализ ресурсов, разрешенных к планированию, после чего осуществляется запрос на предоставление времени выполнения каждой операции. После предоставления всех необходимых данных заказ планируется в соответствии с указанными датами старта и окончания заказа, учитывая необходимость соблюдения сроков выполнения, а также доступных для планирования ресурсов.

При планировании заказа ЛПР может не знать всех технологических особенностей данного заказа. Однако он обладает следующими данными:

- технологический процесс;
- разрешенное к применению оборудование;
- разрешенные к применению материалы;
- срок поставки комплектации;
- поставщик комплектации;
- история выполнения предыдущего заказа (опциональный параметр);
- использованное в предыдущие разы

оборудование (опциональный параметр);

- использованные в предыдущие разы материалы (опциональный параметр);
- сроки поставки комплектации для предыдущего заказа (опциональный параметр);
- выбранный поставщик для предыдущих поставок комплектации (опциональный параметр).

Так как основная номенклатура применяемых при производстве оборудования и материалов является постоянной, она может быть формализована и представлена в виде набора параметров, унифицированных для любого заказа. Прочие данные могут быть получены из автоматизированной системы *ERP*.

Рассмотрим алгоритм планирования заказа до внедрения методики динамического учета входящих изменений. Данный алгоритм представлен на рис. 1.

Он может быть дополнен промежуточными этапами. При планировании заказа большого объема ЛПР составляется график, показывающий предварительное прохождение заказа по всем этапам технологического процесса. Данный график проходит согласование с экспертной группой производства, и после его согласования планирование становится окончательным и вносится в общее производственное расписание. При наличии разногласий предварительный график корректируется до момента окончательного утверждения экспертной группой.

Далее рассмотрим ситуацию, когда в уже ранее согласованное и внесенное в общее производственное расписание планирование заказа вносится изменение. Вызвано оно зачастую изменением задействованного оборудования и материалов, что вносит коррективы в уже установленный техпроцесс. В таком случае системой *ERP* автоматически формируется запрос на повторное планирование с указанием причины. От ЛПР, ответственного за планирование запроса, требуется выяснить порядок вносимых корректировок и на их основе обновить планирование заказа в общем производственном расписании. Выполнение данной процедуры требует непосредственного взаимодействия с инженером-технологом, ответственным за составление техпроцесса по данному заказу. Последнему требуется время на внесение корректировок и просчет новых временных показателей.

Для ускорения выполнения данной процедуры предлагается использовать алгоритм,

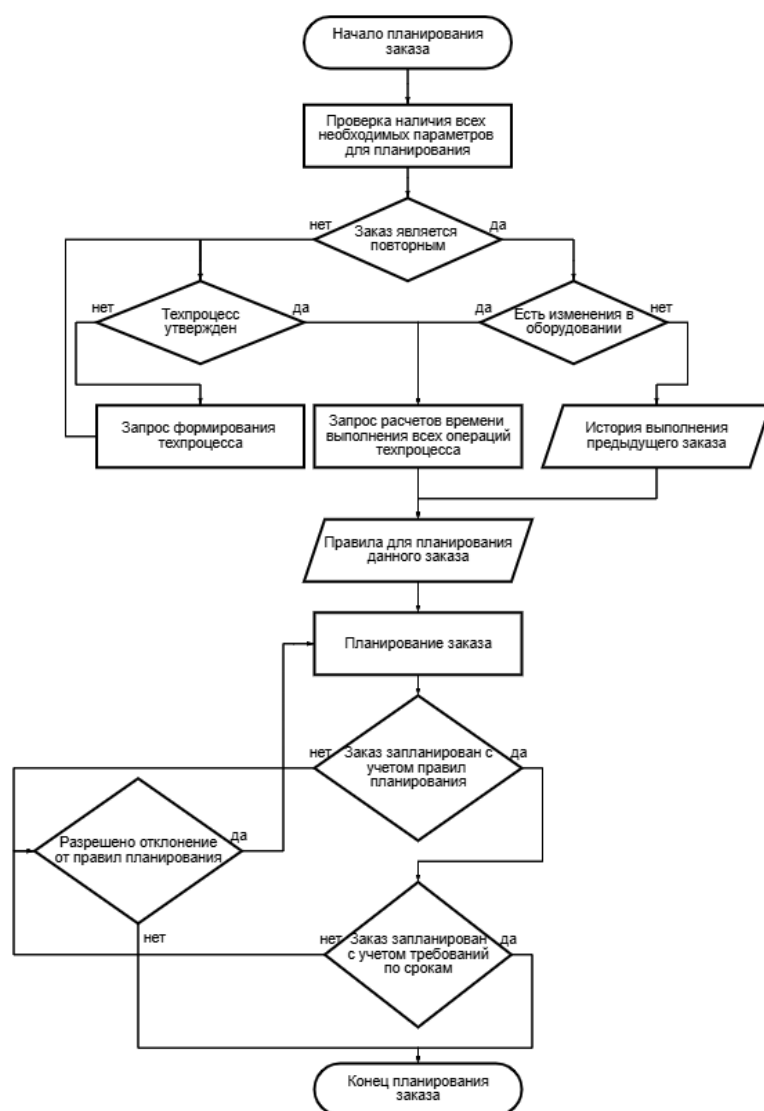


Рис. 1. Алгоритм планирования заказа

представленный на рис. 2. Данные для расчета по этому алгоритму автоматически заполняются по факту внесения изменений в базу *ERP* предприятия, после чего добавляются в запрос на повторное планирование.

Основой данного алгоритма является методика динамической калибровки коэффициента допустимого ускорения K_{as} [6]. Она предназначена для автоматического уточнения параметров модели допустимого ускорения в ответ на изменения в характеристиках заказов, материалов и стабильности производственного процесса. Состоит алгоритм из следующих этапов.

1. Агрегация входных данных.

Из *ERP* системы предприятия собираются оперативные показатели, необходимые для расчета K_{as} :

- коэффициенты комплектации q_{kj} за текущий и предыдущие циклы;
- коэффициенты материала m_{kj} , оцененные по фактическому времени операций;
- экспертные запасы времени r_{est} и исторические оценки точности планирования;
- данные о ремонте и переделках t_{erm} и t_{sum} ;
- показатели стабильности материалов σ_{mat} и фактической производительности P_{real} .



Рис. 2. Алгоритм действий при применении методики

2. Пересчет коэффициента преосмственности δ .

На основании сравнения технологических, конструкционных и организационных параметров текущего и предыдущих заказов вычисляется:

$$\delta = \frac{\text{число совпавших параметров}}{\text{общее число параметров}},$$

где параметры включают тип материала и конфигурацию используемого оборудования.

3. Пересчет коэффициента нестабильности ΔS .

Формируется два показателя:

$$S_m = 1 - \frac{\sigma_{mat}}{\sigma_{std}};$$

$$S_{op} = \frac{P_{real}}{P_{est}},$$

после чего $\Delta S = |S_m - S_{op}|$ отражает расхождение между свойствами материалов и фактическим темпом выпуска.

4. Вычисление обновленного коэффициента допустимого ускорения K_{as} .

Имея все составляющие, алгоритм пересчитывает коэффициент допустимого ускорения по базовой формуле:

$$K_{as} = \frac{\prod_{j=1}^J q_{kj} \cdot \prod_{i=1}^I m_{ki} \cdot \delta \cdot (1 + \Delta S)}{r \cdot e}.$$

При этом:

– r обновляется рекурсивно, учитывая по-

грешности прошлых оценок;

– e принимает максимальное значение накопленных ошибок ремонта.

5. Итеративная корректировка с учетом обратной связи.

Для минимизации погрешности прогноза применяется механизм градиентной подстройки:

$$K_{as}^{new} = K_{as}^{old} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \frac{\partial t_{perh}}{\partial K_{as}} \right),$$

где α – параметр скорости обучения, $\frac{\partial t_{perh}}{\partial K_{as}}$ – аппроксимация влияния изменения K_{as} на время выполнения цикла t_{perh} .

В конце каждого цикла перерасчета осуществляется проверка полученных значений: новое значение K_{as} сопоставляется с фактической динамикой t_{perh} . При превышении допустимой погрешности параметры α , а также весовые множители в вычислениях δ и ΔS адаптируются до достижения требуемой точности.

Заключение

Предложена методика динамической калибровки цифровых систем, основывающаяся на анализе изменения величины коэффициентов преемственности и отклонения стабильности.

Основана данная методика на формуле расчета коэффициента допустимого ускорения производства K_{as} , учитывающей при расчете такие параметры, как качество комплектации, используемые при производстве материалы, заложенный при построении технологического процесса и определении времени производства временной запас, величина брака. Каждый из вышеперечисленных параметров рассчитывается детерминированно от всех остальных. Дополнительно при расчете учитываются параметры преемственности и отклонения стабильности.

На основе этих данных осуществляется перепланирование заказа. Помимо прочего, результат работы алгоритма позволит проанализировать необходимость изменения параметров заказа для минимизации возникновения ситуаций срочного изменения плана производства. Результаты работы могут отразить:

- необходимость изменения поставщика комплектации;
- изменение состава исполнителей операций для минимизации возникающих при выполнении операций ошибок;
- корректировку состава используемого при производстве оборудования.

Полученные данные могут помочь инженеру-технологу при принятии дальнейших решений в случае повторного запуска изделия для оценки возможных колебаний.

Список литературы

1. Пономаренко, М.В. Автоматизированные системы управления производством в разрезе управления жизненным циклом изделия / М.В. Пономаренко // XII Конгресс молодых ученых: сборник научных трудов, Санкт-Петербург, 03–06 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург : Национальный исследовательский университет ИТМО, 2023. – С. 151–155.
2. Белковская, В.А. Оценка рисков процесса планирования и подготовки производства радиоэлектронного оборудования / В.А. Белковская, А.А. Шишков, М.Р. Тихонов // Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XII Международной научно-практической конференции, Пенза, 20 февраля 2025 года. – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. – С. 41–44.
3. Панова, М.В. Оптимизация деятельности промышленного предприятия с помощью диаграммы Ганта / М.В. Панова, И.А. Жиделев // Вектор экономики. – 2024. – № 4(94).
4. Куприянов, Б.В. Моделирование конвейерных бизнес-процессов / Б.В. Куприянов // Сборник трудов «Управление большими системами». – М. : 2010. – С. 230–273.
5. Куприянов, Б.В. Вычислимая модель конвейерного бизнес-процесса / Б.В. Куприянов // Труды международной научно-практической конференции «Передовые информационные технологии, средства и системы автоматизации и их внедрение на Российских предприятиях». – М. : АИТА, 2011. – С. 649–669.
6. Повышение результативности и обеспечение качества процесса производства электроники на основе конвейерного подхода и рекурсивных моделей / Г.И. Коршунов, Е.Д. Макаров, К.А. Бру-

сенцов, К.А. Борисенко // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 5(155). – С. 91–97.

References

1. Ponomarenko, M.V. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya proizvodstvom v razreze upravleniya zhiznennym tsiklom izdeliya / M.V. Ponomarenko // XII Kongress molodykh uchenykh: sbornik nauchnykh trudov, Sankt-Peterburg, 03–06 aprelya 2023 goda. – Sankt-Peterburg : Natsional'nyy issledovatel'skiy universitet ITMO, 2023. – S. 151–155.
2. Belkovskaya, V.A. Otsenka riskov protsessa planirovaniya i podgotovki proizvodstva radioelektronnogo oborudovaniya / V.A. Belkovskaya, A.A. Shishkov, M.R. Tikhonov // Sovremennaya nauka, obshchestvo i obrazovaniye: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii : sbornik statey XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Penza, 20 fevralya 2025 goda. – Penza : Nauka i Prosveshcheniye (IP Gulyayev G.YU.), 2025. – S. 41–44.
3. Panova, M.V. Optimizatsiya deyatel'nosti promyshlennogo predpriyatiya s pomoshch'yu diagrammy Ganta / M.V. Panova, I.A. Zhidelev // Vektor ekonomiki. – 2024. – № 4(94).
4. Kupriyanov, B.V. Modelirovaniye konveyyernykh biznes-protsessov / B.V. Kupriyanov // Sbornik trudov «Upravleniye bol'shimi sistemami». – M. : 2010. – S. 230–273.
5. Kupriyanov, B.V. Vychislimaya model' konveyyernogo biznes-protsessa / B.V. Kupriyanov // Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Peredovyye informatsionnyye tekhnologii, sredstva i sistemy avtomatizatsii i ikh vnedreniye na Rossiyskikh predpriyatiyakh». – M. : AITA, 2011. – S. 649–669.
6. Povysheniye rezul'tativnosti i obespecheniye kachestva protsessa proizvodstva elektroniki na osnove konveyyernogo podkhoda i rekursivnykh modeley / G.I. Korshunov, Ye.D. Makarov, K.A. Brusentsov, K.A. Borisenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 5(155). – S. 91–97.

© Е.Д. Макаров, Е.А. Фролова, А.А. Дзюбаненко, 2025

УДК 658.5.012.7 + 519.711.2 + 510.57 + 658.524 + 65.012.27

Е.Д. МАКАРОВ¹, Е.А. ФРОЛОВА¹, А.А. ДЗЮБАНЕНКО²¹ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича», г. Санкт-Петербург

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПО ВЫПУСКУ ЭЛЕКТРОНИКИ НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Ключевые слова: критерии; планирование производства; теория конвейеров; технологический ресурс; рекурсия.

Аннотация. В статье рассмотрена задача адаптации производственных процессов для предприятия по контрактному производству электроники. Предложена методика адаптации производственных процессов, учитывающая динамику технологической эволюции и повторяемость заказов. Она основана на сборе информации о времени выполнения технологических операций в конвейере, сопутствующих им значений брака, используемых материалах, расчете времени прохождения цикла и его предварительном расчете за счет применения ускорения. Цель исследования – оптимизация организации процессов конвейера с учетом изменений. Гипотеза исследования: применение методики, имеющей в основе теорию конвейеров, позволит оптимизировать время выполнения заказов и улучшить адаптацию к технологическим изменениям в конвейерном производстве электроники. Методы исследования: теория конвейеров, рекурсивная математическая модель производства, математическая модель монтажа электронных плат. Результаты исследования: повышение точности среднесрочного планирования и учет изменений, вносимых в производственный комплекс в период выполнения планируемых заказов.

Введение

Нередки ситуации, когда контрактное пред-

приятие по производству электроники заключает долгосрочные контракты на поставку изделий. Это является положительным фактором, так как позволяет поддерживать постоянную равномерную загрузку производственных мощностей, а также минимизировать возможные простои [1; 2].

Основным критерием успешного выполнения такого заказа является предварительное определение квот на поставку продукции. Квота определяется отношением количества заказываемых изделий к количеству отгрузок, обязательных к совершению в течение времени выполнения заказа.

Вторым критерием выполнения заказа является поддержание стабильного качества применяемой при производстве комплектации. При таком условии периодическая закупка комплектации с целью возобновления запасов комплектующих изделий (**КИ**) для выполнения данного заказа не является стратегически верным решением, так как при таком подходе может меняться поставщик комплектации, а следовательно, может меняться и качество комплектации от поставки к поставке [3]. Это не позволит поддерживать стабильное время выполнения заказа каждый период. Гораздо более правильным решением станет заключение соглашения с одним из поставщиков о периодической поставке комплектации с одного и того же источника [4]. Это позволит гарантировать неизменность качества поставляемой продукции, а также сократит задействованную площадь складских помещений. Альтернативный вариант решения данной задачи может предоставить непосредственно заказчик, взяв на себя роль поставщика комплектации и предоставляя комплектацию для

Ожидаемые поставки.				
Наименование	Поставщик	Ожидаемая дата	Ответственный	
телеги для хранения ПП	Ассемрус	17	Иванов	после выставки
третья телега для сплайсинга	Лионтех	14 неделя	Менгден	15 неделя
сушильный шкаф	Меммерт	14 неделя	Менгден	
эжектор для MG1	Гордеев Валера	17-18 неделя	Менгден	25.04.13 отправят из Москвы нам
для вибропитателя YS24X	Ассемрус	18-20 неделя	Менгден	пришло в Москву 30.04.13
дамини- питатель	Ассемрус	14-15 неделя	Менгден	пришло в Москву 30.04.13
ракуль для MCP	Ассемрус	18-20 неделя	Менгден	
запчасти для питателей	Ассемрус	оплачен	Менгден	пришло в Москву 30.04.13
ремни для селективки	Интермеханика	получено	Менгден	
ртос Den-on	Лионтех	18-20 неделя	Менгден	пришел в лионтех
остаток ноззлов	Ассемрус	май	Менгден	
запрос на ноззлы	Ассемрус	уточнить	Менгден	
запчасти для то азотного генератора	Иммерттехник	30.04.2013 позвони	Менгден	
стол для ремцентра плюс монтажный	Диполь	20 неделя	Менгден	
VisualEditor	Ассемрус			не нужен
устройство для заправки лент в питатели	Ассемрус	уточнить		пришло в Москву 30.04.13
стойка TRESTON	Дарском		Смолин	
антистатическая тара	Перел Раша	21-22 неделя	Смолин	
тележка для тары	Перел Раша		Смолин	
остаток перегородок	Перел Раша		Смолин	

Рис. 1. Внешний вид реестра ожидаемого оборудования

выполнения заказа со своего склада.

При соблюдении всех этих критериев становится возможным включить выполнение заказа в общий производственный план, оптимизировав его так, чтобы не нанести ущерб другим планируемым заказам. Однако стоит учесть, что предприятие по контрактному производству микроэлектроники с целью поддержания своей конкурентоспособности на рынке производит постоянное пополнение и модернизацию парка используемого оборудования. Новые технические установки позволяют провести оптимизацию времени выполнения тех или иных операций, что может положительно сказаться на времени их выполнения [5]. Помимо этого, появляются новые материалы, позволяющие улучшить выполнение отдельно взятых операций или обеспечить наибольшее соответствие изделия международным стандартам пайки [6].

Внедрение новых машин и материалов в уже отлаженный процесс не позволяет точно спрогнозировать время выполнения заказа. Однако предварительная оценка влияния данных изменений на время выполнения заказа позволяет спрогнозировать возможные изменения. Помимо этого, модернизация оборудования является также плановым процессом. На производственном предприятии ведется реестр закупаемого оборудования, в котором, помимо названия оборудования, указаны:

- даты прихода оборудования;
- даты старта пусконаладочных работ;
- даты внедрения оборудования в основной производственный парк.

Пример такого реестра представлен на рис. 1.

Агрегация данной информации позволяет понять, на каком этапе выполнения заказа будет внесена корректировка, и учесть данную информацию при стратегическом планировании заказа.

Таким образом, возникает необходимость в наличии инструмента, позволяющего на основе стратегических данных о времени выполнения заказа, количестве этапов его выполнения, вносимых в состав оборудования, запланированного для выполнения данного заказа, изменений и эффекта этих изменений, произвести адаптацию производственного процесса и заранее учесть все изменения при планировании.

Материалы и методы

Для решения данной задачи предлагается методика адаптации производственного процесса. Основная суть методики состоит в применении коэффициента допустимого ускорения [7]. Выполнение методики состоит из двух взаимосвязанных этапов: оценки потенциала ускорения (с учетом δ и ΔS факторов) и прогнозирования нового значения переходного времени $t_{перех}$.

Первоначально для каждого производственного цикла k рассчитывается коэффициент допустимого ускорения с учетом изменений в коэффициентах, отвечающих за отражение изменений характеристик выполняемого заказа. Расчет данного коэффициента происходит по формуле:



Рис. 2. Алгоритм действий при работе с методикой

$$K_{as} = \frac{\prod_{j=1}^J q_{k_i} \cdot \prod_{i=1}^I m_{k_i} \cdot \delta \cdot (1 + \Delta S)}{r \cdot e},$$

где

$$\Delta t(k) = t_{pereh}(k) \cdot (K_{as}(k) - 1).$$

где k_i – номер цикла производства; q_{k_i} – коэффициент комплектации; m_{k_i} – коэффициент материала; $r(k)$ – коэффициент запаса; $e(k)$ – коэффициент ошибок; ΔS – коэффициент стабильности; δ – коэффициент преобладания.

После получения $K_{as}(K)$ производится логическая проверка:

- если $K_{as}(K) > 1$, процесс может быть ускорен;
- если $K_{as}(K) < 1$, требуется замедление.

Вторая часть алгоритма – прогноз переходного времени $t_{pereh}(k+1)$:

$$t_{pereh}(k+1) = t_{pereh}(k) - \Delta t(k),$$

Расчет величины производится по формуле:

$$t_{pereh} = \sum_{k=0}^{k_s} \sum_{i=0}^n t(i, k),$$

где $t(i, k)$ – время выполнения i -й операции в k -м цикле; k_s – цикл, начиная с которого система переходит в стационарный режим.

Таким образом, величина $\Delta t(k)$ пропорциональна степени допустимого ускорения.

Алгоритм работы по данной методике представлен на рис. 2.

Для демонстрации работы алгоритма рас-

Таблица 1. Данные для расчета

Параметр	Значение
Количество отгрузок в заказе	12
Количество технологических операций в техпроцессе	3
Время выполнения операции, час	20, 30, 50
Номер цикла внедрения нового материала	6
Номер цикла модернизации оборудования	9
Допустимое отклонение ε	0,05

Таблица 2. Результаты расчетов

Цикл (k)	$t1$, ч	$\Delta t1$	$t2$, ч	$\Delta t2$	$t3$, ч	$\Delta t3$	Σt , ч	k_s
0	20,0	–	30,0	–	50,0	–	100,0	–
1	20,0	0 %	30,0	0 %	50,0	0 %	100,0	–
2	20,0	0 %	30,0	0 %	50,0	0 %	100,0	
3	20,0	0 %	30,0	0 %	50,0	0 %	100,0	
4	20,0	0 %	30,0	0 %	50,0	0 %	100,0	
5	20,0	0 %	30,0	0 %	50,0	0 %	100,0	
6	18,0	–10 %	34,5	15 %	50,0	0 %	102,5	–
7	18,0	0 %	34,5	0 %	50,0	0 %	102,5	–
8	18,0	0 %	34,5	0 %	50,0	0 %	102,5	
9	18,0	0 %	37,95	10 %	40,0	–20 %	95,95	–
10	18,0	0 %	37,95	0 %	40,0	0 %	95,95	–
11	18,0	0 %	34,5	–9 %	40,0	0 %	92,5	–
12	18,0	0 %	34,5	0 %	40,0	0 %	92,5	12

смотрим пример расчета характеристик. Начальные данные для расчета представлены в табл. 1. Помимо этого, необходимо отметить, что количество заказанных изделий равномерно распределено по отгрузкам, а следовательно, производство изделий для каждой отгрузки можно представить в виде повторяющегося заказа.

Пример расчета по данной методике представлен в табл. 2. Графическое отображение представлено на рис. 3.

Выводные данные и график наглядно показывают, что фактически стабилизация времени выполнения заказа происходит на цикле 12. Внедрение нового материала не дало положи-

тельного эффекта на общее время выполнения заказа, но было скомпенсировано и улучшено приходом нового оборудования.

Заключение

Предложенная в данной статье методика адаптации производственных процессов направлена на сокращение затрачиваемого времени на планирование заказов. Представленная методика, разработанная на базе рекурсивной модели контрактного производства электроники на основе теории конвейеров, позволяет учитывать изменения, происходящие в процессе производства продукции.

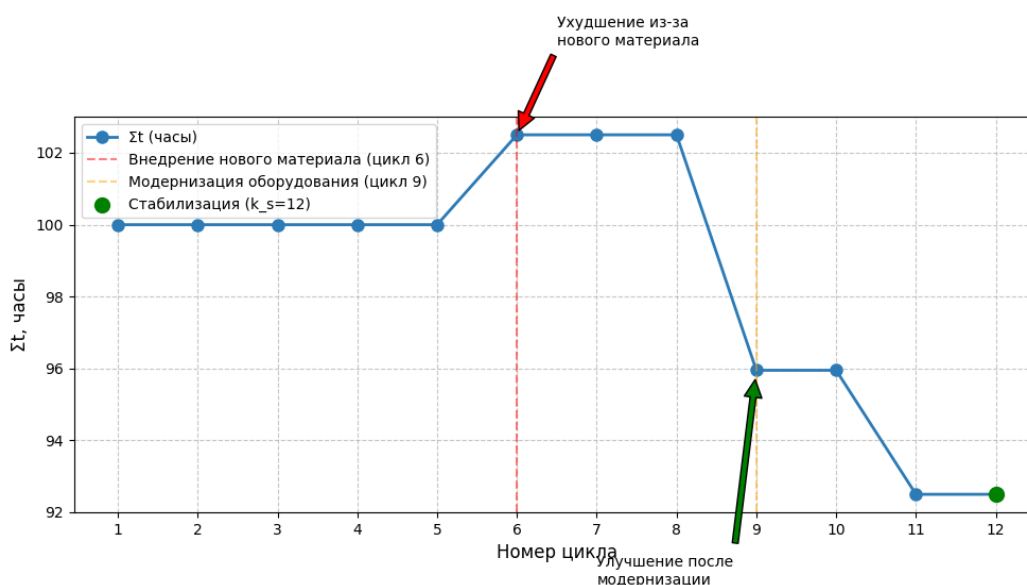


Рис. 3. График итогов работы методики

Помимо этого, методика позволит значительно дополнить механизм стратегического планирования заказов в долгосрочной перспективе. Ранний просчет всех возможных отклонений в части используемых при производстве планируемого заказа материалов и учет внедрения и модернизации используемого при производстве оборудования позволит снизить вероятность возникновения ситуаций повторного

перепланирования заказов в динамическом режиме, что положительно сказывается на общем производственном расписании.

Также стоит отметить, что предложенная методика показывает необходимость качественной агрегации данных по заказу, транслируемых в *ERP*-систему. Для выполнения наиболее точных расчетов требуется постоянная актуализация данных по заказу.

Список литературы

1. Масленникова, И.Л. Проблемы долгосрочного планирования производства и технического обслуживания сложной высокотехнологичной техники в рамках контракта жизненного цикла / И.Л. Масленникова // Проблемы теории и практики управления. – 2019. – № 3-4. – С. 33–38.
2. Оныкий, Б.Н. Технология оценки рисков при заключении долгосрочных контрактов / Б.Н. Оныкий, Л.В. Проничева, А.И. Шамшин // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2012. – № 2. – С. 100–103.
3. Кузин, А.Д. Управление закупками на предприятии / А.Д. Кузин, А.Н. Столярова // Актуальные проблемы предпринимательства в торговле в условиях цифровой экономики: Материалы Международной научно-практической конференции в рамках всемирной недели предпринимательства РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, 11 ноября 2022 года / Под общей редакцией А.Н. Столяровой, Е.А. Красильникова, Ю.Ю. Максимова. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс», 2023. – С. 31–33.
4. Дзюба, Р.Э. Закупочная деятельность в цепи поставок на предприятии / Р.Э. Дзюба // Экономинфо. – 2013. – № 19. – С. 93–94.
5. Федоров, С. Новое поколение оборудования в «А-КОНТРАКТ» – больше возможностей для клиентов / С. Федоров // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2022. – № 1(212). – С. 68–71.
6. Вард, К. На переднем крае технологий: новое поколение материалов для пайки / К. Вард // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2018. – № 5(176). – С. 74–75.

7. Повышение результативности и обеспечение качества процесса производства электроники на основе конвейерного подхода и рекурсивных моделей / Г.И. Коршунов, Е.Д. Макаров, К.А. Брусенцов, К.А. Борисенко // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 5(155). – С. 91–97.

References

1. Maslennikova, I.L. Problemy dolgosrochnogo planirovaniya proizvodstva i tekhnicheskogo obsluzhivaniya slozhnoy vysokotekhnologichnoy tekhniki v ramkakh kontrakta zhiznennogo tsikla / I.L. Maslennikova // Problemy teorii i praktiki upravleniya. – 2019. – № 3-4. – С. 33–38.
2. Onykiy, B.N. Tekhnologiya otsenki riskov pri zaklyuchenii dolgosrochnykh kontraktov / B.N. Onykiy, L.V. Pronicheva, A.I. Shamshin // Menedzhment i biznes-administrirvaniye. – 2012. – № 2. – С. 100–103.
3. Kuzin, A.D. Upravleniye zakupkami na predpriyatii / A.D. Kuzin, A.N. Stolyarova // Aktual'nyye problemy predprinimatel'stva v torgovle v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v ramkakh vseмирnoy nedeli predprinimatel'stva REU im. G.V. Plekhanova, Moskva, 11 noyabrya 2022 goda / Pod obshchey redaktsiyey A.N. Stolyarovoy, Ye.A. Krasil'nikova, YU.YU. Maksimova. – Moskva: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Rusayns», 2023. – С. 31–33.
4. Dzyuba, R.E. Zakupochnaya deyatel'nost' v tsepi postavok na predpriyatii / R.E. Dzyuba // Ekonominfo. – 2013. – № 19. – С. 93–94.
5. Fedorov, S. Novoye pokoleniye oborudovaniya v «A-KONTRAKT» – bol'she vozmozhnostey dlya kliyentov / S. Fedorov // Elektronika: Nauka, tekhnologiya, biznes. – 2022. – № 1(212). – С. 68–71.
6. Vard, K. Na perednem kraye tekhnologiy: novoye pokoleniye materialov dlya payki / K. Vard // Elektronika: Nauka, tekhnologiya, biznes. – 2018. – № 5(176). – С. 74–75.
7. Povysheniye rezul'tativnosti i obespecheniye kachestva protsessa proizvodstva elektroniki na osnove konveyernogo podkhoda i rekursivnykh modeley / G.I. Korshunov, Ye.D. Makarov, K.A. Brusentsov, K.A. Borisenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 5(155). – С. 91–97.

© Е.Д. Макаров, Е.А. Фролова, А.А. Дзюбаненко, 2025

УДК 005.6

И.В. ШАЦКАЯ, А.В. ШПАК, Э.Р. ЖДАНОВ, Р.А. ЯФИЗОВА

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОДВИЖНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Ключевые слова: антенны; отечественные подвижные системы связи; спутниковая связь; технология VSAT; управление качеством.

Аннотация. В статье содержится описание имеющихся предпосылок и перспектив повышения качества отечественных подвижных систем связи. Одной из таких предпосылок является ГОСТ Р 71586 «Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь». В качестве фактора, который будет иметь важное значение для повышения качества отечественных подвижных систем связи, авторы рассматривают технологию VSAT, возможности которой только усиливаются в условиях цифровой экономики.

С 1 февраля 2025 г. в России вступил в силу новый стандарт [1] профессиональной подвижной (мобильной) радиосвязи. Данный стандарт разработан в научном исследовательском центре телекоммуникаций «НИЦ Телеком» и утвержден Росстандартом в декабре 2024 г. Стандарт включает три части, в которых содержится описание основных режимов связи для абонентских станций [2].

1. ГОСТ Р 71586.1-2024 – «Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь. Общие положения. Режим прямой конвенциональной связи абонентских станций».

2. ГОСТ Р 71586.2-2024 – «Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь. Режим связи абонентских станций через ретранслятор».

3. ГОСТ Р 71586.3-2024 – «Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь. Транкинговый режим связи абонентских станций».

Как отметил директор центра исследования подвижной связи ФГБУ «НИИ Радио имени

М.И. Кривошеева» С. Тынянкин, «главная задача новых стандартов – обеспечение технологического суверенитета России в области профессиональной подвижной радиосвязи (ППР) за счет перехода на унифицированное отечественное оборудование» [3]. Ввиду того, что ранее в нашей стране применялись несколько разнородных стандартов профессиональной подвижной связи, аппаратура и ее комплектующие, изготовленные разными производителями, могли быть несовместимы между собой. Это, естественно, провоцировало проблему в совместной работе при использовании самых разных технических приборов, включая рации, специализированные радиотелефоны, спутниковые системы и др. Комплекс стандартов ГОСТ Р 71586 «Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь», как нам представляется, создаст возможность для отечественных предприятий производить оборудование, отвечающее современным требованиям и техническим характеристикам, обеспечив при этом реализацию стратегии государственной экономической политики в области импортозамещения, укрепление промышленного производства, а значит, и национальных экономических интересов.

Далее рассмотрим иные факторы, оказывающие влияние на качество современных отечественных подвижных систем связи. Прежде всего, отметим, что системы космической радиоразведки и пеленгации наземных радиосредств обычно располагаются на низкоорбитальных спутниках. Это приводит к необходимости уменьшения габаритов используемых бортовых антенн для уменьшения торможения спутника из-за взаимодействия с внешними слоями атмосферы. Кроме того, к таким антеннам, как правило, предъявляются требования обеспечения широкой полосы рабочих частот – от десятков до нескольких тысяч мегагерц. Пеленгация, то есть определение направления на

какой-либо объект наземных радиосредств, обычно производится фазовыми методами из различных точек местоположения спутника на орбите, поэтому к антеннам предъявляются также требования обеспечения широкой диаграммы направленности и требования к допустимым изменениям фазовой диаграммы направленности антенн в пределах главного лепестка. Качественные показатели радиосистем космической радиоразведки и пеленгации наземных радиосредств зависят от степени выполнения требований к антеннам. При этом часто возникают ситуации, когда по требованиям к размещению бортовой антенны на спутнике необходимо применять антенны с размерами меньше половины максимальной рабочей длины волны. Такие антенны принято называть электрически малыми, их теория недостаточно проработана, и известные конструкции не всегда могут удовлетворить требованиям технического задания на разработку.

Системы связи, использующие низкоорбитальные спутники, в зависимости от назначения могут работать с ненаправленными и с направленными следающими антеннами наземного сегмента. К первому случаю относятся системы *Iridium*, *Globalstar* и др., ко второму – стационарные шлюзовые станции систем *Globalstar*, Сигнал и др. В таких системах имеющиеся антенные системы в целом удовлетворяют всем основным требованиям.

Примерами систем связи, использующих геостационарные спутники, являются отечественные системы «Радуга» и «Экспресс». К слову, на базе геостационарных спутников «Радуга» была создана Единая система спутниковой связи, которая обеспечивала телефонную связь и телевидение через наземные станции «Орбита» [4]. Для предоставления информационных услуг используются системы спутникового телевидения и Интернета. Первые системы спутникового телевидения появились около 55 лет назад и требовали больших наземных антенн. По мере развития радиоэлектронных составляющих космического сегмента требования к антеннам наземных средств значительно снизились, сейчас в качестве приемных антенн на многих территориях достаточно использовать зеркальные антенны диаметром порядка 50 см [5]. Аналогичным путем двигаются и системы предоставления услуг спутникового Интернета.

С 2003 г. в России появилась технология

Very Small Aperture Terminal (VSAT), требующая применения наземных зеркальных антенн диаметром 1,2 м. *VSAT* – это малогабаритная наземная станция, используемая для передачи/приема данных, голосовых и видеосигналов по сети спутниковой связи, за исключением широкоэмитательного телевидения. *VSAT* состоит из двух частей: приемопередатчика, расположенного на открытом воздухе в прямой видимости спутника, и устройства, которое устанавливается внутри помещения для сопряжения приемопередатчика с устройством связи конечного пользователя, таким как персональный компьютер (ПК). Приемопередатчик принимает или отправляет сигнал на спутниковый ретранслятор в небе. Спутник отправляет и принимает сигналы от компьютера наземной станции, который действует как концентратор для системы. Каждый конечный пользователь связан со станцией-концентратором через спутник, образуя топологию «звезда». Концентратор управляет всей работой сети. Чтобы один конечный пользователь мог связаться с другим, каждая передача должна сначала поступить на узловую станцию, которая затем повторно передает ее через спутник на *VSAT* другого конечного пользователя.

Для каналов Земля – Искусственный спутник Земли (ИСЗ) (прямой канал) и ИСЗ – Земля (обратный канал) используются различные частоты и протоколы.

В состав наземного оборудования абонента системы связи входит антенна, имеющая необходимый коэффициент усиления и полосу рабочих частот, ориентированная на ИСЗ, малощумящий преобразователь, усилитель-преобразователь, модем, модулятор/демодулятор, собственно спутниковый терминал и приемник *DVB*.

За прошедшие годы скорость передачи данных *VSAT* значительно возросла, и теперь она позволяет предоставлять многомегабитные услуги как в нисходящем, так и в восходящем потоках. Размеры антенны/тарелки обычно варьируются от 1,2 метра до примерно 3 метров в диаметре. Как правило, в мире эти системы работают на частотах *Ku*-диапазона и *C*-диапазона, но в связи с запуском спутников *Ka*-диапазона рядом операторов в Северной Америке и Азиатско-Тихоокеанском регионе, а также с появлением новых спутников *Ka*-диапазона, запланированных для Европы [6], двунаправленные услуги *VSAT* с высокой про-

пускной способностью предоставляются предприятиям. Правительственные организации и другие пользователи будут все чаще переходить на эти спутники.

Технические характеристики систем *VSAT* регламентированы европейским стандартом *EN 301 428* и подчинены требованиям пункта «n» решения *ECC CEPT* от 17 октября 2003 г., который ограничивает мощность передатчика *VSAT* величиной 2 Вт, а эквивалентную изотропную излучаемую мощность – 50 дБВт. Для таких *VSAT*-станций диаметр антенны составляет от 0,9 м до 2,4 м. Как отмечалось выше, чаще всего *VSAT* работают в *Ku*-диапазоне частот 11/14 ГГц (одно значение частоты на прием, другое – на передачу). Также существуют системы, использующие *C*-диапазон 4/6 ГГц и *Ka*-диапазон 18/30 ГГц. Современный *VSAT* обеспечивает получение информации со скоростью до 4 Мбит/с (в режиме мультикаст – до 30 Мбит/с) и передачу информации до 1–2 Мбит/с.

Хотя терминалы *VSAT* имеют статус «малых систем», они представляют собой полноценные решения для организации множества сервисов на всей территории, обслуживаемой спутниками связи. Сети на базе *VSAT* являются фактически независимым от наземной телекоммуникационной инфраструктуры фрагментом, не нуждающимся в постоянном техническом сопровождении и могут быть развернуты в кратчайшие сроки. Отчасти именно этим удобством объясняется широкое распространение терминалов *VSAT* в мире: по оценке консалтингового агентства *Nothern Sky Reseach* [7], проведенной в 2019 г., во всем мире в этот период насчитывалось около 7,5 млн установок *VSAT*. Количество установок *VSAT* в России на 2019 г. составило порядка 130 тыс. ед. [8].

При помощи дополнительного оборудования, присоединяемого к *VSAT*-терминалам, поддерживается целый ряд приложений и услуг, которые существенно расширяют область применения систем спутниковой связи. К наиболее распространенным дополнительным услугам относятся поддержка банковских транзакций и расчетных операций на потребительском рынке, непосредственный прием каналов ТВ-вещания, распространение широковещательных видеопотоков *IP*, видео-конференц-связь, дистанционное обучение, приложения телемедицины и др. Однако основной областью применения *VSAT* остается удаленный доступ к сети

Интернет.

Наряду с предоставлением услуг двустороннего Интернета на российском рынке существует большое количество компаний, предоставляющих услуги спутникового телевидения. В состав оборудования спутникового телевидения входит приемная антенна с наружным блоком, совмещенным с облучателем. В наружном блоке находятся малошумящий усилитель *Ku*-диапазона и конвертор, преобразующий принятый сигнал на пониженную частоту. Сигнал с выхода конвертора по кабелю передается во внутренний блок, содержащий избирательный перестраиваемый приемник и транскодер, преобразующий сигнал в заданный кодированный телевизионный стандарт. Передача сигнала спутникового телевидения производится теми же спутниками, которые используются для работы в составе двухстороннего Интернета, но на других частотах.

Для приема спутникового телевидения могут использоваться те же антенны, но требования к ним существенно снижены из-за отсутствия необходимости реализации обратного канала. Двусторонний спутниковый Интернет позволяет вести прием телевизионных программ в цифровом формате так же, как это производится в системах наземного кабельного Интернета.

В системах *VSAT* используются наземные приемо-передающие спутниковые антенны с размером раскрытия от 0,7 до 2,4 м. К *VSAT*-антеннам и внешним блокам систем предъявляются жесткие требования, связанные с электромагнитной совместимостью систем.

VSAT-антенны работают в одном или более частотных диапазонах, являющихся частью полос частот, выделенных для Фиксированной спутниковой службы на исключительной основе:

- 14,00–4,25 ГГц (земля – космос);
- 2,50–12,75 ГГц (космос – земля).

Или распределенных внутри следующих полос частот, выделенных для Фиксированной спутниковой службы:

- 14,25–14,5 ГГц (земля – космос);
- 10,70–11,70 ГГц (космос – земля).

VSAT-станции подразделяются на виды:

- передающие – предназначены только для передачи радиокommunikационных сигналов в определенном частотном диапазоне;

– приемо-передающие – предназначены для передачи и приема радиокommunikационных сигналов в любом из частотных диапазонов, указанных выше (двусторонний или взаимный Интернет);

– приемные – предназначены только для приема радиокommunikационных сигналов в том же частотном диапазоне.

Здесь следует отметить, что *VSAT*-станции не должны создавать помех, уровень которых превышает пределы напряженности поля помех от паразитного излучения в частотном диапазоне от 30 МГц до 1 000 МГц.

Для защиты других систем спутниковой связи спектральная плотность внеосевого излучения – эффективная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) в диапазоне 14,0–14,5 ГГц для сигналов с основной поляризацией и для сигналов с ортогональной поляризацией за пределами основного лепестка диаграммы направленности (ДН) в любой полосе шириной 40 кГц в пределах номинальной полосы частот, в любом направлении под углом ϕ градусов от оси основного лепестка антенны – не должна нарушать требований, которые накладывают жесткие ограничения на уровень боковых лепестков и уровень кросс-поляризационного излучения антенны, а также на конструкции зеркала и облучателя. Расчеты показывают, что для систем *VSAT* при уровне облучения местности не хуже 48 дБВт/м² и шуме конвертора внешнего блока порядка 0,7 дБ достаточна антенна с диаметром зеркала 65 см. Такая антенна будет иметь коэффициент усиления около 40 дБ и ширину ДН по уровню –3дБ (2–3 градуса).

Интернет-услуга, предоставляемая *VSAT*, по-прежнему является одним из самых дешевых доступных спутниковых Интернет-соединений. Кроме того, Интернет-соединение при помощи *VSAT* обычно поддерживает одновременную работу нескольких подключенных компьютеров и устройств с поддержкой IP. Несмотря на то, что скорость загрузки данных никогда не будет такой же, как у большинства наземных соединений, *VSAT* по-прежнему считается предпочтительным вариантом спутниковой связи для офисных центров или, к примеру, для гостиниц, где одновременно выходят в сеть несколько человек.

Широкие перспективы открываются в сфере радиоэлектроники для применения *VSAT* в условиях цифровой экономики [9].

Во-первых, речь идет о спутниках с высо-

кой пропускной способностью (*HTS*). Они обещают повысить скорость передачи данных, сократить время их ожидания и более эффективно использовать полосу пропускания. Внедрение технологии многоточечного луча обеспечивает более сфокусированную передачу, оптимизируя мощность спутника и, таким образом, обеспечивая более высокую скорость передачи данных.

Во-вторых, созвездия спутников, которые находятся на низкой орбите (*LEO*) вокруг Земли (на высоте от 160 до 2 000 километров над ее поверхностью). В отличие от традиционных геостационарных спутников, спутники *LEO* находятся на орбите гораздо ближе к Земле. Это сокращает время ожидания, делая связь в режиме реального времени и видеоконференции высокой четкости с применением *VSAT* более эффективными.

В-третьих, формирование диаграммы направленности и гибкая полезная нагрузка. Достижения в области адаптивных методов формирования диаграммы направленности обещают динамическое распределение спутниковых ресурсов на основе потребностей в режиме реального времени, что обеспечивает максимальную эффективность передачи данных.

В-четвертых, интегрированные наземные сети. Будущее *VSAT* заключается не в изоляции, а в интеграции. Полная интеграция с наземными сетями, такими как 5G, хотелось бы надеяться, обеспечит бесперебойную глобальную связь.

Бесспорно, широкие перспективы, которые открывает нам использование *VSAT* в условиях цифровой экономики, сопряжено с рядом ограничений, преодоление которых становится важной задачей менеджмента качества. Так, растущее число спутников вызывает опасения по поводу перегруженности космического пространства. Будущие участники *VSAT* должны инвестировать в стратегии вывода спутников с орбиты и управление космическим трафиком.

По мере роста зависимости от спутниковой связи вызывает беспокойство вопрос безопасности данных и потенциальных утечек. Внедрение передовых методов шифрования и протоколов кибербезопасности будет иметь решающее значение при использовании *VSAT*.

Также необходимо отметить, что снижение

стоимости запуска спутников и наземного обслуживания приобретает важное значение для повышения доступности и конкурентоспособности услуг VSAT.

Рассмотренный в статье материал позволяет сделать вывод о перспективности исследований антенн наземного сегмента систем VSAT с

целью улучшения качества отечественных подвижных систем связи, предназначенных для установки на подвижных транспортных средствах. Совокупности требований к антеннам таких систем в наибольшей степени удовлетворяют разворачиваемые офсетные зеркальные антенны.

Работа выполнена за счет средств Государственного задания № F5FZ-2024-0048.

Список литературы

1. ГОСТ Р 71586 «Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь». – (нормативный документ, без выходных данных).
2. В России появился отечественный стандарт цифровой профессиональной подвижной радиосвязи [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/presscenter/news/activity/activity/statecontrol/resultscontrol?portal:isSecure=true&navigationalstate=JBPNNS_rO0ABXczAAZhY3Rpb24AAAABAA5zaW5nbGVOZXdzVmllldwACaWQAAAABAAQ5Njc5AAdfX0VPRl9f&portal:componentId=88beae40-0e16-414c-b176-d0ab5de82e16.
3. В радиосвязи появятся три новых стандарта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.comnews.ru/content/230195/2023-11-16/2023-w46/1007/radiosvyazi-poyavyatsya-tri-novykh-standarta>.
4. Спутниковые телекоммуникации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=69970>.
5. Шпак, А.В. Разворачиваемые офсетные зеркальные антенны для систем VSAT / А.В. Шпак, Д.Н. Трефилов // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2013. – Т. 13. – № 5. – С. 180–183.
6. Very Small Aperture Terminal (VSAT) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/vsat-very-small-aperture-terminal>.
7. VSAT Network Optimization / Market Briefs. – Satellite Market and Research. – 2019. – March.
8. Российский рынок спутниковой связи VSAT в 2017–2019: обзор. – Comnews. – 2020. – Декабрь.
9. The Future of VSAT: Unraveling the Next Horizon of Satellite Communication [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.steely.cc/articles/the-future-of-vsats>.

References

1. GOST R 71586 «Tsifrovaya professional'naya podvizhnaya radiosvyaz'». – (normativnyy dokument, bez vykhodnykh dannyykh).
2. V Rossii poyavilsya otechestvennyy standart tsifrovoy professional'noy podvizhnoy radiosvyazi [Electronic resource]. – Access mode : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/presscenter/news/activity/activity/statecontrol/resultscontrol?portal:isSecure=true&navigationalstate=JBPNNS_rO0ABXczAAZhY3Rpb24AAAABAA5zaW5nbGVOZXdzVmllldwACaWQAAAABAAQ5Njc5AAdfX0VPRl9f&portal:componentId=88beae40-0e16-414c-b176-d0ab5de82e16.
3. V radiosvyazi poyavyatsya tri novykh standarta [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.comnews.ru/content/230195/2023-11-16/2023-w46/1007/radiosvyazi-poyavyatsya-tri-novykh-standarta>.
4. Sputnikovyte telekommunikatsii [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=69970>.
5. Shpak, A.V. Razvorachivayemye ofsetnyye zerkal'nyye anteny dlya sistem VSAT / A.V. Shpak, D.N. Trefilov // Fundamental'nyye problemy radioelektronnogo priborostroyeniya. – 2013. – T. 13. – № 5. – S. 180–183.
6. Very Small Aperture Terminal (VSAT) [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/vsat-very-small-aperture-terminal>.

gartner.com/en/information-technology/glossary/vsat-very-small-aperture-terminal.

8. Rossiyskiy rynek sputnikovoy svyazi VSAT v 2017–2019: obzor. – Comnews. – 2020. – Dekabr'.

9. The Future of VSAT: Unraveling the Next Horizon of Satellite Communication [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.steely.cc/articles/the-future-of-vsat>.

© И.В. Шацкая, А.В. Шпак, Э.Р. Жданов, Р.А. Яфизова, 2025

УДК 338.46:330.341

Э.В. БАРДАСОВА

Казанский кооперативный институт (филиал) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации
«Российский университет кооперации», г. Казань

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СФЕРЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ТАТАРСТАНА

Ключевые слова: заработная плата; оборот; образовательная услуга; Республика Татарстан; цифровизация; число потребителей; экономика сферы услуг.

Аннотация. Цель – представить ретроспективные тенденции и перспективы развития экономики сферы услуг высшего образования региона. Задачи: выявить изменения экономического состояния рассматриваемой сферы; предложить направление перспективного развития сферы высшего образования Татарстана. Гипотеза: улучшение экономического состояния сферы высшего образования будет результативнее при расширении цифровых взаимодействий участников рынка. Методы: анализ экономических показателей за 2019–2025 гг., описательная и выводная статистика. Результаты: выявлены тенденции к сокращению числа оспетченных кадров, объема платных услуг, недостаточного уровня зарплат и потребителей высокотехнологичных направлений подготовки. Предложено перспективное направление интенсификации цифровых взаимодействий в краткосрочных платных программах подготовки кадров по профилю промышленности региона.

Сфера образовательных услуг является одной из составляющих третичного сектора экономики, вносящего вклад в формирование валового регионального и внутреннего продукта. Качество и объемы потребления услуг высшего образования взаимосвязаны с наращиванием интеллектуального капитала, уровня инноваций, доходов населения региона и влияют как на экономические, так и на социально-политические региональные тенденции [1]. Республика Татарстан (РТ) в рамках Программы

научно-технического развития предполагает приращение вклада образовательных услуг в валовый региональный продукт (ВРП) на 70 % к 2030 г., что обуславливает актуальность экономических исследований сферы высшего образования.

Анализ сборников Татарстана позволяет выделить ряд тенденций по доступным данным статистической отчетности [5]. Так, оборот организаций образования в январе-мае 2025 г. к тому же периоду 2024 г. возрос на 6,5 %, в то время как объем платных услуг за рассматриваемый период сократился на 14,3 %, что, вероятно, связано со снижением объемов платного, но непрофильного (обычно экономико-управленческого) образования в вузах РТ со статусом «национальный исследовательский».

С другой стороны, в этот же период сравнения января-мая 2025 и 2024 гг. рост индекса цен в сфере образовательных услуг составил 13,9 %, что скомпенсировало потери от сокращения объемов их предоставления. Это позволило образовательным организациям получить прирост сальдо (прибыль минус убытки) на 0,9 % за период январь-май 2025 г. к тому же периоду 2024 г. Всего в рассматриваемой сфере услуг на апрель 2025 г. регистрируется высокий показатель прибыльных учреждений (89,8 %) относительно убыточных (10,2 %). Однако уровень среднемесячной зарплаты в сфере образовательных услуг на апрель 2025 г. составил 74,6 % от 100 % среднереспубликанского уровня (ниже на 25,4 %), что требует мероприятий по ее доведению до республиканских значений.

На 2024 г. среди учреждений высшего образования РТ функционирует 13 государственных и 11 частных организаций. Рассматривая сферу услуг высшего образования с точки зрения изменения числа потребителей, можно отметить

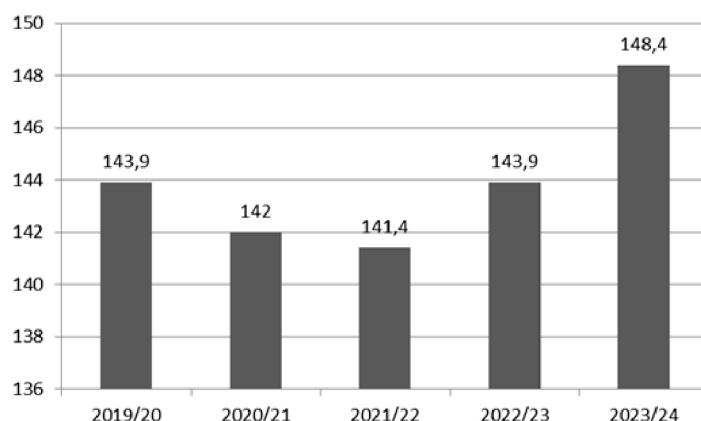


Рис. 1. Динамика числа студентов с 2019–2020 по 2023–2024 учебные года, тыс. чел. (получено автором по данным [5])

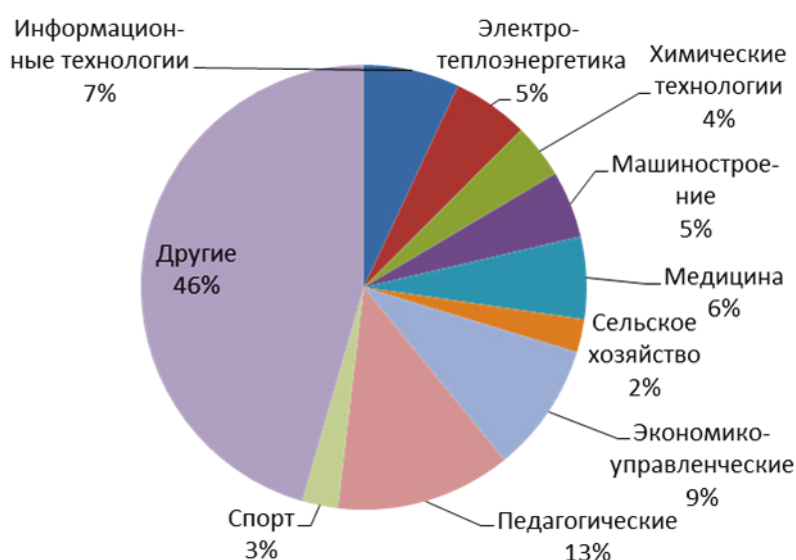


Рис. 2. Доли студентов на отдельных направлениях подготовки, 2023–2024 учебный год (получено автором по данным [5])

приращение числа студентов в вузах согласно рис. 1. Так, в 2022–2023 гг. прирост составил 3,6 % относительно 2019–2020 гг. (период начала пандемии), 4,3 % относительно 2021 г. (год сокращения поступающих вследствие влияния пандемии), 3 % относительно 2022–2023 гг. (рис. 1).

Рассматривая предпочтения потребителей образовательных услуг государственных вузов, можно отметить, что наиболее востребованными направлениями подготовки в 2023–2024 учебном году стали информационные технологии (+9,8 %), экономико-управленческие

(+3,2 %) и педагогические (+2,4 %) направления, с указанным приростом числа обучающихся по сравнению с данными предшествующего учебного года, что соответствует общим тенденциям выбора гуманитарных направлений и сферы информационных технологий абитуриентами. Также можно выделить значительную долю обучающихся в области медицины (+13 %), сельского хозяйства (+2,85 %), спорта (+1,4 %), что связано с наличием в РТ профильных вузов по подготовке кадров для данных сфер и отраслей экономики, предпринимающим усилия по их популяризации (рис. 2).

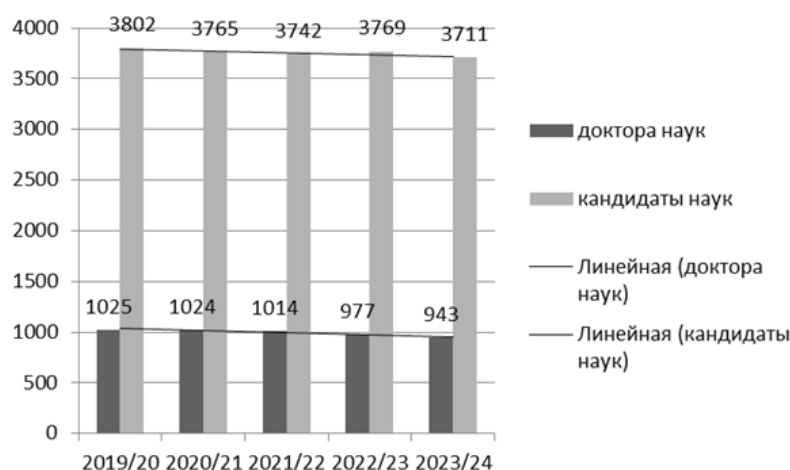


Рис. 3. Динамика числа остепененных сотрудников в вузах с 2019–2020 по 2023–2024 учебные года, чел. (получено автором по данным [5])

Настороженность вызывает тенденция сокращения числа потребителей образовательных услуг в направлениях подготовки кадров для традиционных отраслей и предприятий РТ химического и машиностроительного профиля, несмотря на их значительную долю в общем объеме студентов (рис. 2). В частности, произошел спад числа потребителей (студентов) в 2023–2024 учебном году относительно 2022–2023 гг. по направлениям электро-, теплоэнергетики, машиностроения, химических технологий на 2,3 %, 1,9 % и 4,3 % соответственно.

Также отрицательной динамикой характеризуется изменение числа остепененных кадров в вузах (рис. 3).

Действительно, при сравнении ежегодных данных с 2019–2020 по 2023–2024 учебные года можно отметить сокращение числа сотрудников с ученой степенью практически по линейной зависимости – докторов наук на 8 % и кандидатов наук на 2,4 % за пять анализируемых лет, что обусловлено тенденцией к омоложению педагогического состава исследовательских вузов для достижения показателей по среднему возрасту, например, по программе «Приоритет 2030 г.».

Выявленные тенденции снижения объемов платных услуг, недостаточного уровня заработной платы, сокращения числа остепененных кадров и потребителей услуг высшего образования по профильным для РТ направлениям требуют выработки перспективных направлений развития рассматриваемой сферы. В рам-

ках цифровой трансформации экономики предлагается усиление цифровых взаимодействий в сфере услуг высшего образования, предполагающих прямое согласованное взаимодействие участников образовательной сферы, предоставляющих и потребляющих услуги подготовки кадров для стратегически важных отраслей химии, энергетики, машиностроения [2]. Вследствие тенденции к дальнейшему омоложению состава кадров по основным программам подготовки и сокращению объемов платных услуг по непрофильным направлениям предлагаются сохранение и перенаправление опыта остепененных кадров в короткие программы цифрового удаленного взаимодействия и их подготовки и переподготовки для высокотехнологичных секторов экономики и смежных направлений промышленного менеджмента и маркетинга. Это, в свою очередь, сопряжено с внедрением организационно-управленческих мер [3; 4] в интересах социально-экономической и технологической эволюции РТ.

Таким образом, на основе обобщения и графического отображения выборки данных за 2019–2020 – 2023–2024 гг. и начало 2025 г. выявлены тенденции экономики сферы услуг высшего образования к сокращению объемов их платного предоставления, снижению потребности в профильных для РТ направлениях подготовки, недостаточному уровню зарплат и сокращению доли кадров с ученой степенью. В качестве перспективного направления развития экономики анализируемой сферы услуг рекомендовано внедрение платных краткосрочных

программ на базе цифрового взаимодействия поставщиков и потребителей услуг в целях подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей экономики региона.

Список литературы

1. Ахметьянова, А.И. Тенденции развития системы образования в Республике Татарстан / А.И. Ахметьянова, А.И. Кузнецов // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2024. – № 2. – С. 204–214.
2. Бардасова, Э.В. Развитие сферы услуг в условиях цифровой экономики / Э.В. Бардасова, Л.Г. Кириллова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2021. – Т. 1. – № 7(115). – С. 47–50.
3. Бардасова, Э.В. Теория организации и организационное поведение : Учебное пособие для слушателей магистратуры / Э.В. Бардасова, Е.А. Сергеева. – Казань : КНИТУ, 2013. – 104 с.
4. Изменение управленческих технологий как следствие цифровой трансформации бизнеса / Ю.Е. Семенова, Е.Е. Петрова, А.С. Шебукова, С.В. Грибановская // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 1(163). – С. 104–107.
5. Республика Татарстан, статистический сборник 2024. Татарстанстат, г. Казань, 2024 – 400 с.

References

1. Akhmet'yanova, A.I. Tendentsii razvitiya sistemy obrazovaniya v Respublike Tatarstan / A.I. Akhmet'yanova, A.I. Kuznetsov // Ufimskiy gumanitarnyy nauchnyy forum. – 2024. – № 2. – S. 204–214.
2. Bardasova, E.V. Razvitiye sfery uslug v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki / E.V. Bardasova, L.G. Kirillova // Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya. – 2021. – T. 1. – № 7(115). – S. 47–50.
3. Bardasova, E.V. Teoriya organizatsii i organizatsionnoye povedeniye : Uchebnoye posobiye dlya slushateley magistratury / E.V. Bardasova, Ye.A. Sergeyeva. – Kazan' : KNITU, 2013. – 104 s.
4. Izmeneniye upravlencheskikh tekhnologiy kak sledstviye tsifrovoy transformatsii biznesa / YU.Ye. Semenova, Ye.Ye. Petrova, A.S. Shebukova, S.V. Gribanovskaya // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 1(163). – S. 104–107.
5. Respublika Tatarstan, statisticheskiy sbornik 2024. Tatarstanstat, g. Kazan', 2024 – 400 s.

© Э.В. Бардасова, 2025

УДК 330.322

С.В. РЕВУНОВ¹, А.С. БЕЗДЕНЕЖНЫЙ², Е.В. ГУБАЧЕВА²¹ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», пос. Персиановский;²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ключевые слова: инвестиции; инвестиционный потенциал; пространственное развитие; регион; региональная экономика; Ростовская область; устойчивое развитие.

Аннотация. Целью исследования является идентификация приоритетных направлений повышения инвестиционного потенциала Ростовской области. Рабочая гипотеза: социально-экономическая неоднородность регионов России предопределяет разработку новых и совершенствование существующих механизмов обеспечения благоприятного инвестиционного климата региона с учетом территориальных, климатических, транспортно-логистических и товарно-промышленных особенностей. Научная новизна – диспропорциональность бюджетного финансирования регионов, конкурентная борьба субъектов в поисках внешних источников финансирования предопределяет разработку нормативно-правовых, административно-управленческих и экономических инструментов, направленных на повышение инвестиционного потенциала региона. В ходе выполнения исследования были решены следующие задачи: актуализировано сущностное содержание дефиниции «региональный инвестиционный потенциал», выполнен *SWOT*-анализ инвестиционного потенциала Ростовской области, разработан комплекс рекомендаций по формированию устойчивого инвестиционного климата региона. Результаты: для Ростовской области приоритетными направлениями повышения инвестиционной привлекательности являются снижение административных барьеров, кластеризация инфраструктурных проектов в

формат единой инвестиционной площадки.

Под инвестиционной стратегией региона понимается формирование системы долгосрочных целей инвестиционной деятельности с детализацией направлений по наиболее эффективному ее достижению. К долгосрочным целям регионального инвестиционного планирования следует отнести формирование человеческого капитала, способного обеспечить эффективную занятость на высокотехнологичных производствах, развитие социальной и экономической инфраструктуры, создание благоприятного инвестиционного климата в регионе. В исследовании [1] выдвигается гипотеза о том, что условия инвестиционной деятельности в регионе зависят от ресурсно-технического и инженерно-инфраструктурного обеспечения функционирования бизнес-процессов в регионе и согласования экологических, социальных и экономических интересов регионов и инвесторов. В работе [2] отмечается важность механизмов государственно-частного (ГЧП) и муниципально-частного партнерства (МЧП) в части привлечения инвестиций на реализацию проектов по строительству объектов социальной и промышленной инфраструктуры. Актуальность ГЧП и МЧП для частного инвестора обусловлена следующими факторами: гарантированной востребованностью объекта инвестирования в долгосрочной перспективе, равномерным распределением рисков концессионного соглашения. Авторами исследования [3] рассмотрены импакт-инвестиции – вложения, направленные в развитие человеческого капитала, повышение



Рис. 1. Динамика структуры инвестиций в основной капитал по формам собственности в диапазоне наблюдений 2020–2023 гг., в млн рублей

Таблица 1. Структура инвестиций в основной капитал по источникам финансирования

Объем инвестиций, млн руб.	Годы				Изменение, по годам, в %		
	2020	2021	2022	2023	2021/2020	2022/2021	2023/2022
Собственные средства	82 517,3	106 900,0	115 045,3	145 708,7	+29,5	+7,6	+26,7
Привлеченные средства	136 903,0	146 551,4	153 716,0	302 733,8	+7,0	+4,9	+96,9
Структура привлеченных средств							
Кредиты банков	44 749,1	33 169,0	19 370,5	18 033,6	–25,9	–41,6	–6,9
Заемные средства других организаций	6 393,3	7 556,6	5 999,6	23 329,2	+18,2	–20,6	+288,9
Бюджетные средства	67 662,1	89 867,5	112 929,0	218 862,1	+32,8	+25,7	+93,8
Структура бюджетных средств							
Средства федерального бюджета	42 849,4	58 510,9	76 200,3	177 446,4	+36,6	+30,2	+132,9
Средства бюджетов субъектов РФ	18 344,5	24 426,9	25 852,8	34 981,2	+33,1	+5,8	+35,3
Средства местных бюджетов	6 468,1	6 929,7	10 876,0	6 434,5	+7,1	+56,9	–40,8

инновационного потенциала и в целом ориентированные на системно-структурный пересмотр бизнес-моделей в долгосрочной перспективе в интересах устойчивого развития.

Таким образом, к общим проблемам формирования благоприятного климата на региональном уровне, в той или иной степени присутствующим всем субъектам России, следует отнести: нестабильная динамика по макропоказателям, неэффективность фискальной и бюджетной политики, сложная структура и труднопрогнозируемость рисков, неустойчивость фондовых

рынков, высокая инфляция. Социально-экономическая неоднородность России актуализирует поиск отдельным субъектом Федерации собственных инструментов и методов, направленных на повышение инвестиционной привлекательности.

Рассмотрим проблематику формирования инвестиционного потенциала на примере Ростовской области. На основе данных официальной статистики [4] можно выявить следующую динамику в диапазоне наблюдений 2020–2023 гг., по отношению к базовому

Таблица 2. SWOT-анализ инвестиционного потенциала Ростовской области

<i>Strengths (S)</i> / сильные стороны	<i>Weaknesses (W)</i> / слабые стороны
Значительный потенциал несырьевого энергетического и неэнергетического экспорта; удачное территориальное расположение региона, наличие развитой транспортно-логистической инфраструктуры; регион находится в перечне приоритетных субъектов Федерации по объемам финансовых средств, инвестируемых в основной капитал; неравномерное распределение центров пространственно-экономического развития как фактор интенсификации инвестиционно-кооперационных связей административно-территориальных единиц внутри региона и кросс-регионального взаимодействия; наличие цифровой инвестиционной карты Ростовской области; наличие документально оформленной инвестиционной стратегии; наличие комплексных мер финансово-экономической, налоговой и информационной поддержки инвестиционных проектов; достаточный человеческий и образовательный потенциал для создания регионального инвестиционного стандарта, включающего приоритетные направления инвестиционной привлекательности Ростовской области: туризм, образование, сервис, культура и т.д.	Минимальный уровень участия краудфандинговых компаний в финансировании инновационных проектов; недостаточный уровень государственной поддержки региональной инновационной активности; необходимость комплексного взаимодействия органов государственного и муниципального управления, бизнес-структур и общества в части создания и продвижения узнаваемых региональных брендов; неравномерность обеспечения рабочими местами, обусловленная миграцией трудоспособного населения в крупные и средние города; технологические сложности, связанные с выпуском продукции, ранее не производившейся на территории Российской Федерации; проекты в рамках государственной программы Территории опережающего развития требуют дополнительной доработки региональной нормативно-правовой базы в части согласования с целями и задачами федеральных программ
<i>Opportunities (O)</i> / возможности	<i>Threats (T)</i> / угрозы
Создание инновационно-технологических региональных кластеров в форме технопарков на базе учебных заведений и крупных предприятий, центров трансферта технологий, площадок для молодежного научно-технического творчества; развитие инфраструктуры экологического, гастрономического, научно-технологического, промышленно-индустриального и культурно-исторического туризма; дифференцированный подход к формированию регионального инвестиционного потенциала за счет усиления роли муниципальных образований; обширный потенциал для экспорта образовательных услуг	Кадровый дефицит в области продвижения инновационного продукта от этапа прототипирования до создания промышленного образца; неустойчивость динамики экономических взаимоотношений регионов и федерального центра в сфере развития инвестиционного потенциала, дотационность субъектов Федерации, риски сокращения государственной поддержки отдельных отраслей; высокий процент износа коммунальной и инженерной инфраструктуры; неблагоприятная экологическая обстановка в Ростовской области; необходимость дополнительной адаптации производственных цепочек к изменению логистики

2020 г.: к 2023 г. инвестиции в нефинансовые активы составили 654 749,3 млн руб. (+92,6 %), в структуре инвестиций в нефинансовые активы инвестиции в основной капитал по полному кругу предприятий и организаций Ростовской области составляют 645 792,1 млн руб. (+96,2 %), что составляет 98,6 % от общего объема инвестиций в нефинансовые активы. В абсолютном выражении для всех предприятий и организаций Ростовской области с учетом фактически действующих цен за рассматриваемый период наблюдений общий объем инвестиций в основной капитал увеличился на 317 736,9 млн руб. На рис. 1 проиллюстрирована динамика структуры инвестиций в основной капитал по формам собственности в диапазоне

наблюдений 2020–2023 гг.

Анализ данных, представленных на рис. 1, демонстрирует тенденцию роста числа частных инвестиций +74,5 %, государственных +238 % и муниципальных +74,7 %, при этом выражена тенденция снижения участия иностранного инвестиционного капитала в динамике формирования структуры основного капитала. В табл. 1 изложена структура инвестиций в основной капитал по источникам финансирования, без учета субъектов малого предпринимательства, в табл. 2 предложен SWOT-анализ оценки инвестиционной привлекательности Ростовской области.

Инвестиционный потенциал Ростовской области в 2025 г. демонстрирует значительные

перспективы, однако его реализация сопряжена с рядом трудностей. В 2025 г. планируется реализовать девять проектов на сумму 85 млрд рублей, включая строительство завода «Бештау» (радиоэлектроника и беспилотные системы) и завода «Робоавиа» (гражданские дроны для сельского хозяйства и защиты от чрезвычайных ситуаций). Эти проекты создадут около 2 000 рабочих мест и обеспечат ежегодные налоговые поступления в 6 млрд рублей. Акцент инвестирования постепенно смещается на развитие металлургии, беспилотных технологий, сельского хозяйства и туризма. Научно-производственный центр беспилотных авиасистем уже привлек первых резидентов, туристический сектор Ростовской области занимает 21-е место в Национальном рейтинге туристических инфраструктурных проектов. В рамках государственной поддержки Ростовская область участвует в нацпроекте «Эффективная и конкурентная экономика», предлагая инвесторам налоговые льготы, компенсации по кредитам и льготные займы. Также действуют территории опережающего развития. Таким образом, региональная инвестиционная политика подразумевает следующие стратегические направления по повышению инвестиционной привлекательности.

1. Усиление государственно-регионального контроля за целевым расходованием бюджетных средств, направляемых для целей развития инвестиционного климата в форме безвозвратного финансирования и кредитования.

2. Децентрализация инвестиционных процессов, предполагающая многообразие форм собственности в регионе, развитие здоровой конкуренции между ними в части привлечения внимания инвестора.

3. Формирование механизмов ограничения чрезмерной централизации капитальных вложений в инвестиционные проекты, государственное финансирование инвестиционных проектов исключительно на конкурсной основе.

4. Разработка финансово-экономических и нормативно-правовых механизмов поддержки предприятий, участвующих в региональных инвестиционных программах, направленных на переориентацию безвозвратного финансирования в пользу кредитования на льготной основе.

5. Расширение практик муниципально-частного и государственно-частного партнерства по вопросам долевого финансирования региональных инвестиционных проектов, кросс-регионального и межнационального взаимодействия коммерческих структур.

7. Конверсия долгов в собственность при отсутствии согласованного между контрагентами механизма выполнения взятых на себя обязательств.

Следует отметить, что развитие инвестиционного потенциала региона определяется эффективностью и слаженностью работы институтов государственного, регионального и муниципального управления. Авторы считают, что координацией региональной инвестиционной политики должен заниматься действующий на постоянной основе орган, к примеру, региональный Инвестиционный совет, возглавляемый инвестиционным специалистом из негосударственных структур. Функции данного органа – информационное и нормативно-методическое обеспечение инвестиционной деятельности региона, обеспечение согласованной работы заинтересованных лиц и органов власти.

Список литературы

1. Скляр, В.Н. Оценка факторов инвестиционной привлекательности бизнес-среды с точки зрения устойчивого развития региона / В.Н. Скляр // Глобальный научный потенциал. – 2023. – № 9(150). – С. 176–179.
2. Беляева, А.А. Роль частных инвестиций в строительстве объектов социальной и промышленной инфраструктуры / А.А. Беляева, А.В. Комаров // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 12(162). – С. 158–162.
3. Ревунов, С.В. Преобразующие инвестиции как фактор экономической интеграции территорий и устойчивого развития / С.В. Ревунов, А.И. Ильина, З.Р. Кочиева // Глобальный научный потенциал. – 2023. – № 10(151). – С. 222–225.
4. Ростовская область в цифрах 2023: Стат. сб./ Ростовстат. – Ростов-на-Дону, 2024. – 729 с.

References

1. Sklyar, V.N. Otsenka faktorov investitsionnoy privlekatel'nosti biznes-sredy s tochki zreniya ustoychivogo razvitiya regiona / V.N. Sklyar // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2023. – № 9(150). – S. 176–179.
2. Belyayeva, A.A. Rol' chastnykh investitsiy v stroitel'stve ob'yektov sotsial'noy i promyshlennoy infrastruktury / A.A. Belyayeva, A.V. Komarov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 12(162). – S. 158–162.
3. Revunov, S.V. Preobrazuyushchiye investitsii kak faktor ekonomicheskoy integratsii territoriy i ustoychivogo razvitiya / S.V. Revunov, A.I. Il'ina, Z.R. Kochiyeva // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2023. – № 10(151). – S. 222–225.
4. Rostovskaya oblast' v tsifrakh 2023: Stat. sb./ Rostovstat. – Rostov-na-Donu, 2024. – 729 s.

© С.В. Ревунов, А.С. Безденежный, Е.В. Губачева, 2025

УДК 005.7

*Г.А. ГОНЧАРОВ, В.М. ЧЕТВЕРИКОВ**НОУ ВО «Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов», г. Санкт-Петербург*

ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ: РОЛЬ ЛИДЕРА И ЛИДЕРСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Ключевые слова: конкурентное преимущество; концепции лидерства; лидерская культура; лидерство; стратегическая функция; трансформация системы управления; эффективный лидер.

Аннотация. Статья посвящена анализу концепций «лидерства» и «формирования лидерской культуры» в аспекте управления трансформацией организаций. Авторы поставили перед собой следующие цели: исследовать комплекс профессиональных компетенций и личностных характеристик эффективного лидера, а также его стратегическую функцию в формировании и развитии организационной культуры; установить значимость лидера в управленческих процессах организаций; идентифицировать ключевые функциональные аспекты лидерства, способствующие трансформации управленческих систем организаций.

Гипотезой данного исследования является предположение о том, что в условиях нестабильной конкурентной среды ключевым фактором повышения эффективности управления организациями играет лидерство, которое стимулирует процесс трансформации систем руководства. Результаты исследования свидетельствуют о том, что оптимальный результат достигается, когда формальный руководитель обладает также и лидерскими качествами, превосходя по силе влияния на персонал неформальных лидеров или сугубо административных управленцев. Для успешного развития современных организаций критически важны определенные лидерские компетенции руководителей: способность принимать стратегические решения, вдохновлять и мотивировать

персонал, обеспечивать устойчивое развитие организации.

Введение

В условиях динамично меняющегося рынка различным организационным системам управления требуются инициативные и энергичные руководители. Эти лидеры должны обладать способностью принимать обдуманные решения и брать на себя ответственность за их реализацию персоналом, осознавая свою ключевую функцию в процессе управления изменениями, поскольку проблематика повышения результативности организационных трансформаций постоянно сохраняет свою актуальность. Решить указанные проблемы невозможно без эффективной организации управленческих процессов. Важно не только формулировать цели, но и обеспечивать их понимание каждым работником. Сотрудники должны осознавать ценность происходящих изменений и проявлять активное участие в трансформационных процессах.

Таким образом, эффективное функционирование современной организации требует стратегического подхода к управлению изменениями, где ключевую роль играет лидерство. Субъект лидерства консолидирует коллектив для достижения конкретных задач, что делает его важным элементом социально-ориентированного управления.

Исследование феномена лидерства становится особенно значимым в условиях трансформации управленческих систем в современных организациях. Это связано с необходимостью

адаптации к внешним изменениям и мотивации персонала к принятию новых условий функционирования производственной системы.

В данной статье представлены результаты исследования различных научных подходов к пониманию концепций «лидерства» в рамках изменений организационных управленческих структур, а также концепций формирования культуры «лидерства» и методов ее оценки.

Результаты нашего исследования позволяют констатировать, что лидерство функционирует как активный механизм, балансирующий между внешними изменениями и внутренней средой организации, и обеспечивает гармоничное развитие процессов трансформации организации. Используя свое влияние и признание, лидер становится связующим звеном, способным интегрировать социальные и психологические аспекты воздействия на сотрудников и минимизировать сопротивление организационным изменениям.

Методология исследования

Методологическую базу исследования составляют концепции отечественных и зарубежных ученых, а также авторское концептуальное видение лидерства, групповой динамики, влияния лидеров на процессы изменений и лидерской культуры как компонента организационной культуры. Исследовательский инструментарий включает классические научные методы: аналитический подход, синтезирование информации, обобщение данных, компаративистику и библиографический анализ.

Результаты исследования

В современных организациях персонал представляет собой наиболее важный ресурс, который не только используется во всех бизнес-процессах, но и формирует потенциал организационных изменений. В процессе управления персоналом руководители используют разнообразные управленческие подходы, воздействуют на сотрудников посредством различных мотиваторов. Таким образом, достижение целей трансформации системы управления организацией кардинально зависит от результатов деятельности лидера.

Обобщение различных концепций «лидерства» и «формирования лидерской культуры» позволило выделить на основе критерия акту-

альности для современных условий деятельности организаций наиболее распространенные из них.

Психологическая концепция утверждает, что для достижения необходимых результатов лидер-руководитель должен управлять бизнес-процессами в организации с учетом групповой динамики, изучать ожидания, потребности и индивидуальные качества сотрудников, и на основе этой информации принимать решения по формированию и развитию организационной культуры. Поскольку указанные цели являются стратегическими и не могут быть достигнуты в короткие сроки, лидер-руководитель неизбежно ставит перед подчиненными промежуточные (тактические) задачи, необходимые для реализации стратегических целей организации. В условиях современной динамично меняющейся внешней среды для достижения стратегических целей организации необходимо создание эффективной системы лидерства. В рамках такой системы лидер должен умело преодолевать сопротивление персонала изменениям, реализуя запланированные меры без значительного ущерба как для самой организации, так и для отдельных сотрудников [5].

Концепция трансформационного лидерства рассматривает особый механизм достижения коллективных целей. Эта концепция фокусируется на том, как лидеры воздействуют на личные убеждения и ценностные ориентиры подчиненных. Сотрудники, сознательно объединившиеся вокруг лидера, внутренне мотивируются к персональным достижениям и интеграции в общую организационную миссию, что создает взаимовыгодную систему реализации коллективных задач. Согласно данной концепции способность лидеров формировать и поддерживать систему общих ценностей, целей и поведенческих стандартов внутри коллектива является ключевой причиной, почему люди следуют за ними. Управление конфликтами, принятие решений, наставничество и коммуникация являются основными функциями, выполняемыми лидерами для управления персоналом. В масштабе структурного подразделения, отдельной команды или всей организации лидеры координируют и мотивируют деятельность персонала, что существенно улучшает эффективность управления организации в целом [4; 7].

Таким образом, результативный лидер – это не тот, кто просто занимает руководящую долж-

ность. Это активный архитектор корпоративной культуры, обладающий особой энергией (пассионарностью), которую он направляет на коллектив для стимулирования организационных изменений.

Концепция эмоционального интеллекта в лидерстве утверждает, что развитый эмоциональный интеллект в лидерстве значительно повышает эффективность работы персонала. Лидер, обладающий развитым эмоциональным интеллектом, способен создавать атмосферу доверия, эффективно руководить коллективом и вдохновлять персонал, в отличие от классических управленческих подходов, которые часто не учитывают эмоциональные аспекты взаимодействия с сотрудниками. Исследователи отмечают существование специфических адаптивных механизмов, формирующих коммуникационные особенности и структуру управленческой системы в целом [2; 3].

Концепция организационного лидерства представляет собой научный подход, выделяющий как приоритет исследование взаимодействия руководителей на основе структуры организации, а также основных стилей управления. Данный подход предполагает акцент в исследованиях на решении организационных проблем. Указанная концепция содержит основные теоретические объяснения лидерства как явления, классификацию его типов, фундаментальные принципы результативного руководства, а также определение самой природы лидерских качеств в корпоративной среде [1; 6].

Конкурентным преимуществом организации может считаться сформированная культура лидерства, характеристики которой варьируются в зависимости от ценностных ориентиров руководства и коллектива, а также применяемых стилей руководства. Наше исследование позволяет сделать вывод о том, что в формировании и развитии лидерства организации и лидерской культуры ключевое значение имеет система ценностей, включающая медиаторство (предотвращение и разрешение конфликтов), непрерывную коммуникацию, управление эмоциональным состоянием с целью их своевременного выявления и использования для мотивации персонала, а также ценности вовлеченности и причастности персонала к достижению целей организации.

Исходя из обобщения основных положений указанных выше концепций и авторской трактовки научных категорий «лидерство» и

«лидерская культура» мы сформулировали основные принципы воздействия лидерства на трансформацию управленческих процессов в организации:

1) ключевое внимание в осуществлении лидерского воздействия должно быть сосредоточено как на коллективе в целом, так и на каждом отдельном сотруднике;

2) формирование единства персонала должно осуществляться лидером через общие ценностные ориентиры и целевые установки;

3) создание лидером-руководителем системы управления, с помощью которой он не управляет персоналом в традиционном смысле, а создает условия для личностного развития каждого работника, одновременно повышая результативность всей организационной структуры;

4) создание в организации системы непрерывной прямой и обратной коммуникации и внедрение индивидуальной ответственности всех участников коммуникаций за передачу и получение информации;

5) внедрение систем показателей оценки управленческой и социальной эффективности организации.

В результате проведенного исследования мы пришли к следующим выводам.

1. Ключевым фактором в обеспечении развития и конкурентного преимущества современных организаций выступает феномен лидерства. Лидер действует как связующее звено, соединяющее внешние изменения с внутренними преобразованиями и эффективным управлением персоналом.

2. Руководитель, обладающий лидерскими качествами, реализует стандартные управленческие функции с повышенной результативностью. Эти функции включают стратегическое планирование производства, административную деятельность, предпринимательскую инициативу и активацию изменений. Такая комбинация создает значительный дополнительный потенциал для трансформации управленческой системы организации.

3. В современной динамичной среде управление изменениями становится ключевым аспектом культуры лидерства. Эффективный руководитель не только транслирует функциональные задачи коллективу, но и стимулирует их активность, обеспечивает мотивацию, поддерживает инициативы и применяет систему поощрений для достижения общих целей.

Список литературы

1. Алешенко, Е.А. Лидер и команда как фактор успеха малой инвестиционной компании / Е.А. Алешенко // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 1. – С. 120–123.
2. Белоконов, О.В. Эмоциональный интеллект и феномен лидерства «Строим вместе» / О.В. Белоконов // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2008. – Т. 5. – № 3. – С. 137–144.
3. Гоулман, Д. С чего начинается лидер / Д. Гоулман; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 222 с.
4. Замулин, А.Л. Новый взгляд на последователей лидера: теория и управленческая практика / А.Л. Замулин // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия «Менеджмент». – 2009. – № 3. – С. 75–97.
5. Петрушихина, Е.Б. К вопросу об аутентичном лидерстве / Е.Б. Петрушихина // Вестник РГГУ. Серия: Психология. Педагогика. Образование. – 2016. – № 2(4). – С. 45–52.
6. Терлецкова, Е.В. Лидерство как инструмент развития современной организации / Е.В. Терлецкова, Д.А. Ахряпова // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2021. – № 1(157). – С. 77–80.
7. Файзиева, Г.У. Трансформационное лидерство как ключевой фактор инновационных преобразований / Г.У. Файзиева // Молодой ученый. – 2024. – № 17(516). – С. 100–106.

References

1. Aleshchenko, Ye.A. Lider i komanda kak faktor uspekha maloy investitsionnoy kompanii / Ye.A. Aleshchenko // Problemy sovremennoy ekonomiki. – 2011. – № 1. – S. 120–123.
2. Belokon', O.V. Emotsional'nyy intellekt i fenomen liderstva «Stroim vmeste» / O.V. Belokon' // Psikhologiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki. – 2008. – T. 5. – № 3. – S. 137–144.
3. Goulman, D. S chego nachinayetsya lider / D. Goulman; per. s angl. – M. : Al'pina Biznes Buks, 2005. – 222 s.
4. Zamulin, A.L. Novyy vzglyad na posledovateley lidera: teoriya i upravlencheskaya praktika / A.L. Zamulin // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya «Menedzhment». – 2009. – № 3. – S. 75–97.
5. Petrushikhina, Ye.B. K voprosu ob autentichnom liderstve / Ye.B. Petrushikhina // Vestnik RGGU. Seriya: Psikhologiya. Pedagogika. Obrazovaniye. – 2016. – № 2(4). – S. 45–52.
6. Terletskova, Ye.V. Liderstvo kak instrument razvitiya sovremennoy organizatsii / Ye.V. Terletskova, D.A. Akhryapova // Ekonomika i upravleniye: nauchno-prakticheskiy zhurnal. – 2021. – № 1(157). – S. 77–80.
7. Fayziyeva, G.U. Transformatsionnoye liderstvo kak klyuchevoy faktor innovatsionnykh preobrazovaniy / G.U. Fayziyeva // Molodoy uchenyy. – 2024. – № 17(516). – S. 100–106.

© Г.А. Гончаров, В.М. Четвериков, 2025

Abstracts and Keywords

A.V. Zhuzhalov, S.G. Grigoriev, A.M. Polyakov

Comparative Analysis of Classical Machine Learning Methods and Ensemble Algorithms for Intent Classification with Varying Class Counts and Class Imbalance

Keywords: artificial intelligence; machine learning; classification; multiclass classification; supervised learning; classical machine learning; ensemble methods; logistic regression; support vector machine; naive Bayes; k-nearest neighbors; gradient boosting; random forest; intents; dialogue systems; dataset collection; text preprocessing; vectorization; transformers; Python; scikit-learn; LightGBM; model evaluation.

Abstract. Many modern dialogue platforms, software for building text-bots and voice assistants use logistic regression for intent classification. However, for many natural language processing tasks this method is not the most effective, unlike random forests and other ensemble methods.

The hypothesis of the study suggests that ensemble algorithms (random forest and gradient boosting) can deliver the best results for multiclass intent classification.

The objective of the study is to conduct a comparative analysis of classical machine learning algorithms (logistic regression, support vector machines, naive Bayes, k-nearest neighbors) and ensemble methods (random forest and gradient boosting) in order to identify the optimal algorithm for classifying intent datasets used in dialogue systems.

The research tasks included collecting data from commercial projects with intents subject to the study's constraints; implementing data parsing and preprocessing functions, investigating effective vectorization algorithms for the Russian-language text in multiclass classification; selecting several optimal ones, and using them to obtain embeddings; applying machine learning algorithms (logistic regression, k-nearest neighbors, naive Bayes, support vector machines, random forest, and gradient boosting) to the task of multiclass classification; evaluating model performance and determine the most effective pipelines (vectorization algorithm -> machine learning method).

Methodology combined quantitative methods, such as data preprocessing, named entity extraction to mask companies' personal data, application of text vectorization algorithms and statistical machine learning methods, and the use of quantitative metrics to evaluate model quality, and qualitative methods, including data collection and validation of named entity extraction quality. The results are as follows. The experiment identified several of the most effective pipelines (vectorization -> model training) for multiclass intent classification on real-world data. With TF-IDF vectorization, the random forest model provided the best classification quality; for the transformer models cointegrated/rubert-tiny2 and sergeyzh/rubert-tinyturbo, Gaussian naive Bayes performed best.

A.A. Saldaeva, V.Yu. Belash

Information System for ICT Education: Recommendations for Users

Keywords: educational platform; ICT; modules; user roles; registration; testing.

Abstract. MThe purpose of the research is to design and implement a modular educational platform based on information and communication technologies (ICT). The three key roles of users – the administrator, the teacher and the student – and their functional capabilities in the system are described. The processes of registration, authorization, and interaction between participants are considered, as well as mechanisms for testing, providing educational materials, and submitting and verifying laboratory and homework work. The following methods are used as a methodological basis: analysis, synthesis, modeling and abstraction. As a result, an educational platform was developed for posting assignments, answering them, and communicating with teachers while studying information and communication technologies.

Designing and Developing User Interface for a Mobile Application

Keywords: mobile application; user interface; UX/UI design; component approach; interface navigation; mobile UX.

Abstract. The article discusses the design features of the user interface of a mobile application designed to account for car expenses. The aim of the research is to develop an intuitive and functional interface aimed at a wide target audience, including users with different levels of digital and technical literacy. The component approach in UI/UX design is used as a methodological basis, as well as a comparative analysis of similar applications. As a result, an interface for the Start Car mobile application was developed, implementing the principles of minimalism, ergonomics and logical structuring of screens.

A.A. Kolesnikov, M.B. Khoroshko

Protecting Cloud Infrastructure from Cyberattacks

Keywords: cloud infrastructure; security; attack; server; access; user; data.

Abstract. The article reveals current issues related to the protection of cloud infrastructure from cyberattacks. The purpose of the article is to analyze the conceptual aspects of cloud infrastructure security and the most progressive methods of ensuring it. In the process of research, the most common attacks in the cloud environment are identified. A description of the main problems of ensuring the security of cloud infrastructure is given. The architecture of the distribution of roles in the protection of cloud infrastructure, which includes both users and service providers, is separately formalized. Particular attention is paid to the most significant errors in configuring cloud security, the losses they can lead to, and possible solutions to problems. It is noted that in order to ensure maximum protection and prevent the risks of attacks, it is advisable to use combined strategies and methods that will serve as an effective barrier against complex cloud intrusions.

A.A. Kolesnikov, M.B. Khoroshko

Cloud Computing and Cloud Information Security Analysis

Keywords: cloud computing; protection; data; attack; failure.

Abstract. The article analyzes key issues of cloud computing protection and information security support in the cloud. The purpose of the article is to study issues related to cloud computing protection and information security in the cloud. Special attention is paid to the most significant threats, problems and difficulties in ensuring cloud computing security. Cloud security and traditional IT security are compared. The goals that cloud computing security is designed to achieve and its main objects have been formalized. The structure of the cloud computing security model is presented, the key principles of data protection in the cloud, including their technical implementation, are identified. It is noted that cybersecurity threats in cloud computing are becoming increasingly complex and require more effort from specialists to analyze countless warnings and incidents, as well as develop effective methods of protection and counteraction. The analysis carried out in the article allows us to assert that a wide range of technologies, controls, processes and policies should be used that together will protect cloud systems, data and infrastructure, as well as regularly review and update them.

Features of Manufacturing Power Structural Elements of a High-Speed Aircraft Made of Titanium Alloys

Keywords: high-speed aircraft; superplasticity; titanium alloys; superplastic molding.

Abstract. The paper is aimed at solving a complex issue of manufacturing a structural element of a modern high-speed aircraft (HSA) with enhanced technical characteristics. To achieve this goal, the following tasks have been set and completed: the choice of material and production technology, the determination of optimal process modes, and the testing of the results obtained during the manufacture of a prototype. Based on the analysis of domestic and foreign literature on these issues, it was concluded that the technology of superplastic forming in combination with diffusion welding of two-phase ($\alpha + \beta$) titanium alloy (VT23, VT6, etc.) has undeniable advantages over traditional technologies. The optimal temperature and speed mode of the technological process was experimentally obtained, the hypothesis of optimal superplasticity conditions was confirmed – the optimal sample structure was obtained at a temperature above the temperature of the beginning of recrystallization and below the melting point (the development of collective recrystallization). A prototype of the HSA compartment was manufactured at the JSC MIC NPO Mashinostroyeniya stand base. The analysis of the sample obtained showed the high quality and durability of the product.

S.V. Kurovsky, D.A. Mishin, N.D. Ivanov, V.A. Gafarova

Optimization of the Inter-Repair Cycle of Technological Equipment in Oil Industry

Keywords: inter-repair cycle; oil industry; optimization; fixed assets; technological equipment.

Abstract. The article considers technological solutions for optimizing the overhaul cycle of fixed assets used in the oil industry. The goal is to present a technology for optimizing the overhaul cycle of process equipment in the oil industry. Research objectives are to present the specifics of introducing a shut-off and control valve as a factor in optimizing the overhaul cycle of process equipment in the oil industry; to outline the advantages of the shut-off and control valve model. The hypothesis of the study is that the shut-off and control valve model contributes to an increase in the level of automation of the implemented process processes. The results that were achieved in the course of the study are as follows: the key disadvantages of mechanical thermostats in Heater-Triter process units are considered, the specifics of introducing a shut-off and control valve as a factor in optimizing the overhaul cycle of process equipment in the oil industry are given.

A.S. Sergeev, E.A. Gorshkov

Composite housing of a Roller Conveyor Belt based on PA6 GF30: design features, technological efficiency, and operational reliability

Keywords: conveyor roller; composite housing; PA6 GF30; polyamide; crimping; stiffening ribs; fault tolerance; abrasive environment; technological efficiency.

Abstract. The article presents the design of a composite housing for a conveyor belt roller made of glass fiber reinforced polyamide PA6 GF30. Key technological and structural features are described, including a system of stiffening ribs, mechanical crimping instead of welding, dust protection elements, and guiding structures for precise bearing alignment. Laboratory and field tests confirmed the geometric stability, impact resistance, wear resistance, and fault tolerance of the structure. The proposed solution is intended for use in abrasive and humid environments, ensuring reliable and safe operation of conveyor systems.

D.V. Reshetov, V.A. Dyachenko, A.N. Popov, M.N. Polishchuk

The Impact of Control Parameters of a Mechatronic Shock Machine on Peak Acceleration Reproduction Error

Keywords: testing; shock; mechatronic test machine; pneumatic actuator; peak acceleration; error; control algorithm.

Abstract. The purpose of research is to develop control algorithms for the motion of a shock carriage on a horizontal test machine to improve the accuracy of peak acceleration reproduction. The research hypothesis is that accounting for the sensitivity of acceleration to the initial receiver pressure and the initial carriage position makes it possible to reduce reproduction errors under various test conditions. To verify this hypothesis, mathematical and computer modeling of carriage dynamics was conducted with approximation of acceleration responses, as well as analysis of sensitivity zones and algorithms for correcting acceleration parameters. The methods of the research included the construction of sensitivity functions, response surfaces, and the development of single- and two-parameter control algorithms. The results show that two-parameter control enables the identification of dominant sensitivity zones and reduces the error in reproducing peak acceleration to $\pm 10\%$. The obtained data were experimentally validated and can be applied to the adjustment of test modes on high-capacity horizontal stands.

D.V. Reshetov, V.A. Dyachenko, A.N. Popov, M.N. Polishchuk

Determination of Pneumohydraulic Suspension System Parameters for a Mechatronic Horizontal Shock Machine

Keywords: testing; shock machine; pneumohydraulic suspension system; damping; air spring; dynamic load.

Abstract. The purpose of research is to justify the design parameters of the pneumohydraulic suspension elements of a horizontal mechatronic shock testing machine to improve testing efficiency and reduce dynamic loads on the foundation. The research hypothesis is that there exists a combination of suspension parameters that provides near-critical damping, minimizes the oscillation decay time of the inertial mass, and prevents structural overload. To test the hypothesis, the influence of the number of dampers on the maximum frequency of shocks and the dynamic load on the foundation was analyzed, and the effect of air spring pressure on the inertial mass displacement and the load on structural elements was investigated. The methods used include mathematical modeling of the inertial mass motion and evaluation of criteria for selecting suspension parameters. The results show that, for the full range of shock accelerations, there is a minimum required number of dampers that ensures near-critical damping. This allows achieving the maximum possible shock repetition rate in multiple-test mode. Adjustment of air spring pressure effectively prevents overload of structural elements. The findings can be applied in the design and tuning of horizontal shock testing machines.

A.Yu. Volkov, S.I. Kvitko

Smart Technologies in 3D Plotter Control: Encoder Modelling and Artificial Intelligence Integration

Keywords: 3D plotter; smart technologies; incremental encoder; Proteus; control; stepper motors; machine learning; sustainable development.

Abstract. The aim of the study is to analyze and improve approaches to controlling flatbed 3D plotters using stepper motors and incremental encoders, as well as to integrate artificial intelligence methods to optimize the operation of such systems. The main tasks are defined as follows: studying architectural solutions and software previously developed by the author for controlling a 3D plotter; analysis of the methodology for modelling an incremental encoder in the Proteus environment; comparison of these solutions with modern technologies and practices; formulation of recommendations

for the implementation of 'smart' algorithms and improvement of energy efficiency. The research hypothesis is that the integration of machine learning algorithms and modern control systems (Marlin, OctoPrint) into an architecture similar to that proposed by the author will improve the accuracy, reliability, and stability of 3D plotters while reducing energy consumption. Research methods include comparative analysis of architectural solutions, software and hardware modelling in Proteus, a review of recent scientific literature on the control of digital production systems, and systematization of data on modern firmware and ML algorithms for trajectory planning. The research revealed the advantages and limitations of the 3D plotter control architecture via the LPT port described by the author; it was shown that the encoder modelling technique in Proteus allows for the optimization of structural and electrical solutions at the design stage; it was established that the introduction of modern controllers, firmware, and AI algorithms opens up prospects for improving the performance, accuracy, and energy efficiency of engineering systems. Recommendations were made for modernizing the hardware and software architecture, integrating position feedback, and implementing adaptive trajectory planning using machine learning methods.

M.Yu. Iudin, E.A. Gorshkov

Areas of Application for Bellows Actuators and the Practice of Developing Pipe Valves Based on them

Keywords: bellows actuator; application; pipe valve; development; practice.

Abstract. The relevance of the study lies in the fact that the practice of developing and implementing pipe valves based on bellows actuators demonstrates significant advantages of this technology over traditional solutions. The purpose of the study is to determine the areas of application of bellows actuators in the practice of pipe valve development. The objectives included the analysis of current trends in the application of bellows actuators, the formation of the main areas of application of bellows actuators in the development of pipe valves. Fundamental scientific tools of cognition were used in this study. A methodology including classification approaches and generalization techniques was also used. Analytical techniques and logical constructions also formed an important part of the methodological apparatus of the work. As a result, the author formulated directions for the application of bellows actuators in the practice of developing pipe valves based on them.

E.D. Makarov, E.A. Frolova, A.A. Dzyubanenko

Improving the Effectiveness of the Organizational Structure of an Electronics Production Conveyor Regarding Technological Changes Based on Dynamic Calibration Methodology for Digital Systems

Keywords: conveyor theory; recursion; criteria; production planning; technological resource.

Abstract. The article addresses the task of improving the effectiveness of a conveyor's organizational structure when implementing technological changes. A methodology for the dynamic calibration of digital systems is proposed, based on the analysis of changes in the values of succession coefficients and stability deviation. This methodology is founded on the formula for calculating the coefficient of permissible production acceleration, which considers several deterministic parameters in the calculation. A solution is presented for the problem of reducing the time spent on operational adjustments to the production plan and decreasing the degree of involvement of a process engineer in this process. The research goal is to enhance the effectiveness of the structure considering the introduced technological changes. The research hypothesis is that applying a methodology based on a conveyor approach will allow for assessing changes in order fulfillment parameters and identifying the possibility of altering order lead times by making changes to the technological process. Research methods – conveyor theory, a recursive mathematical model of production, a mathematical model of electronic board assembly. The study resulted in the the assessment of production efficiency and a reduction in order production times.

Improving the Effectiveness of the Electronics Manufacturing Process Based on Adaptation of Production Processes

Keywords: conveyor theory; recursion; criteria; production planning; technological resource.

Abstract. The article addresses the task of adapting production processes for a contract electronics manufacturing enterprise. A methodology for adapting production processes is proposed, considering the dynamics of technological evolution and order recurrence. It is based on collecting information on the execution time of technological operations in the conveyor, their associated defect rates, materials used, calculating the cycle time, and its preliminary estimation through the application of acceleration. The research goal is to optimize the organization of conveyor processes considering changes. The research hypothesis is that applying a methodology based on conveyor theory will optimize order lead times and improve adaptation to technological changes in conveyor-based electronics production. Research methods – conveyor theory, a recursive mathematical model of production, a mathematical model of electronic board assembly. The research resulted in the increased accuracy of medium-term planning and accounting for changes introduced into the production complex during the execution of planned orders.

I.V. Shatskaya, A.V. Shpak, E.R. Zhdanov, R.A. Yafizova

The State and Dynamics of Improving the Quality of Domestic Mobile Communication Systems

Keywords: quality management; domestic mobile communication systems; VSAT technology; satellite communications; antennas.

Abstract. The article describes the existing prerequisites and prospects for improving the quality of domestic mobile communication systems. One of these prerequisites is GOST R 71586 "Digital professional mobile radio communication". As a factor that will be important for improving the quality of domestic mobile communication systems, the authors consider VSAT technology, the capabilities of which are only increasing in the digital economy.

E.V. Bardasova

Economic Status and Prospects for Development of the Sphere of Higher Education in Tatarstan

Keywords: wages; turnover; educational service; Republic of Tatarstan; digitalization; number of consumers; service sector economy.

Abstract. The study presents retrospective trends and prospects for the development of the economy of higher education services in the region. The research objectives are to identify changes in the economic state of the sphere in question; to propose direction for the prospective development of higher education in Tatarstan. The hypothesis suggests that improving the economic state of higher education will be more effective with the expansion of digital interactions between market participants. Methods included analysis of economic indicators for 2019–2025, descriptive and inferential statistics. The results are as follows. The trends towards a reduction in the number of degree-holders, the volume of paid services, insufficient wages and consumers of high-tech training areas were identified. A promising direction for intensifying digital interactions in short-term paid training programs in the profile of the region's industry was proposed.

On Improving Mechanisms Increasing the Investment Attractiveness of the Region (Using the Example of the Rostov Region)

Keywords: region; investment; sustainable development; Rostov region; investment potential; spatial development; regional economy.

Abstract. The purpose of the research is to identify priority directions for increasing the investment potential of the Rostov region. Working hypothesis: the social and economic heterogeneity of Russia's regions predetermines the development of new and improvement of existing mechanisms for ensuring a favorable investment climate in the region, considering territorial, climatic, transport-logistics, and commodity-industrial features. Scientific novelty is determined by the disproportionality of budget financing of regions, the competitive struggle of entities in search of external sources of financing predetermines the development of normative legal, administrative-management and economic instruments aimed at increasing the investment potential of the region. The study set and completed the following tasks: the essential content of the definition of regional investment potential was updated, a SWOT analysis of the investment potential of the Rostov region was performed, and a set of recommendations for the formation of a sustainable investment climate in the region was developed. The results are as follows. For the Rostov region, the priority directions for increasing investment attractiveness are the reduction of administrative barriers, the clustering of infrastructure projects in the format of a single investment platform.

G.A. Goncharov, V.M. Chetverikov

Management Paradigm Transformation: The Role of Leadership and Leadership Culture in Increasing the Competitiveness of the Organization

Keywords: leadership; leadership culture; effective leader; strategic function; leadership concepts; management system transformation; competitive advantage.

Abstract. This article is devoted to the analysis of the concepts of “leadership” and “leadership culture formation” in the aspect of managing the transformation of organizations. The authors set themselves the following goals: to investigate the complex of professional competencies and personal characteristics of an effective leader, as well as his strategic function in the formation and development of an organizational culture; establish the importance of the leader in the management processes of organizations; identify key functional aspects of leadership that contribute to the transformation of organizations' management systems. The hypothesis of this study is the assumption that in an unstable competitive environment, leadership plays a key factor in improving the efficiency of organization management, which stimulates the process of transformation of management systems. The results of the study indicate that the optimal result is achieved when the formal leader also has leadership qualities, surpassing the power of informal leaders or purely administrative managers to influence the staff. For the successful development of modern organizations, certain leadership competencies of managers are critical: the ability to make strategic decisions, inspire and motivate personnel, and ensure the sustainable development of the organization.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ List of Authors

<p>А.В. ЖУЖЖАЛОВ аспирант Московского финансово-юридического университета МФЮА, г. Москва E-mail: a.zhuzhalov@unistar.ru</p>	<p>A.V. ZHUZHHALOV Postgraduate Student, Moscow University of Finance and Law, Moscow E-mail: a.zhuzhalov@unistar.ru</p>
<p>С.Г. ГРИГОРЬЕВ член-корреспондент Российского авторского общества; доктор технических наук, профессор Московского городского педагогического университета, г. Москва E-mail: grigorsg@yandex.ru</p>	<p>S.G. GRIGORIEV Corresponding Member of the Russian Authors' Society; Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow City Pedagogical University, Moscow E-mail: grigorsg@yandex.ru</p>
<p>А.М. ПОЛЯКОВ магистрант Научного исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург E-mail: a.polyakov@unistar.ru</p>	<p>A.M. POLYAKOV Master's Student, Scientific Research University Higher School of Economics, St. Petersburg E-mail: a.polyakov@unistar.ru</p>
<p>А.А. САЛДАЕВА магистрант Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского, г. Калуга E-mail: saldaevaaa@studklg.ru</p>	<p>A.A. SALDAEVA Master's Student, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga E-mail: saldaevaaa@studklg.ru</p>
<p>В.Ю. БЕЛАШ кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и информационных технологий Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского, г. Калуга E-mail: mininavy@tksu.ru</p>	<p>V.YU. BELASH Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Informatics and Information Technology, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga E-mail: mininavy@tksu.ru</p>
<p>Е.В. ТКАЧЕВ магистрант Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского, г. Калуга E-mail: tkachev@studklg.ru</p>	<p>E.V. TKACHEV Master's Student, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga E-mail: tkachev@studklg.ru</p>
<p>А.А. КОЛЕСНИКОВ магистрант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: anton.kolesnikov.science@mail.ru</p>	<p>A.A. KOLESNIKOV Master's Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: anton.kolesnikov.science@mail.ru</p>

М.Б. ХОРОШКО кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета имени М.И. Платова, г. Новочеркасск E-mail: clevermaks@yandex.ru	M.B. KHOROSHKO Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Measurement Systems and Technologies, South-Russian State Polytechnical University named after M.I. Platov, Novocherkassk E-mail: clevermaks@yandex.ru
В.В. УЛЕСОВ заместитель начальника отдела АО «Военно-промышленный комплекс «НПО машиностроения», г. Реутов E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru	V.V. ULESOV Deputy Head of Department, JSC Military-Industrial Complex NPO Mashinostroyeniya, Reutov E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru
А.И. МАСЛОВ доктор технических наук, заместитель руководителя службы качества по НИОКР АО «Военно-промышленный комплекс «НПО машиностроения», г. Реутов E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru	A.I. MASLOV Doctor of Engineering, Deputy Head of the Quality Service for R&D, JSC Military-Industrial Complex NPO Mashinostroyeniya, Reutov E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru
С.В. ШАЛЫГА начальник лаборатории АО «Военно-промышленный комплекс «НПО машиностроения», г. Реутов E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru	S.V. SHALYGA Head of Laboratory, JSC Military-Industrial Complex NPO Mashinostroyeniya, Reutov E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru
Р.Р. БУРАНШИНА инженер-технолог АО «Военно-промышленный комплекс «НПО машиностроения», г. Реутов E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru	R.R. BURANSHINA Engineer-technologist, JSC "Military-Industrial Complex "NPO Mashinostroyeniya", Reutov E-mail: otdel1444@vpk.npomash.ru
С.В. КУРОВСКИЙ руководитель научно-исследовательского подразделения ООО «Высшая Школа Образования», г. Одинцово E-mail: 8917564@gmail.com	S.V. KUROVSKY Head of Research Department, Higher School of Education, Odintsovo E-mail: 8917564@gmail.com
Д.А. МИШИН руководитель редакционно-издательского отдела ООО «Высшая Школа Образования», г. Одинцово E-mail: 9651530@gmail.com	D.A. MISHIN Head of Editorial and Publishing Department, Higher School of Education, Odintsovo E-mail: 9651530@gmail.com
Н.Д. ИВАНОВ аспирант Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа E-mail: niksonufa@yandex.ru	N.D. IVANOV Postgraduate Student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: niksonufa@yandex.ru

В.А. ГАФАРОВА кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа E-mail: gafarova.vika@bk.ru	V.A. GAFAROVA Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: gafarova.vika@bk.ru
А.С. СЕРГЕЕВ исполнительный директор ООО «МегаСервис», г. Санкт-Петербург E-mail: sas@tsepi.ru	A.S. SERGEEV Executive Director, MegaService LLC, St. Petersburg E-mail: sas@tsepi.ru
Е.А. ГОРШКОВ кандидат технических наук, доцент кафедры социально-правовых и прикладных юридических дисциплин Саратовской государственной юридической академии (Балаковского филиала), г. Балаково E-mail: evgenij-gorshkov@mail.ru	E.A. GORSHKOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Social, Legal, and Applied Legal Disciplines, Saratov State Law Academy (Balakovo Branch), Balakovo E-mail: evgenij-gorshkov@mail.ru
Д.В. РЕШЕТОВ аспирант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: pvclol@yandex.ru	D.V. RESHETOV Postgraduate Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: pvclol@yandex.ru
В.А. ДЬЯЧЕНКО доктор технических наук, профессор Высшей школы автоматизации и робототехники Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: dyachenko_va@spbstu.ru	V.A. DYACHENKO Doctor of Engineering, Professor, Higher School of Automation and Robotics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: dyachenko_va@spbstu.ru
А.Н. ПОПОВ кандидат технических наук, доцент Высшей школы автоматизации и робототехники Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: porka.n@mail.ru	A.N. POPOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Higher School of Automation and Robotics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: porka.n@mail.ru
М.Н. ПОЛИЩУК кандидат технических наук, доцент Высшей школы автоматизации и робототехники Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: polishchuck@mail.ru	M.N. POLISHCHUK Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Higher School of Automation and Robotics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: polishchuck@mail.ru
А.Ю. ВОЛКОВ заведующий лабораторией программно-технического обеспечения Кыргызско-Российского Славянского университета имени Б.Н. Ельцина, г. Бишкек (Кыргызстан) E-mail: IVT@mail.ru	A.YU. VOLKOV Head of the Software and Hardware Laboratory, Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, Bishkek (Kyrgyzstan) E-mail: IVT@mail.ru

С.И. КВИТКО кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института машиноведения, автоматизации и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек (Кыргызстан) E-mail: imash.nankr@gmail.com	S.I. KVITKO Candidate of Science (Engineering), Senior Researcher, Institute of Mechanical Engineering, Automation, and Geomechanics, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan E-mail: imash.nankr@gmail.com
М.Ю. ЮДИН главный конструктор ООО «БитШип», г. Санкт-Петербург E-mail: Udinspb@gmail.com	M.YU. IUDIN Chief Designer, BitShip LLC, St. Petersburg E-mail: Udinspb@gmail.com
Е.Д. МАКАРОВ аспирант Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург E-mail: travellerw3@gmail.com	E.D. MAKAROV Postgraduate Student, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg E-mail: travellerw3@gmail.com
Е.А. ФРОЛОВА доктор технических наук Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург E-mail: frolova_ea@guap.ru	E.A. FROLOVA Doctor of Technical Sciences, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg E-mail: frolova_ea@guap.ru
А.А. ДЗЮБАНЕНКО кандидат технических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург E-mail: aap.nauka@gmail.com	A.A. DZYUBANENKO Candidate of Science (Engineering), St. Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruevich, St. Petersburg E-mail: aap.nauka@gmail.com
И.В. ШАЦКАЯ доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва E-mail: shatskaya@mirea.ru	I.V. SHATSKAYA Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Economics Department, MIREA – Russian Technological University, Moscow E-mail: shatskaya@mirea.ru
А.В. ШПАК доктор технических наук, профессор кафедры телекоммуникаций МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва E-mail: alexandr.shpack@yandex.ru	A.V. SHPAK Doctor of Engineering, Professor, Department of Telecommunications, MIREA – Russian Technological University, Moscow E-mail: alexandr.shpack@yandex.ru
А.Р. ЖДАНОВ кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией «СВЧ техника и радиопоглощающие покрытия» МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва E-mail: zhdanov@ufanet.ru	A.R. ZHDANOV Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of the Microwave Technology and Radar-Absorbing Coatings Laboratory, MIREA – Russian Technological University, Moscow E-mail: zhdanov@ufanet.ru

<p>Р.А. ЯФИЗОВА кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва E-mail: regina.yafizova@mail.ru</p>	<p>R.A. YAFIZOVA Candidate of Science (Pedagogy), Senior Researcher, MIREA – Russian Technological University, Moscow E-mail: regina.yafizova@mail.ru</p>
<p>Э.В. БАРДАСОВА доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления Российского университета кооперации Казанского кооперативного института (филиала), г. Казань E-mail: eleonora.bardasova@yandex.ru</p>	<p>E.V. BARDASOVA Doctor of Economics, Professor, Department of Economics and Management, Russian University of Cooperation, Kazan Cooperative Institute (branch), Kazan E-mail: eleonora.bardasova@yandex.ru</p>
<p>С.В. РЕВУНОВ кандидат экономических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин Донского государственного аграрного университета, пос. Персиановский E-mail: sergeirevunov25@gmail.com</p>	<p>S.V. REVUNOV Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Natural Sciences, Don State Agrarian University, Persianovsky E-mail: sergeirevunov25@gmail.com</p>
<p>А.С. БЕЗДЕНЕЖНЫЙ студент Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова – филиала Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск E-mail: saoiamp@mail.ru</p>	<p>A.S. BEZDENZHNY Student, Novocherkassk Engineering and Melioration Institute named after A.K. Kortunov, Branch of Don State Agrarian University, Novocherkassk E-mail: saoiamp@mail.ru</p>
<p>Е.В. ГУБАЧЕВА студент Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова – филиала Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск E-mail: bugaeva.al@icloud.com</p>	<p>E.V. GUBACHEVA Student, Novocherkassk Engineering and Melioration Institute named after A.K. Kortunov, Branch of Don State Agrarian University, Novocherkassk E-mail: bugaeva.al@icloud.com</p>
<p>Г.А. ГОНЧАРОВ доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и управления Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, г. Санкт-Петербург E-mail: gena_gon@mail.ru</p>	<p>G.A. GONCHAROV Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department of Economics and Management, St. Petersburg Humanitarian University of Trade Unions, St. Petersburg E-mail: gena_gon@mail.ru</p>
<p>В.М. ЧЕТВЕРИКОВ аспирант Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, г. Санкт-Петербург E-mail: chetvova@gmail.com</p>	<p>V.M. CHETVERIKOV Postgraduate Student, St. Petersburg Humanitarian University of Trade Unions, St. Petersburg E-mail: chetvova@gmail.com</p>

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ
SCIENCE AND BUSINESS: DEVELOPMENT WAYS
№ 9(171) 2025
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 23.09.2025 г.

Формат журнала 60×84/8

Усл. печ. л. 17,74. Уч.-изд. л. 8,74.

Тираж 1000 экз.