

Летняя научная сессия АНО ПНР
«Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»

**ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ
ШКОЛА «НАУКА И ИННОВАЦИИ»
«ISS – SI» 2019**



2019



Участники открытия заседаний Школы «Наука и инновации 2019»

Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере
Министерство образования и науки Республики Марий Эл
АНО Поддержки научных разработок «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
ФГБУН «Институт спектроскопии РАН»
ФГБУН «Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского» Казанского научного центра РАН
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»
Российская академия естествознания
Малое предприятие (бизнес-инкубатор высоких технологий) ООО «ОРОЛ»
ООО «НПК-Экоблеск»
Государственный природный национальный парк «Марий Чодра»
ЧУ «Пансионат Яльчик»

МАТЕРИАЛЫ
ЧЕТЫРНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ
«НАУКА И ИННОВАЦИИ-2019»
ISS «SI-2019»

Летняя научная сессия АНО ПНР
«Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»

XIV Международная научная школа-семинар
«Фундаментальные исследования и инновации:
нанооптика, фотоника, и когерентная спектроскопия»

Материалы Всероссийского молодежного научного семинара
«Наука и инновации 2019»

29 июня – 7 июля 2019 года

Йошкар-Ола
2019

УДК 001.895:(53+57+316+61)
ББК 26.8
М 341

Программный комитет

Председатель

И.И. Попов – д.ф.-м.н., профессор, Президент АНО ПНР МАНИ

Сопредседатели:

Иванов Д.В. – член.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор,
проректор по науке ПГТУ
В.В. Самарцев – академик РАЕН д.ф.-м.н., профес-
сор, КФТИ КазНЦ РАН

Козлов В.А. – чл.-корр. РАЕ, д.б.н., к.мед.н., про-
фессор ФГБОУ ВО ЧГУ им. И.Н. Ульянова
Каримуллин К.Р. – к.ф.-м.н., ученый секретарь

Члены программного комитета:

В.С. Абрамов (Украина, Донецк)
А.А. Агибалов – вице-президент АНО ПНР МАНИ
С.Я. Алибеков (Россия, Йошкар-Ола)
Ю.В. Банний (Россия, Москва)
А.У. Баходуров (Таджикистан, Худжан)
А.А. Васильев (Россия, Москва)
Е.А. Виноградов – чл.-корр. РАН (Россия, Москва-
Троицк)
А.Г. Витухновский (Россия, Москва)
В.В. Воронин – первый вице-президент АНО ПНР
МАНИ (Россия, Москва)
В.А. Голенищев-Кутузов (Россия, Казань)
А.В. Голенищев-Кутузов (Россия, Казань)
Ю.Б. Грунин (Россия, Йошкар-Ола)
З.Г. Зорина (Россия, Йошкар-Ола)
А.А. Калачев (Россия, Казань)
Д.И. Камалова (Россия, Казань)
В.П. Кандидов (Россия, Москва)

К.Р. Каримуллин (Россия, Москва-Троицк) – ученый
секретарь школы-семинара
Н.Н. Митракова (Россия, Йошкар-Ола)
С.А. Моисеев (Россия, Казань)
А.В. Наумов (Россия, Москва – Троицк)
В.Г. Наводнов (Россия, Йошкар-Ола)
Д.В. Николаев (Россия, Москва)
А.А. Роженцов (Россия, Москва-Троицк)
Р.Ф. Полищук (Россия, Москва)
М.Х. Салахов – Президент, академик АНТ (Россия,
Казань)
А.У. Садыков (Россия, Москва)
К.М. Салихов – академик РАН (Россия, Казань)
Н.И. Сушенцов (Россия, Йошкар-Ола)
А.Л. Степанов (Россия, Казань)
Ю.В. Усков (Россия, Йошкар-Ола)
С.В. Чекалин (Россия, Москва-Троицк)
Д.А. Чубич (Россия, Москва)

Организационный комитет

Председатель

И.И. Попов – д.ф.-м.н., профессор каф. КиПР, ФГБОУ ВО ПГТУ

Сопредседатели:

В.Е. Шебашев – ректор ФГБОУ ВО ПГТУ
А.А. Калачев – директор КазФТИ КНЦ РАН

Члены оргкомитета:

Ю.С. Андрианов (Йошкар-Ола)
А.А. Баев (Йошкар-Ола)
А.У. Баходуров (Таджикистан, Худжан)
Е.А. Виноградов (Троицк-Москва)
Е.И. Гладышева (Йошкар-Ола)
А.Н. Дедов (Йошкар-Ола)
К.Р. Каримуллин (Троицк-Москва)
С.И. Ксенофонтов (Йошкар-Ола)

А.В. Мороз (Йошкар-Ола)
Д.А. Никитин (Йошкар-Ола)
А.А. Роженцов (Йошкар-Ола)
С.А. Степанов (Казань)
Н.И. Сушенцов (Йошкар-Ола)
С.А. Туйкин (Москва)
А.А. Гладышева (Йошкар-Ола)
Е.А. Гладышева (Йошкар-Ола)

Председатель локального организационного комитета:

Гладышева Елена Ивановна,
E-mail: e.glad76@mail.ru, тел. +7 962 588 02 50

Заместитель Председателя локального организационного комитета:

Ксенофонтов Станислав Иванович
E-mail: тел. +79877184419

М341 Материалы Четырнадцатой международной научной школы «Наука и инновации-2019» ISS «SI-2019» /
Редакционная коллегия: проф. И. И. Попов; чл.-корр. РАЕ, проф. В. А. Козлов; акад. РАЕН, проф. В. В. Самар-
цев. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2019. – 217 с.

ISBN 978-5-8158-2111-8

В данный сборник вошли лекционные заметки и статьи приглашенных лекторов по актуальным научным пробле-
мам, сообщения докладчиков по инновационно-ориентированным НИР

https://old.volgatech.net/news/news-of-the-university/77403/?sphrase_id=106257

ISBN 978-5-8158-2111-8

© ФГБОУ ВО «Поволжский государственный
технологический университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

I ИННОВАТИКА И АКМЕОЛОГИЯ

1.	Попов И.И. НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «НАУКА И ИННОВАЦИИ»	5
2.	РЕШЕНИЕ Летней научной сессии АНО поддержки научных разработок «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»	9
3.	Попов И.И. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДЛАГАЕМЫХ ПОДХОДОВ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ОСНОВ НОВОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА	11
4.	Попов И.И. ОБОСНОВАНИЕ НЕИЗБЕЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВ НОВОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ	16
5.	Попов И.И. АКТУАЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ ГАР- МОНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА И ЕГО ПРИКЛАДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ	21
6.	Попов И.И. ИДЕОЛОГИИ ДУХОТВОРЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА (ИДРО)	31
7.	Попов И.И., Есенокова Ф.Б., Есенокова Р.В. МЕТОД ДИАГНОСТИКИ И КОРРЕКЦИИ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО МЕТОДУ ЕСЕНОКОВОЙ ФАТИМЫ БИХРЕЕВНЫ НА ОСНОВЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ	37
8.	Попов И.И., Есенокова Р.В. ПОСТРОЕНИЕ ПЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МИРОВОЗЗРЕНИЯ ГАРМОНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПРИН- ЦИПА УСТОЙЧИВОСТИ К ФИНАНСОВЫМ ПОТОКАМ	44
9.	Попов И.И., Есенокова Р.В. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ НОВЫХ УКЛАДОВ ЖИЗНИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА УСТОЙЧИВОСТИ К МАТЕРИАЛЬНЫМ БЛАГАМ	47
10.	Попов И.И., Есенокова Р.В. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОЦИАЛЬНОГО СТА- ТУСА ЛИЧНОСТИ (ССЛ)	49
11.	Плыкин В.Д. КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДОПОДОБНОГО СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКИХ ИНЖЕНЕРОВ НОВОЙ ФОРМАЦИИ	52
12.	Плыкин В.Д. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНОГО СОЗИДАТЕЛЬНОГО СОЦИУМА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ	57
13.	Плыкин В.Д. ВИХРЕВАЯ РЕЗОНАНСНАЯ МОДЕЛЬ ВСЕЛЕННОЙ И ЕЁ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	62

II ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОИСКОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ

14.	Абрамов В.С. АКТИВНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ, АТОМНЫЕ ДЕФЕКТЫ, НЕЙТРИНО И ПОЛЕ ХИГГСА В МОДЕЛЯХ ФРАКТАЛЬНОЙ КОСМОЛОГИИ	70
15.	Кандидов В.П., Васильев Е.В., Чекалин С.В., Компанец В.О., Шленов С.А. ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЛЬ В ВИХРЕВОМ ПУЧКЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	81
16.	Проконова Д.В., Ефимова К.В., Кишкин С.А., Котова С.П., Лосевский Н.Н., Самагин С.А. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СПИРАЛЬНЫХ ПУЧКОВ СВЕТА	89

III ФИЗИКА РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ЕЕ ИННОВАЦИОННАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

17.	Самарцев В.В., Митрофанова Т.Г., Хасанов О.Х. ЭКСИТОННАЯ НУТАЦИЯ В СЛОЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК	94
18.	Архиреев И.А., Аленбаев А.И., Вашурин Н.С., Воронин Д.Е., Гладышева А.А., Никитин Д.А., Попов И.И., Степанов С.А., Сушенцов Н.И. ОЦЕНКА ВКЛАДА ЭКСИТОН-ФОНОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОДНОРОДНОЕ УШИРЕНИЕ КВАНТОВЫХ УРОВНЕЙ ЭКСИТОННЫХ СОСТОЯНИЙ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕХОДА В ПЛЕНКАХ ZNO	98

19. Магарян К.А., Каримуллин К.Р., Васильева И.А., Наумов А.В., Григорьев Ю.В. ПРОСТРАНСТВЕННО-СПЕКТРАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ В ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЖК-НАНОКОМПОЗИТОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ 104
20. Архиреев И.А., Вашурин Н.С., Воронин Д.Е., Гладышева А.А., Ксенофонтов С.И., Никитин Д.А., Попов И.И., Степанов С.А., Сушенцов Н.И. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВКЛАДА ЭКСИТОН-ФОНОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОДНОРОДНОЕ УШИРЕНИЕ КВАНТОВЫХ УРОВНЕЙ ТРИОННОГО СОСТОЯНИЯ И СПЕКТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕХОДА В ПЛЕНКЕ SI(P)/SI(B)/ZnO 110
21. Козырев А.Г., Мороз А.В., Михеева Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА 117
22. Попов И.И., Данилова М.А., Мороз А.В., Никитин Д.А., Попов Д.Ю., Степанов С.А., Сушенцов Н.И., Федоров Б.А. ВИХРЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КРИСТАЛООБРАЗОВАНИЯ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НАНОРАЗМЕРНОЙ ТОЛЩИНЫ 125

IV ФИЗИКА-МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ-ТЕХНОЛОГИИ-ОБОРУДОВАНИЕ

23. Иванова Л.С., Филимонов В.Е. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 132
24. Орлов А.И., Самойлов К.А. ВЫБОР ЕМКОСТИ БАЛАНСИРУЮЩЕГО НАКОПИТЕЛЯ ПРИ СГЛАЖИВАНИИ ПИКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 137
25. Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Галиева Т.Г., Тюрин В.А., Сайфутдинова А.Р. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, УЧИТЫВАЮЩАЯ УГОЛ КРУЧЕНИЯ ПРОВОДА 142
26. Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Галиева Т.Г., Тюрин В.А., Муртазина Г.Р. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕТЬ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ 149
27. Сидорова В.Т., Рокина Е.Г. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ВОЗДУШНЫХ СЕТЯХ 0,4 КВ 158
28. Сипатдинов А.М., Мороз А.В., Михеева Е.В. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И КОНТРОЛЯ ПОКРЫТИЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ 162
29. Грачев А.С. СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП 165

V НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

30. Митрасов Ю.Н., Козлов В.А., Авруйская А.А., Медякова О.Б., Кондратьева О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ ОКРУЖЕНИЯ НА ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА 4-АЗА-4-АРИЛ-1-ГИДРОКСИМЕТИЛ-10-ОКСА-3,5-ДИОКСО-ТРИЦИКЛО[5.2.1^{1.7}.0^{2.6}]ДЕЦ-8-ЕНОВ 166

VI ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ИННОВАЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ

31. Волков В.Е. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОСТКОЛЭКТОМИЧЕСКИХ СИНДРОМОВ 174
32. Волков В.Е., Волков С.В. ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ШВОВ ДУОДЕНАЛЬНОЙ КУЛЬТИ ПОСЛЕ РЕЗЕКЦИИ ЖЕЛУДКА И ГАСТРЭКТОМИИ 176
33. Волков В.Е., Волков С.В. РОЛЬ ХИРУРГИЧЕСКОЙ САНАЦИИ САЛЬНИКОВОЙ СУМКИ И ЗАБРЮШИННОЙ КЛЕТЧАТКИ У БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ НЕКРОТИЧЕСКИМ ПАНКРЕАТИТОМ 181

34. Ефремова О.А., Иванов Н.С., Краличкин П.В. ВЛИЯНИЕ СЕКРЕТА МОЛЛЮСКОВ ОТРЯДА STYLOMMATORHORA НА СКОРОСТЬ РЕПАРАТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КОЖИ МЫШЕЙ	184
35. Любовцева Л.А., Мулендеев С.В., Любовцева Е.В., Мулендеев Д.С., Воробьева О.В., Столяров М.В. СОСТОЯНИЕ БИОАМИНСОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУР ДЕСНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАННИХ ПЕРИИМПЛАНТИТОВ	187
36. Любовцева Л.А., Самойлова А.В., Любовцева Е.В., Самойлова А.А., Самойлов А.А. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИСТАМИНА В ПЛАЦЕНТЕ ЧЕЛОВЕКА	192
37. Попов И.И. НОВОЕ ВОСХОЖДЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА	194
Аннотации статей опубликованных в ИЗВЕСТИЯХ РАН. СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ В 2019	200
ПОЗДРАВЛЕНИЯ	207
ФОТОХРОНИКА ШКОЛЫ	209
ПЕРВОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ	214
ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ – ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ	215

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕТЬ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

М.Ф. Садыков, Д.А. Ярославский, Д.А. Иванов, М.П. Горячев, Т.Г. Галиева,
В.А. Тюрин, Г.Р. Муртазина

Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
goryachev91@mail.ru

В настоящее время наблюдается острая необходимость усовершенствования технологий в области энергосбережения ввиду увеличения протяженности линий электропередач, устаревшего оборудования, больших затрат на подготовку и устранение аварийных ситуаций.

В работе предлагается построение интеллектуальной сети мониторинга состояния воздушных линий электропередачи, базирующейся на модульных устройствах с различным набором диагностических модулей, на собственных алгоритмах организации канала связи и программном обеспечении интерпретации получаемых данных.

Данная система позволит получить новые знания благодаря сбору большого объема статистических данных о параметрах режима работы воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) и её элементов. Это поспособствует развитию технологий ресурсосберегающей энергетики и эффективной транспортировки электроэнергии. Кроме того, данный проект имеет и значительный практический эффект, так как высокая информативность ВЛЭП позволит предотвращать аварийные ситуации и повысит эффективность транспорта электроэнергии. Всё это приведёт к повышению надежности энергосистемы, бесперебойности питания потребителей и значительной экономии средств.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, модульное устройство, беспроводная передача данных, мониторинг, гололедообразование, диагностика, сенсорная сеть, *Smart Grid*.

Введение. В последнее десятилетие во многих странах мира распространение получила концепция инновационного развития электроэнергетики, носящая название *Smart Grid*. Сегодня проекты по развитию «умных сетей» реализуются во всех развитых и большей части развивающихся стран. Американским советом по энергоэффективной экономике (АСЕЕЕ) был составлен рейтинг энергоэффективности экономик государств мира. Основными критериями для составления рейтинга являются: государственная политика в области повышения энергетической эффективности; энергоэффективность в промышленности, строительстве, транспорте. Результаты исследования АСЕЕЕ: Великобритания – 67%; Германия – 66%; Италия – 63%; Япония – 62%; Франция – 60%; Австралия – 56%; Европейский союз – 56%; Китай – 56%; США – 47%; Бразилия – 41%; Канада – 37%; Россия – 36%.

Анализ позитивных и негативных факторов по каждой из рассмотренных стран показал высокий уровень энергопотребления в жилом секторе по сравнению рассмотренными странами; для коммерческих помещений – «умеренно высокий» [1].

Ежегодно при подготовке к зимнему периоду в России сетевые компании затрачивают колоссальные суммы: «Сформировано более 19 тысяч бригад для случаев аварийно-восстановительных работ общей численностью более 120 тысяч человек. Мобильные подразделения находятся в круглосуточной готовности, оснащены соответствующей техникой – это более 40 тыс. единиц. Комплектность аварийного запаса оборудования и материалов составляет 100%. Обеспечена готовность к применению более 5 тыс. резервных источников энергоснабжения общей мощностью порядка 750 МВт» [2].

Внедрение *Smart Grid* позволило бы сократить расходы, обеспечить бесперебойность работы сетей и уменьшить количество аварий.

В настоящее время состояние электроэнергетики России характеризуется следующими факторами:

– установилась тенденция к увеличению спроса на электроэнергию на фоне усиливающегося стремления к энергосбережению;

– возросла плотность суточного и годового графиков нагрузки элементов системы, вследствие чего имеет место напряжённый режим работы оборудования;

- в структуре энергообъединений узлы становятся всё более жёстко электрически связанными, что приводит к росту токов коротких замыканий;
- в структуре ЭЭС содержится значительная доля оборудования и аппаратуры с большим сроком эксплуатации;
- работа операторов системы стала более напряжённой вследствие сокращения времени, отводимого на решение непредвиденных ситуаций;
- возросла значимость компьютеризации процессов управления в функционировании ЭЭС;
- многократно возросли информационные потоки технологической и управленческой направленности;
- наблюдается тенденция к росту числа аварийных ситуаций на энергообъектах с вероятностью их перерастания в крупные системные аварии.

Отмеченные факторы и другие изменения в состоянии электроэнергетики России катализировали этап развития, в ходе которого речь идёт о создании энергосистем с активно-адаптивной сетью – технических систем, отличающихся насыщенностью большим числом датчиков систем сбора, элементов передачи и обработки информации о состоянии оборудования, наличием исполнительных органов, системы управления в реальном масштабе времени, системы оценки текущей и прогнозирования будущей ситуации, быстродействием управляющей системы и информационного обмена [3].

В настоящее время для мониторинга состояния ВЛ разработаны стационарные приборы, устанавливаемые на линии электропередачи [4-9]. У данных приборов имеются недостатки, например, применение механических методов, что ограничивает объём информации о состоянии ВЛ, функциональные возможности данных устройств не подлежат изменению, закрыт информационный канал, дороговизна.

Таким образом, в настоящее время наблюдается острая необходимость усовершенствования технологий в области энергосбережения и видны преимущества построения интеллектуальной ВЛ на базе модульных устройств, у которых в любое время модуль сбора информации может быть заменён на другой, в зависимости от задач мониторинга, а неизменный модуль связи, может быть использован в качестве инфраструктуры для передачи информации.

Интеллектуальная сеть мониторинга состояния ВЛЭП на базе модульных устройств

Для решения описанных проблем предлагается создать интеллектуальную сеть мониторинга состояния воздушных линий электропередачи, базирующейся на модульных устройствах с различным набором диагностических модулей (модуль системы глобального позиционирования, модуль измерения частичных разрядов, модуль определения стрелы провиса, модуль высокочастотного зондирования ВЛ, модуль определения КЗ и обрывов, модуль определения параметров окружающей среды, модуль определения температуры провол) (рис.1).

Устройство устанавливается непосредственно на провод ВЛЭП и позволит заменить бригады линейного персонала, созданные для осмотра ВЛЭП [10,11]. Кроме того, функциональные возможности данных приборов расширяются за счёт их универсальной основы (информационный модуль), что позволит использовать её для организации информационного канала связи передачи данных и создать на ВЛ инфраструктуру для внедрения интеллектуальных сетей.

Информационный модуль представляет собой микросборку беспроводной системы автоматизации процессами. Прием и передача данных осуществляется по стандарту IEEE 802.15.4 [12,13]. Основная особенность информационных модулей заключается в том, что они при малом энергопотреблении поддерживает не только простые топологии сети, но и самоорганизующуюся и самовосстанавливающуюся ячеистую (mesh) топологию с ретрансляцией и

маршрутизацией сообщений [14-18]. Кроме того, существует возможность выбора алгоритма маршрутизации в зависимости от требований приложения и состояния сети [19]. Особенности являются: способность к самоорганизации и самовосстановлению; ячеистая (mesh-) топология; защищённость, высокая помехоустойчивость; низкое энергопотребление; отсутствие необходимости получения частотного разрешения для приема и передачи.

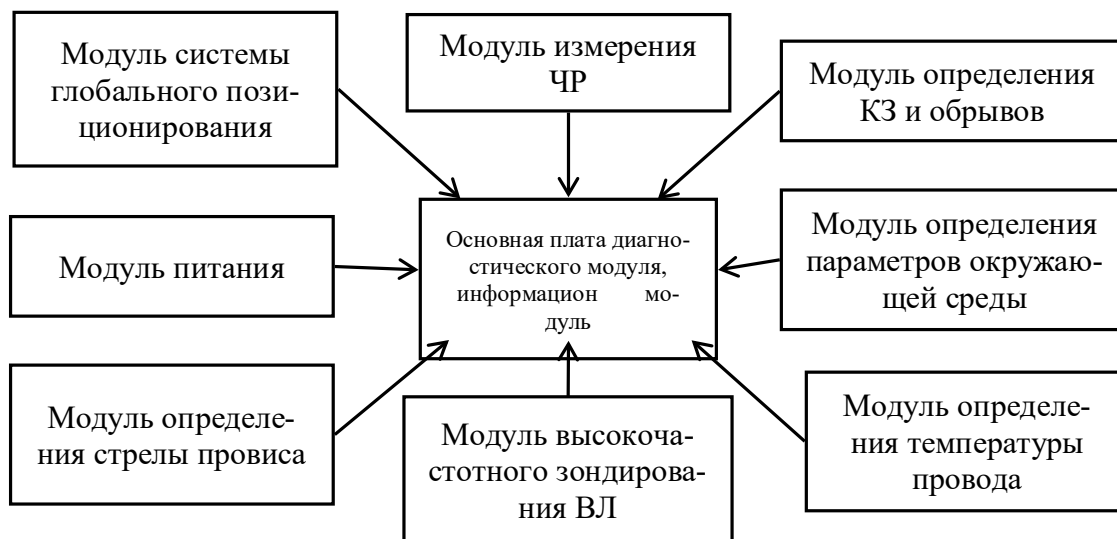


Рис. 1. Блок-схема модульного устройства

При этом топология сенсорной сети зависит от решаемых задач (на расположение датчиков на линии влияют задачи диагностирования параметров ВЛ и необходимость ретрансляции данных). Реализуется резервирование каналов связи, что подразумевает передачу данных, минуя неисправное устройство [20], не только в пределах одного фазного провода, но и через устройства на соседних фазных проводах. Модуль сбора информации может быть заменён на другой, в зависимости от задач мониторинга, а неизменный модуль связи может быть использован в качестве инфраструктуры для передачи данных. Данные с модульных устройств собираются на «облачном» сервере, где обрабатываются. Обработанные данные доступны для диспетчеризации и наблюдения посредством *web*-интерфейса.

В качестве узла сенсорной сети выступает модульное устройство (рис.2), состоящее из основной платы, на которой установлен микроконтроллер с необходимой обвязкой и модуль связи [16]. Устройство устанавливается непосредственно на фазный провод. Возможны модификации с модулем автономного питания, модулем электростатического питания – для линий 110 кВ и выше с отбором мощности от ВЛ, модулем электромагнитного питания – для линий до 110 кВ с отбором мощности от ВЛ. В первую очередь, предполагается оснащение сенсорами именно распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже, так как данные воздушные линии являются наименее обследованными, но при этом самыми протяжёнными. В сетях данного типа преобладают радиально-магистральные (древовидные) структуры.

При этом следует учитывать, что на изношенных воздушных линиях электропередачи наблюдается эффект перетягивания провода с одного пролета на другой (разрегулировка), что с течением времени приводит к появлению и развитию дефектов в линейной арматуре (траверсах, стяжках, сцепной арматуре, штырях, крюках и т.д.) (рис.3). В связи с этим выведена математическая модель, учитывающая разрегулировку линейной арматуры на ВЛ. Была выбрана гиперболическая модель провиса провода, в которую можно естественным образом ввести линейное температурное расширение и упругую деформацию провода [21]. На основе ги-

первоначальной модели провиса провода была разработана новая модель, учитывающая перетягивание провода через линейную арматуру. Модульное устройство конфигурируется в зависимости от решаемых задач: контроль гололёдообразования; контроль плавки гололёда; локализация места короткого замыкания, обрыва, удара молнии; определение электрических нагрузок на проводе или контроль нагрузки транзитных ВЛ; определение механических нагрузок на проводе; определение условий возникновения гололёдообразования. Контроль гололёдообразования осуществляется путём установки модуля определения стрелы провиса и/или модуля высокочастотного зондирования ВЛ. Стрела провиса определяется благодаря акселерометрам, передающим информацию об угле наклона датчика, устанавливаемого непосредственно на проводе. Тем больше стрела провиса, тем выше гололёдная нагрузка на данный провод. Однако, следует учитывать и перетяжку проводов между соседними пролётами. При высокочастотном зондировании осуществляется локация провода зондирующими импульсами и обеспечивается обнаружение сигналов, отраженных от неоднородностей волнового сопротивления линии. Появление гололёда на проводах линии обнаруживается по уменьшению амплитуды и увеличению запаздывания импульса, отраженного от конца линии [22].



Рис. 2. Модульное устройство

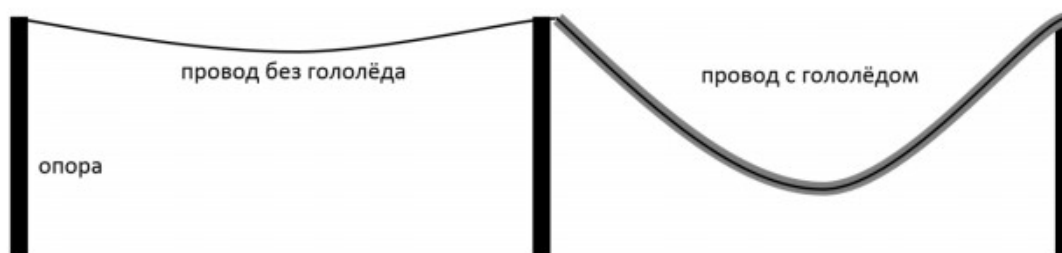


Рис. 3 Линия с перетягиванием проводом в соседних пролетах

Контроль плавки гололёда проводится благодаря использованию модуля определения температуры провода. Это позволяет избегать перегрузок провода по току, приводящих к его повреждению.

Локализация места короткого замыкания, обрыва, удара молнии реализуется путём установки датчика тока и модуля системы глобального позиционирования. Роль модуля глобаль-

ного позиционирования может заменить адрес устройства диагностики, местоположение которого заранее известно. Более точная локализация будет наблюдаться, если устройства будут установлены в начале и в конце воздушной линии.

Определение электрических нагрузок на проводе или контроля нагрузки транзитных ВЛ осуществляется установкой модуля определения температуры провода. Это позволяет оптимизировать загрузку линии, учитывая текущие потери и термические воздействия на провод.

Определение механических нагрузок на проводе осуществляется благодаря модулю определения стрелы провиса. Это позволяет определять текущие испытываемые проводом механические воздействия, а также уровень износа (усталости) воздушной линии.

Определение условий возникновения гололедообразования достигается за счёт установки модуля определения параметров окружающей среды. Данный модуль включает в себя датчик температуры провода, датчик температуры воздуха, и датчик относительной влажности. Модуль позволяет выявить точку десублимации [22].

Кроме того, планируется модернизировать модульное устройство применив локационный метод, который позволит не только диагностировать состояние линии, но и изоляции: определять положение изоляции, измерять сопротивление изоляции и шлейфа). Это обеспечит полный контроль всей линии [23].

Беспроводная передача данных осуществляется при помощи модулей на основе собственного протокола «интеллектуальный провод», являющегося модификацией стандарта *IEEE 802.15.4* [24,25]. Он позволяет организовать не только недорогую, но и способную к самовосстановлению сеть (при выходе из строя одного из устройств передачи данных будет осуществляться через соседнее устройство), что повышает надёжность работы системы в целом.

Устанавливаемые на линии электропередачи устройства производят сбор предварительную обработку и накопление данных об угле провиса, температуре окружающей среды, температуре провода, влажности окружающей среды и действующем значении силы тока.

Данные с датчиков собираются на «облачном» сервере, где обрабатываются согласно разработанной модели. Обработанные данные доступны для диспетчеризации и наблюдения посредством *web*-интерфейса и/или МЭК-61850.

Реализация проекта позволит создать систему мониторинга состояния ВЛ на основе сенсорных сетей, устанавливаемых непосредственно на линии. Состояние ВЛ можно будет отслеживать в режиме реального времени, своевременно оповещая об этом соответствующие службы. Система мониторинга позволит:

- оптимизировать пропускную способность (более эффективно управлять существующих ВЛ, что особенно актуально в условиях высокой плотности нагрузки в крупных городах Республики Татарстан;

- снизить потери и минимизировать внешние воздействия на линии электропередач благодаря заблаговременному обнаружению дефектов на ВЛ и предотвращению либо скорейшему устранению аварийных ситуаций благодаря быстрой локализации места дефекта;

- информация с сенсорной сети, а также информация, обработанная математическими моделями может быть использована системой противоаварийной и режимной автоматики, а также автоматизированными системами учета электроэнергии;

- сенсорная сеть может сама являться автоматизированной системой учета электроэнергии;

- осуществлять прогнозирование состояния и загрузки ВЛ [26].

Предполагается оснащение сенсорами, в первую очередь, распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже, так как данные воздушные линии являются наименее обследованными, но при этом самыми протяжёнными. В сетях данного типа преобладают радиально-магистральные (древовидные) структуры.

С учётом того, что беспроводная сенсорная сеть будет состоять из устройств, устанавливаемых непосредственно на воздушных линиях электропередачи и с учётом возможности её

построения по топологиям "точка-точка" и "звезда", "дерево" и "ячеистая сеть" в соответствии со стандартом *IEEE 802.15.4* следует, что сенсорная сеть будет иметь в распределительных сетях древовидную топологию [27]. Это относится как к радиально-магистральным, так и к магистральным электрическим сетям с отпайками.

Датчики автоматически организуются в сенсорную сеть с учетом топологии линии. В случае выхода одного из устройств из цепочки, предусмотрено резервирование канала связи. Конструкция модульного устройства разрабатывается таким образом, что на базовый информационный модуль может быть установлен целый набор различных диагностических модулей в зависимости от решаемых задач.

Для интеллектуальных модульных устройств на платформе LabVIEW разработано многоуровневое программное обеспечение, состоящее из программы, работающей с устанавливаемым на проводе датчиком, программы системы сбора и хранения данных, программы обработки и визуализации (рис. 4) [13].

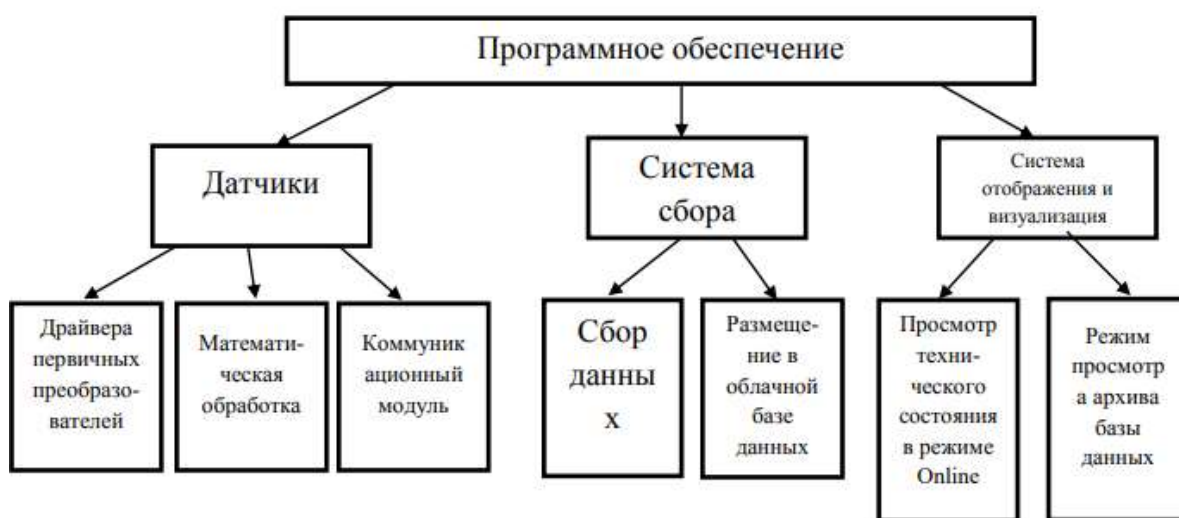


Рис. 4. Структура программного обеспечения

На лицевой панели находится интерактивная карта со схемой расположения датчиков гололеда и две вкладки: «Таблица» «Динамические характеристики датчика» (рис. 5).



Рис. 5. Лицевая панель программы

На карте-схеме положение датчиков обозначено цветными окружностями. Цвет окружности зависит от вероятности возникновения гололеда данного датчика: зеленый – малая вероятность, желтый – вероятность имеется, красный – высокая вероятность. Оператор может выбрать датчик кликнув на его окружность. Если датчик выбран, на карте он выделяется рамкой и подписью с номером датчика.

Заключение

Реализация и построение на основе разрабатываемых модульных устройств интеллектуальной сети даёт следующие преимущества:

- более высокая скорость передачи данных по сравнению со стандартными протоколами связи (ZigBee, LoRa и т.д.), так как создаваемая сенсорная сеть уже имеет фиксированную структуру, что позволяет значительно меньше загружать информационный канал, за счёт минимизации в посылке информации о топологии и конфигурации сети устройств (реальная скорость может достигать 250 кбит/с, а не 40 кбит/с, благодаря использованию современных модулей передачи данных, работающих по стандарту *IEEE 802.15.4*);

- возможность дальнейшего развития системы ввиду открытости кода для разработчиков.

Внедрение системы оперативного мониторинга технического состояния ВЛ на основе разрабатываемого модульного устройства мониторинга состояния ВЛ позволит в кратчайшие сроки и с минимальными затратами повысить информативность линий электропередач и предотвратить значительное количество аварийных ситуаций. Это станет возможным благодаря базовому информационному модулю собственной разработки для организации канала связи, а также различным наборам диагностических модулей, позволяющих адаптировать функционал устройства под решение конкретных задач.

Исследование, разработка и внедрение элементов данной сети позволят снизить потери на ВЛ, повысить надёжность работы электросетевого хозяйства и возможные объёмы передачи мощности.

Решение данной задачи позволит сделать электроэнергетику в Российской Федерации интеллектуальной, в которой можно контролировать параметры ВЛЭП, их работоспособность, предупреждать о возможных авариях. Инновационность подхода заключается в создании единой информационной системы всей электротранспортной сферы, возможность контроля состояния сотен тысяч километров ВЛЭП из одного пункта с помощью нового модульного датчика, разработанного канала связи с увеличенной скоростью и новых алгоритмов интерпретации входных данных.

Список литературы

1. The ACEEE, International Energy Efficiency Scorecard, S. Hayes, R. Young, M. Sciortino // Report E12A [Электронный ресурс]. URL: <http://aceee.org> (5.07.2018)
2. А. Новак. Доклад на заседании Правительства «Об итогах подготовки предприятий жилищно-коммунального хозяйства и энергетики к осенне-зимнему периоду 2018–2019 годов» // [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/news/34807/> (27.06.2019).
3. С. В. Новиков, В. А. Скопинцев. Smart grid и Smart metering в России: проблемные вопросы // Мир измерений, №8, 2013, С.3-10.
4. Бударгин О. Интеллектуальные сети // Электротехнический рынок. 2010 г. №6 (36). С.62 - 66.
5. Бехтерева В. Минэнерго смотрит в перспективу // Умные измерения. –2012. №. 5. С.4 - 5.
6. Боков Г. Техническое перевооружение российских электрических сетей. Сколько это может стоить? // Новости Электротехники. 2002. №2(14). С.10-14.

7. Кукунин С. В., Лысенков Н. А. Система дистанционного управления техническими устройствами на основе технологии ZigBee // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. 2010. №. 152. С.59-64.
8. Горячев М.П., Иванов Д.А., Ярославский Д.А. / Особенности топологии беспроводной сенсорной сети для задач мониторинга воздушных линий электропередачи / Сборник докладов к XII Всероссийской открытой молодёжной научн -практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике» / Казань, КГЭУ. 2017. С.465-469.
9. Иванов Д.А., Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Григорьева Н.А. / Создание платформы для "умных сетей" с использованием беспроводных технологий / Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VIII Международной научно-технической конференции. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. Т 2. С. 359 – 360.
10. Savelyev O.G., Murataev I.A., Sadykov M.F. and Misbakhov R.S. Application of wireless data transfer facilities in overhead power lines diagnostics tasks/ (Journal of engineering and applied sciences, 2016. vol. 11(6). P. 1151-1154.)
11. Ivanov D.A., Yaroslavsky D.A., Sadykov M.F., Goryachev M.P. and Yambaeva T.G. Investigations of topological features of construction an intelligent overhead power transmission line based on wireless sensors (International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 2017. Vol. 8(12). P. 903–908.)
12. Yaroslavsky D.A., Ivanov D.A., Sadykov M.F., Goryachev M.P., Savelyev O.G., Misbakhov R.S. Real-time operating systems for wireless modules (Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Vol 11(6). P. 1168-1171.)
13. D.A. Ivanov, M.F. Sadykov, I.A. Murataev, D.A. Yaroslavsky, M.P. Goryachev, A.R. Gainutdinov, A.A. Naumov, R.S. Misbakhov. Development of an Automated Lighting Control System Based on Machine Vision and Wireless Communication Channels // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11 (Special Issue 1), №6. – P. 2893-2898.
14. Молоканов Д. Ю. и др. Автоматизированная информационная система контроля гололедной нагрузки на воздушных линиях электропередачи //Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – №.15(102). С.54–57.
15. Otto T. et al. Integrated Microsystems for Smart Applications //Sensors and Materials. 2018. Vol. 30(4). P. 767-778.
16. Douglass D. et al. Real-time overhead transmission-line monitoring for dynamic rating //IEEE Transactions on Power Delivery. 2016. Vol. 31(3). P. 921-927.
17. Lindsey K. E., Spillane P. E., An-Chyun W. Dynamic real time transmission line monitor and method of monitoring a transmission line using the same: заяв. пат. 15725207 США. – 2018.
18. Титов Д. Е., Петренко С. А., Сошинов А. Г. Система мониторинга интенсивности гололедообразования" МИГ" для воздушных линий электропередачи //Электроэнергетика глазами молодежи. 2015. С. 598-601.
19. Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Григорьева Н.А. Разработка беспроводного блока управления светильником и системы управления освещением на его основе // XXII Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия – ТУСУР». – Томск: В-Спектр, 2017. – С. 120-122.
20. Faludi, R. Building Wireless Sensor Networks. – st.Sebastopol. O'Reilly Media, 2010 -320 p.
21. Д.А. Ярославский, М.Ф. Садыков, А.Б. Конов, Д.А. Иванов, М.П. Горячев, Ямбаева Т.Г. Методика мониторинга гололёдных отложений на проводах ВЛ с учётом разрегулировки линейной арматуры // Известия высших учебных заведений: Проблемы энергетики, выпуск 5-6, 2017г., с.89-97.

22. Иванов Д.А., Савельев О.Г., Мисбахов Р.Ш. Система мониторинга и количественного контроля гололедообразования на проводах воздушных линий электропередачи (Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи материалы IV российской молодежной научной школы-конференции: в 2 томах, Томск, ТПУ. 2016. С. 334-336.)
23. Галиева Т.Г., Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Ярославский Д.А. Исследование методов и средств диагностики состояния линий электропередач. // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. Всерос. науч. практ. конф. Казань, КГЭУ, 20-21 марта 2019 г.
24. Панфилов Д., Соколов М. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4. (Москва, Электронные компоненты. 2004. №12.С. 73-79.)
25. Павлюк М., Назаров А., Сахно Ю. Автоматизированный учет электроэнергии. Модули связи PLC и ZigBee. (Электроника: наука, технология, бизнес. Москва, 2014. №7(139). С. 38 - 47.)
26. Yaroslavsky D. A. et al. Methodology of ice coating monitoring on overhead transmission lines considering misalignment using wireless communication channel sensors. – 2017. Vol 12(22). P. 6479-6482.
27. Иванов Д.А., Савельев О.Г., Садыков М.Ф. Датчик системы мониторинга гололедно-ветровой нагрузки // В сборнике: Интеллектуальные энергосистемы труды IV Международного молодёжного форума: в 3 томах. Томский политехнический университет. 2016. С. 138-140.