

УДК 338

*С. В. Пономарева, А. А. Жигит, С. А. Лашкин*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,  
e-mail: psvpon@mail.ru

# **ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РОТОРНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМАХ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Ключевые слова:** инновации, роторно-управляемые системы, телеметрические системы, машиностроительные предприятия, риски, оценка, моделирование, стендовые испытания

В научной статье авторы представили взгляд на оценку рисков и особенности совершенствования стендовых испытаний телеметрических систем для горизонтальных роторно-управляемых буровых систем в машиностроительных предприятиях Российской Федерации. Машиностроительные предприятия России активно развивают направление «готовая продукция и технологии двойного назначения», в этой связи наравне с производством военной продукции изготавливают и совершенствуют комплектующие продукции гражданского назначения. В данной статье рассматривается техника и технологии для нефтегазового сектора национальной экономики. Объект исследования – высокотехнологичные и среднетехнологичные машиностроительные предприятия, которые занимаются совершенствованием комплектующих и компонентов для нефтегазового комплекса Российской Федерации. Предмет исследования – оценка и испытания телеметрической системы для роторно-управляемой системы. Цель научной статьи – на основе разработанных ранее и запатентованных изобретений провести оценку рисков и выявить особенности стендовых испытаний телеметрических систем для горизонтальных роторно-управляемых буровых систем для дальнейшего применения в нефтегазовом комплексе РФ. Методы научного познания материалов исследования: в процессе исследования был применён научный метод познания изученных материалов, эмпирический метод познания, в том числе систематизация патентов на изобретение роторно-управляемых систем и телеметрию, а также моделировались процессы оценки рисков применения телеметрических систем в роторно-управляемых системах, а в частности климатический риск; риск отказа генератора питания; риск отказа скважинного прибора телеметрической системы; риск отказа передачи данных пользователям информации; риск потери и повреждения телеметрии в процессе эксплуатации роторно-управляемой системы.

*S. V. Ponomareva, A. A. Zhigit, S. A. Lashkin*

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: psvpon@mail.ru

## **RISK ASSESSMENT AT PERFORMANCE TESTING OF TELEMETRIC SYSTEMS IN ROTOR-CONTROLLED SYSTEMS OF HORIZONTAL DRILLING IN ENGINEERING COMPANIES OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Keywords:** innovations, rotor-controlled systems, telemetry systems, machine-building enterprises, risks, assessment, modeling, bench tests.

In a scientific article, the authors presented a look at risk assessment and features of improving bench testing of telemetric systems for horizontal rotary-controlled drilling systems in machine-building enterprises of the Russian Federation. Russian machine-building enterprises are actively developing the direction of «finished products and dual-use technologies,» in this regard, along with the production of military products, civil components are manufactured and improved. This article discusses equipment and technologies for the oil and gas sector of the national economy. The object of research is high-tech and medium-tech machine-building enterprises that are engaged in the improvement of components and components for the oil and gas complex of the Russian Federation. The subject of the study is the assessment and testing of a telemetry system for a rotor-controlled system. The purpose of the scientific article is to conduct a risk assessment based on previously developed and patented inventions and identify the features of bench tests of telemetry systems for horizontal rotary-guided drilling systems for further use in the oil and gas complex of the Russian Federation. Methods of scientific knowledge of research materials: in the research process, the scientific method of cognition of the studied materials was used, the empirical method of cognition, including the systematization of patents for the invention of rotor-controlled systems and telemetry, as well as the processes of assessing the risks of using telemetric systems in rotor-controlled systems were simulated, and in particular climate risk; risk of power generator failure; risk of downhole telemetry device failure; risk of failure to transfer data to information users; risk of loss and damage to telemetry during operation of a rotary-controlled system.

## Введение

Инновационное развитие машиностроительных предприятий зависит от многих факторов, в том числе от драйверов экономического роста Российской Федерации. Одним из драйверов экономического роста страны авторы считают инновации, которые интегрируются в производство. Высокотехнологичные и среднетехнологичные машиностроительные компании, пользуясь многолетним опытом, могут выпускать как военную продукцию, так и изделия гражданского назначения. Лидерами в производстве бурового оборудования являются зарубежные производители, но в части контрольного блока (электронного модуля) роторно-управляемой системы (далее – РУС) лидируют отечественные учёные, которые не один год работают над данной проблематикой. Объект исследования – высокотехнологичные и среднетехнологичные машиностроительные предприятия, которые занимаются совершенствованием комплектующих и компонентов для нефтегазового комплекса Российской Федерации. Предмет исследования – оценка и испытания телеметрической системы для роторно-управляемой системы. Цель данной научной статьи – на основе разработанных ранее и запатентованных изобретений провести оценку рисков и выявить особенности стендовых испытаний телеметрических систем для горизонтальных роторно-управляемых буровых систем для дальнейшего применения в нефтегазовом комплексе РФ. Методы научного познания материалов исследования: в процессе исследования был применён научный метод познания изученных материалов, эмпирический метод познания, в том числе систематизация патентов на изобретение роторно-управляемых систем и телеметрию, а также моделировались процессы оценки рисков применения телеметрических систем в роторно-управляемых системах, а в частности климатический риск; риск отказа генератора питания; риск отказа скважинного прибора телеметрической системы; риск отказа передачи данных пользователям информации; риск потери и повреждения телеметрии в процессе эксплуатации роторно-управляемой системы.

## Степень изученности проблемы исследования и обзор литературных источников

Проблемами испытаний роторно-управляемых систем с телеметрической составляющей занимались отечественные и зарубежные учёные на протяжении многих лет: В.Б. Деев рассматривает отдельные аспекты применения сплавов в производстве [1, С. 022080]; Hajizadegan M., Sakhdari M., Liao S., Chen P.-Y. Активно занимаются инновациями в телеметрии [2, С. 3435-3439]; А.А. Хачатурян изучает новую технику и технологии, применяемые в высокотехнологичных компаниях [3, С. 01020]; OConnor, T.J., Enck, W., Reaves, B. Применяют интернет в телеметрических системах [4, С. 140-150]; И.И. Багдануров, Э.Р. Исмаилова, Л.М. Левинсон представили учёным всего мира свои разработки в области совершенствования компоновки буровой колонны для разбуривания тонких пластов большой протяженности [5, С. 154-158]; В.Д. Бурков, А.Е. Орлов, В.С. Шалаев рассмотрели в научной статье систему управления перебазируемым комплексом телеметрических измерений с использованием системы ГЛОНАСС и волоконно-оптических гироскопов [6, С. 160-165]; А.Я. Закиров представил первые результаты испытаний роторно-управляемых систем Российского производства [7, С. 43-47]; К.Х. Зоидов, Д.И. Серебрянский выполнили стратегическое планирование и показали перспективы применения искусственного интеллекта в высокотехнологичных промышленных предприятиях Российской Федерации [8, С. 15-90]; Г.Г. Ишбаев, А.Г. Балута презентовали первую роторно-управляемую систему гидромеханического типа в России, которая создана в компании «БУРИНТЕХ» [9, С. 22-25]; И.Р. Ишмуратов подробно изучал роторную управляемую систему НПП «БУРИНТЕХ» [10, С. 78-80]; И.С. Мухамадиев, Д.В. Рахматуллин занимался аспектами защиты от вибраций при применении роторно-управляемых систем [11, С. 94-96]; Р.Р. Насыров, Д.В. Рахматуллин провели анализ эффективности применения роторно-управляемых систем при строительстве горизонтальных скважин на суше и на море [12, С. 120-122]; А.В. Павлов

ская, О.А. Серебро представили расчет эффективности инноваций в бурении нефтяных и газовых скважин [15, С. 21-26]; Ю.А. Заботина, С.А. Хачатурян представили свой взгляд на планирование и экономико-математическое моделирование для решения производственных задач с применением инновационных сквозных технологий в промышленности [16, С. 9]; Д.И. Серебрянский, Т.А. Мустафаев рассмотрели отдельные аспекты применения в промышленности инновационных приложений, базирующихся на искусственном интеллекте (в рамках развития концепции цифровой экономики) [17, С. 130-138]; И.К. Ханафин, Т.Р. Хусаинов, Д.В. Рахматуллин представили результаты исследований в области защиты бурового оборудования от воздействия высоких температур при бурении «горячих» скважин [18, С. 102-104]; А.А. Хачатурян, А.С. Мельникова изучили теоретические и методологические основы управления и внутрифирменного планирования затратами на информационно-коммуникационные технологии в цифровой системе промышленных предприятий [19, С. 162-173]; А.А. Хачатурян, Е.С. Силина изучили отдельные факторы повышения качества промышленного производства путём компенсации влияния температуры на выходные параметры акселерометра в бесплатформенной инерци-

альной навигационной системе [20, С. 14]; А.А. Хачатурян, К.С. Хачатурян, А.С. Мельникова представили моделирование и алгоритмизацию процессов высокотехнологичных компаний в условиях цифровизации экономики [21, С. 20-300]; Т.Р. Хусаинов, Д.В. Рахматуллин исследовали проблемы защиты роторно-управляемых систем от воздействия высоких температур [22, С. 64-65]. При этом целесообразно отметить, что интерес остаётся и по настоящее время, так как учёные всего мира работают над проблемами добычи полезных ископаемых с минимизацией затрат, сокращением времени и более качественной выработкой. В таблице 1 представим обзор патентов на изобретение телеметрической составляющей в буровом деле.

Из таблицы 1 следует, что с 1990 года по настоящее время телеметрические системы подлежали модернизации на постоянной основе. Для учёных всего мира этот вид системы остаётся одним из востребованных, но и подлежащих особым рискам, так как риск эрозии, вызванной раствором и риск закупоривания материалом для борьбы с поглощениями сведён практически к нулю, или минимизированы, представим пять других видов рисков для оценки применения ТМС в роторно-управляемых системах и компоновках (см. табл. 2).

**Таблица 1**

Обзор патентов на изобретение телеметрической составляющей в буровом деле [Источник: составлено авторами по данным [13]]

Номер патента на изобретение	Дата патента	Авторский коллектив	Название патента и изобретения
RUS 2684535	24.04.2018 г.	Главатских Ю.С., Кузнецов А.В., Лебедев В.А., Охильков И.Л., Феофилактов С.В.	Система передачи телеметрической информации и модуль погружной
RUS 2645693	05.04.2017	Кривошеков С.Н., Рябоконт Е.П., Турбаков М.С., Чернышов С.Е.	Устройство обеспечения гео-станционарности навигационного оборудования телеметрической системы мониторинга траектории ствола скважины
RUS 2646287	15.05.2017 г.	Турбаков М.С., Мелехин А.А., Кривошеков С.Н., Щербаков А.А.	Телеметрическая система мониторинга ствола скважины [14]
RUS 2661971	30.08.2017 г.	Жилиев Ю.П., Жилиев А.Ю., Мокроносов Е.Д., Чернышев А.А.	Система электрической беспроводной связи между забойной телеметрической системой и дополнительным измерительным модулем

Окончание табл. 1

Номер патента на изобретение	Дата патента	Авторский коллектив	Название патента и изобретения
RUS 2603324	19.06.2015 г.	Чупров В.П., Будаев Д.А.	Устройство для фиксации забойного блока телеметрической системы в ориентирующем переводнике бурильной колонны
RUS 2661962	23.09.2014 г.	Браун-керр У., Макгарян Б.Х.Ф.	Телеметрическая система, работающая в реальном времени, применяемая при строительстве скважины
RUS 2574647	20.10.2014 г.	Коровин В.М., Садрутдинов Р.Р., Шилов А.А., Исламов А.Р., Харитонов О.В.	Способ бесконтактной телеметрии скважин и телеметрическая система для его реализации
RUS 2603657	30.09.2013 г.	Картер Д.П., Хендрикс У.Э., Оня Ч.Б.	Способ нанесения изолирующих покрытий на сердечники для электромагнитных телеметрических систем
RUS 2505673	21.08.2012	Жиляев Ю.П., Жиляев А.Ю.	Устройство питания забойной телеметрической системы
RUS 2509210	25.12.2012 г.	Жиляев Ю.П., Жиляев А.Ю., Яковлев С.М.	Забойная телеметрическая система
RUS 2480583	09.09.2011 г.	Беляков В.Ю., Васильев Е.В., Гармаш В.Б., Касьянов Д.А., Фурманчук В.Т., Бениаминов П.Е.	Телеметрическая система контроля параметров забоя
RUS 2486338	12.10.2011 г.	Чупров В.П., Гумеров М.М., Абдрахманов Д.А.	Способ передачи данных измерений бескабельной телеметрической системой в процессе бурения скважин
RUS 2418348	01.02.2010 г.	Болотин Н.Б.	Электрогенератор питания забойной телеметрической системы
RUS 2422631	01.02.2010 г.	Болотин Н.Б.	Генератор питания телеметрической системы
RUS 2423609	14.12.2009	Москвичев В.Д., Сугак В.М.	Линия связи для забойных телеметрических систем контроля параметров бурения
RUS 2378509	27.11.2008 г.	Розенблит В.И., Буряковский В.Л., Фитерман Е.Ф., Гудман У.Л.	Телеметрическая система
RUS 2347904	10.05.2007 г.	Галкин Н.Н., Сафонов Д.И., Варламов С.Е.	Скважинный прибор телеметрической системы
RUS 2310071	15.12.2005 г.	Галкин Н.Н., Сафонов Д.И.	Система смазки генератора питания телеметрической системы
RUS 2134488	01.10.1990	Бари Р.Б., Раймонд Д.Л., Кеннет М.П.	Система управления для спутниковой системы связи и телеметрическая следящая и управляющая система связи

Таблица 2

Риски использования телеметрических систем в буровом деле  
[Источник: составлено авторами]

№ п.п.	Наименование рисков в применении ТМС в РУС	Вероятностный процент наступления риска, в %
1	Климатические риски	60
2	Риск отказа генератора питания	20
3	Риск отказа скважинного прибора ТМС	9
4	Риск отказа передачи данных	6
5	Экзогенные риски (риск потери ТМС)	5

С помощью программного продукта «Бизнес-декон 0.9.15» была построена модель «Оценка рисков применения телеметрических систем в роторно-управляемых системах», при этом была выбрана предметная область «Риски испытаний горизонтальных РУС с телеметрическими системами» (см. рис. 1).

Минимизировать риски можно при помощи стендовых испытаний, кото-

рые проводит производитель. Машиностроительные предприятия активно применяют стендовые испытания, но, целесообразно отметить, что стендовое оборудование нуждается в постоянном совершенствовании. Российские учёные патентуют изобретения и в этой области, ниже представим патентный обзор данных изобретений (см. табл. 3).

Наименование модели: Сохранить изображение Удалить модель

Оценка рисков применения телеметрических систем в роторно-управляемых системах

Наименование предметной области:

Риски испытаний горизонтальных РУС с телеметрическими системами

Характеристики объектов предметной области + Добавить характеристику

1	Климатические риски (ед. измерения: %)			
2	Риск отказа генератора питания (ед. измерения: %)			
3	Риск отказа скважинного прибора ТМС (ед. измерения: %)			
4	Риск отказа передачи данных (ед. измерения: %)			
5	Экзогенные риски (риск потери ТМС) (ед. измерения: %)			

Рис. 1. Результаты характеристик рисков испытаний горизонтальных РУС с телеметрическими системами [Источник: составлено автором с помощью программного продукта «Бизнес-декон 0.9.15»]



Рис. 2. Результаты ранжирования характеристик рисков работы телеметрических систем в РУС [Источник: составлено автором с помощью программного продукта «Бизнес-декон 0.9.15»]

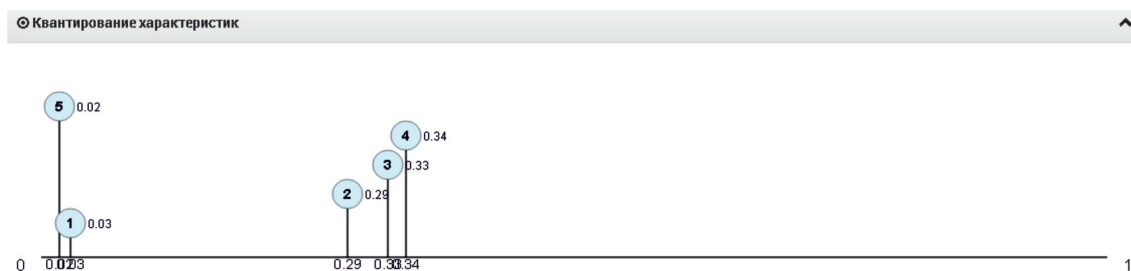


Рис. 3. Квантирование характеристик рисков работы телеметрии в роторно-управляемых системах [Источник: составлено автором с помощью программного продукта «Бизнес-декон 0.9.15»]





Рис. 4. Результаты моделирования объектов предметной области  
[Источник: составлено автором с помощью программного продукта «Бизнес-декон 0.9.15»]

Таблица 3

Обзор патентов на изобретения стенов для испытания роторно-управляемых систем с телеметрической составляющей и СУБД [Источник: составлена авторами]

Номер документа / патента на изобретение	Дата патента	Правообладатели / Авторский коллектив	Название патента и изобретения
RU 26660 U1	25.07.2002 г.	Григашкин Г.А., Варламов С.Е.	Стенд для испытания модулей телеметрической системы
RU2399061		Галкин Н.Н., Сафонов Д.И., Варламов С.Е.	Стенд для испытания генераторов
№ охранного документа 0002617142	25.08.2017 г.	АО «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» / Ивашин А.Ф., Никитин А.В., Мелихов А.А., Осипов Е.В.	Стенд тарировки телесистем
База патентов Казахстана: 12448	17.12.2002	Нуркенов Ж.Е., Усанов Б.Ш., Трофимчук В.А., Нураков С., Валиев Р.Г., Темирбеков Е.С.	Стенд для испытания рабочих органов роторных машин

Из таблицы 3 следует, что стенды на испытания телеметрических систем имеют закрытый характер, практически отсутствуют в открытом доступе.

### Заключение

В данной научной статье была представлена сравнительная характеристика телеметрических систем для роторно-управляемых машин горизонтального бурения. Авторы моделировали процессы оценки рисков применения телеметрических систем в роторно-управляемых системах, а в частности климатический риск; риск отказа генератора питания; риск отказа скважинного прибора телеметрической системы; риск отказа передачи данных пользователям информации; риск потери

и повреждения телеметрии в процессе эксплуатации роторно-управляемой системы. Моделирование проводилось с помощью программного продукта «Бизнес-декон 0.9.15», так авторами была построена модель «Оценка рисков применения телеметрических систем в роторно-управляемых системах», при этом была выбрана предметная область «Риски испытаний горизонтальных РУС с телеметрическими системами». Перспективы своих исследований авторы связывают с моделированием компоновки для роторно-управляемых систем с горизонтальным бурением. В частности будут рассмотрены: модуль электроники и батарей (контроллер); модуль механики; наддолотный калибратор.

*Библиографический список*

1. Deev V.B., Prusov E.S., Shunqi M., Ri E.H., Bazlova T.A., Temlyantsev M.V., Smetanyuk S.V., Ponomareva S.V., Vdovin K.N. The influence of the melt cooling rate on shrinkage behaviour during solidification of aluminum alloys // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 537 (2019) 022080. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022080.
2. Hajizadegan M., Sakhdari M., Liao S., Chen P.-Y. High-Sensitivity Wireless Displacement Sensing Enabled by PT-Symmetric Telemetry // (2019) IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 67 (5). № 8668782. pp. 3435-3449.
3. Khachatryan A., Ponomareva S. Scientific and technical development of a high-tech company and the digital economy development. SHS Web of Conferences. – 2018. – Vol. 55. – 01020. – P. 1-6. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20185501020> ICPSE 2018.
4. OConnor T.J., Enck W., Reaves B. Blinded and confused: Uncovering systemic flaws in device telemetry for smart-home internet of things (2019) WiSec 2019 – Proceedings of the 2019 Conference on Security and Privacy in Wireless and Mobile Networks, pp. 140-150.
5. Багдануров И.И., Исмаилова Э.Р., Левинсон Л.М. Совершенствование компоновки бурильной колонны для разбуривания тонких пластов большой протяженности // Сборник тезисов IX научно-практической конференции: материалы IX межрегиональной научно-практической конференции. 2019. – С. 154-158.
6. Бурков В.Д., Орлов А.Е., Шалаев В.С. Система управления перебазируемым комплексом телеметрических измерений с использованием системы ГЛОНАСС и волоконно-оптических гироскопов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 6. – С. 160-165.
7. Закиров А.Я. Первые результаты испытаний роторно-управляемых систем Российского производства // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2016. № 2 – С. 43-47.
8. Зоидов К.Х., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. Стратегическое планирование и перспективы применения искусственного интеллекта в высокотехнологичных промышленных предприятиях Российской Федерации / Под ред. к.ф.-м.н., доцента К.Х. Зоидова. – М.: ИПР РАН, 2019. – 116 с.
9. Ишбаев Г.Г., Балута А.Г., Вагапов С.Ю., Ишмуратов И.Р., Гиниятов Д.С. Первая роторно-управляемая система гидромеханического типа в России создана в компании «БУРИНТЕХ» // Бурение и нефть. 2018. № 12. – С. 22-25.
10. Ишмуратов И.Р. Роторная управляемая система НПП «БУРИНТЕХ» // Бурение и нефть. 2019. № 6. – С. 78-80.
11. Мухамадиев И.С., Рахматуллин Д.В. Защита от вибраций при применении роторно-управляемых систем. Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и направления развития. Сборник статей международной научно-практической конференции. 2017. – С. 94-96.
12. Насыров Р.Р., Рахматуллин Д.В. Анализ эффективности применения роторно-управляемых систем при строительстве горизонтальных скважин на суше и на море // Автоматизация: проблемы, идеи, решения. Сборник статей международной научно-практической конференции. 2017. – С. 120-122.
13. Официальный сайт Freepatent // [Электронный ресурс] // URL.: [www.freepatent.ru](http://www.freepatent.ru) (дата обращения: 12.08.2019 г.).
14. Официальный сайт ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» // [Электронный ресурс] // URL.: [www.pstu.ru](http://www.pstu.ru) (дата обращения: 12.08.2019 г.).
15. Павловская А.В., Серебро О.А. Эффективность инноваций в бурении нефтяных и газовых скважин // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2018. № 5.-С.21-26.
16. Пономарева С.В., Заботина Ю.А., Хачатурян С.А. Планирование и экономико-математическое моделирование для решения производственных задач с применением инновационных сквозных технологий в промышленности // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2019. № 2. (48). С.9.
17. Пономарева С.В., Серебрянский Д.И., Мустафаев Т.А. Применение в промышленности инновационных приложений, базирующихся на искусственном интеллекте (в рамках развития концепции цифровой экономики) // Цифровая трансформация экономики и промышленности : сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием, 20–22 июня 2019 г. / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 780 с. (С.130-138). DOI: 10.18720/IEP/2019.3/13.

18. Ханафин И.К., Хусаинов Т.Р., Рахматуллин Д.В. Защита бурового оборудования от воздействия высоких температур при бурении «горячих» скважин // Воздействие научно-технической революции на характер связи науки с производством. 2017. – С. 102-104.
19. Хачатурян А.А., Пономарева С.В., Мельникова А.С. Теоретические и методологические основы управления и внутрифирменного планирования затратами на информационно-коммуникационные технологии в цифровой системе промышленных предприятий / А.А. Хачатурян, С.В. Пономарева, А.С. Мельникова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета = PNRPU Sociology and Economics Bulletin. Социально-экономические науки. – 2019. – № 1. – С. 162-173.
20. Хачатурян А.А., Пономарева С.В., Силина Е.С. Повышение качества промышленного производства путём компенсации влияния температуры на выходные параметры акселерометра в бесплатформенной инерциальной навигационной системе // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2018. № 6 (46). – С.14.
21. Хачатурян А.А., Хачатурян К.С., Пономарева С.В., Мельникова А.С. Бизнес моделирование и алгоритмизация процессов высокотехнологичных компаний в условиях цифровизации экономики: Монография / под ред. чл.-корр. РАН В.А. Цветкова. – М.: ИПР РАН, 2019. – 335 с. (DOI: 10.33051/978-5-6041039-8-2-2019-1-335).
22. Хусаинов Т.Р., Рахматуллин Д.В. Защита роторно-управляемых систем от воздействия высоких температур // Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники. Сборник статей международной научно-практической конференции. 2018. – С. 64-65.